



TÜBİTAK

TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU  
THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

ALÇI KATKILI KERPIÇ YAPI MALZEMESİNE UYGUN MEKANİZE İNŞAAT TEKNOLOJİSİNİN  
VE STANDARTLARININ BELİRLENMESİ

PROJE NO : İNTAG TOKİ 622

ALÇI KATKILI KERPIÇ YAPI MALZEMESİNE UYGUN MEKANİZE İNŞAAT TEKNOLOJİSİNİN  
VE STANDARTLARININ BELİRLENMESİ

PROJE NO : İNTAG TOKİ 622

Proje Yürütücüsü : Doç.Dr. Bilge IŞIK

Yardımcı Araştırmacı lar: Mimar Alev AKIN , Araş.Gör. Hülya KUŞ , Araş.Gör.İkbal  
ÇETİNER , Araş .Gör. Caner GÖÇER , Dr.Nihal ARIOGLU Onur Danışmanı : Prof.Ruhi  
KAFESÇİOGLU

ARALIK 1995

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

### 1.1. Kerpiç Teknolojisi Araştırmasının Amacı ve Kapsamı

insan belirli çevre şartları içinde rahat yaşayabilir. Kerpiç yapı 9000 yıldan daha fazla süredir [1] iç mekan konforunu sağlamıştır.

Yapılar , endüstrileşme devriminden bu yana endüstriyel yapı malzemeleri ile inşa edilmeye başlamıştır. Ancak bu yapı malzemeleri , ihtiyacı bir seferde karşılayamaz. Isı , nem dengeleri , yangın , su , ses korunmaları için çeşitli malzemelerin birbirini tamamlaması gerekir.

Endüstriyel üretim (çimento , demir vb.) katı , sıvı ve gaz atıkları ile çevreyi kirletmekte , proses için kullandığı enerji ile dünyanın geriye dönüşü olmayan doğal kaynaklarını tüketmektedir. 1976'da 1.6 milyon ton karbondioksit atmosfere atıldı. 6000 kişi hava kirliliğinden öldü. 1977 / 80 arası A.B.D. ısınma enerjisini %28 düşürdü , aydınlatma enerjisinde , ampul tipi değiştirilerek günde 500.000 varil petrol tasarrufu sağlamayı düşünmektedir. Çevreye verilen zararın dengelenmesi ve insan hayatının bir süre daha sürdürülebilmesi için yılda 700 Milyar Dolar harcama [2] yapıldığı tahmin edilmektedir.

Çok katlı yapıda yaşama ön şartı yoksa , yaygın yerleşme şansı veya gereği varsa "alçı katkılı kerpiç yapı" yeri doldurulamayacak bir yapı tarzıdır. Yöresel malzeme ve iş gücü kaynaklarını değerlendirir. Stabilizasyon sonucu mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştirilmiştir. iç mekan konforu yüksek , bakımı onarım masrafları azaltılmış , güvenilir yapılar inşa edilebilmektedir .

Bu araştırmanın kapsamı içerisinde ise alçılı kerpiç karışımının işlenebilirliği değiştirilerek , çağdaş inşaat metod ve ekipmanı ile rasyonel inşaat yapılabilmesi sağlanmıştır. Alçılı kerpiç malzeme ve teknolojisinden yararlananlar ; (a) kendi konutunu yapanlar veya toplu konut yapımcıları olabilir. Toplu konut yapılması halinde ise ya b) emek yoğun inşaat olarak planlanabilir veya c) endüstriyel kalıplara dökülerek kitle üretimi sistemine uyarlanabilir.

## SECTION 1. INTRODUCTION

### 1.1. The Aim And The Scope Of The Research Of Adobe Technology

People can live healthy in specific environmental conditions. Adobe construction has been providing inner space comfort for more than 9,000 years [1].

Structures have been built with industrial structural materials since industrial revolution. However, these materials cannot meet the demand alone. It is necessary that various materials complete one another to avoid effects of heat, moisture balance, fire, water and sound isolations.

Industrial production (concrete, iron etc.) pollutes the environment with solid, liquid and gas wastes and consumes non-recyclable natural resources of the world with the energy it uses in the process. 1.6 million tones carbondioxide is released to the atmosphere in 1976. 6000 people died due to air pollution. It reduced heat energy of the USA by 28% between 1977-1980. It is planned to provide 500.000 barrel oil savings daily by changing type of the lamp in illumination energy. It is estimated that \$ 700 billion is spent annually for balancing damage given to the environment and maintaining human life for some more time.

If there is no precondition to live in a multi-storied building and there is chance or need of widespread settlement, "gypsum stabilized adobe" is an irreplaceable construction type. It makes use of the local materials and productive power supplies. As a result of stabilization, its mechanical and physical qualities have been improved. Trustworthy buildings, whose inner space comfort is high and whose restoration expenses are reduced, are being built.

In this study, the workability of gypsum-stabilized adobe has been revised to ensure rational constructions with contemporary construction methods and equipment. The ones who benefit from gypsum stabilized adobe materials and technology may be:

- 1 - Kullanıcıya : sağlıklı ve ödenebilir konut,
- 2 - Plancı, uygulayıcıya ve yatırımcıya : güvenilir kerpiç yapı teknolojisi,
- 3 - Devlet yöneticilerine : enerji bütçesini , çevre kaynaklarını ve kültür mirasını koruyan iskan imkanını sağlamaktır .

## 1.2. Konut Sektörünün Hedefleri

Artan nüfusun konut ihtiyacı yanında , savaş , deprem , sel , siyasi göç vb. sebeplerle “ topluca iskan “ söz konusudur. 2.Dünya savaşı sonunda Avrupada konut araştırmaları konut sektörü için “ rasyonelleşme “yi hedef olarak belirlemiştir. “Rasyonelleşme , eldeki imkanlarla en iyi , en çok üretimi en kısa zamanda yapmak” olarak tanımlanabilir [3]. Böylelikle kısa zamanda yapı üretimi sektöründe fabrikasyon ve montaj teknikleri geliştirilmiştir .

Bir sonraki önemli hedef kuşağı “Akıllı yapılar” olarak tanımlanabilir.1930’dan bu yana çok katlı büro binalarında kullanılan ve insan konforunu mekanik olarak sağlayan donatının günümüzde otomasyonla kontrol edilmesi “akıllı yapılar” terimini oluşturur. Otomasyon daha sonra konutlarda da kullanılma şansını bulmuştur ve konutlarda “akıllı yapılar” dönemi başlamıştır.

Çok sanayileşmiş ülkelerde çevreye verilen zararın giderek “ insan hayatı “nı tehlikeye attığı görülmektedir . Çevre kirliliği tehlikesi konut sektöründe “ çimento “ “tuğla” , “alüminyum” vb. yapı malzemesi üretimi sırasında da aynı boyutta devam etmektedir.Böylelikle konut sektöründe ulaşılmaya istenen 3.hedef kuşağı ise bu rahatsızlıkları iyileştiren , çevre yükünü en aza indiren “sağlıklı yapılar” olarak belirlenmiştir.

- a. The ones who make their own buildings or the ones who build housing estates. In the possibility of housing estates either
- b. It may be planned as a labor intensive work or
- c. Industrialized construction process for mass production.

The aim of this study, which can reduce the environmental impact of large settlements and which has an important contribution to the preservation of local life and building culture, is to provide;

- 1) Wealthy and affordable houses for the user,
- 2) Reliable adobe construction technology for the planner, applicator and investor.
- 3) Settlements that preserve energy, budget, natural sources and cultural heredity for the authorized.

## 1.2. The Aims Of The Housing Sector

Together with the housing demands of the growing population a “group settling” because of war, earthquakes, flood, and political migration, is the point of discussion. At the end of 2nd World War, Europe set ‘rationalization’ as a target for housing sector. Rationalization can be defined as making the best production in the largest amount but in the shortest time with the existing opportunities”. In this way, within a short time fabrication and mounting techniques in the construction and production sector have been developed.

The next important target generation can be defined as intelligent buildings. The automation control of services that has been used since 1930 in multistoried office buildings and that provides human comfort mechanically leads to the term ‘intelligent buildings’. Automation is later given a chance to be used in houses and the ‘intelligent buildings’ period has thus started in houses.

In greatly industrialized countries, it has been seen that the damage given to the environment has started to endanger ‘human life’. The threat of environmental pollution also continues in the production of construction materials like “cement”, “brick”, “aluminum”, etc., at the same dimensions. Thus, the 3rd target-generation aimed to be reached in the housing sector is determined as “healthy buildings” which reduce environmental impacts at most.

Sağlıklı yapıların hedefleri [4] : A ) Kullanıcı sağlığı ,  
B ) Ekoloji ,  
C ) Yapılabilirlik başlıkları altında toplanabilir.

#### A . Kullanıcı Sağlığı

Mekanı çevreleyen duvar , döşeme , doğrama v.b.yapı dış kabuk elemanları detay, malzeme , ısı yalıtımı değerleri açısından yetersiz ise a) dış yüzeyde b) eleman kesitinde c) eleman iç yüzeyinde , yani mekan tarafında , yoğunlaşma meydana gelir. Yüzeyde mantar , küf gibi mikro organizmalar mekanın yaşama şartlarını kötüleştirir. Dış yapı elemanlarının iç yüzündeki sıcaklık, mekandaki sıcaklıktan en fazla 3 °C daha düşük olabilir. Daha fazla fark varsa eleman yüzeyindeki hava akımı ve ısı radyasyonu etkisi ile iç mekanın. yaşama koşullarını kötüleştirir . Diğer yandan mekandaki bağıl nem , mutfakta pişirilen yemek , banyo yapılması , spor yapılması gibi faaliyetlerle kısa zamanda hızla artar. insanı rahatsız eden aşırı nem her zaman havalandırma ile uzaklaştırılmaz. Bu ısıtılmış mekanın enerji kaybetmesine sebep olur. Böyle durumlarda betonarme perde gibi buhar difüzyonu az olan yapı elemanları mekan şartlarını kötüleştirir. Nemin duvar tarafından kısmen emilmesi ve zaman içinde iade edilmesi rahatlık sağlar (Bkz. Böl.3.4.Şekil 3.9)

Romatizma , allerji , cilt mantarları , kanser , verem , astım , yorgunluk gibi birçok rahatsızlık yaşanan mekanın etkisiyle ya başlar ya gelişirler.Uzun süre içinde yaşanan mekanların malzeme özellikleri , ısı-nem dengesi ( Böl.3.4 Tablo 3.7.B ) temiz hava girişi gibi faktörler insanın sağlığı için önemlidir.

Pek çok endüstriyel yapı malzemesi kısa zaman önce piyasaya sunulmuştur.Bunların üretiminde veya korunmasında kullanılan kimyasalların insan sağlığına zararları tartışılmaktadır.Asbest lifleri , radon gazı , sentetik reçineler , solventler , radyoaktif malzemeler vb. “Yapı Biyolojisi” nin araştırma konuları arasındadır.

The aims of the healthy buildings can be summarized as:

- A) Occupant health
- B) Ecology
- C) Affordability

#### A. Occupant Health

If structural exterior materials such as walls surrounding the space, floor, woodwork are insufficient in terms of detail, material, heat insulation values, condensation occurs at (a) exterior surface, (b) cross-section of element and (c) interior of element, namely the part facing the space. Microorganisms such as fungi, mould on the surface deteriorate living conditions of the space. Temperature at interior surface of exterior structural materials may be maximum 3° C less than the temperature at the space. If there is a greater variance, element deteriorates living conditions of inner space with air flow and heat radiation at its surface. On the other hand, relative moisture increase rapidly within a short period with activities such as meal cooked in the kitchen, having a bath, making sport. Heavy moisture, which discomforts people, cannot always be removed by air circulation. This results in energy loss of heated space. In such cases, structural materials, whose vapour diffusion is low such as reinforced curtain wall, deteriorate space conditions. Partial absorption of moisture from wall and its return within time provides comfort (See Section 3.4, Figure 3.9).

Many diseases such as rheumatism, allergy, skin fungus, cancer, tuberculosis and fatigue either start or develop with the effect of space. Factors such as properties of materials, temperature-moisture balance (Sec. 3.4, Table 3.7.B) are significant for human health.

Many industrial structural materials have been introduced to the market recently. Chemicals used for the production or for the protection of these materials have been long discussed in terms of their effect on human health. Asbestos fibres, radon gas, synthetic resins, solvents, radioactive materials etc. are among the research fields of “Structure Biology”.

(Anahtar kelimeler)

1.KUŞAK (1945 - )

2.KUŞAK (1980- )

3.KUŞAK (1990 - )

Rasyonelleşme

Akıllı Yapılar

Sağlıklı Yapılar

Rasyonelleşme  
Endüstrileşme  
Prefabrikasyon  
Yoğun Yerleşme  
Düşük Maliyet

Otomasyon

Ekonomik anlamlılık  
Teknolojik yapılabirlik  
Kullanıcıya uygunluk  
Kullanma,bakım,onarım

Tasarruf  
Geri kazanılması  
Alternatif enerji

Malzeme seçimi  
Kaynak tasarrufu  
Su az kullanan  
Yapı durabilitesi  
Zehirli ve zararlılar

Bitki örtüsü  
Suyu az kirleten  
Katı,sıvı,gaz atık  
Düzensiz yerleşim

A. Kullanıcı Sağlığı  
B.Ekoloji  
C.Yapılabirlik

Yaılabirlik

Enerji — Ekoloji

Zararlıları Azaltmak

Çevreye saygı

A

Tablo 1.1 Konutlaşmanın Hedefleri

**TABLE 1. THE AIM OF HOUSING**

(Keywords)

| 1 <sup>st</sup> GENERATION<br>(1945- )   | 2 <sup>nd</sup> GENERATION *<br>(1980- )  | 3 <sup>rd</sup> GENERATION<br>(1990- )               |
|--|---|--|
| Rationalization  | Intelligent Buildings   | Healthy Buildings                                    |
| Rationalization<br>Industrialization<br>Prefabrication<br>Large Settlement<br>Low Cost | Automation  | A- Occupant Health<br>B- Ecology<br>C- Affordability |
|  | Economical meaningfulness<br>Technological applicability<br>Appropriateness for the user<br>Using, attention, repair  | Affordability — C                                    |
|  | Saving<br>Recycle<br>Alternative Energy   | Energy — Ecology — B<br>Efficiency                   |
|  | Material Selection<br>Resource Efficiency<br>Using less amount of water<br>Structural durability<br>Toxic and harmful | Minimizing harmful materials                         |
|  | Flora<br>Little water pollution<br>Solid, liquid, gas wastes<br>Disorderly settlements                                | Environmental<br>Responsibility                      |
|  |   | Occupant Health — A                                  |

## 8 . Ekoloji

### - Çevreye saygı

Çevre ; bitki örtüsü , atmosfer , su kaynakları ile bir bütündür. İnsan bir yandan bu doğal çevrenin, diğer yandan da dünyanın merkezinden ve uzaydan gelen mikro dalgaların oluşturduğu çevrenin bir parçası olarak yaşar.Çevredeki değişimler (örn.:mikro dalga değişimi - kanser ) insan sağlığını tehdit etmektedir. insanların hayatlarını sürdürebilmeleri için çevrenin korunması gerekir.Şehir ve bölge düzeyinde tabiatın değiştirilip iskan edilmesi kontrol edilmeli , yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının tüketilmesi veya yanlış kullanılması, bitki örtüsü ve içindeki canlıların tahrip edilmesi, katı ve sıvı atıklarla çevrenin kullanılamaz hale gelmesi önlenmelidir.

### - Enerji

Konut yapımında kullanılan her malzeme, ham maddeden yapı malzemesine dönüşürken , ayrı miktarlarda enerji kullanılır ( örn. : alçı 120° C’da , çimento 1200° C’da fırınlanır .). Ham malzemenin fabrikaya taşınması, şantiyeye taşınması ,binayı oluşturması için enerji gereklidir. Yapı, kullanım sırasında konfor şartlarını sağlamak için ısınma enerjisi kullanan sektördür. Konut sektörü.malzeme üretimi , yapı üretimi ve kullanımı aşamaları ile en fazla enerji kullanıcısıdır.Sistemde yapılacak en küçük tasarruf, bireylerin ve ülkenin enerji bütçesini küçültecek, ülkenin geriye dönüşü olmayan kaynaklarının (örn. : fosil yakıtlar ) korunmasını sağlayacaktır.

Enerji konusunda , tasarrufun yanısıra en büyük kazanç “ geri kazanılma “ ile sağlanabilir.Geri kazanılma , “ üretim prosesleri “ veya “yapı kullanımı” sırasında atıklardaki enerjiden ( örn. : kullanılmış su , kullanılmış hava ) yararlanılması anlamına gelir.

Enerjiye dönük bir diğer çalışmalar , güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynaklarının konut sektöründe cesaretlendirilmesidir .

## B. ECOLOGY

### - Respect for Environment

Environment is an integral with flora, atmosphere and water resources. People live as a part of both this natural environment and environment created by microwaves coming from the centre of Earth and Airspace. Changes in the environment (such as changes in micro waves- cancer) threaten human health. It is necessary that environment be protected for survival of humans. Change and settlement in nature should be controlled and consumption and misuse of underground and surface water, demolition of flora and living creatures within it and the process in which environment becomes unusable due to solid and liquid wastes should be prevented.

### - Energy

When each material used in buildings is transformed from raw material into structural material, it uses different amount of energy (for example, gypsum is baked at 120°C and cement is baked at 1200°C). Energy is required for transport of raw material to factory and to site and for constructing the building. Construction is the sector, which uses heat energy for providing comfort conditions during usage. Housing sector uses energy most with its phases such as material production, building production and usage. The least savings to be realized in the system will reduce energy budget of both individual and country and protect non-recyclable resources of the country (such as fossil fuels).

In addition to savings, the greatest profit can be obtained through “recycle”. Recycle means benefiting from energy in wastes emerging during “production processes” and “building usage”.

Other researches on energy encourage alternative energies such as solar energy in housing sector.

- Zararlıları azaltmak

Konut sektörü , yapılar için çok fazla dünya kaynağı kullanır.Bir bina için tonlarca doğal malzeme işlem görüp yapı malzemesine dönüşür.Dönüşüm sırasında her malzeme ayrı miktarda enerji kullanır.Proses sırasında doğayı , atmosferi , su kaynaklarını kirletir.

Ayrıca ham malzeme temini , proses ve kullanım sırasında insan sağlığını etkileyen “zararlı veya zehirli” ( örn. : radyoaktif hammaddeler ) işlem veya malzeme bulunmamasına dikkat edilmelidir .

C - Yapılabilirlik

Toplu konut için yapılabilirlik ; ekonomik anlamlılık , teknolojik yapılabilirlik , kullanıcının sosyo-kültürel ihtiyacı ve kullanım dönemi gereklilikleri olarak belirlenebilir. Buradaki kavramların önemleri ve ağırlıkları eşdeğerdir.Teknik olarak yapılabilen ama yüksek maliyeti olan bir üretim , toplu konut için anlamlılığını kaybeder. Diğer yandan konutun kullanım dönemindeki bakım onarım periyodu , giderleri ve gerektirdiği teknik en aza indirilmelidir.

1.3. Konut İçin Kerpiç Yapının Uygunluğunun Değerlendirilmesi

Her türlü konut yapısının ömrü ; “ham malzeme temini , malzeme üretimi , eleman üretimi, inşaat , kullanım , bakım - onarım , atık oluşturma, başlangıca dönüş” evrelerinden meydana gelir.

Dünyada meydana gelen çevre kirliliği , bunun insan geleceğini tehlikeye sokması, bilinçsiz yapılaşma sonucu son derece sağlıklı iç mekan şartlarının oluşması konut sektöründe “yeni yapılaşma hedefi” ni “sağlıklı yapılar” olması yönünde zorladığı yukarıda belirtilmiştir. Yine yukarıda sağlıklı yapılar denildiği zaman ; “kullanıcı sağlığının korunması , enerjinin korunması, çevrenin korunması , zehirli-lerin aza indirilmesi , yapılabilirlik” kavramlarının tanımları yapılmıştır .

- Minimizing harmful materials

Housing sector consumes world's resources for buildings at a high level. T ones of natural resources are processed and transformed into structural materials for each building. Each material uses separate amounts of energy during the transformation. It contaminates nature, atmosphere and water resources during the process.

It should be paid attention to that “harmful or toxic” (such as radioactive raw materials) processes or materials, which affect human health, are not involved in the process or usage.

C- AFFORDABILITY

Affordability for housing sector can be defined as economy, technological affordability, socio-cultural requirements as well as usage requirements of user. The importance and stress of these concepts are equal. A production which can be technologically constructed but is expensive loses its meaning for mass housing. On the other hand, maintenance-renovation period of building in usage period, expenses and the required technique should be minimized.

1.3. Evaluation of Conformity of Adobe Construction for Building

Lifecycle of all sorts of building is composed of “procurement of raw material, production of material, production of element, construction, usage, maintenance- restoration, composing wastes, returning to the beginning”.

Environmental pollution occurring in the world, the fact that it endangers human future, creation of highly unhealthy inner space conditions as a result of unconscious construction urged “new construction target” in the housing sector to be “healthy buildings”, which has been stated above. When healthy buildings are mentioned, concepts such as “protection of occupant health, protection of energy, minimizing harmful materials, affordability” have been defined.

DEGERLENDİRME MATRİSİ

DEGERLENDİRME MATRİSİ

| Kategori               | A | Kullanıcı | Enerjinin Korunma | Çevrenin Korunma | Zehirlileri Az.a | Yapılabilirlik |
|------------------------|---|-----------|-------------------|------------------|------------------|----------------|
|                        |   | 1         | -2.               | ..3..            | ....4..          | ..5..          |
| Ham malz.              | A |           |                   |                  |                  |                |
| Malzeme                | B |           |                   |                  |                  |                |
| Eleman üretimi         | c |           |                   |                  |                  |                |
| Tnşaat                 | o |           |                   |                  |                  |                |
| Kullanım               | E |           |                   |                  |                  |                |
| Bakım + onarım         | F |           |                   |                  |                  |                |
| Başlangıca dönüş, veya | G |           |                   |                  |                  |                |

Tablo 1.2 Kerpiç Yapının İnsan Ve Çevre Yüğü Açısından Uygunluğunun Değerlendirilmesi

| Targets<br>Building Life- Process             |   | Occupant Health | Protection of Energy | Protection of Environment | Minimizing Harmful Materials | Affordability |
|---|---|-----------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|
|   |   | 1               | 2                    | 3                         | 4                            | 5             |
| Procurement of Raw Material                   | A |                 |                      |                           |                              |               |
| Material Production                           | B |                 |                      |                           |                              |               |
| Element Production                            | C |                 |                      |                           |                              |               |
| Construction                                  | D |                 |                      |                           |                              |               |
| Usage   | E |                 |                      |                           |                              |               |
| Maintenance + Renovation                      | F |                 |                      |                           |                              |               |
| Returning to the beginning or waste formation | G |                 |                      |                           |                              |               |

Table. 1.2 Evaluation of Adobe Building in relation to Humans and Environmental Load

Bu matrise göre konut yapısı aşamalarının sağlıklı yapılar gerekliliklerine uygunluğu zararlı (-) ve yararlı (+) olarak değerlendirilecektir. Matrisi kullanma örneği olarak , betonarme perdelerden oluşan bir yapı seçilirse ;

- A satırı ve 2 kolonu aşamasında uygunluğun değerlendirilmesi : A 2 - Ham malzeme temini I Enerjinin korunması

Yapıda çok miktarda çimento ve inşaat demiri kullanılır. Çimento ve demirin, üretilmesi sırasında diğer malzeme üretimlerine kıyasla çok enerji tüketmesi sebebiyle (-) puan alacaktır.

A satırı ve 3 kolonu aşamasında uygunluğun değerlendirilmesi :

A 3 - Ham malzeme temininin I çevre ilişkisi Çimento ve çeliğin üretilmesi sırasında, geriye dönüşü olmayan kaynakları tüketmesi , katı ve gaz atıkları ile çevreyi kirletmesi sebebiyle ( - ) puan alacaktır.

Matrisi kullanarak kerpiç yapının insan ve çevre yükü açısından değerlendirmesini yapacak olursak :

A. Ham Madde Malzeme Temini

A 1 - Ham malzeme temini I İnsan sağlığı Ham malzeme üretimi inşaata yakın bir yerden uygun toprağın kazılması ve şantiyeye taşınmasından ibarettir. Toprak hazırlama faaliyetleri , alçı ve kireç fabrika işlemleri , insan sağlığına zarar vermez. Fırınlama atıkları azdır (+).

A 2 - Ham malzeme temini / Enerjinin korunması Ham malzeme olan toprak için sadece kazı enerjisi , alçı ve kireç için diğer malzemelerden düşük pişirme enerjisi yeterlidir. İnşaata taşınan en büyük hacimli malzeme , duvar malzemesidir. Toprak çok yakından şantiyeye taşındığı için nakliye enerjisi en azdır (+).

A 3 - Ham malzeme temini / Çevrenin korunması Pişirme enerjisi az olduğundan atık ile kirletmesi diğer taşıyıcı yapı malzemelerine göre en düşüktür (+).

A 4 - Ham malzeme temini / Zehirli ve zararlıların aza indirilmesi

Bazı yapı malzemelerinde solvent , aspest lifi v.b. insana zehirli veya zararlı maddeler bulunabilir. Kerpiç doğal ve insan sağlığına uygundur (+).

According to matrix, conformity of building phases with the requirements of healthy buildings will be evaluated as harmful (-) and beneficial (+). If a building composed of reinforced curtain walls is selected as an example for matrix,

-Evaluation of its conformity at the phase of Line A and 2nd column:

A 2- Procurement of raw material/ Protection of Energy

Cement and construction irons have been heavily used in the building. It will get (-) point since cement and iron consume more energy than other material productions during their productions.

Evaluation of its conformity at the phase of Line A and 3rd column:

A3- Procurement of raw material and environment relation

It will get (-) point since cement and steel consume non-recyclable resources during their production and contaminate environment with solid and gas wastes. If conformity of adobe building is evaluated in relation to humans and environmental load by using the matrix:

A. Procurement of Raw Material

A1 – Procurement of raw material/ Human health Procurement of raw material only consists of excavation of appropriate soil from a place near the construction and its transport to construction site. Soil preparation activities as well as factory processes of gypsum and lime do not endanger human health. Wastes from burning are scarce (+).

A2- Procurement of raw material/ Protection of energy

Only excavation energy for soil, a raw material, and lower drying energy for gypsum and lime are sufficient. The greatest voluminous material in the construction is wall material. Since soil is transported from a near neighbourhood to construction site, transportation energy is very low (+).

A3- Procurement of raw material/ Protection of environment

Since its drying energy is low, the value obtained from pollution due to wastes is lower compared to other load-bearing construction materials.

A4- Procurement of raw material/ Minimizing toxic and harmful materials

Materials such as solvents, asbestos fibres etc., which are toxic or harmful for human, may exist in some construction materials. Adobe is natural and appropriate for human health (+).

A 5 - Ham malzeme temini / Yapılabilirlik  
Malzeme yakın çevreden para ödemededen temin edilir. Ayrıca dökme malzeme olduğu için yüklerken ve boşaltırken istifleme işçiliği gerektirmez. Dampırlı kamyonla boşaltılır (+).

B.Malzeme Üretimi {Karışımın Hazırlanması}

B 1 - Malzeme üretimi / İnsan sağlığı  
Taşıyıcı duvar inşaatında kullanılan alçı katkılı kerpiç yapı malzemesinin hazırlanması, ham malzemelerin şantiye mikserinde karıştırılmasından ibarettir. Bu işlem sırasında insan sağlığını etkileyecek iş veya malzeme yoktur (+).

B 2 - Malzeme üretimi / Enerjinin korunması  
Harç hazırlama aşamasında betoniyer işi dakikalar mertebesinde olduğu için son derecede az enerji kullanılır (+).

B 3 - Malzeme üretimi I Çevrenin korunması  
Harcın hazırlanması aşamasında çevreye zararlı malzeme veya işçilik yoktur (+).

B 4 - Malzeme üretimi / Zehirli ve Zararlıların aza indirilmesi

Karışımın hazırlanması aşamasında herhangi bir zehirli veya zararlı bulunmaz (+).

B 5 - Malzeme üretimi I Yapılabilirlik  
Kerpiç yapı malzemesi , malzeme temini yöresel kaynaklara dayanan , işçiliği kolay anlaşılan , ham malzeme ve işçilik maliyetleri düşük olan bir malzemedir (+)

C. Eleman Üretimi (Duvarın Dökülmesi)

C 1 - Eleman üretimi I Kullanıcı sağlığı  
Eleman üretimi aşamasında mikserde hazırlanan harcın endüstriyel duvar kalıbına dökülmesi ve tokmaklanmasından ibarettir. İşlem makina veya insan eliyle yapılabilir . İnsan sağlığına zararlı malzeme veya işlemi yoktur (+).

C 2 - Eleman üretimi I Enerjinin korunması  
Kalıba yerleşen harcın sıkıştırılma işleri mekanik yapıldığında çok kısa sürede tamamlanır. Bir mikser hazırlanması 2 dakikadır. Elektrik enerjisi ihtiyacı çok düşüktür (+)

C 3 - Eleman üretimi / Çevrenin korunması  
Kalıpta şekil verilen harcın dökülme ve sıkıştırma aşamalarında çevre kirliliği yaratan malzeme veya işlem yoktur (+).

A5- Procurement of raw material/ Affordability  
Material can be obtained from near neighbourhood without spending money. Besides, it does not require stacking workmanship during loading and offloading since it is bulk material. It is discharged through dumper truck (+).

B. Material Production (Preparation of the Mixture)

B1- Material Production/ Human Health  
Preparation of gypsum stabilized adobe material used in the construction of load-bearing wall involves only mixing raw materials in site mixer. During this process, works or materials, which may affect human health negatively, are not involved (+).

B2- Material Production/Protection of Energy  
Since concrete mixing process is completed within minutes during mortar preparation phase, hardly any energy is used (+).

B2- Material Production/Protection of Energy  
Since concrete mixing process is completed within minutes during mortar preparation phase, hardly any energy is used (+).

B3- Material Production/Protection of Environment  
Environmentally hazardous materials or workmanship do not exist in mortar preparation phase (+).

B4- Material Production/Minimizing toxic and harmful materials  
Any toxic or harmful material does not exist in mixture preparation phase (+).

B5- Material Production/ Affordability  
Adobe material is a material whose procurement is based on local resources, workmanship can be easily conveyed and raw material and workmanship costs are low (+).

C. Element Production (Wall Casting)

C1- Element Production/ Human Health  
It is composed of casting mortar, which has been prepared in the mixture during element production, into wall mould and ramming. This process can be performed either manually or by machine. Materials or works that are harmful for human health do not exist (+).

C2- Element Production/ Protection of energy  
When compression of mortar, which has been placed into the mould, is performed mechanically, it is completed within a short time. Preparation of mixture lasts 2 minutes. Electrical energy requirement is very low (+).

C3- Element Production/ Protection of environment  
Materials or works contaminating the environment do not exist during casting and compression of mortar, which is given a shape in the mould (+).

C 4 - Eleman üretimi I Zehirlilerin ve Zararlıların aza indirilmesi

Harcın kalıba dökülmesi ve yerleştirilmesi sırasında zehirli veya zararlı malzeme veya işlem yoktur (+).

C 5 - Eleman üretimi / Yapılabilirlik

Eleman üretimi endüstriyel kalıp , mekanik veya manuel sıkıştırma işlemleri teknoloji ve fiyat açısından uygundur (+).

#### D. İnşaat Aşaması

D 1 - İnşaat aşaması / Kullanıcı sağlığı (İnsan Faktörü)

Kerpiç şantiyesi , tamamı insan gücü ile yürütülecek teknoloji seviyesindedir. Ancak emekten tasarruf kısa zamanda çok iş üretilmesi veya işin hızlandırılması gibi gereklilikler varsa mikser , bant konveyör , mekanik kompaktör gibi araçlar şantiyede kullanılabilir. Diğer geliştirilmiş kerpiç şantiyelerinde bu tür araçlar , toprak işleyebilecek , yani toprağın yapısına , özelliğine uyarlanmış patentli araçlar iken , bu çalışmada harcın özelliği geliştirilerek üniversal inşaat makinalarının kullanılabilirliği sağlanmıştır. Makinalarla yürütülen kerpiç şantiyesinde insan sağlığı ve insan enerjisi korunmuştur (+).

D 2 - İnşaat aşaması I Enerjinin korunması

Mekanizasyon ile yürütülen kerpiç şantiyesinde işlem süreleri kısa olduğundan enerji tüketimi de çok azdır (+).

D 3 - İnşaat aşaması / Çevrenin korunması

İnşaat aşamasında çevreye zararlı ve kirletici atıklar bulunamaz (+).

D 4 - İnşaat aşaması I Zehirlilerin ve Zararlıların aza indirilmesi

İnşaat yürütülürken , işçiler ve çevre için zararlı veya zehirli bir malzeme veya işlem yoktur (+).

D 5 - İnşaat aşaması I Yapılabilirlik

Kerpiç şantiyesindeki teknoloji ve giderler diğer yapı türlerine göre daha azdır (+).

#### E. Kullanım Aşaması

E 1 - Kullanım aşaması I Kullanıcı sağlığı

Kerpiç yapının kullanımı aşamasında ısı-nem dengesi , ses düzeyi , yangın korunumu , zararlı ve zehirli maddelerin bulunmaması ile insan sağlığına en uygun yapıdır (+). (Bazı çağdaş malzemelerin sağlığa zararı görülmekte ve piyasadan kaldırılmaktadır .)

C4- Element Production/ Minimizing Toxic and Harmful Materials

Materials or works that are toxic or harmful do not exist in casting or placing mortar in the mould.

C5- Element Production/ Affordability

Element production, industrial mould, compression processes either manually or by machine are suitable in terms of technology and costs (+).

#### D. Construction Phase

D1- Construction Phase/ Occupant Health (Human Factor)

Adobe construction site can be completely carried out by manpower. However, if there are requirements such as reduction in workmanship, overwork within a short period and acceleration of work, instruments such as mixer, belt conveyor and mechanical compressor can be used in site. While such instruments are proprietary tools, which can process soil (namely, are adapted to structure of soil), universal construction machines could be used in this research since properties of mortar have been developed. Adobe construction site together with machines have protected human health and human energy (+).

D2- Construction phase/ Protection of energy

Since process periods are short in adobe construction sites, which are performed with mechanization, energy consumption is very low (+).

D3- Construction phase/ Protection of energy

There are no environmentally hazardous or contaminating wastes in construction phase (+).

D4- Construction phase/ Minimizing toxic and harmful materials

Materials or works that are harmful or toxic for workers and environment do not exist in construction (+).

D5- Construction phase/ Affordability

Technology and costs are lower than other construction materials in adobe site (+).

#### E. Usage Phase

E1- Usage Phase/ Occupant Health

Adobe construction is the most suitable building for human health with its temperature-moisture balance, sound level, fire-resistance and non-existence of toxic and harmful materials (+). (Some modern materials are found to be harmful for human health and are removed from the market).

E 2 - Kullanım aşaması / Enerjinin korunması  
Kerpiç yapı malzemesinin ısı iletkenliği az olduğundan duvarlardan harcanan ısı kaybı da azdır. Bu ise yapının kullanım sürecinde enerji tasarrufu sağlamaktır (+).

E 3 - Kullanım aşaması I Çevrenin korunması  
Kullanım sırasında az enerji kaybeden yapıda doğal olarak daha az yakıt yakılacaktır. Böylelikle bir yandan kerpiç yapılarda ısınma yakıtına bağlı olarak katı ve gaz atıklar azalmış olacak , diğer yandan orman bölgesi yerleşmelerde kaçak orman kesimleri de önlenebilecektir. Dünyanın geriye dönüşü olmayan fosil yakıtlarının kullanımını azalacaktır (+).

E 4 - Kullanım aşaması / Zehirlilerin ve zararlıların aza indirilmesi

Kullanım sırasında insan sağlığı olumsuz etkileyen zehirli ve zararlı yoktur (+).

E 5 - Kullanım aşaması I Yapılabilirlik

Kullanma süreci içerisinde , kullanıcıya uygun, bakım onarım açısından kolay ve ekonomiktir (+).

F. Bakım + Onanm

Kerpiç duvar boya ve kaplamalarında veya duvar bünyesinde meydana gelebilecek hasar konuları  
1.Deneme yapısında 1983'ten bu yana gözlenmektedir . Dış duvar sıvası 8 sene hasarsız dayanmış , banyodaki su tesisatı kaçağından duvar nemlenmiş , fakat dökülmemiştir. iç sıvalarda hiçbir bozulma yoktur.

F 1 - Bakım + Onarım / Kullanıcı sağlığı

Bu belirlemelere göre kullanıcı sağlığına olumsuz bir etki yoktur (+).

F 2 - Bakım + Onarım I Enerjinin korunması

Duvar kaplama ve bünyede enerji korunumunu değiştiren bir etken yoktur (+).

F 3 - Bakım + Onarım / Çevrenin korunması

Duvar bünyesi veya kaplamalarında yapılacak bakım veya onarım çevre yükü vermez (+).

F 4 - Bakım + Onarım I Zehirlilerin ve zararlıların aza indirilmesi

Duvar bünyesi ve kaplamaları malzemesi ve uygulamasında zehirli ve zararlı yoktur.

E2- Usage Phase/ Protection of energy

Since thermal conductivity of adobe material is low, thermal loss in walls is also low. This provides energy conservation during usage phase of the building (+).

E3- Usage Phase/ Protection of environment

Naturally, lower amounts of fuel will be consumed in a building, which loses lower energy during usage. Thus, on the one hand, solid and gas wastes will be reduced depending on fuel in adobe buildings and on the other hand, illegal tree cuttings in forestry settlements will be prevented. Use of non-recyclable resources of the world will reduce (+).

E4- Usage Phase/ Minimizing toxic and harmful materials

Toxic and harmful materials, which may affect human health negatively, are not used during usage (+).

E5- Usage Phase/ Affordability

It is appropriate for occupant and easy and economic in terms of maintenance and renovation during usage (+).

F. Maintenance + Renovation

Damages, which may occur in adobe wall paintings and coverings or wall itself, "have been observed in 1st case-research building since 1983. Exterior wall plaster has survived for 8 years and wall has absorbed moisture from plumbing in the bathroom but has not fallen off. Interior plasters are not damaged.

F1- Maintenance + Renovation/ Occupant Health  
According to these determinations, it does not have a negative effect on occupant health (+).

F2- Maintenance + Renovation/ Protection of energy

There is not any factor changing energy protection in wall texture or plasters (+).

F3- Maintenance + Renovation/ Protection of environment

Maintenance and renovation to be performed in wall and its coverings will not generate environmental load (+).

F4- Maintenance + Renovation/ Minimizing toxic and harmful materials

Toxic and harmful materials or applications are not carried out in wall and its coverings.

F 5 - Bakım + Onarım I Yapılabilirlik  
Duvar bünyesi ve kaplamalarında , bakım ve onarım gereği , stabilizasyondan sonra aza indirilmiştir. Teknoloji ve maliyet açısından da minimumdur (+).

#### G. Başlangıca Dönüş veya Atık Oluşumu

Yapılar fonksiyonları değiştiği zaman , servis ömürleri bittiğinde, rant sağlamak amacıyla veya doğal afetlerle yıkılırlar. Yapıların yıkılması ile yok edilemeyen çok miktarda katı atık meydana gelir. Bazı yapı malzemeleri ise rejeneri edilebilirler , yani kullanılabilir malzemeye dönüştürülebilirler. Kerpiç duvar malzemesi diğer duvar malzemelerinde rastlanmayacak şekilde tabiata geri döner veya yine duvar malzemesi olarak kullanılabilir.

G 1 - Başlangıca dönüş I Kullanıcı sağlığı  
Kerpiç duvar , yıkım sırasında işlemi yapanlara zarar vermez , asbestli inşaatlarda olduğu gibi söküm sırasında sağlık önlemi alınması gerekmez (+).

G 2 - Başlangıca dönüş I Enerjinin korunması  
Kerpiç duvarın yıkılması bu günkü inşaat makinaları kullanıldığında çok az enerji gerektirir (+).

G 3 - Başlangıca dönüş I Çevrenin korunması  
Kerpiç duvar malzemesi yıkıldıktan sonra tamamen doğaya döner veya istenirse yapı malzemesi yapılabilir (+).

G 4 - Başlangıca dönüş / Zehirlilerin ve zararlıların aza indirilmesi  
Yapının yıkım aşamasında zehirli veya zararlı yoktur (+).

G 5 - Başlangıca dönüş / Yapılabilirlik  
Kerpiç duvarın başlangıca dönüştürülmesi karmaşık teknoloji gerektirmez , maliyeti düşüktür (+).

Matris incelemesinde görülmektedir ki , kerpiç yapı bugün ve gelecekteki konutlaşma beklentilerine uygun bir yapı malzemesi ve sistemidir. Bu değerlendirmeyi taşıyıcısı betonarme, tuğla , ahşap , çelik olan konut yapıları için tekrarlayacak olursak bu kadar olumlu sonuçlara ulaşamayız.

Günümüzde konut yapma hedefleri insan ve çevre kriterlerine ağırlık vermiştir. Kerpiç yapının insan sağlığı ve çevreye yararları göz önünde bulundurularak 622 no'lu araştırma ile kerpicin işlenebilirliği iyileştirilmiş, toplu konut sektörünün yararlanması-na sunulmuştur .

F5- Maintenance + Renovation/ Affordability  
It is reduced after stabilization due to maintenance and renovation in wall and its coverings. It is minimum in terms of technology and costs (+).

G. Returning to the Beginning or Waste Formation  
Buildings are demolished when their functions change and their service life is over or to provide profit or due to natural disasters. Large amounts of nonperishable solid wastes emerge with the demolition of buildings. Some construction materials can be regenerated; in other words, can be transformed into usable materials. Adobe material returns to nature more than other wall materials and can be used as wall material once again.

G1- Returning to the Beginning/ Occupant Health  
Adobe wall does not give damage to person performing demolition transaction. It is not necessary that health measures be taken during disassembly as in asbestos construction (+).

G2- Returning to the Beginning/Protection of energy  
Demolition of adobe wall requires hardly any energy when current construction machines are used (+).

G3- Returning to the Beginning/Protection of environment  
Adobe material returns completely to nature after demolition or can be transformed into construction material, if preferred (+).

G4- Returning to the Beginning/ Minimizing toxic and harmful materials  
There are no toxic or harmful materials during the demolition of adobe wall (+).

G5- Returning to the Beginning/ Affordability  
Returning adobe wall to the beginning does not require complex technologies and its cost is low (+).

It can be seen in the matrix examination that adobe building is an appropriate construction material and system for current and future housing expectations. If this evaluation is to be conducted for buildings whose load bearing material is reinforced concrete, brick, timber or steel, such positive results cannot be obtained.

Current housing targets attach importance to human and environment. Considering benefits of adobe building for human health and environment, the research number 622 has improved workability of adobe and it is offered to the utilization of mass housing.

#### 1.4. Kerpiç Yapının iyileştirme Alanları

Kerpiç yapı teknolojisini toplu konuta yararlı hale getirebilmek için , dünyada en çok kullanılan bu yapı malzemesinin neden dünyada ve yurdumuzda yerini endüstriyel yapı malzemelerine terk ettiği konusunda gerekçeleri teşhis etmelidir.

İnsanlar endüstriyel yapı malzemeleri ile inşa edilen yapılarda daha iyi yaşanacağını zannetmektedirler [6]. Ancak biliyoruz ki yüksek teknoloji ile üretilen yapı malzemeleri dahi elemana dönüştükleri zaman elemanın yüklenmesi gereken bütün görevleri yerine getiremezler. Bir çok malzemedan oluşan katmanların detaylanması gerekmektedir. Mesala betonarme perde ile oluşturulmuş bir mekanda , mekan ısısının korunması ; ayrıca duvar iç yüzey sıcaklığının yeterli ve gerekli düzeyde olması için duvar izolasyonu ilave edilmelidir. Bu ise ayrı bir malzeme ve işçilik maliyetini beraberinde getirir. Bu ilavelerden sonra mekanda bağıl nem dengesi bozulur. Çünkü ısı izolasyonu , yalıtım değerini kaybetmemesi için , buhar geçirimsiz bir katman ile mekan yönünde korunmalıdır. Bu durumda “taşiyıcı betonarme duvar + ısı izolasyon malzemesi ve işçiliği + buhar geçirimsiz katman ve işçiliği” yan yana kullanılmış olmakla beraber mekandaki bağıl nemin konfor düzeyinde tutulamayacağı görülmektedir . Kerpiç duvar ise “taşiyıcılık + ısı yalıtımı + ısı depolama + buhar difüzyon değeri” ile yapının taşıyıcılık ve koruyuculuk görevlerini , konfor şartlarını dahi sağlayarak , tek başına yerine getirir.

Ancak geleneksel kerpicingin zayıf olduğu noktalar bu malzemenin gözden düşmesine sebep olmaktadır. Tablo 1. da kerpicingin zayıf olduğu “sınırlayıcı özellikler” ,araştırmalar (MAG505 ve TEZ’84) ile sağlanan “iyileştirilmiş özellikler” ile karşılaştırılmıştır.

#### 1.4. The Improvement Fields Of Adobe Buildings

In order to make adobe building technology applicable for the mass housing, it must be determined why this most used construction material was replaced by industrial construction materials in the world and in our country.

It is assumed that people live more comfortably in buildings constructed by industrial materials. But we know that, even construction elements produced by appropriate technology cannot fulfill all duties that elements should undertake. Layers, which are composed of many materials, must be detailed. For instance, in a space formed by reinforced concrete wall, in order to maintain thermal value of the space and to keep temperature of interior surface of the wall at an adequate and required level, wall isolation must be added. This brings together an extra cost of material and labor. After these additions, relative humidity balance in the space is spoiled. Since heat isolation must be maintained in the direction of the space, together with a vapor barrier layer so as not to lose its isolation value. In this case, although “load bearing reinforced concrete wall + heat isolation material and workmanship + vapor impermeable layer and workmanship” will be used altogether, it is seen that the relative humidity in the space will rise over the comfort level.

However, adobe wall with “load-bearing + heat insulation + heat conservation + vapor diffusion value”, provides the load-bearing and protection tasks and even comfort conditions of the building alone.

Still, inadequate aspects of traditional adobe have resulted in disfavor of this material. “Limiting characteristics” and “improved characteristics” of adobe, which have been obtained as a result of researches (MAG505 and TEZ’84), are compared in Table 1.

| <p>SINIRLAYICI ÖZELLİKLER<br/>(Geleneksel Kerpiç Yapı)</p>   | <p>İYİLEŞTİRİLMİŞ ÖZELLİKLER<br/>( MAG 505 ; TEZ'84 VE 622'95 )</p>  |
|--|--|
| <p>1 . Su ile karşılaşınca şişme.dağılma</p> <p>2. Düşük mukavemet</p> <p>3. Yüzey tozlanması, bozulma</p> <p>4. Ömrünün kısa olması,bakım istemesi</p> <p>5. Rötire problemi</p> <p>6. Kerpiç kesme :yağışsız-yaz</p> <p>7. Kerpiç kurutma :yağışsız-yaz</p> <p>8. İnşaat dönemi : yağışsız-yaz</p> <p>9. Kerpiç kesme : uzun işçilik</p> <p>10.Kerpiç kurutma : uzun işçilik</p> <p>11.Duvar örme : uzun işçilik</p> <p>12.Çamur hazırlama geniş alan</p> <p>13.Kerpiç kesme geniş alan</p> <p>14.Kurutma işleri için geniş alan</p> <p>15.Özel killi toprak bulunması</p> <p>16.Blok yapımında geometrik kararsızlık</p> <p>17.Duvarın dışı yağıştan korunmalı</p> <p>18.Yağmurlu bölgelerde yapılmaz</p> | <p>Servis ömrü içinde tesisat kaçağından dahi dağılmamıştır</p> <p>2,8 - 4,5 N/mm<sup>2</sup> (sınır 2 N/mm<sup>2</sup>)</p> <p>Tozlanmayan,dayanıklı yüzey</p> <p>8 seneden sonra 1 cephe sıva istedi %1,5'e indirilmiştir</p> <p>4 mevsim üretim</p> <p>yok</p> <p>4 mevsim üretim</p> <p>Tokmıklama veya kesme</p> <p>yok</p> <p>işi yok</p> <p>yok</p> <p>Duvara döküm</p> <p>yok</p> <p>Özel killi toprak gerekmez</p> <p>Geometrik kararlılık</p> <p>Açık bırakılabilir</p> <p>Yapılır</p> |

**LIMITING CHARACTERISTICS****(Traditional adobe buildings)****IMPROVED CHARACTERISTICS****(MAG 505; TEZ'84 and INTAG 622 '95)**

|   |  |
|---|--|
| 1. Swelling and dispersing when meets water   | It hasn't dispersed within the service life even from the installation leakage |
| 2. Low Resistance                             | 2,8-4,5 N/mm <sup>2</sup><br>(Standards 2N/mm <sup>2</sup> )                   |
| 3. Surface dusting, spoiling                  | No dusting, enduring surface.  |
| 4. Short duration, needs maintenance          | 8 years of plaster duration  |
| 5. Shrinkage problem                          | Reduced to 1,5%  |
| 6. Adobe production: not in rainy seasons     | Not limited by the seasons   |
| 7. Adobe drying: No rain - only in summer     | No drying process.   |
| 8. Construction period: No rain-summer        | Not limited by the seasons   |
| 9. Adobe production: long term workmanship    | Tamping or firming processes   |
| 10. Adobe drying: long term workmanship       | No drying process  |
| 11. Masonry: long term workmanship            | No work  |
| 12. Mud preparing: broad area                 | No mud preparing process   |
| 13. Adobe production: broad area              | Casting on the wall  |
| 14. For drying process: broad area            | No drying process  |
| 15. Special clayey earth                      | No clayey earth required   |
| 16. Geometric instability in block production | Geometric stability  |
| 17. Exterior wall must be protected from rain | May be left open   |
| 18. Cannot be done in rainy regions           | Can be done  |

Yapı performansı bölümünde (Bkz.3.4) kerpiç yapının özellikleri daha geniş incelenmiştir. Kerpiç yapının bugün kısıtlı kullanılmasının nedenleri ve iyileştirme yönleri aşağıdaki başlıklar altında derlenebilir .

#### 1.4.1. Teknolojik

Yapı teknolojisi malzeme , işçilik , araç - gereç ve ayrıca yapının inşaatını sağlayan bilgi ve diğer katkıları içerir. Yapının iki ana görevi vardır ; taşıyıcılık ve koruyuculuk. Bu iki görev kendi içlerinde ikiye ayrılırlar. Birincisi, kendini ve insan ihtiyaçlarından doğan şeyleri güvenilir şekilde taşımak , ikincisi ise yapı sağlığı ve insan faktörü ile ilgili sağlıklı mekanlar yaratmaktır . Teknolojinin yapıya katkısı ise , günün imkanları ile yapının bu iki görevi başarıyla yerine getirmesini sağlamaktır. Mimarlık Fakültesi'nde yapılan kerpiç teknolojisi çalışmalarının amacı ; kerpiç yapının taşıyıcılık ve koruyuculuk görevlerini , günün ihtiyaçlarını karşılayacak seviyede çözüme katkıda bulunmaktadır .

#### 1.4.2. Sosyolojik

Kerpiç yapı bir yandan avantajlı olması, diğer yandan teknolojik gelişmelerine rağmen , konut sektöründeki yerini alamamaktadır. Bunu toplumdaki sosyo-ekonomik gelişmelere bağlayabiliriz.

- Yapı kurallarının unutulması  
Para kazanmak için kırsal kesimden şehire gelenler inşaatlarda çalışırlar. Memleketlerine geri döndükleri zaman çalıştıkları inşaatın bilgisi ile , yani betonarme iskelet ve ince tuğla duvarlı evler yaparlar . Böylelikle kendi kültürlerinin sağlıklı yapılarına ait yapı kuralları yeni nesillere aktarılmaz.
- Yapı modası  
Kırsal kesim insanı , şehirde endüstriyel malzemelerle yapılan yapıların içinde daha iyi yaşadığını zannederler ; şehir modasına uymak veya diğer komşularına üstünlük sağlamak amacıyla binalarını kolon kiriş sisteminde yaparlar.Ancak binaların taşıma ve koruma görevleri kurallara uygun olmadığı gibi yeterli de değildir.

Characteristics of adobe construction have been examined in further detail in the section regarding building performance (see 3.4). The reasons why adobe construction is used limitedly and improvement methods can be compiled under the following headings:

#### 1.4.1. Technological

Construction technology covers information about material, workmanship, tools and instruments as well as and other aspects that provide construction of a building. The building has two main functions: carrying and protection. These two functions also divide into two groups. The first is to carry reliably itself and things resulting from human requirements and the second is to create spaces for building health and human factor. Technology's contribution to the building is to ensure that the building fulfils these functions successfully with current opportunities. The aim of researches conducted in Faculty of Architecture is to contribute to adobe building to overcome carrying and protection functions at a level where current requirements are met.

#### 1.4.2 Sociological

Despite adobe construction's advantages and its technological developments, it does not hold a place in housing sector that it deserves. This can be associated with socio-economic developments in society.

- Forgetting construction rules  
Those coming from rural areas to urban areas in order to earn money usually work in constructions. When they return to their hometown, they build houses by using information they have obtained from construction; in other words, they build houses with reinforced concrete framework and walls made of thin brick. Thus, construction rules of healthy buildings pertaining to their own culture cannot be conveyed to new generations.
- Construction fashion  
Rural people think that they can live more comfortably in buildings made of industrial materials in cities. They build their houses in pillar-joist system so as to keep pace with urban fashion and to provide superiority over their neighbours. However, carrying and protection functions of buildings are not in compliance with rules and are inadequate.

- Kerpiçin sanayi ürünü olmayışı  
Kerpiç yapı malzemesi piyasa şartlarını sağlayamadığı için “talep” konusu olmamaktadır. Bilindiği gibi sanayi ürününün “piyasa tutması”, onun ihtiyaç sahiplerine tanıtılması ile başlar. Tanıtım günümüzde bütçesi sağlanmış reklam kampanyası ile yapılabilir . Bu bütçenin reklamdan rant yapacak bir yatırımcısı olmalıdır. Bütün bu mekanizma ,kerpiç yapı malzemesi sanayi ürünü ve yatırımcısı olmadığı için gerçekleşmemektedir . Toplumun bireyelerine, ülke ekonomisine ve dünya ekolojisine katkısı düşünülerek kerpiç yapının tanıtma görevini araştırmacılar yüklenmişlerdir . Bu davranış esasen “teknolojik gelişmeler” sürecinin bir halkasıdır. Çalışma ,birçok dış ülkede temsil edilmiş ve yayınlara alınmıştır. Ülkemizde de uygulayıcılar için tanıtma toplantısı ve eğitim seminerleri yapılacaktır.

#### 1.4.3. İdari

Kerpiç yapı uzun dönem “yöresel yapı kültürünün tekniğinden” ve “çağdaş araştırmaların güvencesinden” yararlanamamıştır . Böylelikle rastgele yapılan binalar bir yandan senelerin tahribatına diğer yandan , (alanının %92’sinde deprem riski olan ülkemizde) deprem tahribatı ile güvenilirliğini kaybetmiştir. Üniversitemizde ulaşılan teknolojik düzeyde , kerpiç yapının üretilebilmesi için resmi makamlar tarafından ihtiyaç duyulan

#### - Yönetmelik

Alçılı kerpiç malzeme ile bireysel ve toplu konut yapılmak istendiğinde , kontrol ve onayları ile ilgili yönetmeliklerin hazırlanmış olması gerekir.

#### - Standart

Kerpiç yapı teknolojisi alanında ham madde temini , malzeme ve eleman üretimi, yapının inşaatı, işçilikleri, ayrıca araç ve gereçlerini değiştiren INTAG TOKİ 622 , için uygun standartın oluşturulmalıdır. Bu çalışmanın dördüncü bölümünde standartlaşmaya katkı ifade edilmiştir.

#### - Topluma örnek sunmak

Tanımlanan sebeplerle itibarını kaybeden kerpiç yapı malzemesinin tekrar konut sektörüne kazandırılması için kerpiç yapının taşıyıcılık ve koruyuculuk görevlerini yerine getirdiğini topluma kanıtlamak gerekir [6]. Bu amaçla araştırma grubu TEZ’84 ile 1.Deneme Yapısını INTAG TOKİ 622’95 ile 2. Deneme Yapısını hayata kazandırmıştır . 1. Deneme Yapısı 9 sene süre ile İ.T.Ü. Rektörlüğü Ayazağa kampüsünün Ana Okulu olarak kullanılmıştır .

- Since adobe is not an industrial material  
Adobe construction material is not in brisk “demand” since it cannot satisfy market conditions. As known, industrial material can “be in demand in the market” when it is introduced to those who need it. Introduction can be realized with advertising campaigns whose budget is provided. This budget should have an investor who will get profit from this advertising campaign. All of this mechanism cannot be materialized since adobe construction material is not an industrial material and does not have an investor. The duty of introducing adobe construction is assumed by researchers who consider the contribution of adobe to individuals of society, national economy and world ecology. This behavior is basically is a part of “technological developments” process. The research has been represented and published in many countries. Introductory meeting and education seminars will be held for applicators in our country.

#### 1.4.3. Administrative

Adobe construction has not benefited from “technique of regional building culture” and “assurance of contemporary researches” for a long time. Thus, buildings constructed randomly have lost their reliability due to damage of years as well as destruction caused by earthquake (92% of the total area of our country is under the risk of earthquake).

#### - Regulation

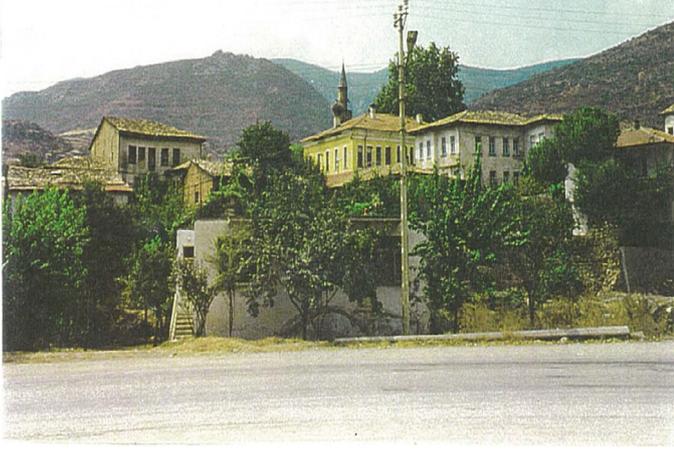
When individual and mass housings are to be built with gypsum stabilized adobe material, it is necessary that regulations regarding its control and approval be prepared.

#### - Standard

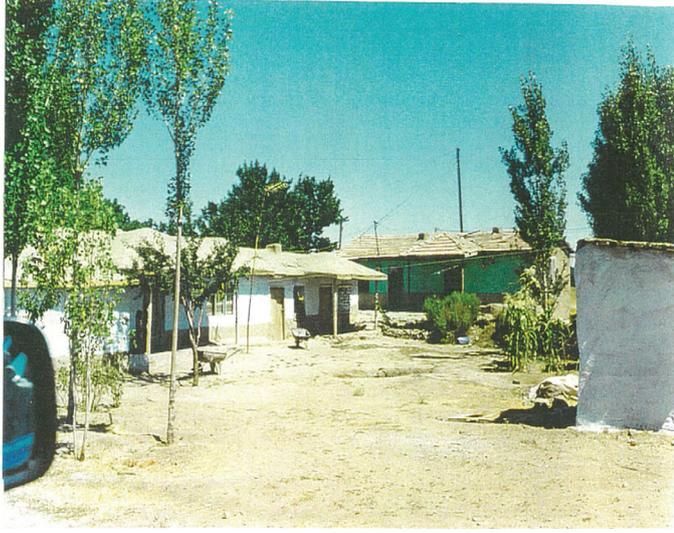
Proper standards must be established for INTAG TOKI 622, which has changed raw material procurement, material and element productions, building construction and tools and instruments. In the 4th section of this research, the contribution to standardization will be mentioned.

#### - Setting an example for the society

It is necessary to prove to society that adobe construction fulfils carrying and protection functions so as to bring adobe construction material back to housing sector, which has lost its reliability due to the abovementioned reasons [6]. To this end, the research group



Resim 1.1. Osmaneli Yöresi Kerpiç Konut (Kültür Mirası)



Resim 1.2. Ege Yöresi Konut

#### 1.4.4. Kültür Mirası

##### - Yöresel yapı kültürü

Tarihteki kilometre taşları “mimari” veya “anonim mimari” eserlerdir. Bu eserler, dönemlerine ait gelişmeleri açık kütüphane gibi topluma aktarırlar ; bölgesel özellikleri ile bölgenin kişiliğini yaşatırlar. Bölgelerin yapısal özelliklerini korumak kültür mirasının, bölge kimliğinin korunması demektir “Globalleşme” veya “Avrupa Topluluğu” felsefesi içerisinde bu gün insanlar daha çok birbirlerine benzeyeceklerini zannederken , yürütülen en büyük savaş “kimlik savaşı”dır. Kimlik savaşı kültür parametrelerinin üstünlüğünü kapsar ; mesela bir ülkenin lisanı veya müziği veya para biriminin diğerlerine üstün gelmesini planlar.

Her ülkenin kültür kimliğine ihtiyacı vardır. A.B.D.liler kızdilerililerden kendilerine miras kalan kerpiç yapıları , ülkenin başlangıç kültürü olarak kabul etmişler ve korumak için araştırma merkezlerini kurmuşlardır [ 7 ]. Yeni kerpiç yapıları için ise , güncel (1982) kerpiç yapı yönetmelikleri vardır. Kültür kimliğimiz ve kültür mirasımız olan “zengin kerpiç yapı varlığımız”ın korunması bir görevdir ( Resim 1.1 - 1.2 ) .

materialized 1st Case-Research Building together with TEZ’84 and 2nd Case-Research Building with INTAG TOKI 622’95. 1st Case-Research Building was used as Kindergarten of Ayazaga Campus of ITU Rectorate (Istanbul Technical University) for 9 years.

Picture 1.1

Figure. 1.1. Adobe Houses in Osmaneli District (Cultural Heritage)

Picture 1.2

Figure 1.2. Houses in Aegean Region

#### 1.4.4. Cultural Heritage

##### - Regional building culture

Milestones of the history are “architectural” and “anonymous architectural” works. These works convey the developments in their era (such as open library) to society and keep region’s identity alive thanks to their regional characteristics. Protecting structural characteristics of regions means protecting cultural heritage and regional identity.

While people assume that they will resemble each other more within the framework of “Globalization” and “European Community”, the greatest war is actually “identity war”. Identity war involves superiority of cultural parameters. For example, it arranges that language or music or currency unit of a country becomes superior to others.

Each country requires cultural identity. Americans acknowledged adobe buildings, which are inherited from Indians, as initial culture of the country and established research centres to protect them [7]. Contemporary adobe construction regulations exist for new adobe buildings (1982). It is a responsibility to protect “our rich adobe construction entities” which is our cultural identity and cultural heritage (Figure 1.1, Figure1.2).

##### - Regional living culture

Different living cultures exist in our country according to regions, urban and rural areas. Living culture is affected especially from the activity from which people earn their incomes. The expectations of a person who does desk work are different from the expectations of a farmer who performs irrigated agricultural labour in rural areas. When a house is to be designed, survey and analysis of occupant requirements should certainly be considered.

merkezlerini kurmuşlardır [ 7 ]. Yeni kerpiç yapıları için ise , güncel (1982) kerpiç yapı yönetmelikleri vardır. Kültür kimliğimiz ve kültür mirasımız olan “zengin kerpiç yapı varlığımız”ın korunması bir görevdir ( Resim 1.1 - 1.2 ) .

#### - Yöresel yaşama kültürü

Ülkemizde bölgelere , şehir ve kırsal kesimlere göre değişik yaşama kültürü vardır. Yaşama kültürü , özellikle insanların hayatlarını kazandıkları faaliyetten etkilenirler . Şehirde masa başı çalışması yapan insan ile kırsal kesimde sulamalı ziraat yapan çiftçinin konuttan beledikleri birbirinden farklıdır. Konut projelendirileceği zaman kesinlikle kullanıcı ihtiyaçlarının anketinden ve analizinden hareket edilmelidir. Kırsal kesim insanının öncelikli ihtiyacı düz-ayak bir yapı , günlük kullandığı araç gereç deposu , kışlık erzak için kiler , hayvan için ahır gibi fonksiyon alanlarıdır. Bütün bu fonksiyonları yurdumuzun her köşesinde gördüğümüz 4 katlı betonarme , toplu konutlara yerleştirmemiz akıllı bir davranış olmaz ( Resim 1.5 )

Primary requirements of people in rural area are houses with plain foundations and which also include a storage room for tools and instruments that they use, a cellar for dry food for winter and a barn for animals. Adding all of these functions to 4-storey reinforced mass housings, which we encounter in every corner of our country, will not be rational (Figure 1.5).

Picture

Figure 1.3. Housing Requirement of Society (Ankara Region)

Figure 1.4. Housing Presented to the Society

Figure 1.5. Mass Housing Example

Figure 1.6. Frank Lloyd Wright, Santa Fe, 1959, “Pottery House” Pueblo Revival Architecture Era

Figure 1.7. Pueblo Adobe Building based on Red Indian Construction Culture in the USA



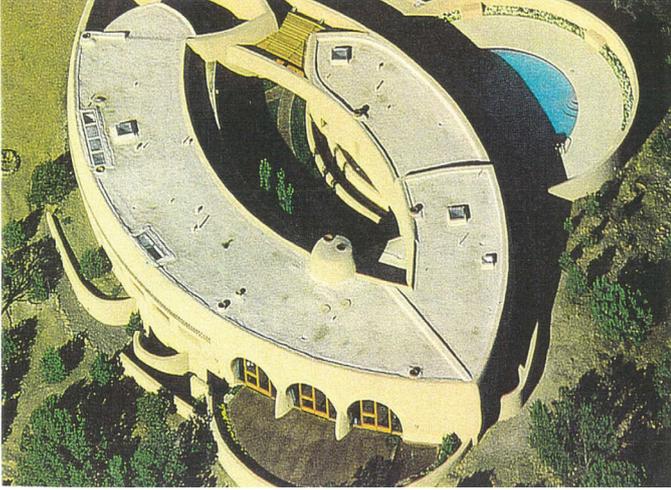
Resim 1.3. Toplumun Konut İhtiyacı ( Ankara Yöresi )



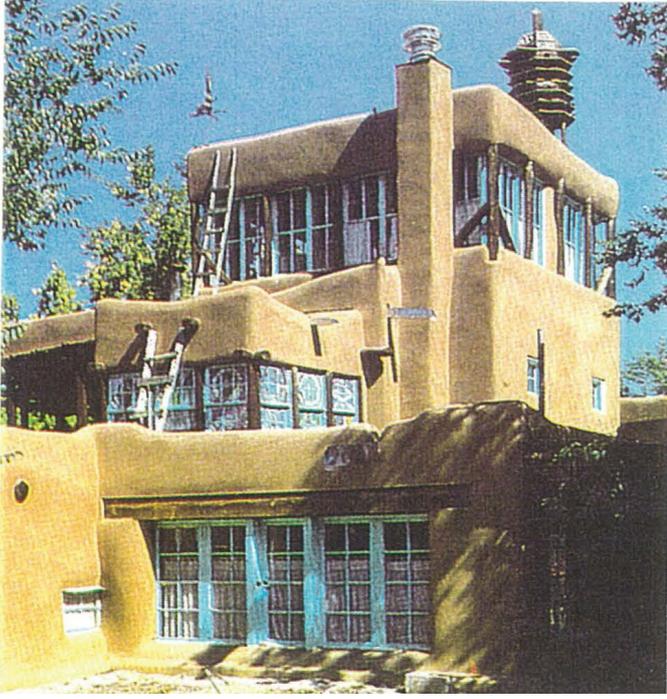
Resim 1.4. Topluma Sunulan Konut



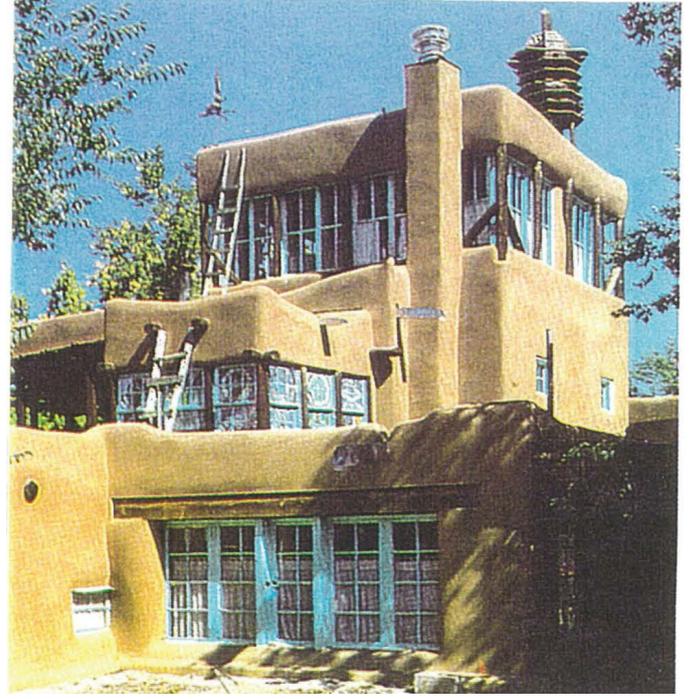
Resim 1.5. Toplu Konut Örneği



Resim 1.6. Frank Llyod Wright ,Santa Fe, 1959 , “Pottery House” Pueblo Revival Architecture dönemi [8 ]



Resim 1.7. A.B.D. de Kızılderili Yapı Kültürüne Dayanan Pueblo, Kerpiç Yapı [8]



### 1.5. Çalışmanın Yöntemi

Teknoloji , kuramsal yönden gelişme yerine , ilkelerin uygulanmasına önem vermek anlamına gelir [ 9 ].  
Teknoloji araştırmaları şu aşamalardan geçmelidir [ 10 ].

- 1) ) Temel araştırma
- 2) ) Deneylerle araştırma
- 3) ) Uygulanarak araştırma 4) Deneylerle geliştirme
- 5) ) Demo , pilot , referans veya model yapılması 6) Üretim şartları araştırması
- 7) ) Piyasa , maliyet , kalite , standartlaştırmanın araştırması 8) Alıcı ve uygulayıcı şartlarının araştırılması

i.T.Ü. Mimarlık Fakültesi'ndeki kerpiç teknolojisi araştırması 1978'den bu yana kesintisiz devam etmektedir [Ek 1]. Temel araştırma aşamasında , 1980 'de TÜBİTAK

MAG 505 [11] ile alçılı kerpiç yapı malzemesinin özellikleri tamamlanmıştır. "5.Referans çalışmaları" aşamasında 1983'te yüksek lisans tez konusu olarak 1.Deneme yapısı inşa edilmiştir [12] (Resim 1.8-1.9). "Teknoloji araştırmaları" sistemi içerisinde INTAG TOKI 622 'nin yeri "Üretim şartlarının belirlenmesi" aşamasıdır. Çalışmanın yöntemi kısaca ;

- 1) ) Önceki çalışmaların incelenmesi ve sunulması ,
- 2) ) Laboratuvar deneyleri ile malzemelerin işlenebilirliklerinin düzeltilmesi ,
- 3) ) Şantiyede mekanizasyona uygun denemelerin yapılması ve araştırma yapısının inşaatının yapılmasıdır.

### 1.5. Methodolog

Technology means attaching importance to the application of principles instead of theoretical development [9].  
Technology researches should follow these stages [10]:

1. Basic research
2. Research through experiments
3. Research by application
4. Development through experiments
5. Creation of demo, pilot, reference or models
6. Determination of production conditions
7. Researching the market, costs, quality and standardization
8. Researching conditions of purchaser and applicator

Adobe technology research has continued uninterruptedly in Faculty of Architecture, ITU since 1978 [Annex-1]. At basic research stage, properties of gypsum stabilized construction material are defined in 1980 through TUBITAK MAG 505 [11]. At the stage of "reference researches", 1st Case-Research Building was constructed in 1983 as the subject of postgraduate thesis [12] (Figure 1.8-1.9). The place of INTAG TOKI 622 within "technological researches" is "determination of production conditions" stage. In brief, methodology of the research is as follows:

- 1) Examination and presentation of previous studies,
- 2) Modification of workability of materials through laboratory experiments,
- 3) Conducting experiments appropriate for mechanization in site and construction of case-research building.



Resim 1.8. 1.Deneme Yapısı ( Dış )



Picture 1.8. & 1.9.



Resim 1.9. 1.Deneme Yapısı ( iç )

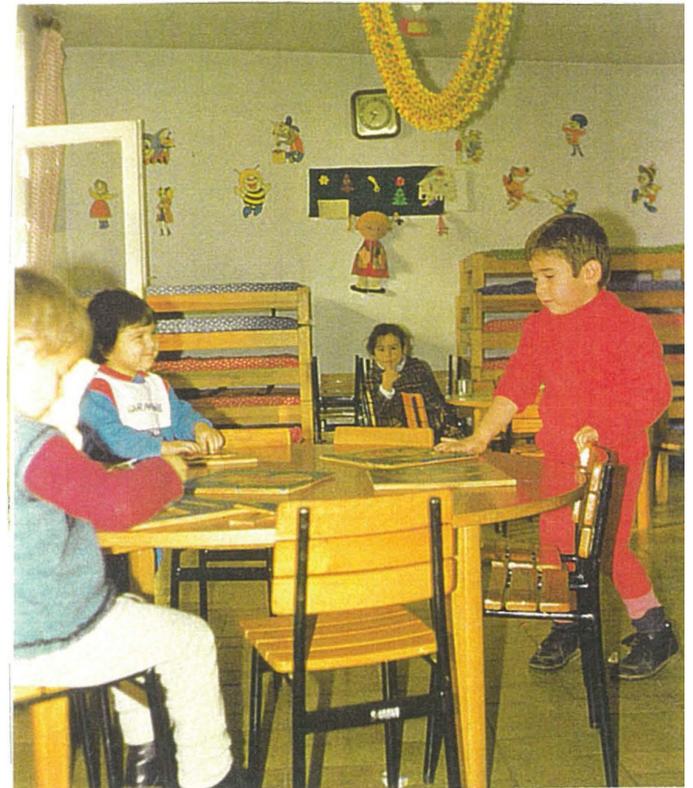


Figure 1.9. 1st Case-Study Building (Interior)

## 1.6. Sonuç

Konut sektörü günümüzde “sağlıklı yapı” üretimini hedef olarak kabul etmiştir. Sağlıklı yapılar dönemi bir yandan günümüzün gerçeği olan insan ve çevre sağlığını gözetmeli, diğer yandan rasyonalizasyondan vazgeçmemelidir. Kerpiç yapı sağlıklı ortam şartları yarattığı için konut olarak kullanılmaya elverişlidir. Yapı malzemesi üretimi ve yapı kullanımı aşamalarında, dünyanın ekolojik dengesini koruyan ve ülkenin enerji bütçesine katkısı olan yapı türüdür.

## 1.6. Conclusion

Today, housing sector aims at construction of “healthy buildings”. Healthy buildings should not only consider human health and environment but also do not give up rationalization. Since adobe building creates healthy conditions, it is suitable for housing. At stages of construction material production and building occupancy, it is the construction type that protects ecology balance of world and makes contributions to national energy budget.

Konut yapımında kerpiğin tekrardan kullanılabilmesi için sosyolojik , idari , teknolojik iyileştirmelere ihtiyaç vardır. İNTAG TOKİ 622 no'lu çalışma , yapının teknolojisi alanında

- Kendi konutunu yapan
- Toplu konut sektörü
- Kerpiç yapı projelendiren
- Kerpiç yapı onaylayan
- Ülke bütçesini,kültür mirasını,ekolojisini korumakla görevli yöneticiler için alçılı kerpiç yapıya uygun mekanizasyon şartlarını araştırmıştır.



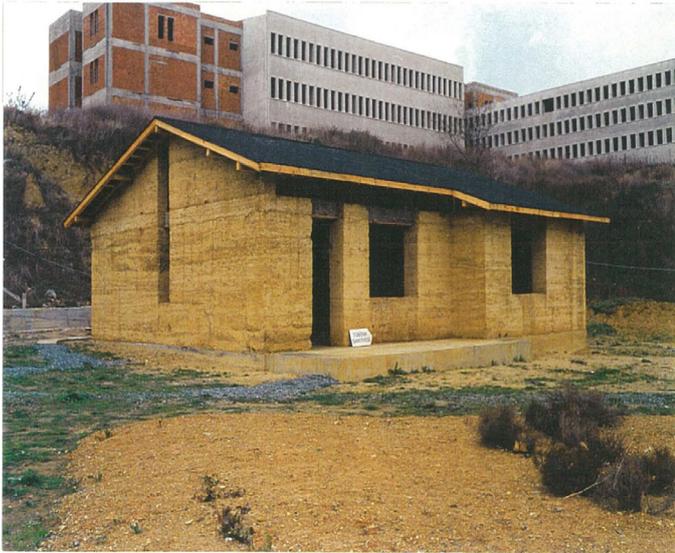
Resim 1.10 Emlak Bankası İstanbul 1. Levent Evi

Sociological, administrative, technological improvements are required for reuse of adobe in housing construction. İNTAG TOKİ 622 research has researched mechanization conditions suitable for gypsum stabilized adobe construction for

- Those building their own houses,
- Mass housing sector,
- Those designing adobe construction,
- Those approving adobe construction,
- Managers who are responsible for protecting national budget, cultural heritage, national ecology.



Figure 1.10 Emlak Bankası İstanbul 1. Levent House



Resim 1.11 İNTAG TOKİ 622 Kerpiç Yapı

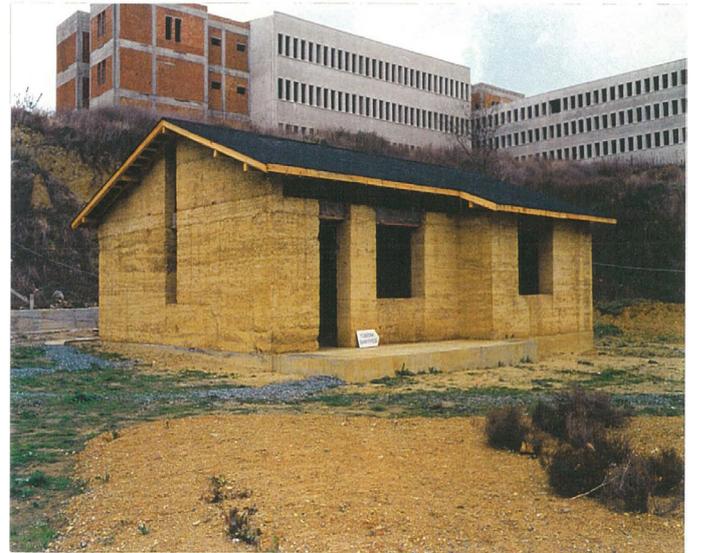


Figure 1.11 İNTAG TOKİ 622 Adobe Building

## BÖLÜM 2 . ALÇI KATKILI KERPIÇİN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Giriş

Bu bölümde, alçı ile stabilize edilmiş toprak yapı malzemesinin mekanizasyona uygun işlenebilirliği incelenmiştir. Alçı ile stabilize edilmiş toprak yapı malzemesinin (Alker) “karışım türü” İTÜ. Mimarlık Fakültesi kerpiç araştırmacılarının [Ek 1] önceki çalışmalarından alınmıştır [11] [ 12 ].

önceki çalışmalarda alçı oranında değişiklik yapılarak mekanik ve fiziksel. özellikler geniş bir şekilde incelenmiş , bunların arasında %10 alçı katkısının iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bu çalışmada da yeni toprak , alçı ve kireç kullanıldığı gözönünde bulundurularak alçı oranı incelemesi, daraltılmış örnekleme yoluyla tekrar yapılmış ve sonuçların paralelliği gözlenmiştir. Dolayısıyla laboratuvar ve alan çalışmalarında kullanılan toprağın kuru ağırlığının %10’u kadar alçı katkı stabilizasyon esas alınmıştır.

İlk aşamada; araştırmada kullanılacak olan alçı katkı kerpiç yapı malzemesini oluşturan toprak, alçı ve kirecin özellikleri, hem daha önceki çalışmalarda hem de bu araştırmadaki saptamaları verecek şekilde özetlenmiştir.

İkinci aşamada; toprak, alçı ve kirecin oluşturduğu karışımın özelliklerine ilişkin saptamalar, gene önceki çalışmalar ve araştırma bulguları ile birarada verilmiştir . Ayrıca, nasıl bir teknoloji ile bu malzemeden en verimli sonuç alınabileceğine ilişkin belirlemeler yapılmıştır.

Sonuç bölümünde ise; deneysel çalışmalar sonucunda gerek malzemeye gerekse inşaat teknolojisine ilişkin bulgular birarada değerlendirilerek, uygulamaya yönelik bazı belirlemeler yapılmıştır.

### 2.2. Ham Malzeme Deneylemleri

Alçı katkı kerpiç üretiminde, kullanılan malzemelere ilişkin özelliklerin belirlenmesi yapıdan beklenen performansın artırılabilmesi açısından önem taşır. Bu nedenle; çalışmanın aşamalarında kullanılan toprak, alçı ve kirece ilişkin özellikler, malzemeden olumlu sonuç elde etmek amacıyla araştırılmıştır. Daha önce bu alanda yapılmış olan çalışmalarda ve bu araştırmada elde edilen bulgular aşağıda açıklanmaktadır.

#### 2.2.1. Durumun Belirlenmesi (Daha Önceki Çalışmalar ve Bulguları)

Kerpiç, pek çok kaynaktan, şekillendirilmiş killi toprağın havada kurutulması sonucu elde edilen zayıf basınç

## SECTION 2. MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF GYPSUM STABILIZED ADOBE

### 2.1. Introduction

In this section, workability of gypsum stabilized adobe construction material in relation to mechanization is examined. “Mixture type” of gypsum stabilized adobe construction material (Alker) has been obtained from previous studies of ITU Faculty of Architecture [Annex-1] [11, 12].

Mechanical and physical properties have been comprehensively examined by changing gypsum rate in previous studies and it has been observed that 10% gypsum admixture gives the best result. In this research, analysis of gypsum rate of new soil is performed through limited sampling by considering that gypsum and lime are used and similarity between the results is observed. Thus, gypsum added stabilization, which is 10% of the dry weight of soil used in laboratory and field researches, is taken as the basis.

At the first stage, properties of soil, gypsum and lime, which compose gypsum stabilized adobe construction material to be used in the research are summarized in a way to provide assignments both in previous studies and in this research.

At the second stage, assignments regarding properties of the mixture composed of soil; gypsum and lime are presented together with the results of previous studies and this research. Besides, determinations to learn with what kind of technology the best results will be obtained are made.

In conclusion section, results regarding both material and construction technology as a result of experimental researches are evaluated together and some determinations towards application are made.

### 2.2. Raw Material Experiments

Determination of properties of materials used in gypsum stabilized adobe production are important for increasing performance expected from building. Thus, properties of soil, gypsum and lime used in the research are examined in order to obtain positive results from material. The results obtained from previous studies in this field and this research are explained below.

#### 2.2.1. Determination of the situation (Previous studies and Results)

Gypsum is generally defined as a water sensitive material having low compressive strength due to drying shaped

dayanımına sahip, suya karşı duyarlı bir malzeme olarak tanımlanır. Yapılan araştırmalarda ise; kerpiğin gösterdiği dayanıklılığın sadece kilin kuruması ile sağlanmadığı, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının da kerpiğin özelliklerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Mineral ve organik maddelerle su ve havadan oluşan toprakta, değişik büyüklükteki daneler toprağın katı kısmını oluştururlar. Çakıl, kum, kil ve siltten meydana gelen bu kısım "Tekstürel Parçalar" olarak adlandırılır [11]. Bu parçalar, dane büyüklüklerine bağlı olarak 1912 yılında İsveçli toprak bilgini Atterberg tarafından Tablo 2.1'de görüldüğü gibi;

|                      | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $I_{-}$ (kcal/m <sup>3</sup> hc) |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| ento, saman katkılı) | > 1.70                      | 0.80                             |
|                      | 1.80                        | 0.70                             |
|                      | 1.80                        | 0.75                             |
|                      | 0.80                        | 0.23                             |
| ışıl                 | 1.80                        | 0.85                             |
| n (Donatılı)         | 2.40                        | 1.80                             |

Toprağı oluşturan çakıl, kum, silt ve kil oranlarının belirlenerek dane büyüklükleri oranının ayarlanması sonucu, kerpiç kalitesi iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla, Arizona Üniversitesi'nde H.C.Schwalen'in yapmış olduğu [13] "zemin dokusunun kerpiğin fiziksel özelliklerine etkisi" adlı çalışma ile; kerpiç tuğlasında kullanılabilir toprak türlerinin alt ve üst sınırlarını belirleyen eğriler ve ideal granülometri eğrisi ortaya konulmuştur (Şekil 2.1).

Herhangi bir toprak türünün granülometrik yapı yönünden blok kerpiç yapımına uygun olup olmadığı, Şekil 2.1'deki ideal eğriye olan yakınlık derecesine göre değerlendirilebilir. Toprağın granülometri eğrisinin ideal eğriye yaklaşması, o toprak türünün kerpiç yapmaya elverişli olduğunu göstermektedir. Ancak yerinde tokmaklanmış kerpiç yapımında, toprağın granülometrik yapısının ideale uygun hale getirilmesi şart değildir. Nitekim, ülkenin kerpiç yapı kültürünü inceleyen E. Kömürçüoğlu (1962) [14], toprak yapı malzemesinin işlem görmeden, ocaktan çıktığı şekilde tokmaklama yöntemi ile kullanılabilirdiğini belirtmiştir. Ancak bu metotta; itinalı çalışılmasının gerekli olduğuna, aksi takdirde beklenmedik hasarlar olabileceğine dikkati çekmiştir.

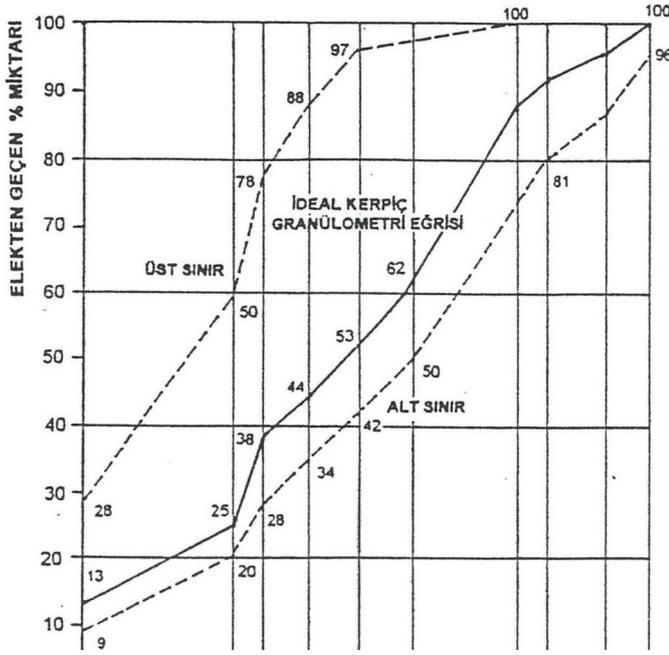
clayed soil in the air. It has been seen in the researches conducted that strength of adobe results not only from dehydration of lime but also from physical and chemical structure of soil.

Grains in various sizes within soil, which is composed of mineral and organic materials as well as water and air, form solid part of soil. This part is composed of gravels, sand, clay and silt, which are called "Structural Particles" [11]. These particles are classified by Swedish soil expert Atterberg in 1912 according to their particle sizes as in Table 2.1:

|                      | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $I_{-}$ (kcal/m <sup>3</sup> hc) |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| ento, saman katkılı) | > 1.70                      | 0.80                             |
|                      | 1.80                        | 0.70                             |
|                      | 1.80                        | 0.75                             |
|                      | 0.80                        | 0.23                             |
| ışıl                 | 1.80                        | 0.85                             |
| n (Donatılı)         | 2.40                        | 1.80                             |

Adobe quality can be improved by the adjustment of particle sizes of gravel, sand, silt and lime, which compose soil. To this end, curves and ideal size distribution (granulometry) curve determining upper and lower limit of soil types, which can be used in adobe brick, are put forward with the research "effect of ground fabric on physical properties of adobe" by H.C. Schwalen from Arizona University (Figure.2.1).

Whether any soil type is appropriate for adobe block construction in terms of its granulometric structure can be evaluated according to its proximity to ideal curve in Figure.2.1. Proximity of granulometric curve of soil to ideal curve indicates that that soil type is suitable for adobe production. However, it is not a condition in rammed earth production that granulometric structure of soil is adapted to ideal state. E. Kömürçüoğlu (1962) [14], who has examined adobe construction culture of the country, has stated that earth construction material can be used without being processed; namely, as it comes out of oven by ramming technique. However, he points out that this method requires due diligence or unexpected damages may occur.



Şekil 2.1. Dane Boyutuna Bağlı Olarak Kullanılabilir Toprak Türlerinin Limitleri, Arizona Üniversitesi, 1935 [13].

Tekstürel parçalardan kil ve silt gibi ince daneler çakıl , kum boyutundaki iri daneleri birbirine bağlayarak rijitliği sağlarlar, diğer bir deyişle kil betonu (geobeton [15]) oluştururlar. Ayrıca kimyasal maddelerle reaksiyona girerek stabilize olan maddeler de yine kil ve silttir. Dolayısıyla, topraktaki killi malzemenin türü ve bulunma oranı yapı malzemesinin özelliklerinin büyük ölçüde değişmesine neden olmaktadır .

Bunların yanısıra , killer içerisindeki inorganik maddelerin (kuvars , feldspat , mika v.b.) renk verme ve rötre azaltma gibi birtakım fiziksel özelliklere , organik maddelerin ise kil zerreleri arasında organik moleküller halinde tutunarak kimyasal özelliklere etki etmesi [11]; toprak içerisindeki bu maddelerin belirlenmesini gerektirir. Özellikle, toprağın fazla miktarda organik madde içermesi , kimyasal özelliklere etkisi bakımından sakıncalıdır. Eriyici tuzların (kalsiyum karbonat.. )%2'den fazla olması ise yapının ömrünü kısaltır [16] .

Çalışmada toprağın stabilizasyonunda kullanılan alçı ve kirece ilişkin özelliklerin de belirlenmesi gerekmektedir. “Alçının ham maddesi olan alçıtaşı, jips minerallerinden oluşan bir tortul taştır. Alçı, kimyasal bileşimi  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  olan jipsin, yaklaşık olarak yarım molekül kristal suyu kalacak şekilde kızdırılarak suyunun uçurulması ve öğütülmesi ile elde edilen ve su ile karıştırılınca, tekrar hidrasyon sırasında bağlayıcılık özelliği kazanan bir yapı malzemesidir.” [17] .

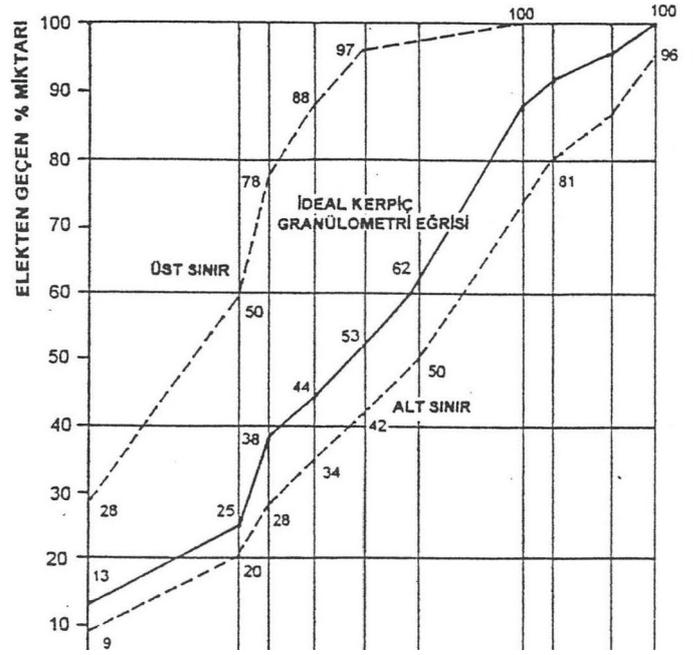


Figure 2.1. Limits Of Soil Types Useable According To Grain Size, Arizona University, 1935 [13]

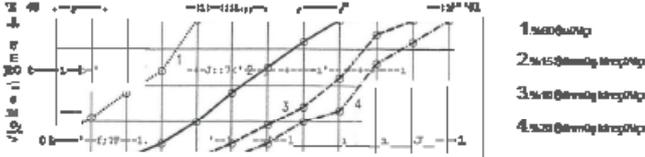
Fine grains such as clay and silt, which are among structural particles, can provide rigidity by attaching coarse grains of sand size to each other; in other words, they compose clay concrete (geobeton [15]). Besides, materials being stabilized by undergoing a reaction with chemicals are clay and silt. Thus, type of clay material and its rate within soil cause properties of construction material to change considerably.

In addition, since inorganic materials within clay (such as quartz, feldspar, mica etc.) affect certain physical properties such as tingeing and reducing shrinkage and since organic materials affect chemical properties by holding as organic molecules among clay particles, these materials within soil should be determined. Especially, high amounts of organic materials within soil are disadvantageous in terms of their effect on chemical properties. Solvable salts (such as calcium carbonate), whose rate is above 2%, shorten building life [16].

Properties of gypsum and lime used in soil stabilization in the research should also be known. Gypsum stone, raw material of gypsum, is a sedimentary stone composed of gypsum minerals. “Gypsum is obtained when water is removed from gypsum, whose chemical compound is  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , by heating until approximately half-molecule crystal water remains and later is grinded. This construction material attains binding characteristics during hydration when it is mixed with water” [17].

Alçının su ile karşılaşınca kısa zamanda katılaşması (5-8 dakika), alçı katkılı kerpiç yapı malzemesi ile çalışacak süreyi kısaltır. Bu nedenle, priz süresi olarak adlandırılan bu katılaşma süresinin kontrol altına alınması gerekmektedir. Alçı hamurunun su / alçı oranı ile de ilgili olan bu süre, vicat iğnesi yardımıyla ölçülmektedir. Şekil 2.2 'de %80 su / alçı oranı için priz süresi eğrisi gösterilmiştir [11].

Aynı grafik üzerinde , alçının priz süresini geciktirmek amacıyla karışıma katılan değişik oranlardaki kireç katkısının etkisi de gösterilmiştir. Örneğin %10 kireç katılması halinde alçı prizi 4 dakika gecikmektedir.



Şekil 2.2 Alçıya Kireç Katmanın Priz Süresi Üzerine Etkisi [11].

#### 2.2.2. Araştırmanın Deneysel Katkısı

Bitmiş yapının özelliği , inşaatta kullanılan yapı malzemesi ve onun uygulanma metodu ile sınırlanır. Bu çalışmada kullanılan malzeme ve uygulama metodu önceki çalışmalar ölçek kabul edilerek irdelenmiştir . Kireç ve alçı sanayi ürünü olduklarından, araştırmanın deneysel kısmında toprağa ait fiziksel ve mekanik özellikleri belirleyen deneylere ağırlık verilmiştir.

##### 2.2.2.1. Toprak İle İlgili Analizler

İşlenebilirlik ve mekanizasyonun incelenmesi amacıyla inşa edilen araştırma binası İ.T.Ü. Ayazağa Kampüsü'nde yer almaktadır. İnşaatta kullanılan toprak da aynı kampüs arazisinden temin edilmiştir. Arazinin birkaç yöresinden sağlanan örnekler üzerinde elek analizi , kıvam limiti , birim ağırlık , pH değei , minerolojik analiz , organik madde analizi gibi incelemeler yapılmıştır .

Since gypsum hardens in a short time (5-8 min) when mixed with water, working period of gypsum stabilized construction material decreases. Thus, it is necessary that this hardening period, which is called as setting time, be taken under control. This period, which is also related to water/ gypsum content of gypsum paste, is calculated through vicat needle. Figure.2.2 demonstrate setting time curve for 80% water/ gypsum rate [11]. Effect of lime admixture added to the mixture in various amounts to delay setting time of gypsum is demonstrated on the same graphic. For example, in cases where 10% lime is added, gypsum setting time delays for 4 minutes. Thus, setting starts 12-13 minutes later.

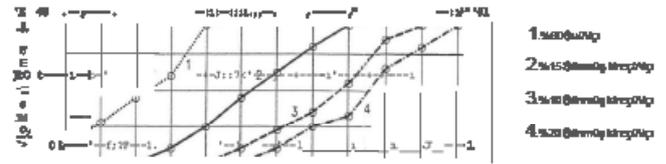


Figure 2.2. Effect Of Lime Addition To Gypsum On Setting Time [11]

#### 2.2.2. Experimental Contribution of the Research

Characteristic of finished building is limited to construction material used in the construction and its application method. Materials and application method used in this research are explicated based on previous studies. Since lime and gypsum are industrial materials, experiments determining physical and mechanical properties of soil are focused on in experiments section of the research.

##### 2.2.2.1. Analyses regarding Soil

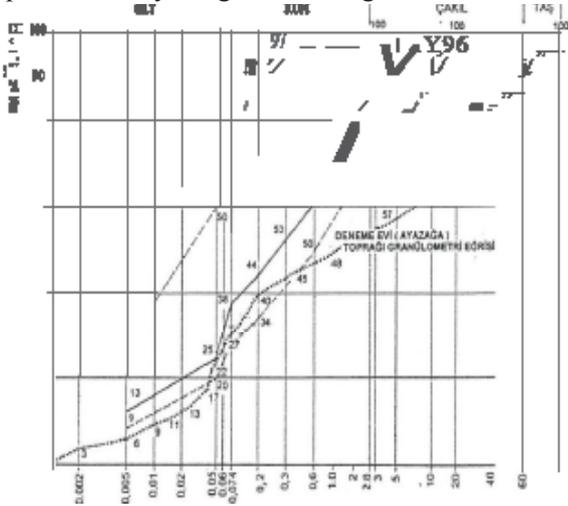
The case-study building constructed in order to examine workability and mechanization is located at ITU Ayazaga Campus. Soil used in the construction is provided from the same campus area. Examinations such as sieve analysis, consistency limit, unit weight, pH value, mineralogical analysis, organic material analyses are performed upon samples obtained from several parts of the area.

### 2.2.2.1.1. Elek ve Hidrometre Analizleri

Topraktaki tekstürel parçaların oranlarının belirlendiği bu analizlerden elek analizi kaba daneli malzeme dağılımını, hidrometre analizi ise çapı 0.074 mm'den küçük olan danelerin dağılımlarını, bir diğer deyişle silt ve kil oranlarının belirlenmesini sağlar.

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılan analizler sonucunda; araştırmada kullanılan Ayazağa toprağı için değerler %49 çakıl, %23 kum, %20 silt ve %8 kil olarak bulunmuştur.

Şekil 2.3'deki grafikte; daha önce bahsedilen ideal granülometri eğrisi ile Ayazağa toprağının granülometrik yapısını belirleyen eğri birarada görülmektedir.



Şekil 2.3. Araştırmada Kullanılan Ayazağa Toprağının Granülometrik Eğrisi.

Granülometrik yapısı ocaktan alındığı gibi kullanılan toprak yapı malzemesi; a - iri taneli harcın daha az karıştırma suyu istemesi,

- b - az su kullanılan harçta rötrenin az olması,
- c - az su kullanılan malzemede mukavemetin artması,
- d - inşaat sürecinde malzemenin elek işlemi ve süresinden tasarruf edilmesi avantajlarını getirir.

Alçı kerpiç çalışmasında ise bağlayıcılık, kilden başka

- a) tokmaktama ile yerleştirme
- b) alçı ile stabilizasyon
- c) kireç ile işlenebilirlik sistemi ile güçlendirilmiş ve yapı hasar vermeyecek hale getirilmiştir.

### 2.2.2.1.1. Sieve and Hydrometer Analyses

Sieve analysis from these two analyses, where rates of structural particles in soil are determined, is used for determining coarse grained material distribution and hydrometer analysis determines distribution of grains whose diameter is smaller than 0.074mm; in other words, rates of silt and clay.

Values for Ayazaga soil used in the research are determined to be as 49% gravel, 32% sand, 20% silt and 8% clay as result of analyses conducted in ITU Faculty of Architecture Soil Mechanics Laboratory.

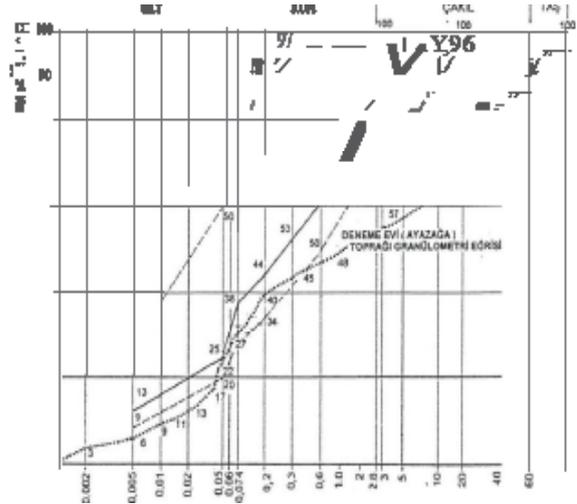


Figure 2.3. Granulometric Curve Of Ayazaga Soil Used In The Research

The granulometry curve mentioned before and the curve determining granulometry structure of Ayazaga soil can be seen together in Figure 2.3.

Adobe construction material, whose granulometric structure can be used as it comes out of oven, provides the following advantages:

- a-Coarse grained mortar requires less mixing water,
- b-Shrinkage is less where less water is used in mortar,
- c-Strength increases in materials where less water is used,
- d-Savings in sieving process and period during construction.

Binding in gypsum stabilized adobe research is strengthened through

- a) Placing by ramming,
- b) Gypsum stabilization
- c) Workability with lime

And the building becomes to a point where it will not cause damage.

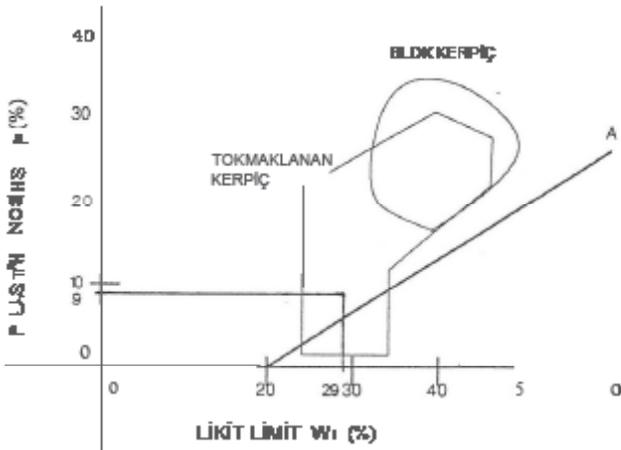
### 2.2.2.1.2. Kıvam Limitleri

Toprağın su muhtevsındaki değişimi ile kıvamı arasındaki ilişkinin belirlenmesi, malzemenin işlenebilirliği açısından önem taşır. Bu nedenle plastiklik limit, likit limit ve rötre limiti olarak belirlenmiş olan kıvam limitleri, araştırmada kullanılan Ayazağa toprağı için belirlenmiştir.

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Zemin Mekaniğı Labarutuarı'nda yapılan deneyler sonucunda; malzemenin işlenebilmesi için gereken minimum su miktarı olarak tanımlanan plastiklik limit %20, malzemenin sıvı özelliğı gösterdiği en az su miktarı olarak tanımlanan likit limit %29, daha fazla su kaybının hacimde bir azalmaya neden olmadığı andaki su miktarı olarak tanımlanabilecek olan rötre limiti ise %7 olarak bulunmuştur.

Kıvam limitlerinin belirlenmesi, karışımın nasıl bir yerleştirme yöntemine uygun olacağı konusunda bilgi verir. Şekil 2.4'de Atterberg tarafından [18] plastik indeksi ve likit limit ilişkisinin gösterildiğı grafikte [18]; tokmaklanan kerpiç [19] [20] ve blok kerpicin [19] durumu ifade edilmiştir.

Aynı grafik üzerinde, araştırmada kullanılan Ayazağa toprağına ait kıvam limitlerinin hangi sınırlar içerisinde kaldığı da görülmektedir. Buna göre, araştırmada kullanılan toprak tokmaklanmış kerpiç yapımı için uygundur.



Şekil 2.4 Plastisite Diyagramı [19]

### 2.2.2.1.3. Birim Ağirtık

Toprağın birim ağırlığının saptanması, katkılı toprak malzemede birim ağırlığın, ne şekilde değişim gösterdiğini belirleyebilmek açısından önemlidir. Böylelikle, alçı katkılı kerpiç malzeme için ısı iletkenlik katsayısı değerlerinin ve ses hızının birim ağırlığa bağlı olarak değişimi incelenebilir.

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Zemin Mekaniğı Labarutuarı'nda yapılan Proctor deneyi sırasında, Ayazağa toprağı için %15 su muhtevasına göre birim ağırlık değeri 1850 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

### 2.2.2.1.2. Consistency Limits

Determination of the relation between change in water content of soil and its consistency is important for workability of material. Thus, consistency limits defined as plasticity limit, liquid limit and shrinkage limit are determined for Ayazaga soil.

As a result of experiments conducted in ITU Faculty of Architecture Soil Mechanics Laboratory, plasticity limit, defined as minimum water amount required for the workability of material, is determined as 20%. Liquid limit, defined as minimum water amount where material exhibit liquid characteristic, is 29%. Shrinkage limit, which can be defined as water level, which will not result in further decrease in volume, is 7%.

Determination of consistency limits provides information about for which placing method the mixture will be suitable. State of rammed earth [19, 20] and adobe blocks [21] is demonstrated in the graph by Atterberg [18] where the relation between plastic index and liquid limit is presented in Figure 2.4.

In which intervals consistency limits of Ayazaga soil used in the research are located is also demonstrated in the same graph. In line with this, soil used in the research is suitable for rammed earth production.

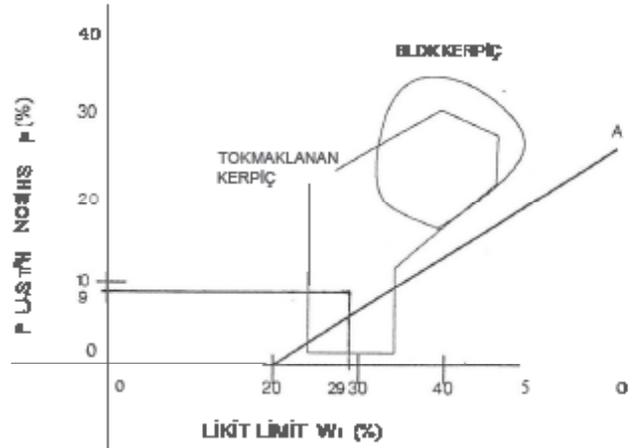


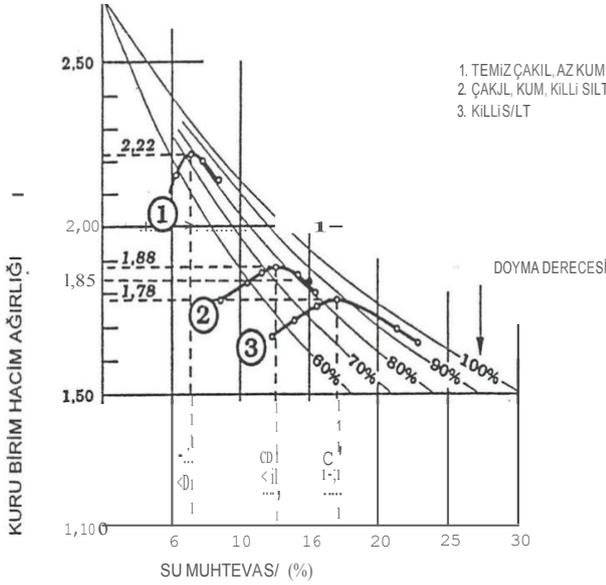
Figure 2.4. Plasticity Diagram [19]

### 2.2.2.1.3. Unit Weight

Determination of soil's unit weight is important for determining in which way unit weight in gypsum stabilized adobe material changes. Thus, change in heat conductance coefficient values and sound speed depending on unit weight can be examined for gypsum stabilized adobe material.

During Proctor experiment conducted in ITU Faculty of Construction Soil Mechanics Laboratory, unit weight value is determined as 1850 kg/m<sup>3</sup> according to 15% water content for Ayazaga soil.

Şekil 2.5 'de İsviçre Karayolları Birliği (VSS) 'nin, su muhtevasına bağlı olarak kuru birim hacim ağırlık değerlerinin değişimini farklı toprak türlerine göre belirlediği proctor eğrileri görülmektedir [21]. Bu eğrilere göre; Ayazağa toprağı, 2 rakamı ile ifade edilmiş olan "çakıl, kum, killi silt" türündeki toprakla benzerlik göstermektedir.



Şekil 2.5. Proctor Eğrileri [21].

Toprağın pH değerini belirlemek amacıyla, TS 3263 [22] 'e göre; 200 gr toprak etüvde kurularak desilatöre konulmuştur. Yaklaşık 24 saat kadar bekletildikten sonra alınıp 0.1 mg duyarlıklı METTLER aleti ile 30 gr tartılmış ve 75 mililitre su içersine konulmuş, daha sonra SPIN-MASTER aleti ile bu karışım 1 dakika kadar karıştırılmıştır. Sonuçta pH değeri olarak 6.6 okunmuştur. Bu değer toprağın hemen hemen nötr özellikte olduğunu göstermektedir (Tablo 2.2) [6]. Daha sonra karışım pH değeri 24 saat sonra yeniden

| pH DEGERİ | ORTAM ÖZELLİĞİ |
|-----------|----------------|
| 5.5       | Yüksek Asit    |
| 5.5 - 6.5 | Düşük Asit     |
| 6.5 - 7.0 | Nötr           |
| 7.0 - 8.0 | Düşük Baz      |
| 8.0       | Yüksek Baz     |

In Figure 2.5, proctor curves by Swiss Highway Association (VSS), where changes in dry unit weight volume values according to water content are determined for different types of soil, can be seen [21]. According to these curves, Ayazaga soil shows resemblance to the soil of "gravel, sand, clayey, silt" type, which is defined with number 2.

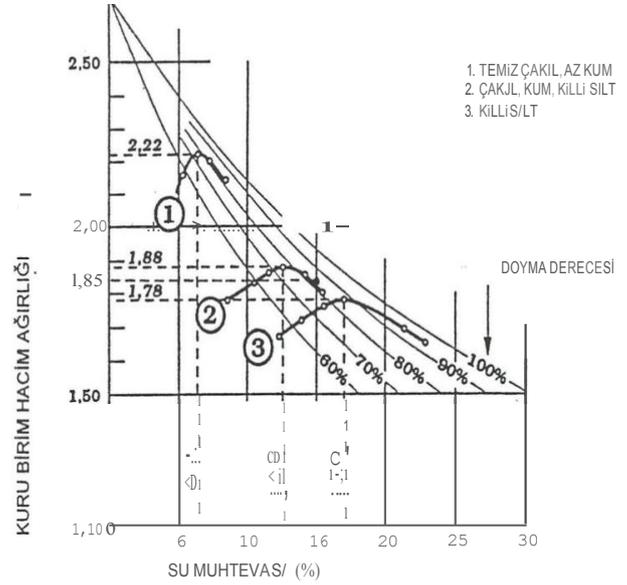


Figure 2.5. Proctor Curves [21]

200gr soil is dried in drying oven and placed into desolator in accordance with TS 3263 [22] in order to determine pH value of soil. After waited approximately for 24 hours, it is placed into 75mm water and this mixture is mixed for about 1min with 0.1mg sensitive METTLER tool. Finally pH value is determined to be 6.6. This value indicates that soil is almost neuter (Table 2.2) [6]. The mixture is placed into SPIN-MASTER after 24 hours to measure its pH value once again. At the end of this time, it is observed that pH value is 7.6 when soil. This value demonstrates that after soil reaches a certain degree of saturation, it gains alkaline characteristic.

| pH Value  | Environment Characteristic |
|-----------|----------------------------|
| 5.5       | High acid                  |
| 5.5 - 6.5 | Low acid                   |
| 6.5 - 7.0 | Neuter                     |
| 7.0 - 8.0 | Low Base                   |
| 8.0       | High Base                  |

ölçülmek üzere tekrar SPIN-MASTER aletine konulmuştur. Bu süre sonunda, toprak belli bir doygunluğa erişmiş durumdayken PH değerinin 7.6 olduğu gözlenmiştir. Bu değer, toprağın belli bir doygunluğa eriştikten sonra bazik karakter kazandığını gösterir.

#### 2.2.2.1.5. Mineral Bileşimi

Toprağın katı kısmını oluşturan çakıl, kum, kil ve silt karışımından kil ve siltin daneler arasında bağlayıcılık karakteri taşıması ve kimyasal maddelerle reaksiyona girmeleri nedeniyle, bu maddelerin tür ve miktarlarının belirlenmesi gerektiğinden bahsedilmiştir (Bkz. Bölüm 2.2.1).

Bu amaçla, araştırmada kullanılan toprağın mineral bileşimi İ.T.Ü. Maden Fakültesi Optik Mineroloji Laboratuvar'ında belirlenmiştir. Önce kesitleri alınarak mineral bileşimi, tane boyutu ile de dönüşüm mineralleri saptanmıştır. Ayrıca aynı Ana Bilim Dalındaki x-ışınları laboratuvarında, kil minerallerinin tayini için "x-ışınları toz yöntemi" ile kil mineral bileşimleri saptanmıştır. Polarizan mikroskopla yapılan incelemelerde, katı doğal kayaç tanımı, buna ait mineral bileşimleri ve modal oranları ile tane boyutları belirlenmiştir (Tablo 2.3). Örnek kayaçlarda detritik taneli minerallerin oranları %30-35 arasında değişirken, kil boyutlu mineraller başta mika olmak üzere ayrışım cisimi olarak bol demirli (demiroksit, hematit-limonit) kaolin-illit türündedir. Diğer tarafta, eriyen tuz türüne örneğin karbonat (CAC03), kalsit'e rastlanmamıştır.

| MİNERAL TÜRÜLERİ      | MİNERAL BİLEŞİMİ % | DANE BOYUTU (mm)  | DOKU ÖZELLİĞİ                              |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--|
| Kuvars                | 22                 | 0.06 - 0.09       | iri-ince taneli, yuvarlak şekilli, kırıklı |
| Feldspat              | 14                 | 0.3               | Kenarları opaklı malz.ile çevrelenmiş      |
| Plajjoklas            | 7                  | 0.3 - 0.6         | Öz şekilli, kırıklı, polisentetik ikizli   |
| Biotit (siyah mika)   | 7                  | 0.3               | Yerel olarak opaklanmış ince iğne şekilli  |
| Müskovit (beyaz mika) | 3                  | 0.3               | ince taneli, lifsel, iğne şekilli          |
| Yabancı kayaç         | 1                  | 0.35              | Yarı köşeli                                |
| Matriks               | 46                 | Çok küçük boyutlu | İncetaneli                                 |

Tablo 2.3 Ayazağa Toprağı içerisindeki Mineral Türleri ve Bileşimleri

#### 2.2.2.1.6. Organik Madde Analizi

Killer içerisindeki organik maddeler (kuvars, feldspat, mika v.b.) sadece fiziksel özelliklere (renk verme, rötre azaltma gibi) etki ederler. Oysaki organik maddeler, kil zerrelere arasında organik moleküller halinde tutunarak kimyasal özelliklere etki ederler. Bu nedenle, yapı malzemesi olarak kullanılacak toprağın fazlası ile organik madde içermesi sakıncalıdır, mukavemet ve durabiliteyi kötü yönde etkiler.

#### 2.2.2.1.5. Mineral Composition

Since clay and silt, which take place in gravel, sand, clay and silt mixture composing solid part of the soil, have binding characteristic for grains and undergo a reaction with chemicals, it has been mentioned that amount and types of these materials should be determined (see Sec. 2.2.1).

To this end, mineral composition of soil used in this research is determined in ITU Faculty of Mines Optic Mineralogy Laboratory. Initially, by taking cross section, its mineral composition is determined and its mineral transformation is determined through grain size. Besides, clay mineral composition is determined through "x-ray dust scattering" in Main Department x-ray laboratory to determine clay minerals. Solid natural rock determination, its mineral composition, modal rates as well as grain sizes are determined in examinations carried out with polarization microscope (Table.2.3). While rates of detritic-grained minerals in sample rocks vary between 30-35%, clay sized minerals, such as mica, are ferrous (iron oxide, hematite-limonite) caoline- illite type. On the other hand, solvable salts such as carbonate (CAC03), calcite are not found.

| MİNERAL TÜRÜLERİ      | MİNERAL BİLEŞİMİ % | DANE BOYUTU (mm)  | DOKU ÖZELLİĞİ                              |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--|
| Kuvars                | 22                 | 0.06 - 0.09       | iri-ince taneli, yuvarlak şekilli, kırıklı |
| Feldspat              | 14                 | 0.3               | Kenarları opaklı malz.ile çevrelenmiş      |
| Plajjoklas            | 7                  | 0.3 - 0.6         | Öz şekilli, kırıklı, polisentetik ikizli   |
| Biotit (siyah mika)   | 7                  | 0.3               | Yerel olarak opaklanmış ince iğne şekilli  |
| Müskovit (beyaz mika) | 3                  | 0.3               | ince taneli, lifsel, iğne şekilli          |
| Yabancı kayaç         | 1                  | 0.35              | Yarı köşeli                                |
| Matriks               | 46                 | Çok küçük boyutlu | İncetaneli                                 |

Table 2.3 Mineral Types and Components of Ayazaga Soil

#### 2.2.2.1.6. Organic Material Analysis

Organic materials within clay (quartz, feldspar, mica) affect only physical properties (such as colouring, reducing shrinkage). However, organic materials affect chemical properties by hanging on among clay particles as organic molecules. Thus, it is disadvantageous that soil to be used as construction material includes organic materials abundantly since they affect strength and durability negatively.

Kullanılan toprağın organik madde içerip içermediğini belirlemek amacıyla, TS 3673'e göre [23]; NaOH içersine toprak konulmuş ve karışımın sarı renk aldığı , toprağın üstünde tortu olmadığı görülmüştür . Bu bulgu , toprakta organik madde miktarı yönünden bir sakınca olmadığını göstermektedir.

#### 2.2.2.2. Alçı

Araştırmada kullanılmak üzere ABS Alçı Sanayi ve ENTEGRE Harç Sanayi ve A.Ş.'den sağlayan katkı (geciktirici olarak monohidrat sitrik asit) ve katkısız alçıların priz süresi vicat iğnesi yardımıyla ölçülmüştür.

Katkılı alçıda %60 su / alçı oranındaki bir hamur için priz başlangıcı 5 dakika , priz sonu ise 12 dakika olarak belirlenmiştir. Katkılı alçıda ise , bu değerler sırasıyla 25 dakika ve 8 dakikadır.

Görüldüğü gibi , katkıli alçıda prizin başlangıç ve bitiş süreleri katkısız alçıya nazaran daha uzundur. Buna rağmen toprakla karıştırılması halinde her iki tür alçı da, işlenebilirlik süresi tanımiyacak kadar hızlı priz yapmıştır. Sürenin uzatılması amaç ıyla bir geciktirici ilave edilmesi gündeme gelince, katkısız (ham ya da baz) alçının kullanılması tercih edilmiştir. Çünkü katkısız alçı, fabrikada olduğu gibi bölgesel ocaklarda da üretilebilir. Üretim maliyeti ve ulaşım maliyeti düşüktür. Türkiye'nin her bölgesinde alçitaşı kolaylıkla bulunmaktadır.

#### 2.2.2.3. Kireç

Araştırmada ENTEGRE Harç Sanayi ve A.Ş.'den sağlanan söndürülmüş kalker kireci , alçının priz süresini geciktirmek (Bkz. Şekil 2.2) amacıyla kullanılmıştır.

### 2.3. Alçılı Kerpiç Deneyleleri

Uygun granülometrideki toprak içersine belirli oranlarda alçı ve I veya kireç katılarak suyla yoğrulması ile elde edilen karışıma alçılı kerpiç çamuru, bu çamurdan çeşitli döküm yöntemleri ile elde edilen malzemeye de ALÇILI KERPIÇ (Alker) denir [12].

According to TS 3673 [23], soil is placed into NaOH to determine whether soil used includes organic materials and it is observed that the mixture becomes yellow and sediment does not occur upon the soil. This finding indicates that there is not a disadvantage in relation to organic material in soil.

#### 2.2.2.2. Gypsum

Setting times of gypsum with admixture (monohydrate citric acid as retarder) and without admixture, which are supplied by ABS Alçı Sanayi and ENTEGRE Harç Sanayi ve A.Ş., are calculated through vicat needle.

Start of setting for mortar with 60% water/ gypsum content in gypsum with admixture is determined as 5min and the end of setting as 12min. These values in gypsum without admixture are 2,5 min and 8 min, respectively.

As can be seen, start and end of setting in gypsum with admixture are longer than gypsum without admixture. However, both gypsum types set so rapid if mixed with soil that workability is not possible. When it is considered to add retarder to extend the period, gypsum without admixture (i.e. raw or base) has been preferred. Production and transportation costs are low. Gypsum stone is easily available in every part of Turkey.

#### 2.2.2.3. Lime

Hydra lime from chalk supplied by ENTEGRE Harç Sanayi ve A.Ş. for the research is used to retard setting time of gypsum (Figure.2.2).

### 2.3. Gypsum Stabilized Earth Experiments

The mixture obtained by adding certain amount of gypsum and/ or lime to soil with proper granulometry and by kneading with water is called gypsum stabilized earth mud and material obtained from this mud through various casting methods is called gypsum earth (Alker) [12].

Bu araştırmada yerinde tokmaktama yöntemi ile alçılı kerpiç yapı yapma teknolojisine yönelik birtakım standartların belirlemesi . amaçlandığı için; kullanılacak malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi öngörülmüştür. ncekle, daha önce alçılı kerpiç konusunda yapılmış olan çalışmalardan bahsedilecektir.

### 2.3.1. Durumun Belirlenmesi (Daha nceki çalışmalar ve Bulguları)

Alçılı kerpicing diğer katkılara göre maliyetinin daha az olduğu (alçı üretiminin kırsal kesimlerde geleneksel yöntemlerle yapılabilmesi nedeniyle) bilinmektedir. Bununla birlikte, kerpiç özelliklerinin alçı katılması yoluyla iyileştirilmesi konusunda bugüne kadar çok fazla çalışma yapılmamıştır . Bu alanda yapılmış en önemli çalışmalardan biri olan TÜBİTAK MAG 505 projesi ile; blok biçiminde üretilecek alçılı kerpiç malzemenin özellikleri belirlenmiştir.

Bu çalışmanın deney sonuçlarına göre ; toprağa katılan alçı, karışım daha kurumaya başlamadan, malzeme içersinde bir iskelet oluşturur. Bu iskelet , kuruma sırasında birbirine yaklaşmaya çalışan kil zerreciklerinin hareketlerini azaltır. Sonuçta , malzeme bünyesinde bir i gerilme oluşarak rötre azalır. Şekil 2.6'da farklı toprak türleri için, alçı katkısı arttıkça rötrenin nasıl bir değişim gösterdiği görülmektedir.

Eğrilerin incelenmesi ile görülebileceği gibi, %10' a kadar alçı katkısı rtrede büyük ölçüde azalmaya neden olmaktadır. Katkı oranının %20' ye çıkartılması halinde ise; katkı rtreye daha az etki etmektedir.

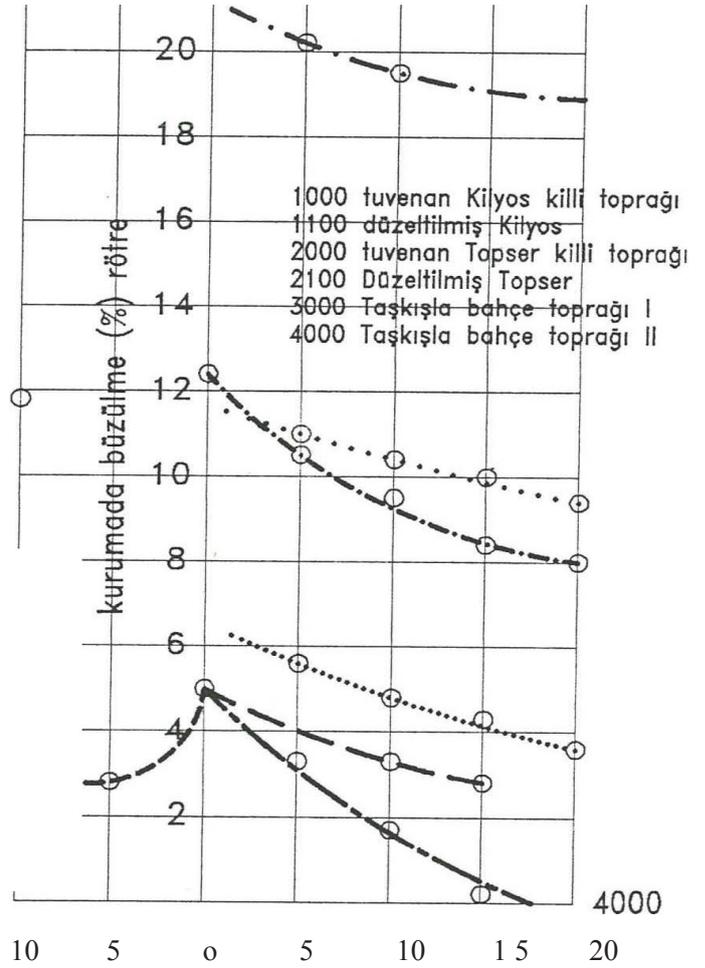
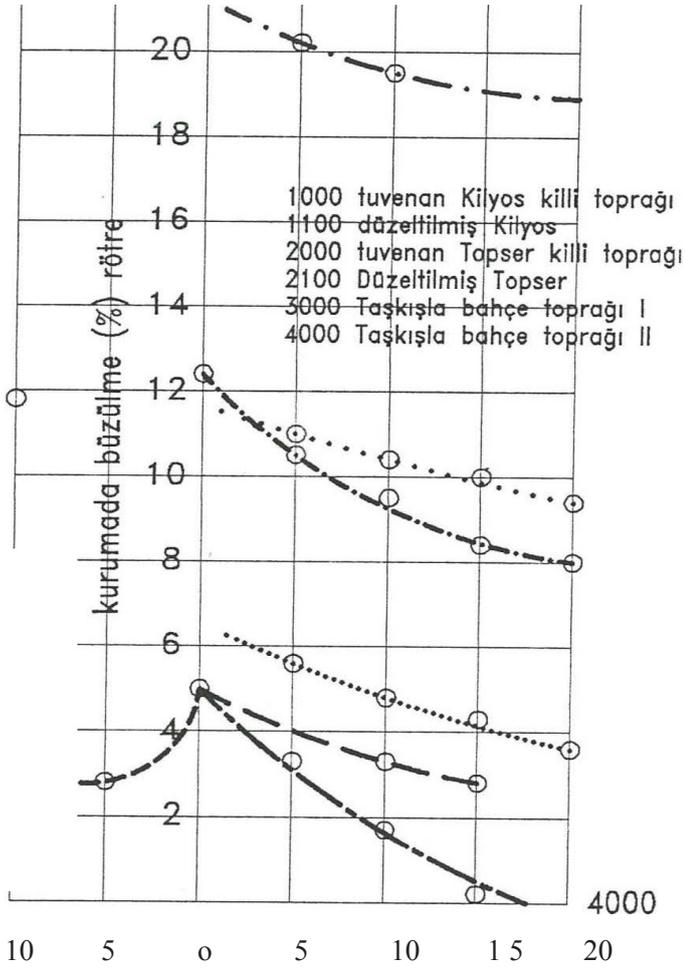
Since certain standards are aimed to be established in this research for gypsum stabilized earth construction through in-situ tamping method, it is provided for that mechanical and physical properties of the material to be used are determined. Initially, previous studies conducted on gypsum stabilized earth will be dwelled upon.

### 2.3.1. Determination of the situation (Previous Studies and Findings)

It is known that cost of gypsum stabilized earth is lower than other admixtures (since gypsum production can be made in rural areas through traditional methods). However, there has not been much research on improving properties of earth by adding gypsum. One of the most important researches conducted in this field, TUBITAK MAG 505 project, has determined properties of gypsum stabilized earth material to be produced in blocks.

According to the results of the project, gypsum added to the soil forms a framework within material before even starts to dry. This framework reduces movement of clay particles, which try to get closer to each other during drying. In conclusion, shrinkage reduces since an inner tension occurs within the material. What kind of change shrinkage displays as gypsum admixture increases can be seen in Figure 2.6 for different soil types.

As can be seen when the curves are examined, gypsum admixture up to 10% result in high decrease in shrinkage. When admixture rate is increased to 20%, admixture affects shrinkage less.



Şekil 2.6 Farklı Toprak Türlerinin Alçı-Kireç Oranlarına Bağlı Olarak Rötire Değişimleri [11].

Figure 2.6. Shrinkage Changes of Different Soil Types According to Gypsum-Lime Rates [11]

Bu konuda , New Mexico'da Eyre tarafından yapılmış bir araştırmada da ; %10 alçı katkısı halinde normal kerpice oranla rötire azalmasının yeniden arttığı belirlenmiştir [24].

It has been determined in a research conducted by Eyre in New Mexico that in case of 10% gypsum admixture, shrinkage reduction increases again compared to normal earth [24].

Toprağı katılan alçı rötreyi engellediğı için , kuruma sırasında karışım içerisinde bulunan suyun buharlaşması sonucu hava boşlukları oluşur. Böylece, poröz ve katkısız kerpice nazaran birim ağırlığı daha az, fakat su içerisinde dağılmayan yüzeyleri son derece düzgün, toz üretmeyen bir malzeme elde edilmektedir . Şekil 2.7'de alçı katkı oranının artmasına bağlı olarak birim ağırlığının değişimi görülmektedir. Buna göre, katkı oranı arttıkça birim ağırlık düşmektedir.

Since gypsum added to the soil prevents shrinkage, air gaps occur in the mixture due to evaporation during drying. Thus, a material whose unit weight is lighter than porous and unadulterated earth but which do not disperse in water and whose surfaces are very smooth and does not result in dust can be obtained. In Figure 2.7, the change in unit weight according to the increase in gypsum rate can be seen. Accordingly, as admixture rate increases, unit weight decreases.

Malzemenin birim ağırlığının düşmesi, ısı iletkenlik değerinin (...) küçülmesini (Tablo 2.4 [25]), dolayısıyla soğuk ve sıcak dönemlerde enerjiden tasarruf edilmesini sağlar.

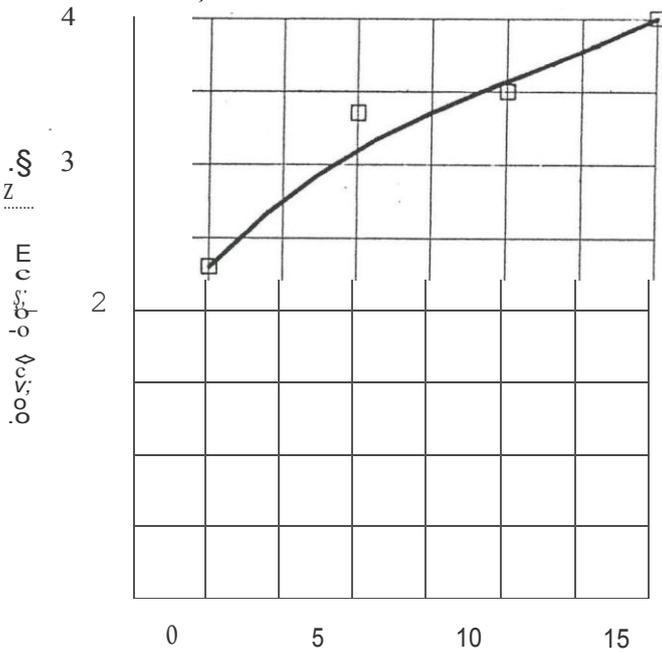
| Malzeme                         | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\lambda$ (kcal/mhc) |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Kerpiç (Çimento, saman katkılı) | > 1.70                      | 0.80                 |
| Tuğla                           | 1.80                        | 0.70                 |
| Bims beton                      | 1.80                        | 0.75                 |
| Gaz beton                       | 0.80                        | 0.23                 |
| Kireç kum taşı                  | 1.80                        | 0.85                 |
| Normal beton (Donatılı)         | 2.40                        | 1.80                 |

Tablo 2.4 Birim Ağırlığa Göre Isı İletkenlik Katsayıları [25].

Granülometrisi uygun bir toprağa %10 alçı katılarak üretilmiş alçılı kerpiç malzemenin basınç dayanımı 4-5 N/mm<sup>2</sup> olmaktadır. Geleneksel kerpiçte ise, 0.8-1 N/mm<sup>2</sup>'lik bir dayanım [26] yeterlidir.

E.Özkan, M.S.Al-Herbish tarafından "çimento, kireç, alçı ve bitüm katkısının kerpiç tuğlaların fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi"nin incelendiği bir araştırmada ise; %10 alçı katkılı kerpiç tuğlada 2.95 N/mm<sup>2</sup>'lik, %20 alçı katkılı kerpiç tuğlada da 3.57 N/mm<sup>2</sup>'lik bir basınç dayanımı elde edilmiştir [27].

Alçı katkı oranına bağlı olarak basınç dayanımı değişiminin gösterildiği Şekil 2.8'deki grafikte, katkı oranı arttıkça dayanımın arttığı görülmektedir. Ancak %10'dan fazla alçı katılması halinde basınç dayanımı alçı miktarının artması oranında artmamaktadır. Dolayısıyla %10'dan fazla alçı katılmasıyla elde edilen dayanım, malzemeden beklenen değeri karşıladığı için (Bkz. Bölüm 2.3.2.2.3.2), alçı oranını arttırmak sadece maliyet artışına neden olacaktır. Buna karşılık %10'dan daha az alçı katılması halinde ise, alçı kerpiç içerisinde yeterli bir iskelet oluşturamaz. Böylelikle rötre artar, mukavemet düşer.



Şekil 2.8 Bahçe Toprağından Üretilmiş Numunelerin Alçı Katkı Oranına Bağlı Olarak Basınç Dayanımı Değişimi [11].

Decrease in material's unit weight leads to the decrease in thermal conductance value ( $\lambda$ ) (Table 24 [25]) and enables energy savings in cold and hot seasons.

| Malzeme                         | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\lambda$ (kcal/mhc) |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Kerpiç (Çimento, saman katkılı) | > 1.70                      | 0.80                 |
| Tuğla                           | 1.80                        | 0.70                 |
| Bims beton                      | 1.80                        | 0.75                 |
| Gaz beton                       | 0.80                        | 0.23                 |
| Kireç kum taşı                  | 1.80                        | 0.85                 |
| Normal beton (Donatılı)         | 2.40                        | 1.80                 |

Tablo 2.4 Birim Ağırlığa Göre Isı İletkenlik Katsayıları [25].

Figure 2.7. Unit Weight Change Of Adobes Produced From Garden Soil According To Gypsum And Lime Additions [11]

In a research where "effects of cement, lime, gypsum and bitumen on physical and mechanical properties of adobe bricks" are examined by E.Özkan and M.S.Al-Herbish, compressive strength of 2.95 N/mm<sup>2</sup> is obtained in adobe brick with 10% gypsum admixture and compressive strength of 3.57 N/mm<sup>2</sup> is obtained in adobe brick with 20% gypsum admixture [27].

It is seen in the graph in Figure 2.8, where change in compressive strength according to gypsum admixture amount is presented, that compressive strength increases as admixture amount increases. However, in cases where gypsum is added more than 10%, compressive strength does not increase as much as gypsum amount increases. Thus, since strength obtained with gypsum above 10% satisfies the value expected from material (see Sec. 2.3.2.2.3.2), increasing gypsum rate will only result in higher costs. However, in case gypsum below 10% is added to soil, gypsum cannot form a sufficient framework within earth. Thus, shrinkage increases and strength decreases.

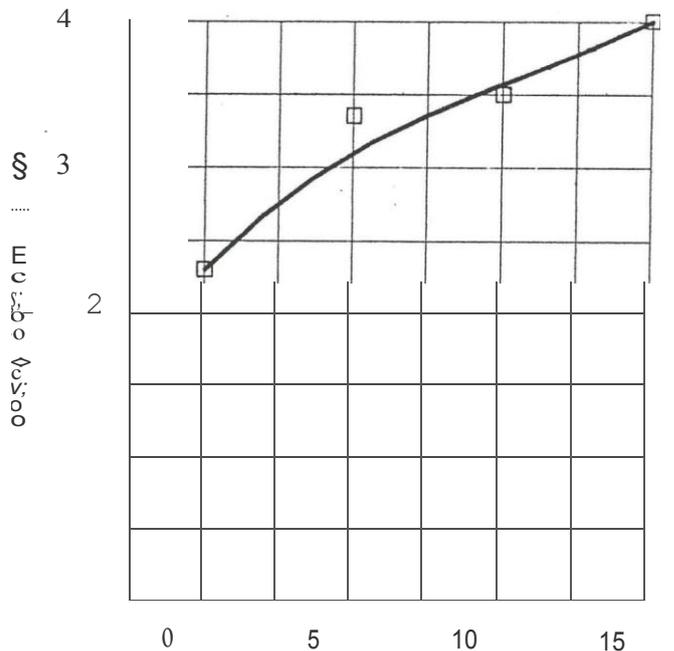
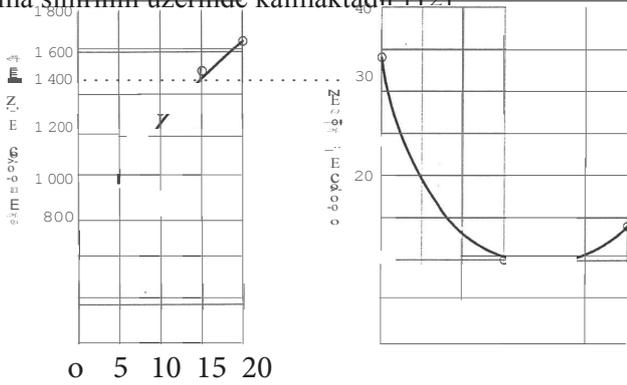


Figure 2.8. Compressive Strength Change of Samples Produced From Garden Soil According to Gypsum Addition Rate [11]

Alçı katkı , malzemenin eğilmede çekme dayanımını arttırarak duvarın statik ve dinamik , yüklere dayanımında rol oynar. Şekil 2.9’da alçı katkı artışına bağlı olarak eğilmede çekme dayanımının arttığı görülmektedir.

Alçılı kerpiç içerisinde kireç katkısı ; alçının priz süresini geciktirmekte (Bkz. şekil 2) , rötreyi azaltmakta (Bkz. Şekil 2.6) , birim ağırlığının düşmesine (Bkz. Şekil 2.7) neden olmakta, nem ve yağmur etkisine dayanıklılığı arttırmaktadır. Bu olumlu özelliklerinin yanısıra, basınç dayanımı azaltıcı etkisi (Bkz. Şekil 2.8) nedeniyle karışıma katkı oranı düşük tutulmalıdır. Kuru toprak ağırlığının %2.5 - 3’ü kadar katılması halinde, dayanım taşıma sınırının üzerinde kalmaktadır [12].



Şekil 2.9 Bahçe Toprağından Üretilmiş Numunelerin (A) Alçı Katkı Oranına Bağlı Eğilmede Çekme Dayanımı Değişimi (B) % 10 Alçı Katkılı Bahçe Toprağına Katılan Kireç Oranına Bağlı Olarak Basınç Dayanım Değişimi [12].

Ayrıca , Balasubramaniam ve Buensuceso (1989) tarafından yapılan “yumuşak killere kireç katkısı etkisi “nin araştırıldığı çalışmaya göre, kireç ilavesi daneler arasısürtünme özelliğini, dolayısıyla uzun vadeli stabilizeyi ve taşıma kapasitesini arttırmaktadır [28].

### 2.3.2. Araştırmanın Katkısı

Alçı katkılı kerpiç yapı malzemesine uygun mekanize inşaat teknolojisinin ve standartlarının belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada ; üretimde kullanılacak karışımın mekanizasyona uygun hale getirilmesi gerekmektedir . Bu amaçla, öncelikle harcın karıştırma, taşınma, kalıba yerleştirme kıvam ve yöntemine karar verilmiş; daha sonra en uygun bulunan sonuçlara göre numuneler hazırlanıp deneyler yapılmıştır .

Gypsum admixture plays a role in load (static and dynamic) resistance of material by increasing tensile strength during bending.

Lime admixture to gypsum stabilized earth retards setting time of gypsum (Figure.2), decreases shrinkage (Figure.2.6.), results in unit weight decrease and increase resistance against moisture and rain. In addition to these positive characteristics, the amount of admixture within the mixture should be low due to its effect on reducing compressive strength (Figure.2.8). If it is added as much as 2.5-3% of dry soil weight, strength is above bearing level [12].

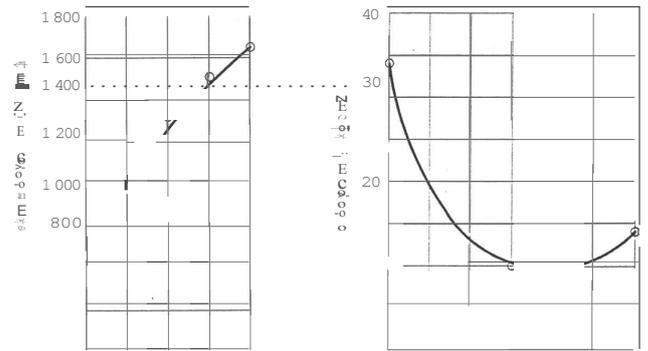


Figure 2.9. (A) Bending Tensile Strength Change of Samples Produced From Garden Soil, (B) Compressive Strength Change of These Samples According to Lime Added to 10% Gypsum Added Garden Soil [12]

According to the study by Balasubramaniam and Buensuceso, where “effect of lime admixture to soft clays” is examined, lime admixture increases friction characteristic among grains and thus, long-term stability and bearing capacity increase [28].

### 2.3.2. The Contribution of the Research

In this research conducted in order to determine mechanized construction technology suitable for and to establish standards for gypsum stabilized adobe construction material, it is necessary that the mixture to be used in production is made suitable for mechanization. To this end, initially, consistency and method for mixing, transporting, placing mortar into mould are determined and then samples are prepared and experiments are performed in accordance with the most suitable results.

### 2.3.2.1. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik , taze harcın özelliklerini ve bu özelliklere ne sebeple önem verildiğini açıklar [29]. Harcın taşınma, akma ve yerleşme davranışlarını etkileyen metodlar ve malzeme değişikliklerini kapsar. Harcın davranışlarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- a) Taşıma :Kova , kürek , el arabası,bant konveyör hortumlu taşıma gibi ekipman ve sistemlere uygunluk,
- b) Akışkanlık:Mikserdeki hareketi , kalıp içi hareketi gibi ekipman içi hareketlerde uygunluk,
- c) Yerleştirme:Mukavemet , su emme özelliklerini iyileştirmek amacıyla; vibrasyon, tokmaktama işlerine uygunluk,
- d) Bitirme kalitesi:Homojenliğin bozulması, segregasyon, yüzey görünüşü , rötre ile boyut değiştirme ve çatlakların oluşması gibi olumsuzlukların önlenmesi.

Harcın performansı sertleştikten sonra biçim, mukavemet, porozite, geçirgenlik, ömür, geometrik doğruluk, yüzey kalitesi gibi özellikleri ile tanımlanır . Bu performansı sağlayabilmek amacıyla a) uygulanan harcın kıvamı ilgili b) uygulanan yerleştirme yöntemleri ile ilgili c) bunların standartlarını gösteren çalışmalar yapılmalıdır.

Bu araştırmada; harcın taşıma, akışkanlık, yerleştirme, bitirme kalitesi özelliklerine dikkat edilerek kıvam, priz süresi ve yerleştirme yöntemi geliştirilmiş; harç mekanizasyona uygun hale getirilmiştir.

#### 2.3.2.1.1. Karışımın Kıvamı (Konsistens) ve İşleme Suyu

Kerpiç malzeme üretiminde ; harca katılan suyun oranı malzemenin işlenebilirliğini belirler. Bu araştırmada toprak, ağırlığınca %10 alçı ve %2 kireç ile stabilize edildiğinden küçük dane oranı artmaktadır. Bilindiği gibi, küçük danelerin artması harcın su ihtiyacını artırır. Bu varsayımlara dayanarak, toplam katı malzemeye oranla %16'dan %25'e kadar su katkısı değişimleri denenmiştir.

### 2.3.2.1. Workability

Workability explains properties of fresh mortar and why importance is attached to these properties [29]. It covers methods and material changes affecting transportation, fluidity and placement behaviors of mortar. Mortar behaviors can be summarized as follow:

- a) Transportation: Suitability for equipments and systems such as bucket, spade, hand chart, band conveyor, transport hose,
- b) Fluidity: Suitability for movements in equipment such as movement within mixer, movement within mould,
- c) Placement: Suitability for vibration, tamping to improve strength, water absorption characteristics,
- d) Finishing Quality: Prevention of homogeneity corruption, segregation, surface view, and dimension change due to shrinkage.

After hardens, mortar performance is defined with characteristics such as form, strength, porosity, permeability, life, geometric accuracy, surface quality. To achieve this performance, studies on a) mortar consistency, b) placement methods and c) standards indicating these should be conducted.

Considering transportation, fluidity and placement and finishing quality characteristics of mortar, consistency, setting time and placement methods are developed in this research and mortar is made suitable for mechanization.

#### 2.3.2.1.1. Mixture Consistency and Process Water

Water amount added to the mortar determines workability of material in adobe production. Since soil is stabilized with 10% gypsum and 2% lime according to soil weight in this research, small grain rate increases. As known, increase in small grains also increases water requirement of mortar. Based on these assumption, 16-25% water admixture changes according to total solid material are tested.

Sonuçta, %16 oranında su bulunan harçların bu araştırmanın yöntemleri ile işlenemeyecek kadar kuru oldukları, %18-20 oranında su bulunan harçların plastik kıvamda ve tokmaklanabilir oldukları, %20-22 oranında su içerenlerin vibrasyon yoluyla yerleşebildikleri, %25'den daha fazla su içermesi halinde ise; iri danelerin karışım içersinde asılı kalamayarak, yerçekimi ile dibe çöktükleri (segregasyon) görülmüştür. Bulunan bu değerler, kıvam limitleri analizi sonucu belirlenmiş olan değerlerle paralellik göstermektedirler (Bkz. Bölüm 2.2.2.1.2.).

Karışıma işlenebilirlik için katılan su, toprakta bulunan sudan da etkilenir. Toprağın ocak neminde olduğu varsayılmalıdır. Daha kuru (yaz sıcağında) ve daha nemli (yağmur sonrası) ihzarattan kullanılan topraklar için; kıvam denemesi yapılarak yeni su oranları belirlenmelidir.

#### 2.3.2.1.2. Priz Süresi

Daha önce de açıklandığı gibi, alçının priz süresinin kısa oluşu karışımın işlenebilirliğini zorlaştırmaktadır. Ancak kireç katkısı ile bu süre kontrol altına alınabilmektedir. Şekil 2.2'deki grafikte alçının priz süresinin gecikmesinde kireç katkısının etkisi incelenmişti. Karışım öncesi 3-8 dakika olan priz başlangıcı alçıya oranla %10 kireç katılması halinde bu süreyi 4-5 dakika geciktirir. Böylelikle yeni priz başlama süresi 12-13 dakikaya ulaşır. İşlenebilirlik süresi ise 25 dakika kabul edilebilir. Bununla birlikte, kireçmalzemenin basınç mukavemetini düşürdüğü için karışıma katılma oranı düşük tutulmalıdır. Böylelikle, hem basınç dayanımı yönünden hem de işlenebilirlik yönünden uygun bir karışım elde edilmiş olur.

#### 2.3.2.1.3. Yerleştirme Yöntemi

Kalıplanarak üretilen yapı elemanlarına taze harç döneminde yerleştirme işleminin uygulanmasının amacı, eleman kalıptan çıktıktan sonra elemanı meydana getiren malzeme özelliklerini iyileştirmektir; diğer bir deyişle elemanın deformasyona karşı mukavemetini yükseltmek, hava boşluklarını aza indirmek, homojenliğe katkıda bulunmaktır. Bu gelişmeler aynı zamanda düzgün yüzey ve görünüş sağlar.

Malzemenin beklenen performansa ulaşması için aşağıdaki araç ve yöntemlerden biri kullanılır.

- 1) Şişleme
- 2) Tokmaklama, kompaksiyon
- 3) Sarsma tablası ile vibrasyon, masa vibratörü
- 4) Şişe vibrasyonu v.b.

Yerleştirme yöntemlerinden birinin seçimi; yerleştirilecek malzemenin işlenebilirliği ve içindeki agrega büyüklüğü gibi özelliklere, ayrıca kullanılacak kalıbın boyut ve diğer özelliklerine bağlıdır.

In conclusion, it is observed that mortars with 16% water are too dry to be processed with methods of this research, mortars with 18-20% water have plastic consistency and can be tamped, mortars with 20-22% can be placed through vibration and that in mortars with 25% and above water, coarse grains do not hang on in the mixture and subside due to gravity (segregation). These obtained values display resemblance to the values determined as a result of consistency limit analyses (see Sec. 2.2.2.1.2).

Water added to the mixture for workability is also affected from water existing in soil. It should be assumed that soil is at the level of oven moisture. New water rates should be determined for soils obtained in drier (in summer heat) and wetter (after rain) areas by performing consistency experiment.

#### 2.3.2.1.2. Setting Time

As explained before, since setting time of gypsum is short, workability of the mixture gets harder. However, this process can be taken under control through lime admixture. In the graph in Figure 2.2, effect of lime admixture on retarding setting time of gypsum has been examined. Start of setting time prior to the mixture, which is 3-8min, retards this period 4-5min if 10% lime in proportion to gypsum is added. Thus, new setting time starts 12-13min later. Workability period can be accepted as 25min. However, since lime reduces compressive strength of the material, amount to be added to the mixture should be low. In this way, a suitable material in terms of both compressive strength and workability is obtained.

#### 2.3.2.1.3. Adjustment Method

The aim of application of placement process to construction materials produced by moulding during fresh mortar period is to improve properties of material compromising the element after the element is removed from the mould; in other words, to increase its strength against element deformation, minimize air gaps, to contribute to homogeneity. These developments also provide smooth surfaces and good view. One of the following devices and methods is used to achieve the performance expected from the material.

- 1) Skewering
- 2) Tamping, compacting
- 3) Vibration with shaking table, table vibrator
- 4) Flask vibration etc.

Selection of one of the placement methods depends on workability of the material to be placed, aggregate size within it as well as size of mould to be used and other features.

Toprak (zemin) ; su + dane + boşluktan meydana gelir. Daneler arası sürtünme zeminin mukavemetini meydana getirir. Vibrasyon veya kompaksiyon ile daneler arası sürtünme geçici olarak kaldırılır ve boşluklar dolar.

Yerleştirme sistemi olarak vibrasyonun seçilmesi halinde, gözönünde bulundurulacak husus; vibrasyonun frekansı ile agrega büyüklüğü arasındaki ilişkidir. Kısaca özetlenecek olursa, iri daneli agregası olan karışımlar düşük frekansla, küçük daneli agregası olan karışımlar ise yüksek frekansla hareket ederler [30].

Araştırmada ocak toprağı doğal granülometrisi ile kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 2.3). Burada 2-7 cm. çapındaki çakıl ve taşlar da bulunmaktadır. Karışım oluşturulurken; bazılarında toprağın kuru ağırlığına %10 alçı katılarak, bazılarında ise %10 alçı + %2 kireç katılarak harç meydana getirilmiştir.

Hem ince hem de iri daneleri olan karışıma, yerleştirme yöntemlerinin hepsi uygulanmıştır. Tokmaklama yönteminde kıvam kuru plastik, vibrasyonlarda ise akıcı plastik olmalıdır.

Sarsma tablası ile vibrasyon yönteminde, numune kalıbına harç ( toprak + %10 alçı) yerleştirilmiştir. Karışıma sarsma tablası üzerinde 30 sn. süre ile 5000 frekanslı vibrasyon uygulanmıştır. Bu yerleştirme yöntemi ile karışımın kalıp içersine boşluk kalmayacak şekilde yerleşmesi mümkün olmuştur. Yüzeyler ise çok düzgün elde edilmiştir. Labaratuvar düzeni içerisinde karıştırma ve yerleştirme süreleri kısa olduğundan priz süresi içinde işlem tamamlanamamaktadır. İşleme suyu artırılarak akıcı kıvamda uygulanan bu yöntemde, rötrenin büyük çıkması kerpiç tuğla üretimi ve örme yapılar için sakınca teşkil etmez. Mukavemetin yükselmesi ise faydalıdır.

Akıcı kıvamda uygulanan şişe vibratör ile yerleştirmede de, işlemler priz süresi içinde tamamlanamamıştır. Sertleşmiş karışım üzerine şişe vibratör uygulanmış, bazı örnek kalıplarında harcın kristalleri kırıldığından kimyasal bağ bozulmuş ve malzeme sulanmıştır.

Katı plastik kıvamda ise; yeterli yerleşme kalıp köşelerinde, yüzeylerinde ve bütün kesit içinde sağlanabilmiştir.

Sonuç olarak, toprak + alçı harcı ile denenmiş olan tokmaklama, sarsma tablası ile vibrasyon, şişe vibrasyonu yöntemleri aşamasında; priz süresinin yerleştirme sürecine yeterli olamayacağı görülmüştür. Şantiye sürecinde, yerleştirme işlemlerinin priz süresi içinde kalması amacıyla karışıma kireç katılmasına karar verilmiştir . Mekanik ve fiziksel deneyler her iki karışım kullanılarak , tokmaklama ve masa vibratörü yardımı ile kalıplara yerleştirilen numuneler üzerinde yapılmıştır .

Soil (ground) is composed of water + grains + gaps. Friction among grains forms strength of the ground. Friction among grains is temporarily removed by vibration or compaction and gaps are filled.

If vibration is selected as placement system, the point to be considered is the relation between vibration frequency and aggregate size. In brief, mixtures having coarse aggregates move with low frequency and mixtures having small aggregates move with high frequency [30].

Oven soil is used with its natural granulometry in the research (Figure.2.3). Here are gravels and stones with 2-7cm diameter. While the mixture is being prepared, by adding 10% gypsum according to soil to some and 10% gypsum + 2% lime to others mortars are prepared.

All placement methods are applied to the mixture with both fine and coarse grains. Consistency for tamping and for vibration should be dry plastic and fluid plastic, respectively.

Mortar (soil + 10% gypsum) is placed into sample mould in vibration method through shaking table. Vibration with 5000 frequencies is applied to the mixture upon shaking table for 30sec. It is possible to place the mixture into the mould through this placement method so that no gaps remain. Surfaces are very smooth. Since mixing and placement periods within laboratory system are short, the process cannot be completed within setting time. In this method, which is applied at fluid consistency by purifying process water, shrinkage that may be found to be big, does not constitute an obstacle for adobe brick production and masonry constructions. Increase in strength is beneficial.

In placing through spud vibrator applied at fluid consistency, process cannot be completed within setting time. Spud vibrator is applied to hardened mixture and since crystals of mortar are broken down in some sample moulds, chemical bond is disrupted and material becomes watery.

In solid plastic consistency, sufficient placement can be materialized in mould edges, surfaces and the whole cross-section.

In conclusion, it is seen in tamping, which is tested with soil + gypsum mortar, vibration with flask table, flask vibration methods that setting time is not sufficient for placement period. During construction site phase, it is decided that lime is added to the mixture so that placement transactions can be performed within setting time. Mechanical and physical experiments are conducted upon samples placed into the mould through tamping and table vibrator by using both mortars.

#### 2.3.2.1.4. Karışımın Belirlenmesi

Alçı katkılı kerpiç ile üretilecek duvar malzemesi için , farklı alçı oranlarının ( %6.5, %8, %10) denenmesi ile hazırlanan numune özelliklerine (işlenebilirlik , fiziksel ve mekanik özellikler) bağlı olarak en uygun alçı oranı ağırlıkça %10 olarak kabul edilmiştir (TÜBİTAK MAG 505 çalışmasında da uygulama açısından ağırlıkça alçı oranı %10 olarak belirlenmiştir) .

Karışıma giren su oranının belirlenmesi amacıyla yapılan kıvam çalışmaları sonucunda ise, % 20 oranında su içeren plastik kıvamda bir karışım hazırlanmasına karar verilmiştir.

Bunların yanısıra, alçı katkısı ile karışımın hızla katılaşıp kalıba zorlukla yerleştirilmesi, içersine kireç katılmasını zorunlu kılmıştır (Bkz. Bölüm 2.3.2.1.3.). Kireç katkısının belirlenen karışımın özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için, değişen oranlarda kireç katkısının ( %0.5 , %1 , %1.5 , %2 ve %25 ) etkisi araştırılmıştır.

#### 2.3.2.2. Seçilen Karışımın Özelliklerinin Belirlenmesi

##### 2.3.2.2.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Karışımın işlenebilirliğini belirleme konusunda yapılan ön çalışmalardan ve TÜBİTAK MAG 505 çalışmalarından elde edilen bulgulara dayanılarak, %10 katkılı alçı ile 6 farklı karışım hazırlanmış ve her karışımdan 6 adet olmak üzere toplam 36 adet numune üretilmiştir. 10x10x50'lik çelik kalıplarda hazırlanan bu numunelerde, karışıma katılan %10 alçı ve %20 su oranları sabit tutularak %0.5, %1, %2, %2.5 oranlarında kireç katmak yoluyla optimum kireç miktarı araştırılmıştır.

Numunelerin tümünün hazırlanmasında aynı yöntem izlenmiş, karışım kalıba döküldükten sonra 20 dakika içinde kalıplar sökülmüş ve 24 saatte bir rötre değerleri ölçülmüştür . Rötre süresi numunelerin tümünde 15 gün olarak sabit tutulmuştur. Daha sonra, rötresini tamamlayan numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır.

##### 2.3.2.2.2. Fiziksel Deneyler

Numunelerin hazırlanması sırasında, toprağa hem katkılı (ham ya da baz) hem de katkısız alçı katılmış (Bkz. Bölüm 2.2.2 .2.); böylelikle elde edilen deney sonuçlarına dayanılarak hangi alçı türünün kullanılacağına karar verilmiştir.

Bu amaçla, 11 %10 katkılı alçı + kireç 11 ve 11 %10 katkısız alçı + kireç 11 olmak üzere iki farklı türde karışım esas alınarak hazırlanan numuneler üzerinde;

- 1) Rötre
- 2) Birim ağırlık
- 3) Kılcallık (suyun zamana bağlı olarak yükselmesi ) deneyleri yapılarak, bulgular değerlendirilmiştir.

#### 2.3.2.1.4. Determination of the Mixture

The most suitable gypsum rate is accepted as 10% depending on sample characteristics (workability, physical and mechanic characteristics) prepared through testing different gypsum rates (6.5%, 8%, 10%) for wall material to be produced with gypsum stabilized adobe. (Gypsum rate in TUBITAK MAG 505 research has been determined as 10% according to soil weight in relation to application).

As a result of consistency studies conducted to determine water rate to be added to the mixture, a mixture at plastic consistency with 20% water content is decided to be determined.

In addition, since placement of the mixture into the mould is difficult as it hardens rapidly due to gypsum admixture, lime addition is necessitated (see Sec. 2.3.2.1.3). To examine effect of lime admixture on characteristics of mixture, effect of lime admixture in different rates (0.5%, 1%, 1.5%, 2% and 2.5%) is observed.

#### 2.3.2.2. Determination of Characteristics of the Selected Mixture

##### 2.3.2.2.1. Preparation of Experiment Samples

Based on preliminary studies and TUBITAK MAG 505 research conducted on workability of the mixture, six different mixtures are prepared with 10% gypsum and six samples from each mixture, i.e. totally 36 samples are produced. By maintaining 10%gypsum and 20% water rates added to the mixture constant in these samples prepared in 10x10x50 steel moulds, optimum lime amount is researched through adding lime at the rates of 0.5%, 1%, 2%, 2.5%.

The same method is followed in preparation of all of the samples and 20 min after the mixture is poured into moulds, moulds are removed and shrinkage values are measured in every 24h. Shrinkage period is determined as 15min for all samples. Experiments are conducted on samples, which have completed their shrinkage.

##### 2.3.2.2.2. Physical Experiments

During preparation of samples, gypsum with and without admixture (raw or base) (see Sec. 2.2.2.2) are added to soil and thereby, which gypsum type will be used is determined based on the obtained experiment results.

To this end, the following experiments are conducted on samples predicated on two different mixtures, which are “with 10% gypsum and lime” and “without 10% gypsum and lime”:

- 1) Shrinkage
- 2) Unit Weight
- 3) Capillarity (water increase within time) and the findings are evaluated.

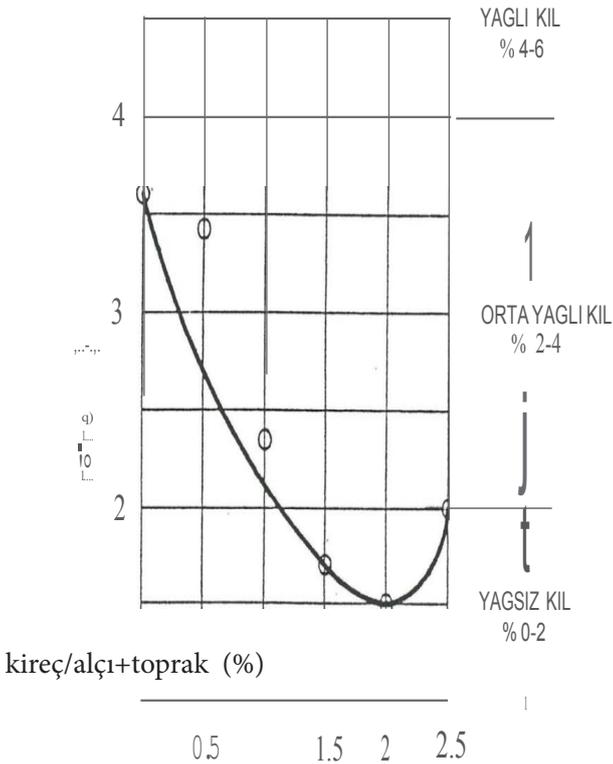
### 2.3.2.2.2.1 Rötre

Numunelerin boyutları 24 saat aralıklarla kumpas ile ölçülerek (Resim 2.1) , ilk ve



Resim 2.1. Rötre Ölçümü.

son ölçüm arasındaki farka bağlı olarak rötre yüzdeleri hesaplanmıştır. Şekil 2.10'da; %10 alçı oranının sabit tutularak kireç katkısı etkisinin araştırıldığı numunelere ait rötre değişimi eğrisi, SIA standartlarında [19] kil türlerine göre belirlenmiş olan rötre sınırları içerisinde gösterilmiştir. Bu numunelerde kullanılan alçı, katkılı alçıdır. Eğriden de anlaşılacağı gibi, kireç katkısı nedeniyle rötrede alçı katkısının etkisine benzer bir durum (Bkz. Şekil 2.6) söz konusudur.

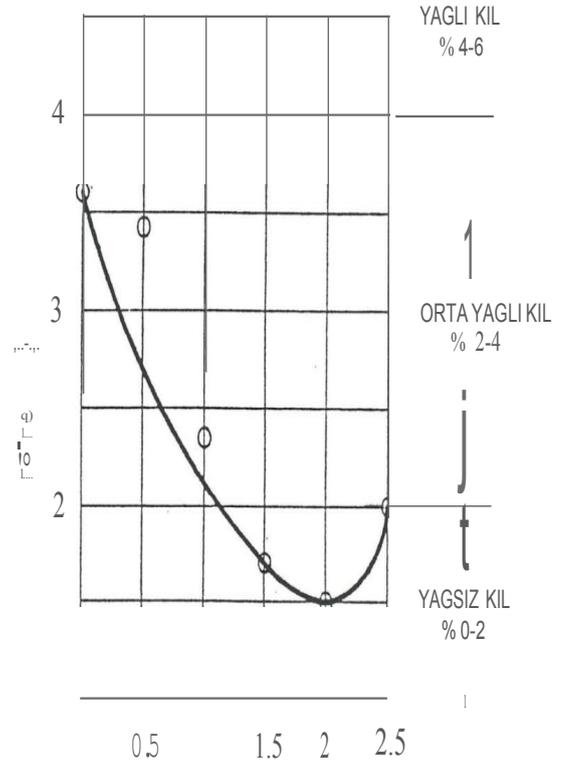


### 2.3.2.2.2.1. Shrinkage



Picture 2.1. Figure 2.10. Shrinkage Measurement

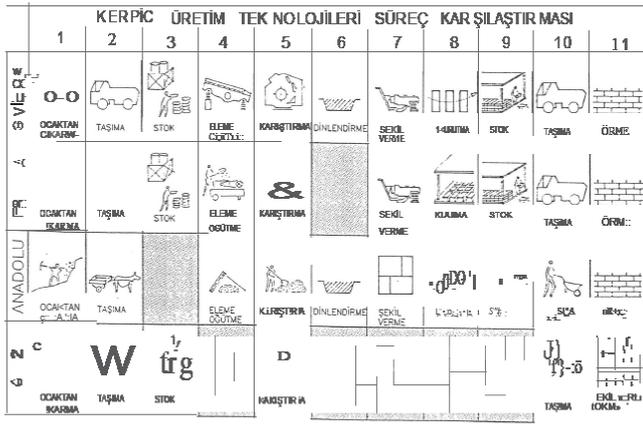
Sample sizes are measured in every 24h with composing stick (Figure.2.1) and shrinkage rates are calculated based on the difference between first and last measurement. In Figure 2.10, the shrinkage change curve of samples on which effect of lime admixture is examined by maintaining 10% gypsum rate constant is between shrinkage limits defined by SIA Standards [19] for clay types. Gypsum used in these samples is with admixture. As can be understood from the curve, an effect similar to that of gypsum admixture can be observed in shrinkage due to lime admixture (Figure 2.6).



### 2.3.2.2.2. . 2 Birim Ağırlık

Boyutları ölçülerek hacimleri hesaplanan tüm deney numuneleri maksimum 30 kg. kapasiteli OMEGA marka terazi ile tartılarak ağırlıkları bulunmuş ve bu iki ölçüme dayalı olarak birim ağırlıkları hesaplanmıştır. Şekil 2.11’de %10 katkılı alçı ile hazırlanmış numunelerde , kireç katkısı oranına bağlı olarak birim ağırlık değişimi görülmektedir.

Eğrinin incelenmesi ile, kireç katkısının birim ağırlığının azalmasına neden olduğu söylenebilir . Nitekim %2 kireç etkisiyle birim ağırlık %9 kadar düşmektedir. Bu grafik, kireç katkısı oranına bağlı olarak birim ağırlık değişiminin gösterildiği Şekil 2.7’deki grafikle paralellik göstermektedir.



Şekil 2.11. %10 Katkılı Alçı İle Hazırlanan

Numunelerde Kireç Katkısı Oranına Bağlı Olarak Birim Ağırlık Değişimi.

%10 katkısız (ham) alçı ile hazırlanan numunelerde ise, %0.5 kireç etkisinde 1.768 kg / it , %2 kireç etkisinde ise 1.744 kg / it birim ağırlık değerleri bulunmuştur.

### 2.3.2.2.2. . 2 Kılcallık (Suyun Zamana Bağlı Olarak Yükselmesi) Deneyi

Rötresini tamamlamış numuneler, yan yüzeyleri parafinlenerek cam çubuklar üzerinde su dolu bir kap içersine sadece alt yüzeyleri suya temas edecek şekilde yerleştirilmişlerdir (Resim 2.2). Bu düzenekte 1 saat zaman aralıklarıyla suyun yükselmesi izlenmiştir. 24 saatlik gözlem sonunda %10 alçı katlılı numunede suyun 4cm. kadar yükseldiği (Resim 2.3) , %10 alçı + kireç katkılı numunede ise suyun yaklaşık 17cm. kadar yükseldiği, ancak herhangi bir dağılma olmadığı gözlenmiştir (Resim 2.4). gerçekleşmesi nedeniyledir.

### 2.3.2.2.2.2. Unit Weight

Experiment samples, whose dimensions are measured and volumes are calculated, are weighed by OMEGA balance with maximum 30kg capacity and their unit weights are calculated basing on these two measurements. In Figure 2.11, change in unit weight depending on lime admixture rate in samples prepared with 10% gypsum with admixture can be seen.

When the curve is examined, it can be said that lime admixture leads to decrease in unit weight. In fact, unit weight decreases down to 9% with 2% lime effect. This graphic displays resemblance to the graphic in Figure 2.7, where change in unit weight depending on lime admixture rate is demonstrated.

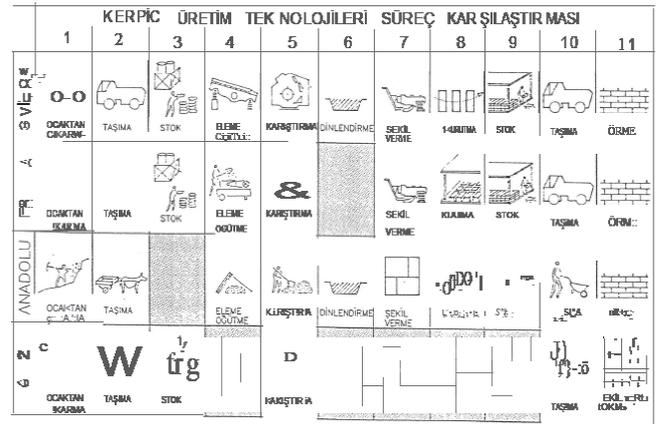


Figure 2.11. Shrinkage Change According to Lime Addition to Samples Prepared with 10% Gypsum

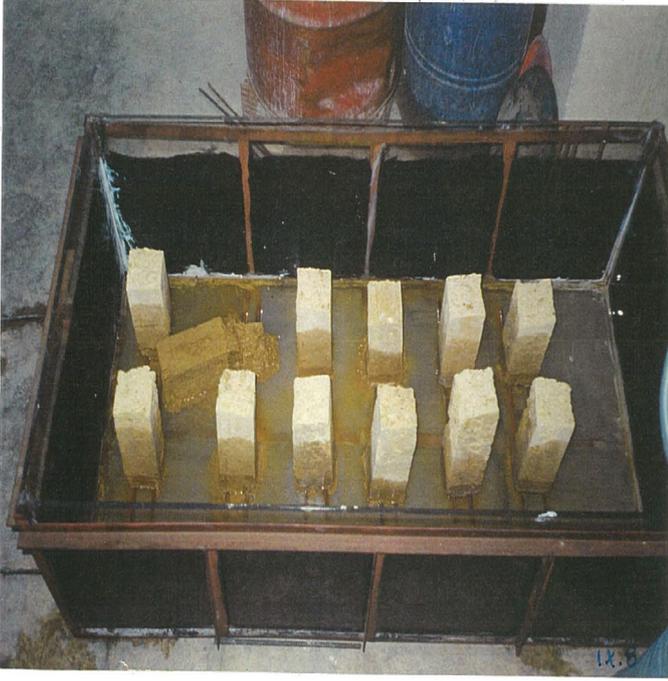
In samples prepared with 10% gypsum without admixture, in case of 0.5% lime admixture, 1.88% shrinkage and in case of 2% lime admixture, 1.07% shrinkage are calculated.

### 2.3.2.2.2.2. Unit Weight

Experiment samples, whose dimensions are measured and volumes are calculated, are weighed by OMEGA balance with maximum 30kg capacity and their unit weights are calculated basing on these two measurements. In Figure 2.11, change in unit weight depending on lime admixture rate in samples prepared with 10% gypsum with admixture can be seen. When the curve is examined, it can be said that lime admixture leads to decrease in unit weight. In fact, unit weight decreases down to 9% with 2% lime effect. This graphic displays resemblance to the graphic in Figure 2.7, where change in unit weight depending on lime admixture rate is demonstrated.

Ancak uzun vadede hidrasyon [31] gerçekleştikten sonra, kireç katkısının neme ve suya dayanıklılığı arttırdığı bilinmektedir .

In samples prepared with 10% gypsum without admixture (raw), in case of 0.5% lime, unit weight value is found to be 1,768kg/lit and in case of 2% lime, unit weight value is found to be 1,744kg/lit.



Resim 2.2. Kılcallık Deneyi.

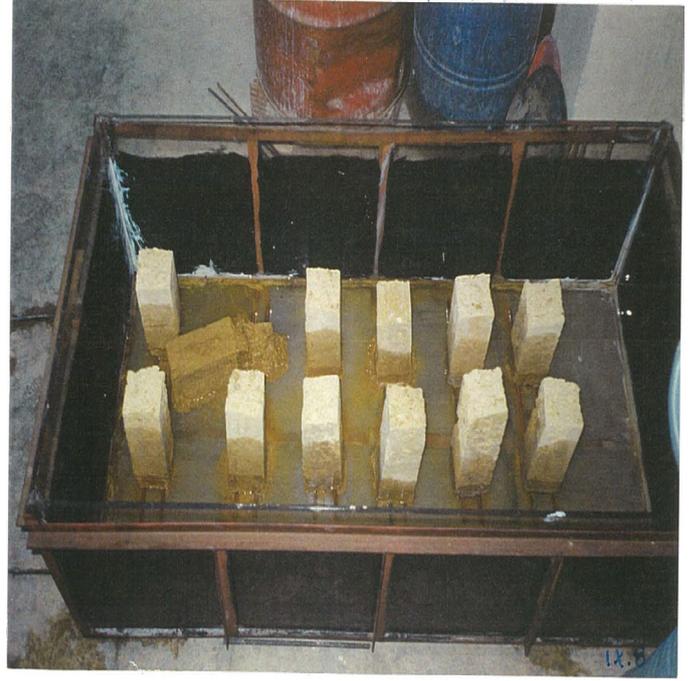
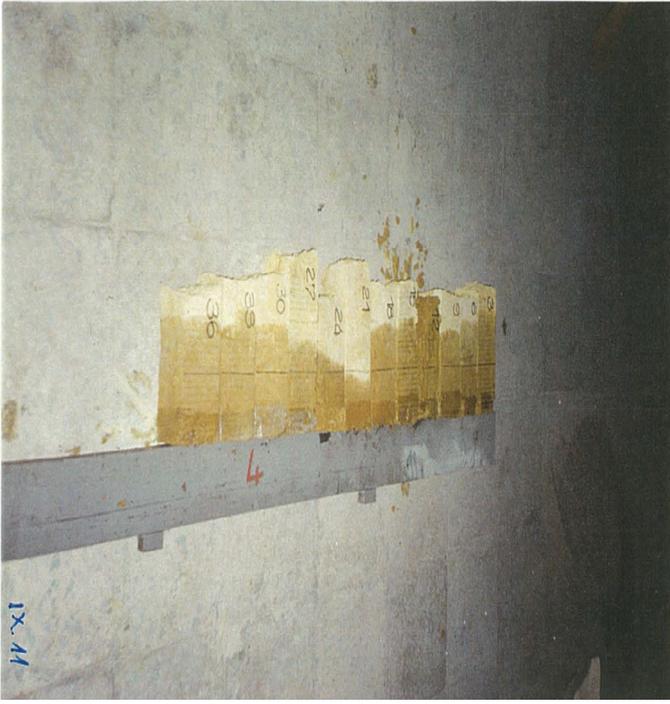


Figure 2.12. Unit Weight Change According to Lime Addition to Samples Prepared with 10% Gypsum



Resim 2.3. %10 Katkılı Alçı İle Hazırlanan Numunelerde 24 Saat Sonunda Suyun Yükselme Miktarları.





Resim 2.4. %10 Katkılı Alçı + %2 Kireç İle Hazırlanan Numunelerde 24 Saat Sonunda Suyun Yükselme Miktarları.

### 2.3.2.2.3. Mekanik Deneyler 2.3.2.2.3. . 2 Eğilmede Çekme Dayanımı

Genellikle eğilmede çekme dayanımı alçı katkı oranının artmasına bağlı olarak artmaktadır (Bkz. Şekil 2.9). Bunun yanısıra, kireç katkısı dayanımı düşürmektedir . Bu düşme miktarının hazırlanan numunelerde ne şekilde gerçekleştiğini belirlemek amacıyla, TS 3286'ya [32] göre gerçekleştirilen eğilme deneyinde ; Amsler marka 2000 kg-f max kapasiteli eğilme aleti kullanılmıştır (Resim 2.5).

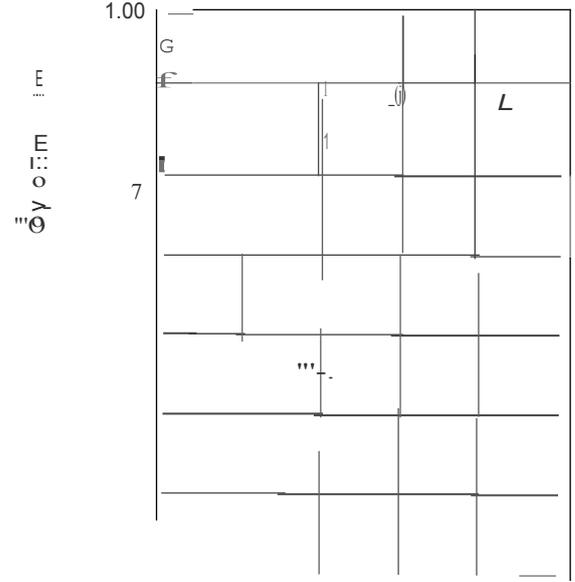
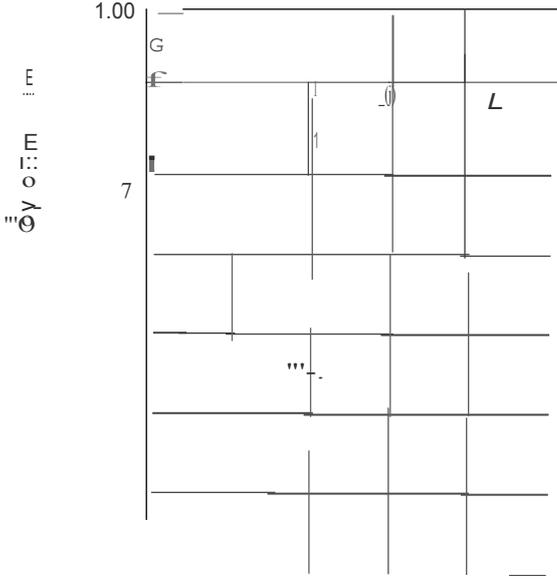


### 2.3.2.2.3. Mechanical Experiments

#### 2.3.2.2.3.1. Bending Tensile Strength

Generally, bending tensile strength increases depending on the increase in gypsum addition rate (Figure 2.9). In addition, lime admixture decreases strength. In bending experiment performed according to TS 3286 [32] in order to determine how this decrease will occur in prepared samples, Amsler bending machine with maximum 2000kg-f capacity is used (Figure 2.5).





0.5 1.5 2 2.5  
kireç/alçı+toprak (%)

Şekil 2.12. %10 Katkılı Alçı İle Hazırlanan Numunelerde Kireç Katkısı Oranına Bağlı Olarak Eğilmede Çekme Dayanımı Değişimi.

dayanımı elde edilmektedir . Bulunan bu değerler; SIA standartları ile birim ağırlığı 1.60-2.20 kg/ it olan blok kerpiçler için belirlenmiş . 0.3 N/mm<sup>2</sup> lik minimum eğilme dayanımı değerinden yüksektir [19].

#### 2.3.2.2.3. . 2 Basınç Dayanımı

Basınç deneylerinde Amsler marka 10000kg-f max. kapasiteli basınç pres kullanılmıştır (Resim 2.6). Eğilme deneyi sonucu 2 parçaya ayrılmış olan numunelerin her bir parçası 10x10 cm boyutlu çelik plakalar kullanmak suretiyle basınç deneyine tabi tutulmuşlardır.

#### 2.3.2.2.3. Mechanical Experiments

##### 2.3.2.2.3.1. Bending Tensile Strength

Generally, bending tensile strength increases depending on the increase in gypsum addition rate (Figure 2.9). In addition, lime admixture decreases strength. In bending experiment performed according to TS 3286 [32] in order to determine how this decrease will occur in prepared samples, Amsler bending machine with maximum 2000kg-f capacity is used (Figure 2.5).



%10 katkılı alçı ile hazırlanan numuneler için elde edilen sonuçlar Şekil 2.13 'deki grafikte gösterilmişlerdir. Örneğin, kireç katılmadan önce 3.14 N/mm<sup>2</sup> olan basınç dayanımı , %2 kireç katkısı ile 2.21 N/mm<sup>2</sup> 'ye düşmektedir.

%10 katkısız alçı ile hazırlanan numunelerde ise ; %0.5 kireç katkısı ile 4.02 N/mm<sup>2</sup> 'lik ve %2 kireç katkısı ile 3.63 N/mm<sup>2</sup> 'lik basınç dayanımı elde edilmiştir. Bu değerler; SIA [19], CRATerre [33] tarafından blok kerpiçler için önerilen 2.0 N/mm<sup>2</sup> 'lik ve New Mexico Kerpiç Yönetmeliği'nde [16] belirtilmiş olan 250 pounds/inç<sup>2</sup> (1.75 N/mm<sup>2</sup>) 'lik minimum basınç dayanımı değerlerinden yüksektir .

Gerek katkıli gerekse katkısız alçı ile hazırlanan bu numunelerin basınç deneyi sonucunda kırılma kesitlerine bakıldığında - betonda olduğu gibi - üçgen prizma şeklinde oldukları görülür (Resim 2.7 ve Resim 2.8). Buna dayanarak malzemenin hemen hemen beton karakterinde olduğu söylenebilir.



Resim 2.7. Basınç Presindeki Numune.

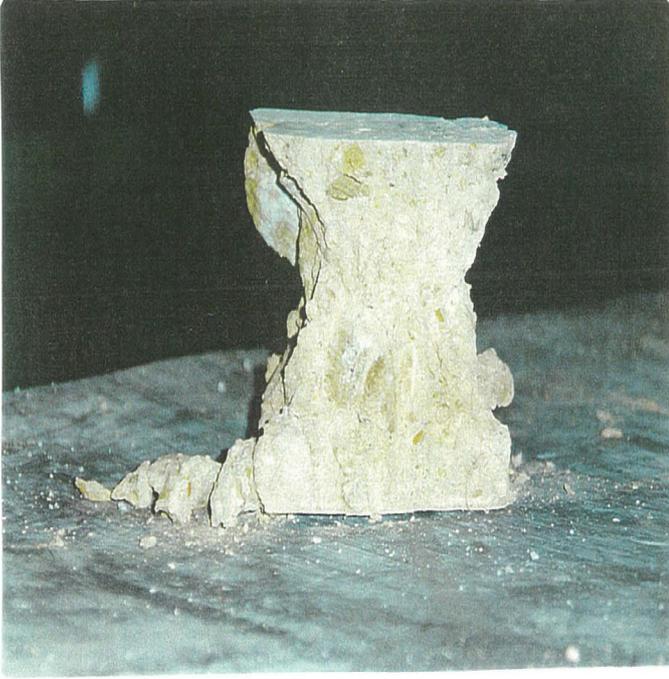
According to the bending strength results obtained from samples prepared with 10% gypsum with admixture (Figure 2.12), strength, which is 0.96 N/mm<sup>2</sup> prior to lime admixture, decreases to 0.63 N/mm<sup>2</sup> with 2% lime admixture. In samples prepared with 10% gypsum without admixture, 0.91 N/mm<sup>2</sup> bending strength is obtained with 0.5% lime admixture, while 0.84 N/mm<sup>2</sup> bending strength is obtained with 2% lime admixture.

These obtained values are higher than 0.3 N/mm<sup>2</sup> bending strength defined by SIA Standards for earthen blocks whose unit weight is 1.60-2.20 kg/l [19].

Amsler compressive press with maximum 10,000 kg-f capacities is used in compressive experiments (Figure.2.6). Each part of samples, which are divided into two as a result of bending experiment, is subject to compressive experiment where 10x10cm steel plates are used.



Figure 2.17. Bending Tensile Strength Change in Samples Prepared with 10% Gypsum According to Lime Addition



Resim 2.8. Basınç Deneyi Sonrası Numunenin Kırılma Kesiti.

#### 2.4. SONUÇ

Bu bölümde; deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular özetlenerek mekanizasyona uygun malzeme kararlarına varılmıştır.

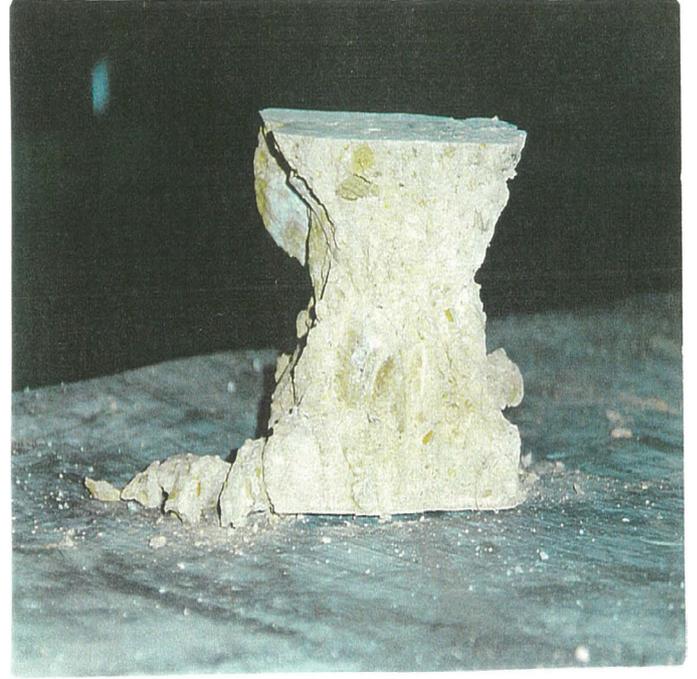
Ocaktan alındığı gibi taşlı, çakıllı haliyle kullanılacak olan toprağın mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi için ağırlıkça %10 alçı ilave edilmiştir. Alçının priz süresinin şantiyede çalışmak için yeterli olabilmesi amacıyla, karışıma %2 kireç katılmıştır. Priz süresi ile ilgili olan kireç katkısı düşük oranlarda da yeterli olabilmektedir.

Deneyler sonucunda elde edilen bulgular ışığında, uygulamaya yönelik olarak aşağıdaki belirlemeler yapılmıştır.

“ Karışım içerisine girecek alçı oranı hem mekanik dayanım hem de maliyet yönünden ağırlıkça %10 olarak kabul edilmiştir.

\* Karışıma katılacak su oranının belirlenmesi amacıyla yapılan ön çalışmalar sonucunda, ağırlıkça %18-20 oranında su ilavesi ile elde edilen plastik kıvamdaki karışımın işlenebilirlik yönünden en uygun karışım olduğu karar verilmiştir.

“ Alçının priz süresini geciktirmek amacıyla kullanılan kireç, önce harç suyuna katılmalıdır. Kireç + su karışımı içerisine alçı katılarak elde edilen kireçli alçı, toprak + su karışımına ilave edilerek homojen karışım sağlanmıştır. verilmiştir.



#### 2.4. CONCLUSION

In this section, findings obtained as a result of experimental studies are summarized and material decisions suitable for mechanization are made.

To improve mechanical and physical properties of stony and pebbly soil to be used as taken out of oven, 10% gypsum is added. To extend setting time of gypsum so that time is sufficient for working in site, 2% lime is added to the mixture. Lime admixture, which is related to setting time, can also be sufficient at low rates.

The following conclusions are made for application in line with the findings obtained as a result of experiments:

\* The rate of lime to be added to the mixture is accepted as 10% by weight in terms of both mechanical strength and cost.

\* As a result of preliminary studies conducted to determine water rate to be added to the mixture, it is decided that the mixture obtained at plastic consistency due to water addition at 18-20% is the most suitable mixture in terms of workability.

\* Firstly, lime used to retard setting time of gypsum should be added to mortar water. Limed gypsum obtained by adding gypsum to lime + water mixture is added to soil + water mixture and thus, homogenous mixture is obtained.

“ Duvar oluşturulduktan sonra, kurumaya başlamadan önce, içindeki alçı prizini tamamlamaktadır. Kuruma döneminde kilin büzülme davranışı, alçının priz sonucu oluşturduğu iskelet ile önlenir. Böylelikle rötre küçülmekte, poröz bir bünye elde edilmektedir. Birim ağırlığın azalması ise,ısı iletkenlik değerinin küçülmesine neden olur. Bunların tümü, bu malzeme ile inşa edilen yapılarda ısınma enerjisinin azalmasına katkı sağlayacaktır.

\* Karışıma katılan alçı malzemenin suya dayanıklılığını arttırmaktadır.Böylelikle, malzeme boşluklu yapısıyla su emmesine rağmen dağılmamaktadır.

\* Alçının malzeme içersinde oluşturduğu iskelet eğilme ve basınç dayanımını arttırmaktadır. Basınç deneyi ile kırılan numunelerin beton ile aynı karakteri göstererek üçgen prizma şeklinde kırıldıkları görülmüştür.

### BÖLÜM 3 . ALÇILI KERPECE UYGUN MEKANİZE İNŞAAT TEKNOLOJİSİ

#### 3.1. Giriş

Alçılı kerpiç malzemenin laboratuvar düzeyinde fiziksel ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş , deney bazında işlenebilirliği arttırılmıştır .

Özellikleri standart aşamasına getirilmiş malzemenin yapı üretim aşamasında uygulanabilirliği ve şantiye mekanizasyonu için arazide bir konut inşaatı gerçekleştirilmiştir r. Brüt alanı yaklaşık 100 m2 olan her türlü konfor ihtiyacına cevap veren tek katlı müstakil bir konut inşa edilmiştir. Sözkonusu şantiyenin organizasyonu ve mekanizasyonu açısından gerek Avrupa gerek ülkemizde uygulanmış örneklerle kıyaslandığında işgücü , süre , arazi kullanımı , çevre şartları açısından inşaat teknolojisi, kalıp seçimi ve mekanizasyon konularında olumlu sonuçlar alınmıştır.

\* Casting into industrial moulds method is accepted for wall formation and the mixture is placed through tamping method.

\* After the wall is formed and before it dries, gypsum inside completes its setting. The framework formed by gypsum due to setting prevents shrinkage behaviour of clay during drying. Thus, shrinkage decreases and a porous structure is obtained. Decrease in unit weight results in decrease in thermal conductance value. All of these will contribute to the decrease in heating energy in buildings constructed with this material.

\* Gypsum added to the mixture increases material's resistance against water. Thus, material does not scatter although it absorbs water due to its porous structure.

\* The framework formed by gypsum within the material increases bending and compressive strength. It is observed that samples broken during compressive test display the same characteristic with concrete and when they are broken, their shape is triangular prism.

### SECTION 3. MECHANIZED CONSTRUCTION TECHNOLOGY SUITABLE FOR GYPSUM STABILIZED ADOBE

#### 3.1. Introduction

The physical and mechanical characteristics of gypsum stabilized adobe material have been improved in the laboratory level and its experimental treatment has been increased.

A building construction has taken place on the soil for the building site mechanization and applicability of the material whose characteristics have been brought to a standard degree. A single storied, detached house with 100m<sup>2</sup> gross area, which meets all the comfort requirements, has been built. When the organization and mechanization of the building site in question are compared with examples applied either in Europe or in our country, positive results are obtained in construction technology, mould selection and mechanization in terms of workmanship, period, land use and environmental conditions.

### 3.2. İnşaat Teknolojisi

Kerpiç yapının toplu konuta uygulanabilirliğini inceleyen bu bölümde inşaat teknolojisi geliştirmek için beton teknolojisinden yararlanılmıştır. Diğer bir deyişle beton teknolojisinde harç hazırlanması , duvar boyutunda kalıp kullanılması , harcın kalıba yerleştirilmesi , makina ile üretim yöntemlerinin uygunluğuna bakılmıştır. Bu amaçla üniversal yatay eksenli betoniyer , “PERi Hand - Set” endüstriyel kalıp , vibratör , sarsma tablası , “WACKER” kompaktör , balyoz (tokmak) kullanılmıştır. Bu şekilde üniversal inşaat makinaları kullanılması uluslararası literatür ve gözlemlerde (Almanya ,Fransa, ABD , Endonezya) daha önce rastlanmamış bir uygulamadır . Böylelikle Birleşmiş Milletler’in , iskan çalışmalarında dahi önerilen “özel” ve kullanılması “lisans” anlaşması gerektirebilen kerpiç blok üretme makinaları (Ek 1 ) ve tekniklerine gerek kalmamaktadır.

Önceki araştırmalarda (örn.MAG 505) malzemenin alçı + kireç ile stabilizasyonu sağlanmıştır [11] . Atılması gereken ikinci adım ise beton teknolojisinin mekanik özelliklerinden yararlanarak kerpiç yapı malzemesine uygun bir inşaat teknolojisi geliştirmektir [12].

#### 3.2.1. Durumun Belirlenmesi

Kerpiç yapı için geliştirilen inşaat teknolojileri her ülke ve toplum için değişiklikler göstermektedir. Durumu belirlemek için uygulanan bazı teknolojileri incelemekte yarar görülmüştür.

##### A) Geleneksel (Anadolu) [34]

|                   |   |
|-------------------|---|
| Zaman seçimi      | :İlkbahar - Yaz başı  |
| Toprağın seçimi   | :Elde sıkılarak şekillendirilen toprak hamuru yaklaşık 1.000 mt. yere bırakılınca dağılmalı sadece şekil değiştirilmelidir. |
| Katkı malzemesi   | :Bitkisel atıklar..... lifli, ağaç kökenli  |
| Kazı              | :Taş cinsinden katkılar... kum, çakıl<br>:Uygun toprak olan yerde, bitki toprağı kaldırıldıktan sonra açılır.               |
| Eleme             | :Dane çaçları 2 cm’den büyük olan egrega ve yabancı maddeler elenir.  |
| Harç hazırlanması | : Harç katkı maddesi ile 1-2 gün mayalanması için dinlendirilir.  |
| Kurutma           | : Yağmurdan sonra, sert güneşten korunur. nemlendirme amaçlı ısıtılan kalıplar rüzgar ve gölgede kurur.                     |

### 3.2. Construction Technology

In this section, which studies the applicability of adobe building to mass housing, concrete technology has been used in order to develop the construction technology. In other words, appropriateness of mortar preparation; use of cast form in the wall dimensions; placing the mortar into the mould and production with the machine in concrete technology have been studied. In this respect, universal horizontal-axis concrete mixer, “PERI Hand-Set” industrial mould, vibrator, shaking panel, “WACKER” compactor and sledge-hammer (tamper) are used. Such use of universal construction machines has never been applied in international literature and researches (German, France, U.S.A., Indonesia). Thus, the “special” adobe block production machines and techniques recommended by the United Nations even for housing studies, for which “licensee agreements” are required, are not needed anymore.

In the previous studies (i.e. MAG 505), the gypsum +lime stabilization of the material has been obtained. The second step is the development of a construction technology suitable to the adobe construction material with the help of the mechanic characteristics of the concrete technology.

#### 3.2.1. Determination of The Situation

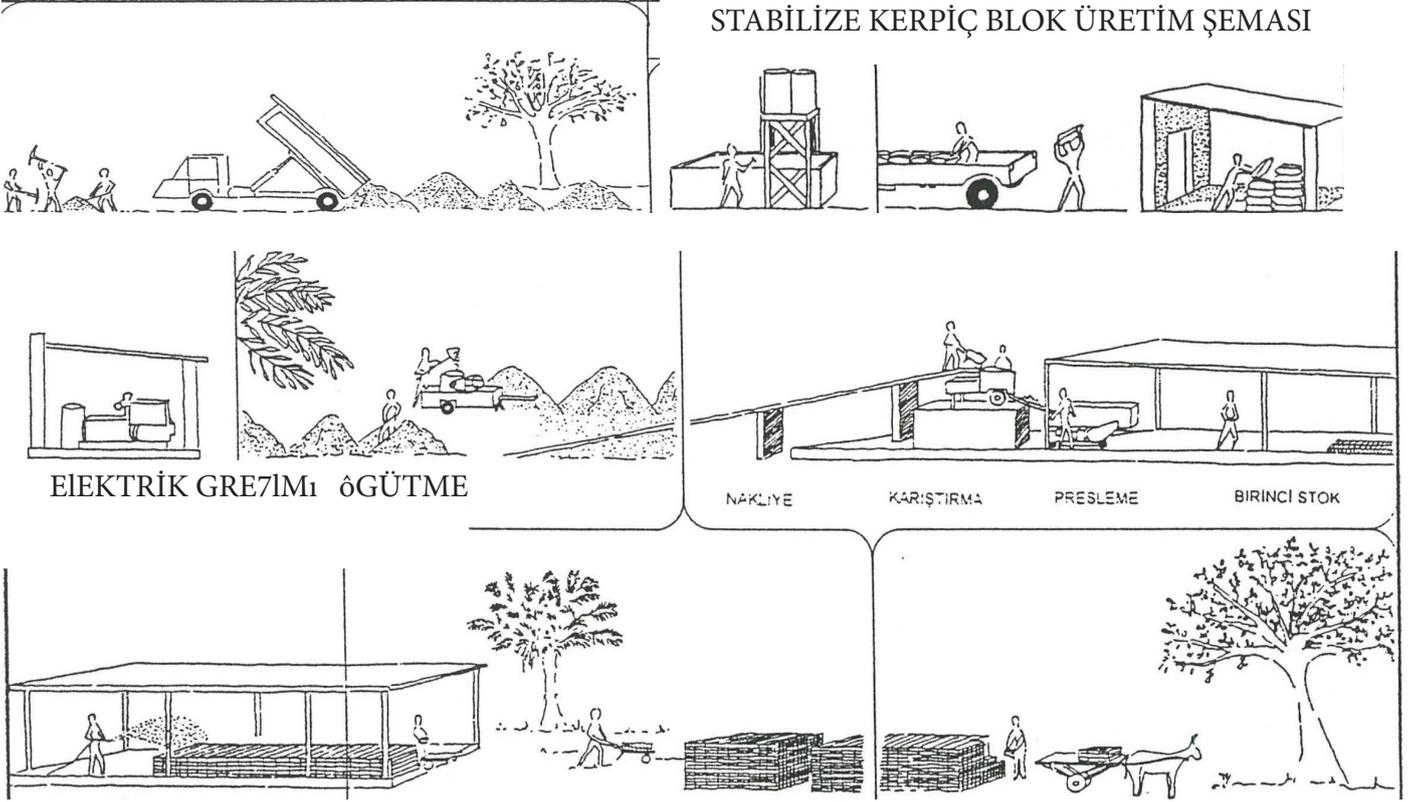
The construction technologies developed for the adobe buildings vary from country to country and from community to community. To determine the situation, it will be worthwhile to scan some technologies.

##### A) Traditional (Anatolia) [34]

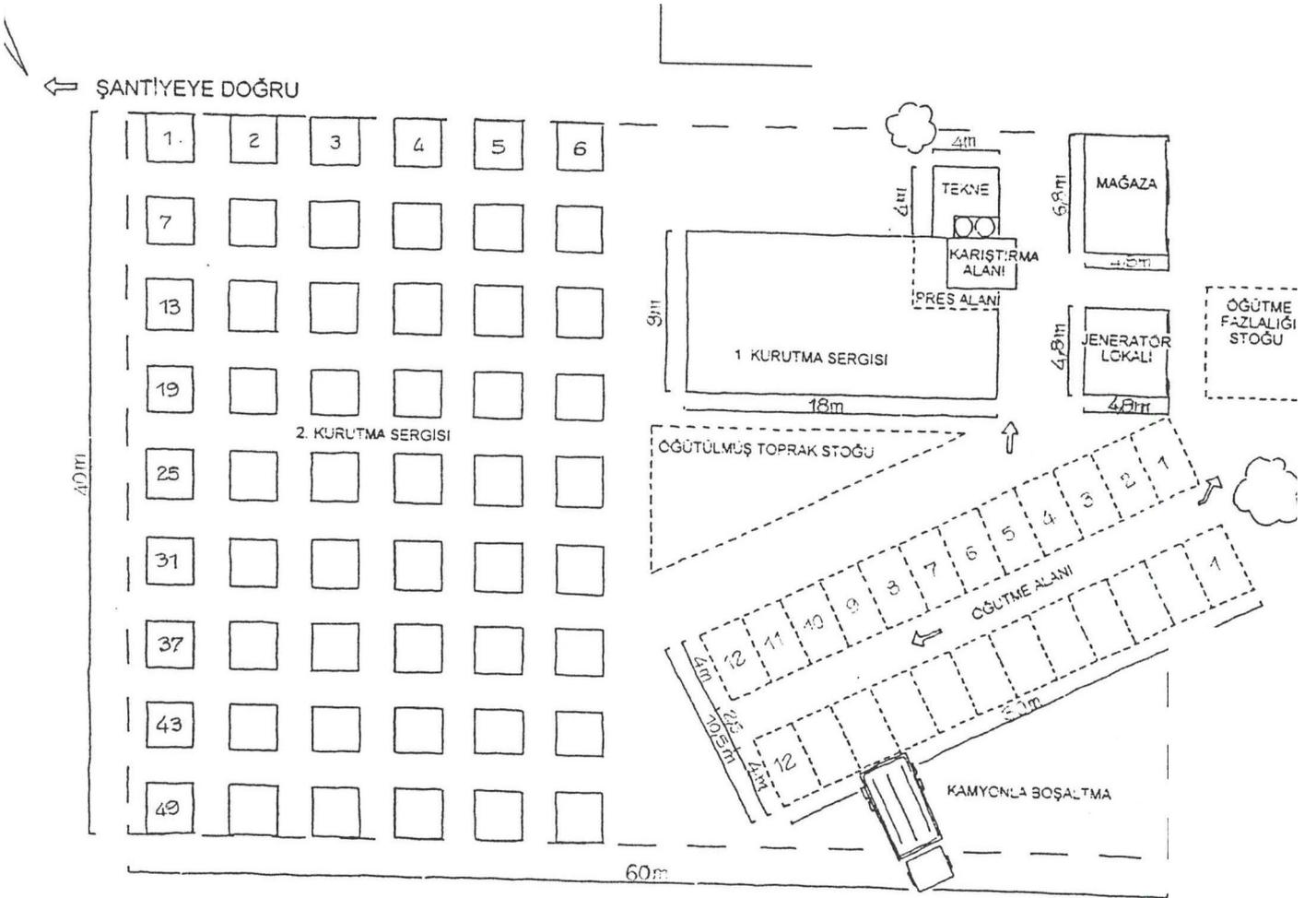
|                        |  |
|------------------------|--|
| -Time choice           | :Beginning of spring-summer  |
| -Soil choice           | :When the soil paste which is shaped compressing in hand, is left from a height of 1 m, it must not scatter but only change shape. |
| -The admixture         | :Plant remains... fibrous, tree originatedThe admixture in stone species ... sand, pebble  |
| -The Digging Process   | :In a place where there is suitable soil, after lifting the plant soil, an excavation is opened.                                   |
| -Elimination           | : The aggregates with diameters bigger than 2 cm. and foreign materials are eliminated.  |
| -Preparation of mortar | :Mortar pits are opened. By wetting and treading under soil becomes as dense as plastic. Admixture is added.                       |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Koruma                                       | :Hemen kullanılmayacaksa güneş ve yağmurdan korumak örtü altına alınır.  | -Leaving the mortar to rest                        | :The mortar with the admixture is left 1-2 days to rest for yeasting.                |
| Taşıma                                       | :Üretim yerinin inşaat yerine uzaklığına göre el arabası ahşap teskere ve traktör kullanılır.                        | -Shuttering (casting) placement manual instruments | : The mortar is poured in timber mould. The is made with                             |
| Örgü   | : Kireç katkılı toprak harç ile örgü   | -Drying  | : Protected from rain and sun. For moistening, the wet moulds are left to dry        |
| B) Fransa (Mali için)                        |  | in wind and shade                                  |  |
| Zaman seçimi                                 | :Blok üretimi için fabrika kuruluyor.  | Protection   | : If not used immediately, it is taken under a cover                                 |
| Toprak seçimi                                | : İçinde laboratuvar değerleri %40 ku0m + %35 silt + %20 kil olan toprak uygundur.                                   | -Transportation                                    | : According to the distance between the production site and the construction site, a |
| Katkı malzemesi                              | : Çimento  | hand - cart, a                                     | timber stretcher and a   |
| Kazı   | :Kazma kürek yardımıyla kazı yapılır.  | caterpillar are used.                              |  |
| Nakliye                                      | :Ocağın fabrikaya uzaklığına göre araç gereç kullanılır.   | -Mesh mortar.                                      | : Meshing with lime-soil   |
| Öğütme + eleme + depo                        | :İstenen dane büyüklüğünde elenir veya mekanik öğütme makinası ile öğütülür.   | B) France [20] (Figure 3.1 & 3.2)                  |  |
| Nakliyat+dozaj+yoğurma                       | : Basit şantiye araçları ile nakliye yapılır. Çimento + su dozajı ayarlanır.Yoğurma makinası ile karışım hazırlanır. | -Time choice                                       | : A factory is constructed for block production.                                     |
| Pres + nakliye                               | : Motorlu presler kullanılır.  | -Soil choice                                       | : Soil, which has lab values of 40% sand+35% blue limestone +                        |
| İlk kurutma                                  | : Plastik örtü altında (3 gün) yüzey çatlaklarını önlemek amacıyla ıslatılarak kurutulur.                            | 20y. clay is suitable.                             |  |
| Nakliye + 21 günlük stok                     | : El arabaları veya at arabaları ile yapı yerine taşıma  | -The Admixture                                     | : Cement   |
| C) isvicre ( Geleneksel ) [35] ( Şekil 3.3 ) |  | -The Digging Process                               | : With the help of pickaxe and shovel.   |
| Zaman seçimi                                 | : Yaz ve ahar ayları   | -Conveyance  | : According to the distance of the excavation  |
| Toprak seçimi                                | :İçinde labaratuvar değerleri %40 kum + 40 silt + %5 kil bulunan toprak  | it depends which vehicle will                      | area to the factory  |
| Katkı malzemesi                              | :Yok.  | -Grinding +elimination +depot                      | : It is eliminated in the grinded in the   |
| Kazı   | :Basit inşaat aletleri ile kazı yapılır.   | mechanical grinding machine.                       |  |
| Nakliye                                      | : Uzaklığa göre at kullanılır.   | -Conveyance +dosage +mixing:                       | Conveyance is done with simple construction site vehicles. The                       |
|  |  | dosage of cement + water is                        | regulated. The   |
|  |  | mixture is made with a machine.                    |  |
|  |  | -Press +Conveyance                                 | : Motor presses are used.  |
|  |  | -Primary drying                                    | : Under a plastic cover (3 days) it is left to dry by                                |
|  |  | -Conveyance +Stocking                              | : Transport in the construction site with a hand-                                    |
|  |  | for 21 days  | cart or  |
|  |  | horse-carriages.                                   |  |
|  |  | -Meshing   | : Meshing with clayey-earth mortar.  |

## STABİLİZE KERPIÇ BLOK ÜRETİM ŞEMASI



ŞEKİL 3.1 STABİLİZE KERPIÇ BLOK ÜRETİM ŞEMASI (FRANSA (MALİ CUMHURİYETİ - SANON KOROKA))



ŞEKİL 3.2

ÜRETİM YERLEŞİM ŞEMASI (FRANSA (MALİ CUMHURİYETİ - SANON KOROKA)) { }

Toprak + Malz.stoğu : Ocağın şantiyeye olan uzaklığına göre toprak stoğu yapılır.

Eleme : Toprak manuel yöntemlerle elenir.

Karıştırma : Toprağı harç kıvamına getirmek için karıştırılır.

Dinlendirme : Karışım çukurlarda dinlendirilir.

Şekil verme : Kalıplarda şekillendirilir.

Kurutma : Malzeme güneş veya rüzgarda kurutulur.

Stok : Üretim ve inşaat zamanı farklı ise bloklar stoklanır

Nakliye : Yapı inşaat yerine gereken miktar kadar taşıma.

Örme : Harçla örme yapılır .

#### O) U.N. ( Birleşmiş Milletler ) [ 6 ]

Zaman seçimi

Toprak seçimi : Basit şantiye yöntemleri (koku , renk , sıkma vb.)

Katkı malzemesi : Çimento, kireç bitüm ve emülsiyonlar,kimyasal stabilizanlar , tokmaklama , tarımsal artıklar, doğal organik lifler ...

Kazı : Kuru , kurutulmuş toprak, Basit el aletleri ve basit makina

Eleme + öğütme : Yabancı maddelerve taş,çakıl vb. için

Harç hazırlama : Basit gereçlerle oranları ölçülür.

Dinlendirme : Eğer stabilizan kireç ise toprağın iyice nemini alması için beklenir.Stabilizan çimento ise hidrasyona hemen başladığı için derhal üretime geçilir.

Karıştırma : Betoniyer kullanışı bulunmadığı için basit aletlerle karıştırma yapılır.

Kalıplama : Kalıpların içinde elle şekillendirme

#### C) Switzerland (Traditional) [35] (Figure 3.3)

-Time Choice : Summer and spring months.

-Soil Choice : Soil, which has lab values of 40% sand + 40 % blue limestone 5% clay.

-The Admixture : No admixture.

-The Digging Process : It is made with simple construction tools.

-Conveyance : According to distance, done with horse or hand-cart.

-Soil +Material Stocking : According to the distance of the excavation area to the construction site soil stocking is made.

-Elimination : Soil is eliminated with manual methods.

-Mixing : Soil is mixed to become at mortar density.

-Leaving to rest : The mixture is left to rest at pits.

-Giving a shape : It is given shape at moulds.

-Drying : The material is dried in sunlight or wind.

-Stocking : If the production and construction periods are different, the blocks are stocked.

-Conveyance : Carrying an essential amount to the construction site.

-Meshing : Meshing with mortar.

#### D) United Nations (UN) [6]

-Time Choice : A factory is constructed for block production.

-Soil Choice : Simple construction site methods ( smell, colour, compression, etc.)

-The Admixture : Cement, lime bitumen emulsions, chemical stabilitors, tamping, agricultural wastes, natural organic fibers...

-The Digging Process : Dry and dried soil, simple hand-tools and simple machines.

-Elimination +Grinding : For foreign materials and stone, pebble, etc.

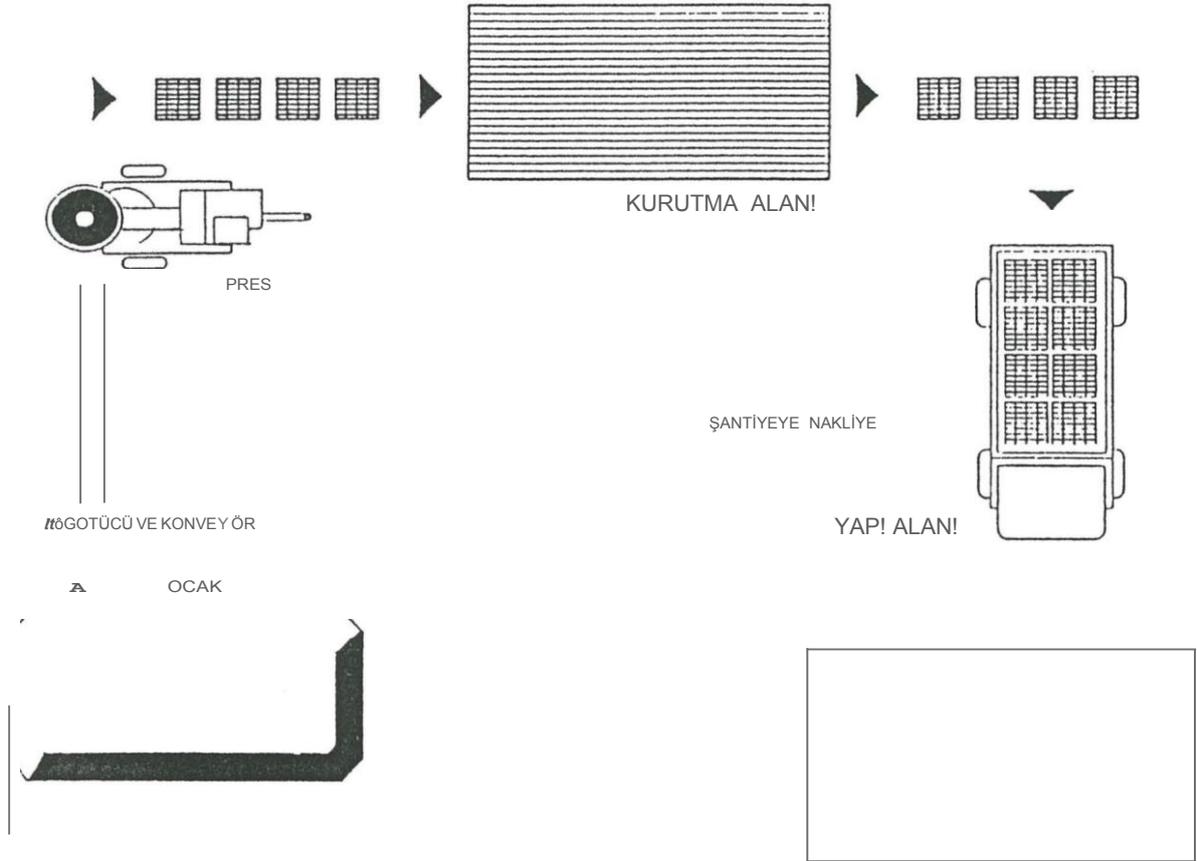
-Mortar Preparation : The proportions are measured with simple tools.

-Leaving to rest : If the stabilitor is lime, it is left to take the moisture of the soil totally, If it is cement, as it starts immediately to hydration, production starts right away.

Kurutma : Kalıptan çıkan blok plastik poşetlerde bekletilir.

İkincil kurutma : Stabilizan çimento ise 3 hafta kurutma süresi uygulanır.

Duvar : Harç ile örme işlemi yapılır. kireç ise 4 haftalık



ŞEKİL 3.3 KERPIÇ TUOLA ÜRETİM AŞAMALARI / İSVİÇRE

### 3.2.2. Araştırmanın Katkısı

Ülkemizde bugüne kadar kerpiç yapı için inşaat teknolojisi geliştirme amaçlı çok kapsamlı ve sürekli çalışmalar yapılmamıştır. 1983 yılında İ.T.Ü. bünyesinde inşa edilen alçılı kerpiç araştırma ve deneme evi doğrultusunda 1984 yılında 11 Alçılı Kerpiğin Üretim Olanaklarının Araştırılması 11 başlıklı bir yüksek lisans tezi hazırlanmıştır. Tez 'de malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi ön planda tutulmuştur.

#### A) Tez ' 84 1 İ.T.Ü. [ 12 ]

- Zaman seçimi : İlkbahar - Sonbahar
- Toprağın seçimi : Basit manüel yöntemlere başvurulur. Bitki toprağı hariç killi toprak uygundur.
- Kazı : Nakliye açısından ocağın şantiyeye yakınlığı istenir.
- Eleme : Dane çapı 2 cm 'den büyük taşlar mukavemeti düşürdüğü için eleme yapılır.
- Karışım : Çamur (toprak+su) teskerede hazırlanır. Ortasına açılan çukura alçı + kireç + su karışımı konur.
- Kalıp : 1. Kerpiç tuğlası kalıbı  
2. Münferit yerinde döküm kalıpları  
3. Sürekli yerinde döküm kalıpları
- Kalıplama : Küreklerle kalıplara konur. Tokmaklanır . Mastar ile düzeltilir.
- Duvar örme : İki tür kalıpta duvar üzerine kurulur.

#### B) TÜBİTAK İNTAG-TOKİ 622 1 1995

- Zaman seçimi : 4 mevsim ( Üniwersal şantiye takvimi )
- Toprağın seçimi : Şantiyeye yakın ocaktan çıkan doğal killi ve çakıllı toprak kullanılır. Ön hazırlık yoktur.
- Katkı Malzemesi : Toprağın ağırlıkça %10 alçı + %2 Kireç + % 19 su
- Kazı : Kepeçe ile ocaktan kazı yapılır. Şantiyede duvar hacminin % fazlası ile toprak stoğu hazırlanır.
- Karışım : Toprak el arabası ile betoniyere konur. Nemlendirilir.  
%10 Alçı + %2 kireç + %19 su oranlarında hazırlanan karışım eklenir.
- Kalıba taşıma : Toprak el arabası ile betoniyere konur. Nemlendirilir.
- Sıkıştırma : Tokmak veya kompaktör ile sıkıştırılır. Akıcı plastik kıvamda vibratör kullanılabilir.

### 3.2.2. Contribution of The Research

Regular and comprehensive studies aiming at the improvement of adobe construction technology have not been conducted in our country up to day. In 1984, a high bachelor thesis with the title "The Research on the Opportunities of Gypsum Stabilized Adobe Production" concerning the gypsum stabilized adobe research and experimental house built in 1983 by I.T.U was completed. In the thesis, the improvement of the characteristics of the material was put in the foreground.

#### A) Thesis'84/ ITU [12]

- Time Choice : Spring - Autumn
- Soil Choice : With simple manual methods. Except plant soil, clayey earth is suitable.
- The Digging Process : Relevant to the conveyance, the excavation area is preferred to be close to the construction site.
- Elimination : Stones with diameters bigger than 2 cm. are eliminated, as they reduce the resistance.
- Mixing : Mud (soil + water) is prepared. Gypsum + lime + mixture is put into the hole opened in the middle of the mud mixture.
- Mould : 1. Adobe brick mould  
2. Single in-situ moulds  
3. Continuous in-situ moulds
- Shuttering (Casting) : It is put in moulds with shovels. Tamping is made. It is smoothed with screed board.
- Walling : 80th the two types of moulds are set up on the wall.

#### B) TUBITAK İNTAG-TOKİ 622/ 1995

- Time Choice : 4 seasons (universal construction site calendar).
- Soil Choice : Natural clayey and graveled soil extracted from the excavation area close to the construction site is used. There are no beginning preparations.
- The admixture material : 10% gypsum + 2% lime + 19% water of soil weight.
- The Digging Process : Digging is done from the excavation area with a ship. In the construction site, soil stock is prepared according to X%+ wall volume.
- Mixing : Soil is put into the cement mixer with a hard cart. It is left to moisten. The mixture is added with values of 10% gypsum + 2% lime + 19% water.
- Mould : An industrial steel construction mould in the wall dimensions is set up in the place of the wall.
- Conveyance to the : Suitable to carry with shovels, conveyor, mould belts, scoops and crane buckets.
- Compression : With tamper and compactor. In plastic fluid phase, a vibrator can be used.

### 3.3. Kerpiç Yapı Şantiyesi

#### 3.3.1. Durum Belirlenmesi

incelenen araştırmalarda da görüldüğü gibi kerpiç üretimi için her ülke ihtiyaçları ve yapı kültürleri doğrultusunda inşaat teknolojileri geliştirmişlerdir. Tablo 3.1’de 4 ayrı inşaat sürecinin işlem kriterine göre karşılaştırması görülmektedir.

#### 3.3.2. Araştırmanın Katkısı

Bu bölümde , araştırma bünyesinde yapılan kerpiç yapı inşaatında , uygun toprak seçimi , harcın hazırlanması , kalıplama ve duvar oluşturma aşamalarındaki gelişmeler görülmektedir.

Araştırma için, İ.T.Ü. Maslak Kampüsü’nde Rektörlük tarafından inşaat alanı tahsis edilmiştir . Bu alanda ; araştırma binası alanı , karışım hazırlama alanı, deney platformu, şantiye yönetim bürosu , işçi yatakhane ve yemekhanesi , malzeme stok birimlerini kapsayan bir çadır bulunmaktadır ( Şekil 3.4 ).

### 3.3. Adobe Construction Site

#### 3.3.1. Determination of the Situation

As can be seen from the scanned researches, each country has developed different construction technologies for adobe production according to their needs and construction cultures. In Table 3.1, comparison of four separate construction processes according to transaction criteria can be seen.

#### 3.3.2. Contribution of the Research

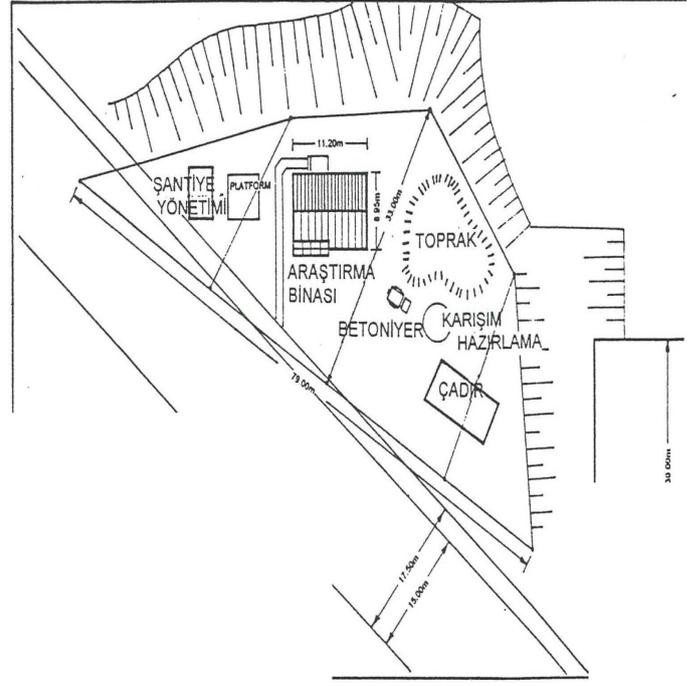
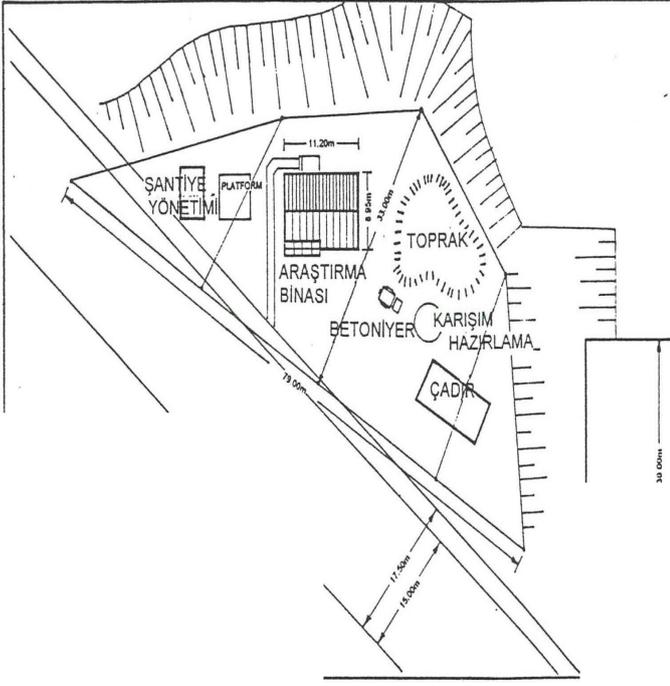
In this section, the developments at the phases of suitable soil choice, mortar preparation, casting, and wall formation in adobe construction, which has been built within the scope of the research studies, can be examined.

The construction area in I.T.U Maslak Campus was assigned by the rectorate for the research. This site consists of a research building area, mixture preparation area, experiment platform, building site administration office, a dormitory and a dining hall for the workers, and a tent that contains the material stock units (Figure 3.4).

| KERPİÇ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ SÜREÇ KARŞILAŞTIRMASI |                 |        |      |             |            |             |             |         |      |        |      |
|---|-----------------|--------|------|-------------|------------|-------------|-------------|---------|------|--------|------|
|   | 1               | 2      | 3    | 4           | 5          | 6           | 7           | 8       | 9    | 10     | 11   |
| <b>TR</b>   |                 |        |      |             |            |             |             |         |      |        |      |
| <b>TR</b>   | OCAKTAN ÇIKARMA | TAŞIMA | STOK | ELEME ÇİFTİ | KARIŞTIRMA | DİNLENDİRME | ŞEKİL VERME | KALIPMA | STOK | TAŞIMA | ÖRME |
| <b>ANADOLU</b>                                    |                 |        |      |             |            |             |             |         |      |        |      |
| <b>ANADOLU</b>                                    | OCAKTAN ÇIKARMA | TAŞIMA | STOK | ELEME ÇİFTİ | KARIŞTIRMA | DİNLENDİRME | ŞEKİL VERME | KALIPMA | STOK | TAŞIMA | ÖRME |
| <b>TR</b>   |                 |        |      |             |            |             |             |         |      |        |      |
| <b>TR</b>   | OCAKTAN ÇIKARMA | TAŞIMA | STOK | ELEME ÇİFTİ | KARIŞTIRMA | DİNLENDİRME | ŞEKİL VERME | KALIPMA | STOK | TAŞIMA | ÖRME |

Tablo 3.1 KERPIÇ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ SÜREÇ KARŞILAŞTIRMASI ( İŞLEM KRİTERİNE GÖRE )

TABLE 3.1. PROCESS COMPARISON OF ADOBE PRODUCTION TECHNOLOGIES (ACCORDING TO TRANSACTION CRITERIA)



## TÜBİTAK İNTAG TOKI 622 ARAŞTIRMA BİNASI VAZİYET PLANI .

Şekil 3.4. İNTAG TOKİ 622 Kerpiç Yapı Projesi Vaziyet Planı

Üretim sürecinin diğer örneklerden daha kısa olmasının yanısıra , iklim şartlarından bağımsız olarak uygulanan inşaat teknolojisi özellikle kitle üretimine rasyonellik kazandırmıştır.

### 3.3.2.1 Uygun Toprak Seçimi

Büyük kerpiç yapı şantiyelerinde uygun toprak laboratuvar deneyleri ile seçilebilir.Laboratuvar deneyleri hem zaman alıcıdır , hem de teknisyen ve ekipman ihtiyacı nedeniyle maliyeti arttırır.Münferit yapı inşaatında basit deneylerle sağlıklı sonuçlar alınmaktadır.

Kerpiç yapımına en uygun toprağın açık renkli kaolinit grubu killeri muhteva eden toprak olduğu bilinmektedir [12] .Renginden uygun olduğu düşünülen toprağın avuç içerisinde sıkılıp serbest bırakıldığında dağılmaması ya da kuruduktan sonra yaklaşık

In this section, the developments at the phases of suitable soil choice, mortar preparation, casting, and wall formation in adobe construction, which has been built within the scope of the research studies, can be examined.

Figure 3.4. INTAG TOKI 622 Adobe Construction Project Location Plan

In addition to its production period, which is shorter than the other examples, this construction technology having been applied regardless of the climate conditions has given rationalism especially to the mass production.

### 3.3.2.1. Selection of Suitable Soil

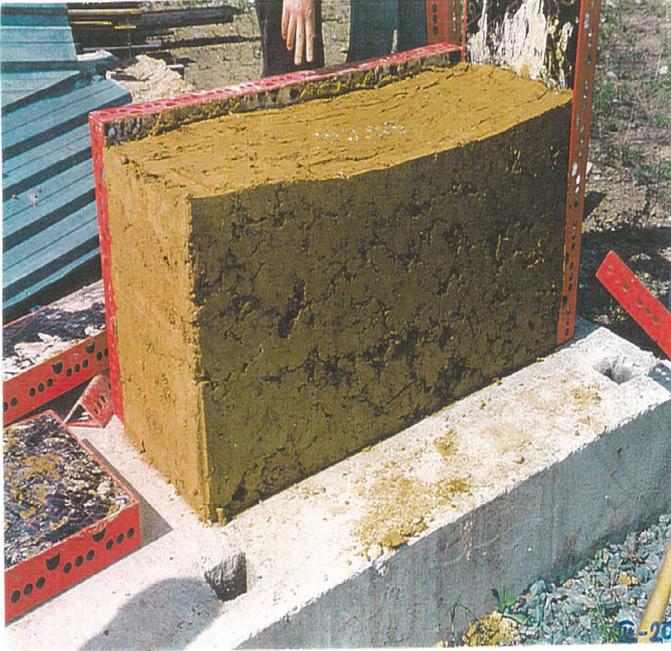
In large scaled adobe construction sites, the suitable soil can be chosen by lab experiments. Lab experiments are both time-consuming and increase the costs due to the technician and equipment requirements. In single constructions, positive results can be achieved with simple experiments.

The most suitable soil is known to be the one including light colored chine-clay. This soil which is thought to be suitable due to its color proves to be useable in gypsum stabilized constructions since it does not scatter when pressed in hand and later released or is not broken into pieces but divides into large particles when it is released from 1 meter height after it has dried.

1.00 mt. yükseklikten yere bırakılması halinde parçalanmayıp , sadece büyük parçalara ayrılması malzemenin alçılı kerpiç yapımında kullanılabilirliğini göstermektedir.

Toprağın uygunluğuna karar vermek için kullanılan bir metod da örnek blok yapmak ve sudan koruyacak şekilde açık havada kurutmaktır. İdeal toprak karışımı , yapılan bloklarda büyük ve tehlikeli çatlak vermeyendir [16] . Uygun kerpiç karışımında kullanılacak kil ve kumun içinde suda çözülebilen tuzlar %2 oranından fazla olmamalıdır [19] .

Araştırmada kullanılan toprak bir yandan laboratuvarda denenmiş , diğer yandan ise şantiyede blok dökülüp gözlenerek uygunluk belirlenmiştir ( Resim 3.1 )



Resim 3.1. Şantiyede Dökülen Numune Blok

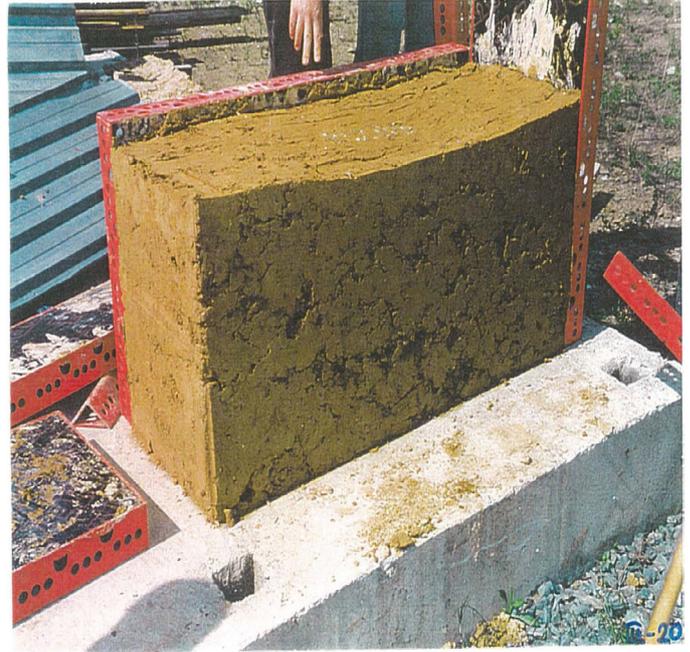
### 3.3.2.2 Harç

#### 3.3.2.2.1 Toprağın Hazırlanması

Daha önceki deney ve araştırmalarda kullanılacak toprak içerisinde dane çapları 2 cm'den büyük olan taşların kerpicingin mukavemetini düşürücü rol oynadıkları ifade edilmiştir [12] . Ancak %10 alçı oranı ile stabilize edilen kerpiç üretiminde toprağın elemesine gerek görülmemiştir . Yapılan laboratuvar deneylerinde (Bkz.. Böl.2) büyük boylu agrega ile üretilen numunelerde basınç mukavemeti ortalama 2.2 N I mm<sup>2</sup>'dir.

Another method used to decide the suitability of the soil is making sample block and drying it in open air in such a way that it is also protected from water. The ideal soil mixture is the one that does not result in severe and dangerous cracks in the blocks. The salts that dissolve in water and are going to be used in the suitable adobe mixture of clay and sand should not exceed 2%.

The soil used in the research has been examined in tab, and besides, casting and observing the block in the building site have determined the suitability (Figure3.1).



Picture 3.1. Sample Block Casted in Construction Site

### 3.3.2.2. Mortar

#### 3.3.2.2.1. Preparation of the Soil

It has been stated in the previous researches and experiments that the stones with diameters bigger than 2 cm play a resistance reducing role in the soil [12]. But in the adobe production, which has been stabilized with 10% gypsum, elimination of the soil is not necessary. It has been found in the lab experiment (see Sec.2) that the compressive strength is 2,2 N/mm<sup>2</sup> in average in the samples produced with coarse aggregate.

6 cm çapındaki taşların kullanılabilmesi görüldükten sonra şantiyede toprağın elenmesi işlemi üretim sürecinden çıkarılmıştır. Malzemenin 2 cm çapında kalabilmesi için yapılacak elek veya öğütme işinde harcanan zaman ve işçilik maliyetlerinden de tasarruf edilmiştir. Dolayısıyla bu işlem için birçok ülkede değişik örneklerine rastlanan özel araç, gereçler de şantiye organizasyonu içinde yer almamıştır.

### 3.3.2.2.2 Karışım Hazırlanması

Yapılan deneylerin sonuçlarına dayanılarak alçılı kerpiç karışımının hazırlanması oldukça basite indirgenmiştir. Üretim süresi, işçilik ve maliyet birimleri azaltılmıştır. Şantiyede yapılan ALKER duvar üretimi boyunca çalışma kolaylığı ve malzemenin rasyonel kullanımı açısından toprak miktarı 50 kg (yaklaşık 1 dolu el arabası) olarak belirlenmiştir. 50 kg toprak 1 işçi tarafından en fazla 3 dakika içinde stoktan çıkarılıp betoniyere boşaltılmıştır. 250 ltlik betoniyer üretim için yeterli görülmüştür (Resim 3.2).

Toprağın kuruluk oranına, hava şartlarına göre betoniyerdeki toprağı nemlendirmek gerekebilir. Toprağın en kuru olduğu zamanda toplam su miktarından max. 2 kg su ilave edilmiştir. % 19 su ile elde edilen plastik kıvam için toprağın nemliliğinin yeterli olduğu günlerde bu işleme gerek kalmamıştır. Suyun toprak içinde homojen dağılmasına yetecek kadar süre - yaklaşık 1/2 dakika - betoniyer çalıştırılmıştır. 2. işçi bu sırada 50 kg toprak için gereken kuru toprağın ağırlıkça %10'u oranındaki 5 kg baz alçı,

%2'si oranındaki 1 kg kireç ve % 19 oranındaki 9kg su karışımını, 3 dakikalık süre içinde karışıma başlamak için hazır hale getirebilmektedir (Resim 3.3).



Resim 3.2 Toprağın Kürekle Betoniyere Yerleştirilmesi

After it has been seen that stones with diameters of 6 cm. can be used, the stage involving the elimination of the soil in the building site is removed from the production period. The costs for the time and workmanship spent in the elimination and grinding stages to keep all the material in a diameter of 2 cm are also saved. Thus, special samples of tools and instruments used in various countries did not take place in this building site organization.

### 3.3.2.2.2. Preparation of the Mixture

Due to the results of the experiments, the preparation of gypsum adobe mixture has rather been simplified. The production period, labor and cost units have been reduced. As regards the working comfort during ALKER wall production in the building site and the rational usage of the material, the soil amount is determined to be 50 kg (approximately 1 full handcart). 50 kg of soil was taken out of the stock and emptied into the cement-mixer in

According to the dryness of the soil and the weather conditions, the soil in the cement-mixer may need to be moistened. When the soil is in the most dry form, a maximum amount of 2 kg has been added from the total water reserve. This process is not required when the soil moisture is sufficient for the plastic consistency achieved with 19% water. The cement-mixer is worked for approximately 1-2 minutes, that is the time required for the dissolving of water homogeneously in the soil. During this time, the second worker can prepare 5 kg base gypsum (that is 10% of the weight of the dry soil), 1 kg lime (that is 2% of the weight) and 9 kg water mixture (that is 19% of the weight) in 3 minutes for the mixing process (Figure 3.3).



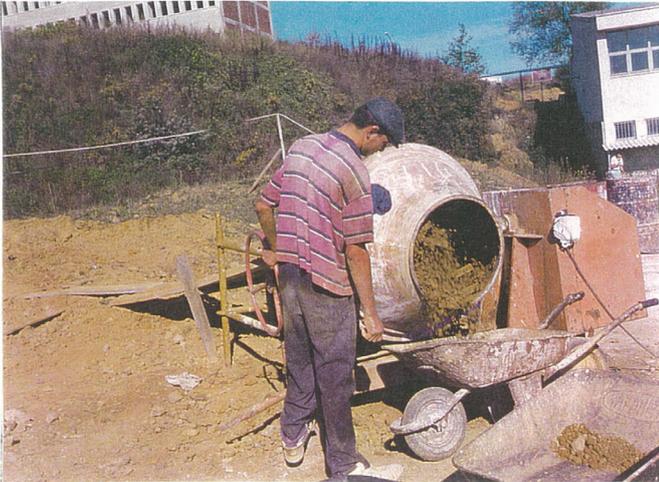
Picture 3.2. . Shoveling Soil into Concrete Mixer



Resim 3.3 Ölçeklendirilmiş Kovalarda Alçı + Kireçli Su Karışımının Hazırlanması

Karışımında alçının priz süresini geciktirmek için kullanılan kireç , suya alçıdan önce katılmış ve alçının prizinin başlangıcını geciktirmiştir . Uzatılan priz süresi nedeniyle işlenebilirlik süresi uzatılmıştır.

Betoniyerdeki toprağa eklenen karışımın toprağın bütününde dağılımı gözle izlenmektedir. Yeterli süre sonra - ortalama 1 dakika - betoniyer durdurulur ve karışım el arabalarına boşaltılır ( Resim 3.4 ) .



Resim 3.4 Betoniyerin Boşaltılması

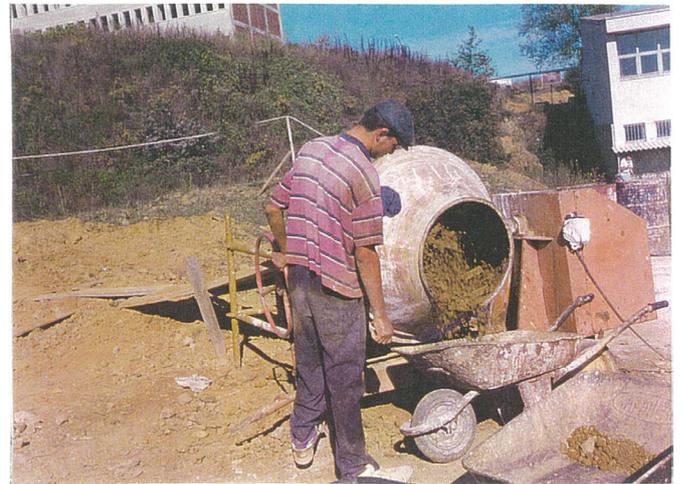
Karışımındaki oranlar ve ölçekler aşağıdaki şekillerde bir düz işçinin kolayca kavrayabileceği normlara dönüştürülmüştür.

50 kg toprak = 1 dolu el arabası (0.06 m<sup>3</sup>)  
 5 kg alçı = 4 dolu kürek  
 1 kg kireç = 2 silme kürek  
 Max 2 kg.su = Toprak nemlendirilecekse .  
 17 kg su = Çalışmayı kolaylaştırmak için 2 ayrı ölçekli kap kullanılmıştır (9 ve 8 kg. lık kap ) . Dolayısıyla alçı ve kireç de bu ölçeklere göre oranlanarak karıştırılır( Resim 3.5 ) .



Picture 3.3

According to the dryness of the soil and the weather conditions, the soil in the cement-mixer may need to be moistened. When the soil is in the most dry form, a maximum amount of 2 kg has been added from the total water reserve. This process is not required when the soil moisture is sufficient for the plastic consistency achieved with 19% water. The cement-mixer is worked for approximately 1-2 minutes, that is the time required for the dissolving of water homogenously in the soil. During this time, the second worker can prepare 5 kg base gypsum (that is 10% of the weight of the dry soil), 1 kg lime (that is 2% of the weight) and 9 kg water mixture (that is 19% of the weight) in 3 minutes for the mixing process (Figure3.3)



Picture 3.4.

The proportions and the scales in the mixture are turned into norms that a worker can understand easily:

Figure 3.7. Discharge from Concrete Mixer  
 50 kg soil = 1 full hand-cart (0,06m<sup>3</sup>)  
 5 kg gypsum = 4 full shovels  
 1 kg lime = 2 shovels full to the brim.  
 Max. 2 kg water = If the soil is to be moistened.  
 17 kg water = To ease the work, 2 different scaled containers are used (containers of 8 kg and 9 kg). Thus, gypsum



Resim 3.5 Alçı +Kireç+Su Oranları El Arabası ve Kürek Birimlerine İndirgenmesi

Picture 3.5. Figure 3.8. Turning Gypsum + Lime + Water Rates into Hand Chart and Shovel Units

### 3.3.2.3 Kalıp

Dünya üzerinde kerpiç yapı olarak değişik inşaat teknikleri ve kalıp çeşitleri vardır. Ülkemizde ise kerpiç örme duvar ve kerpiç blok üretimi ile inşaat tekniği en çok görülendir . Tokmaklama metoduna genellikle bahçe duvarı yapımında rastlanır. Bu metot ile yapılan üretimin dayanımı konusunda kullanıcıların bazı sorunları olmuştur. Bağlayıcıların sadece kil ve toprakla olduğu kerpiç duvarda , tokmaklama iyi yapılmadığı takdirde duvarda bozulmalar görülmektedir [ 14 ]

Bu çalışmada ise stabilizasyon alçı ve kireçle yapıldığı için söz konusu sakınca ortadan kaldırılmıştır.

#### 3.3.2.3.1 Kerpiç Üretimi İçin Ülkemizde Kullanılan Kalıp Tipleri

##### A. Geleneksel Kerpiç Tuğlası Döküm Kalıbı

Kalıp tahtalarının birbirine geçmesi ile rijitliği sağlanmıştır . Kullanılan en eski kalıp tipidir. Bir defada max. 4 blok üretilen kalıp tipine ,elde edilen blok sayısını arttırıcı yönde yapılan bir model değişikliği ile kullanım kolaylığı getirilmiştir [12] ( Şekil 3.5 ). Ancak blok üretimindeki aşamalar ( kurutma , şantiyede stok , nakliye , örülme işçiliği , örülme malzemesi vb .) nedeniyle kerpiç tuğlası üretim ve inşaat aşamaları arasında zaman kaybı olmuştur. Ayrıca maliyet ve işçilik açısından üretim şartlarının iyileştirilmesi de mümkün olamamıştır.

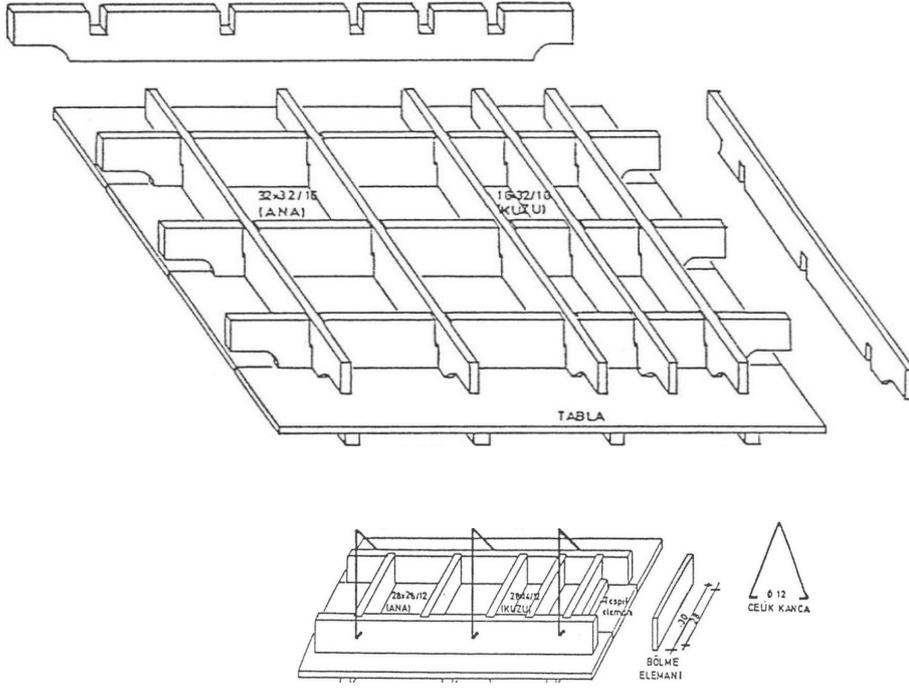
### 3.3.2.3. Mould

There are different construction techniques and mould types for adobe construction in the world. In our country, the construction technique of adobe masonry and adobe block: production is the most available. The tamping method is generally used in garden wall construction. But the users have had some problems with the durability of this kind of production. If the tamping process is not applied successfully in the adobe wall, which has only binders of clay and soil, deformations are seen [14]. In this study, since the stabilization is performed with gypsum and lime, the drawback in question disappears.

#### 3.3.2.3.1. Mould Types to be used for Adobe Production in Our Country

##### A. Traditional Adobe Brick Casting Mould

Rigidity is obtained through fitting wood pieces of mould to each other. It is the oldest mould type. For this mould type, where maximum 4 blocks can be produced at a time, ease of use can be provided through a model change so that more blocks can be produced [12] (Figure 3.5). However, due to the phases of block production (drying, stocking in site, transportation, masonry workmanship, masonry material etc.), time is lost between adobe brick production and construction phases. Besides, it is not possible to improve production conditions in terms of costs and workmanship.



Şekil 3.5 Geleneksel Kerpiç Tuğlası Döküm Kalıpları

## B. In-Situ Casting Moulds

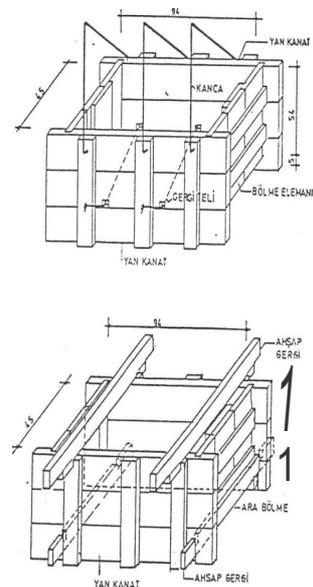
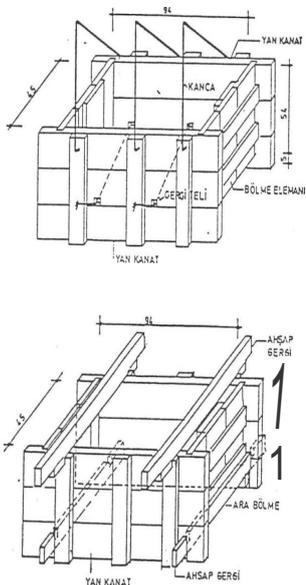
### B.Yerinde Döküm Kalıpları

#### B.1. Individual In-Situ Casting Moulds

##### 8.1. Münferit Yerinde Döküm Kalıpları

Duvar yerinde kurulan kalıplara harç dökülerek duvar elde edilir ( Şekil 3.6 ) . Günlük dökümlerde görülebilecek rötreinin duvara etkisini azaltmak için kalıp boşluk bırakarak ileriye yerleştirilir. Bu sistemde kalıp aktarma yerlerinde düzlem farklılıkları oluşmaktadır . Düzlem farkı fazla sıva malzemesi gerektirmektedir .Eşit yüzey üstüne eşit kalınlıktaki sıva daha ömürlü olur [ 36 ]

Wall is obtained by pouring mortar into moulds mounted in the place of wall (Figure 3.6). By leaving a certain distance in order to reduce the effect of shrinkage on wall, which may be encountered in daily castings, the mould is placed forward. In this system, level differences emerge in places where the mould is transferred. Plaster with equal thickness on equal surfaces will be more durable [36].



Kalıbın zayıf olduğu ve tokmaktama sırasında rijitliğini ve basınca dayanıklılığını kaybettiği görülmüştür .Kalıbın tokmaktama sırasında açılacak tahtalarına için gergi çubukları eklenerek kalıp modelinde değişiklik yapılmıştır [12] . Ancak kurma , sökme ve temizleme için harcanan süre ve işçi sayısı arttığı için üretimi olumsuz yönde etkilemiştir.

## B.2. Sürekli Yerde Döküm Kalıpları

Tüm duvarlar boyunca devam eden kalıp sistemidir ( Şekil 3.7 ) . Kurma , sökme , problemleri kısmen halledilmiş olsa bile kalıp tahtalarının en az 2 cm oluşu birkaç döküm sonrasında deforme olmalarına neden olmaktadır [12] . İstenen duvar yüzeyi elde edilememektedir.

Ayrıca karışım oranları rötre riskini azaltıcı değilse dökümün sürekli olması halinde büyük ve tehlikeli rötre çatlakları oluşabilir ( Resim 3.6 ) .



Resim 3.6 Likit Kıvamdaki Karışımın Rötre Çatlağı

## C. Gelişmiş Yerde Döküm Kalıpları

Araştırma şantiyesindeki duvar üretiminde kullanılan kalıplar PERİ firmasının HAND - SET sistem kalıplarıdır. Bu tür kalıplar daha çok beton teknolojilerinde kullanılan kalıplardır. Her türlü yapıya uyum sağlayabilmesi , işçilik maliyetlerini en alt seviyede tutması , iş ve işçi güvenliğini sağlama , hızlı montaj devir ve söküm olanakları , yenilenebilir ve tüm teknik sorunlara çözüm getirebilmesi , ömrünün uzun olması bu tür kalıpların ekonomik olduğunu gösterir özellikleridir.

It is observed that the mould is weak and it loses rigidity and compressive strength during tamping. The mould model is modified by adding stretcher bars in order to prevent wood pieces of the mould from separating from each other during tamping [12]. However, since time and the number workers spent for mounting, demounting and cleaning increase, it affects production negatively.

## B.2. Permanent In-Situ Casting Moulds

It is the mould type that continues throughout all walls (Figure 3.7). Although mounting, demounting problems can be partially overcome and since wood pieces of mould are at least 2cm, they become deformed after several castings [12]. The desired wall surface cannot be obtained.

Besides, if mixture rates are not sufficient to reduce shrinkage and castings are continuous, severe and dangerous shrinkage cracks may occur (Figure 3.6).

Picture 3.6 Figure 3.12. Shrinkage Fracture of the Mixture in Liquid Consistency

## C. Developed In-Situ Casting Moulds

Moulds used in wall construction in research site are HAND- SET system moulds of PERI company. These moulds are rather used in concrete technologies. These moulds have conformity with all building types, minimize workmanship costs, provide labor and worker safety as well as rapid mounting and demounting opportunities, can be renewed and provide solutions to all technical problems and are durable and all of these prove that they are economic.

Bu tp kalıplar vinten bağımsız , pano boyları 30 cm'nin katları Őeklindeki modüler kalıplardır. En büyük panel olan 150x90 cm boyutundaki panelin ağırlığı 39.4 kg'dır. Panellerin hafifliği iŐinin çalışma süresini daha verimli hale getirmektedir. Diğer bir avantaj da nakliye masraflarındaki azalmadır.

Beton teknolojisi için dizayn edilen bu kalıplar 50 KN I m2 basına dayanıklı olup panolara gelen hidrostatik harç basıncı kalıpları karŐılıklı bağlayan her biri 9 ton çekmeye dayanımlı elik bağlantı çubukları (tie-rod) tarafından karŐılanmatadır. Bu ubuk geçiŐleri için panolar üzerinde standart delikler mevcuttur. Panellerin birbirine bağlanması herhangi bir araç - gereç gerektirmeden elle kolayca takılan klipsler yapılır.

Kalıpta kullanılan 12 mm kalınlığındaki (fin-ply) kontraplağın temas yüzeyi 240g/m2 fenol tabakasıyla kaplıdır. Plywood 30x30 cm'lik kafesler oluşturulan elik iskelete perçinlerle bađlanmıŐtır. elik iskeletin geniŐliđi 8 cm'dir. Bu geniŐlik kalıplarınbağlantılarını kolaylaŐtırmıŐtır. Terazi ve Őakl iŐlemlerine rasyonellik getirilmiştir. Kalıp düzlemleri her yerde aynı olduğundan sıva için kullanılacak malzeme sarfiyatı da az olacaktır. Plywood malzemenin bir yüzü eskirse sklerek öbür yüzü takılabilir veya gerekirse yenisiyle deđiŐtirilebilir. Böylelikle kalıplar sınırsız sayıda kullanılabilir [37] (Resim 3.7) .

### 3.3.2.3.2 Kalıplama - Şekil Verme

Betoniyerde karışım hazırlanırken 2 işi duvar yerine kalıp montajı yapmıştır. Kalıpların her kullanıŐta temizlenmesi ve iyice yağlanması ,temiz , düzgün sıva yüzeyi elde edilmesini sağlamıştır ( Resim 3.8) .

Such moulds are independent from cranes and are modular moulds whose board length is 30cm and its multiples. The weight of the largest board, whose dimensions are 150x90cm, is 39.4kg. Lightness of boards makes working period of worker more efficient. Another advantage is that transportation costs are reduced.

These moulds designed for concrete technology are durable against 50 KN/m<sup>2</sup> compression and hydrostatic mortar pressure on boards are balanced by tie rods, which connect moulds to each other and are resistant to 9 tones shrinkage. There are standard holes above boards for these bar transitions. Connection of boards to each other can be easily realized with clips put manually without requiring any tools or instruments.

Contact surface of fin-ply in 12mm thickness, which is used in the mould, is covered by 240g/m<sup>2</sup> phenol plate. 30x30cm plywood cells are fixed to steel framework with fasteners. The width of steel framework is 8cm. This width facilitates mould connections. Scale and plumb line works are rationalized. Since mould levels are equal in all parts, material to be used for plaster is reduced. If one face of plywood material gets old, it can be removed and the other face can be placed instead or it can be completely replaced with a new one. Thus, moulds can be used countless times (Figure3.7).

Picture 3.7.

Figure 3.13. PERI Handset System Moulds Used for Adobe Wall Casting

### 3.3.2.3.2. Casting- Shaping

While the mixture is prepared in the cement-mixer, 2 workers make mould montage in the place of the wall. The cleaning and thoroughly lubrication of the moulds after each use have ensured to get a clean, smooth plaster surface (Picture.3.8).

Picture 3.8.

Figure 3.14. Cleaning and Lubrication of Moulds



Resim 3.7 Kerpiç Duvar Dökümü İçin Kullanılan PERi Hand-set Sistem Kalıpları

Picture 3.7.  
Figure 3.13. PERI Handset System Moulds Used for Adobe Wall Casting



Resim 3.8 Kalıpların Temizlenip Yağlanması

Betoniyerden el arabaları ile getirilen karışım küreklerle kalıbın içine boşaltılmıştır

Picture 3.8.  
Figure 3.14. Cleaning and Lubrication of Moulds



Resim 3.9 Karışımın El Arabasından Kalıplara Boşaltılması

Picture 3.9. Discharge of the Mixture from Handcarts into Moulds

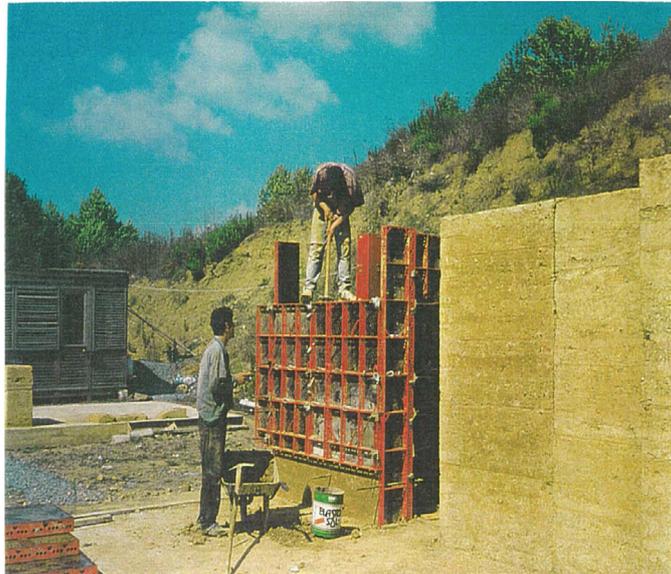
Her 20 cm sıkıştırılmamış yükseklik elde edildikçe tokmaktama işlemi yapılmıştır . Yerleştirme ve sıkıştırma için önce basit ahşap tokmaklar denenmiştir. Ancak malzeme tokmağa yapışıp , tokmağı ağırlaştırdığı için kısa sürede ahşap tokmaktan vazgeçilmiştir. Daha sonra en basit şekilde sıkıştırma işlemi için yaklaşık 6 kg ağırlığındaki tahta saplı demir balyoz kullanılmıştır ( Resim 3.10 ).

The tamping process is performed for each uncompressed height of 20 cm. For adjustment and compression processes, first, simple wooden tamps have been used. Since the material sticks to the wood and makes tamp heavier, the wooden tamp has been abandoned. Later on, for the simplest compression process, a 6 kg wooden handled iron hammer is used (Picture.3.10).

Picture 3.10

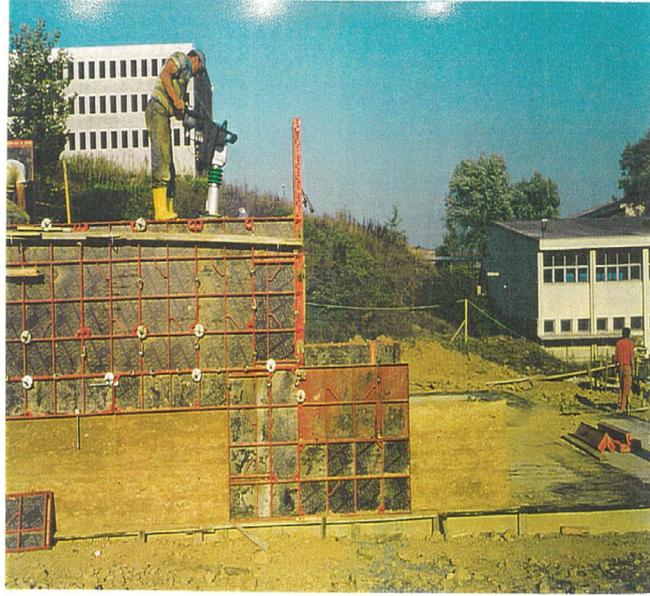
Alçılı kerpiç duvar üretiminde sıkıştırma ve yerleştirme işlemi için en iyi sonuç kompaktör kullanımından alınmıştır. 53 kg. BS 45 Y tipi benzin motorlu WACKER vibrasyonlu kompaktör kullanılmıştır ( Resim 3.11 )

For the adjustment and compression processes in the production of gypsum stabilized adobe wall, the best results are achieved with the use of compactor. BS 45 Y type gasoline powered WACKER vibration compactor weighing 53 kg is used in the construction (Picture.3.11).



Resim 3.10 Kalıba Dökülen Harcın Balyozla Sıkıştırılması

Figure 3.16. Compression of Mortar Poured into the Mould through Sledge Hammer



Resim 3.11 BS 45 Y Tipi Benzin Motorlu WACKER Vibrasyonlu Kompaktör

Picture 3.11

Figure 3.17. BS 45 Y Type Gasoline-Powered WACKER Vibration Compactor

Tek kişinin kullanabildiği bu kompaktör özellikle düzgün yüzeyler elde edilmesine yardımcı olmuştur. Pabuç formu nedeniyle, köşeler yan duvar yüzeyleri kadar düzgün sıkıştırılamamıştır. Kalıp içinde daha küçük kompaktör denenmesinde yarar görülmüştür. Bu tip yerlerde sıkıştırma işlemi balyozla tokmaktama suretiyle takviye edilmiştir.

This compactor, which can be used even by single person, has especially succeeded in attaining smooth surface. Due to its shoe-form, the edges could not be compressed as neat as the lateral wall surfaces. It is decided to use a smaller compactor within the mould.

Tokmaktamadan dolayı oluşan kavernli yüzey sıva tutunmasına yardımcı olmaktadır

In edges, compression process is reinforced by tamping with a hammer. The cavernous surface formed by the tamping helps the mortar to hold on to.

Üretimde mekanizasyon yoluyla zaman ve emekten tasarruf edilmek amacıyla HILTI darbeli kırıcı, kompaktör olarak denenmiştir. Kırıcıya ait uca mafsallı özel ayak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Ancak yanlış kullanım sonucu fazla kullanılmadan kırılmıştır (Resim 3.12).

In order to save time and workmanship through mechanization in the production stages, HILTI impact splitter is used as a compactor. A special, pin-jointed end is designed and produced for the tool. But as a result of misuse, it is broken without being used much (Figure.3.12).



Resim 3.12 HILTI Ve Sıkıştırma İşlemi İçin imal Edilmiş Özel Ucu

Malzemenin akıcı plastik durumda iken malzeme deneylerinde yerleştirme için şişe vibratör kullanılmıştır ( Resim 3.13 ).

Alçının prizini geciktirecek kireç katkısı olmadan uygulanan karışımlarda ,alçı kalıba döküldüğünde prizini yapmaya başlamış olur. Vibratör ilk bu aşamada kullanıldığında olumlu sonuç alınabilmektedir .

Ancak beton teknolojisinde mukavemeti arttırmak için başvurulan rövizasyon, alçının priz süresi içinde ve tekniğine uygun yapılamadığı için bu işlemten yararlanılamamıştır. Alçının prizinin kırıldığı , şekillendirmenin artık mümkün olmadığı görülmüştür ( Resim 3.14 ).

In the mixtures applied without lime admixture that acts as a retarder for the gypsum, when the gypsum is emptied into the mould, it starts to set. When the vibrator is used firstly in this stage, good results are achieved. But as the rovibration, which is applied for increasing the resistance in the concrete technology, cannot be performed in the setting time and since it is not performed according to the methods, this procedure could not utilized. It is observed that the set of the gypsum breaks down and giving shape becomes impossible (Picture.3.14).



Resim 3.13 Akıcı Plastik Kıvamlı Karışımlarda Şişe Vibratör Kullanılması

Picture 3.13  
Figure 3.19. Use of Spud Vibrator in Mixtures at Fluid Plastic Consistenc



Resim 3.14 Alçının Priz Süresi Dışında Uygulanan Rövibrasyon Metodunun Sonucu

Picture 3.14  
Figure 3.20. The Result of Rovibration Method Applied out of Gypsum's Setting Time

#### 3.3.2.4 Kürleme - Bekleme - Stoklama - Nakliye

Gerek kerpiç üretiminde örnek çalışmalar yapılan Avrupa ülkelerinde, gerekse ülkemizdeki geleneksel uygulamalarda karışımın kalıplama ve yapı üretimi arasındaki sürecin büyük bir kısmını kürleme , bekleme , stok , nakliye aşamalarının aldığı görülmektedir ( Tablo 3.1 ).

Bu aşamalardan özellikle kürleme ve bekletme dönemleri için üretim tesislerinde çok geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır ( Şekil 3.2 ) Kalıpların kürlenmesi veya dinlendirilme amacıyla bekletilmeleri özellikle kitle üretim söz konusu olduğunda geniş bulunmalıdır. Fransa örneğinde yapının üretim öncesi ön hazırlık aşamaları için yaklaşık 2400 m<sup>2</sup>'lik bir arazi ayrılmıştır ( Şekil 3.2 ). Bir yandan büyük ön hazırlık alanı , diğer yandan ilk yatırım ve tesis kurma maliyeti , toplam üretim maliyetini arttırır.

#### 3.3.2.5. Örme Duvar Sistemi

Kerpiç duvar üretimi için bugüne kadar kullanılan teknolojilerde toprak ve kireç harcı ile duvar örme aşaması duvar örülmesi yığma yapı sürecinde uzun bir zaman ister. Bu aşama hem hazırlık ,hem de uygulama aşamasında işçilik miktarını ve toplam süreyi arttırmaktadır.

Örülerek oluşturulan duvar yüzeyinin homojen olmaması farklı aşınma yüzeyi oluşturur. Buna bağlı olarak sıva hasarları görülebilmektedir.

#### 3.3.2.4. Curing-Leaving to Rest-Stocking-Conveyance

Both in European countries that make studies on adobe production and in the traditional applications in our country, it is observed that most of the time between the casting of the mixture and construction is spent for curing, leaving to rest, stocking, and conveyance stages (Table.3.1).

Especially for the curing and leaving to rest stages among all, a very broad area is required in the production plants (Table.3.2). Especially when mass production is in question, very large area is needed for the curing of the moulds and for leaving them to rest. In the 'France' example, the area assigned for the preparations of the construction before production stage was approximately 2400m<sup>2</sup> (Figure.3.2). Both the large preliminary preparation area and the initial costs for investment and plant increase the total production cost.

#### 3.3.2.5. Masonry Wall System

In the technologies having been used for adobe wall production until today, the wall masonry with soil and lime mortar in block construction process requires a long time. This stage increases the labor amount and the total period during both preparation and application stages.

When the wall surface formed by masonry is not homogenous, different wearing surfaces emerge. Accordingly, plaster damages can be seen.

Özellikle endüstriyel ve rasyonel kalıplar kullanılarak yerinde tokmaktama sistemi ile yapılan duvarlar , düzgün sıva yüzeyleri vermektedir.Bu da sıvanın eşit kalınlıkta uygulanmasını ve ömrünün artmasını sağlar. Bu nedenle araştırma şantiyesinde örme işlemi üretim aşamalarından çıkarılmış ve çok yönlü tasarruf edilmiştir.

### 3.3.2.6. Dökme Duvar Sistemi

Bu bölümde , dökme duvar için şantiyede mekanizasyon için karışım ve yerleştirme aşamalarında denenmiş olan alternatifler ve sonuçları karşılaştırılmaktadır.

#### A. Karışım Hazırlanması Aşamasında

Uygun karışım hazırlama yöntemini bulmak için 4 adet değişik deney yapılmıştır .

1.Kireçsiz uygulamalarda toprak kuru , alçı toz halde iken betoniye konmuştur.Belirli süre karıştırılan malzeme çıkarıldıktan sonra su ile karıştırılmıştır .Bu işlem sırası , alçının kısa sürede priz yapması nedeniyle malzemenin işlenebilirlik süresinden daha fazla yararlanmak için denenmiş ancak toz alçının kuru toprakla karışmasının rasyonel olmadığı görülmüştür (Resim 3.15 ).



Resim 3.15 Kuru Alçının Kuru Toprakla Karışımı Sırasında Yaşanan Problemler

Ayrıca bu yöntemle dökülen numunelerde istenilen plastik kıvam elde edilememiş ve sıkıştırma işlemi sağlıklı yapılamamıştır ( Resim 3.16 ).

Especially the walls constructed by using industrial and rational moulds with in-situ tamping system provide smooth plaster surfaces. This enables the mortar to be applied in equal thickness and thus a longer duration. Hence, in the research site, the wall masonry process is removed from the production stages and multi-dimensional savings are made.

### 3.3.2.6. Cast Wall System

In this section, the applied alternatives and results of mixing and adjusting processes in the building site for cast walling are compared.

#### A. Preparation of Mixture

Four different experiments are conducted to find the most suitable mixture preparation method.

1.In the applications without lime, the dry soil, and the powdered gypsum was put into the cement mixer. The material was mixed for some time, taken out and mixed with water. This procedure was tested to make more use of the materials treatment period, for gypsum sets in short time, but it was observed that the mixture of powdered gypsum with dry soil is not rational (Figure3.15).

Picture 3.15

Figure 3.21. Problems Encountered While Mixing Dry Gypsum with Dry Soil

Also, in the samples formed by this method, the desired plastic density could not be achieved and the compressing process was not done successfully (Picture.3.16 & 3.17).



Resim 3.16 Kuru Kıvamdaki Karışımın Sıkıştırılmasının Zorluğu

Picture 3.16 & 3.17

Figure 3.22. Difficulty in Compressing The Mixture at



Resim 3.17 Kuru Kıvamdaki Karışım İle Elde Edilen Kerpiç Numunesi

Picture 3.17

Bu karışım alternatifinde % 25 su oranı ile likit kıvam elde edilmiştir. Harç betoniyerden kendi akışkanlığıyla direkt kalıba boşaltılmıştır.

2. In this alternative mixture, a liquid density with 25% of water had been achieved. The mortar was directly emptied from the cement-mixer to the mould with its own fluidity (Picture.3.18).



Resim 3.18 Likit Kıvamlı Harcın Kalıba Boşaltılması

Picture 3.18

Figure 3.24. Discharge of Mortar at Liquid Consistency into the Mould

Ancak iri tanelerin harç içinde asılı kalamaması ve yerçekimi ile çökmesi sonucu segregasyon gözlenmiştir (Resim3.19).

But segregation was observed as a result of the big particles being unable to suspend in the mortar and collapsing with gravitational force (Picture.3.19).



Resim 3.19 Likit Kıvamlı Karışımlarda Görülen Segregasyon

Picture 3.19.  
Figure 3.25. Segregation Observed In Mixtures At Liquid Consistency

Bu alternatif deney bazında yapılmıştır. Yapı inşaatında betoniye bu şekilde kullanılması da bir diğer problem olacağından bu karışım inşaat teknolojisinde kullanılmamıştır

This alternative has been done in the experimental base. As it will be another problem to use the cement-mixer in this way in the construction, this mixture has never been used in the construction technology.

3. % 22 su oranı ile hazırlanan karışımda daha önce de belirtildiği gibi laboratuvarında sarsma tablası ve şantiyede şişe vibratör kullanılmıştır. Vibrasyon priz süresi içinde yapılmalıdır. Priz süresi dışında uygulanan vibrasyon alçının prizini kırmakta, malzeme sulanmakta ve şeklini koruyamamaktadır. Resim 3.20 'de de açıkça görüleceği gibi vibrasyon, numunenin alt yarısında priz süresi içinde uygulanmış ve olumlu sonuç alınmıştır. Ancak üst yarısında priz süresi dışında uygulanan vibrasyon sonucu kalıp alındıktan sonra sertleşmeyen malzemenin şekil değiştirdiği izlenmiştir. Resim 3.20 Bir Numune Üzerinde Farklı Zamanlarda Uygulanan Vibrasyon Sonucu

3. In the mixture prepared with 22% water, as stated before, in the lab, a jolt panel and in the construction site, a spud vibrator are used. Vibration must be made within the setting period. When the vibration is not applied within the setting period, it breaks the binding of the gypsum; the materials get wet and cannot maintain their form. As can be seen in Figure 3.20, vibration has been applied within the setting period in the sub-half of the sample and positive result has been achieved. But as a result of the vibration, which has not been applied within the setting period in the upper half, it has been observed that the material, which has not hardened after dismantling, has changed its shape.



Resim 3.20 Bir Numune Üzerinde Farklı Zamanlarda Uygulanan Vibrasyon Sonucu

Picture 3.20  
Figure 3.26. The Result of Vibration Applied on A Sample in Different Times

% 22 su oranı ile hazırlanan karışıma priz süresini geciktirmesi için kireç katılmadan önce harcın kohesiv davranış gösterdiği izlenmiştir. Araç ve gereçlere yapışması işlem sürekliliğini aksatmıştır ( Resim 3.21 ). Bu davranış kireç katıldıktan sonra düzeltilmiş , harç kürek , el arabası , betoniyer gibi araç ve gerece yapışmamıştır.

4. It is observed that before lime is added to the mixture prepared by 22% water in order to delay the setting time, the mortar has shown cohesive characteristics. Since it sticks to the tools and instruments, the continuity of the procedure is disrupted (Figure3.21). This behavior changes after lime is added and the mortar does not stick to the shovel, handcart, cement-mixer, etc.



Resim 3.21 Kohesiv Karışımın İşlenebilme Güçlüğü

#### 8. Karışımın Kalıplara Yerleştirilmesi Aşamasında

Araştırma şantiyesinde duvar oluşturma aşamasında da hem tehlikeli rötre çatlaklarının oluşma riskini azaltmak , hem de üretimde mekanizasyonu geliştirmek için 6 değişik yöntem denenmiştir .

Betoniyerden el arabaları ile döküm yapılacak yere taşınan karışım küreklerle kalıp içine atılmıştır . Sıkıştırılmamış yüksekliği 20 -25 cm olduktan sonra tokmaklanmaya başlanmıştır. Kalıpların rasyonel kullanımı ve işlemlerin sürekliliği ön planda tutulmuştur.

1. Yaklaşık 1.00 mt. uzunluğunda bir olmak üzere 30 - 35 cm 'lik boşluklar bırakılarak kesintili olarak duvar dökülmüş ( Resim 3.22 ). Dökülen kerpicingin rötresini yapması için bir gün beklenmiş ve ertesi gün boşluklar doldurulmuştur . Kullanılan kalıp miktarının fazla olması.üretimin sürekliliğini aksatması ve düşey iş derzleri oluşması nedeniyle bu yöntemden vazgeçilmiştir.

#### 8. Placing The Mixture in the Moulds

In the walling stage in the research site, both to reduce the risks of dangerous cracks appearing due to contraction, as well as to improve the mechanization at the production, 6 different methods have also been tested.

The mixture carried from the cement-mixer to the casting area with the hand-carts is thrown into the moulds with the shovels. When the uncompressed height is 20-25 cm, tamping starts. The rational usage of the moulds and the continuity of the procedure are considered to be the most important factors.

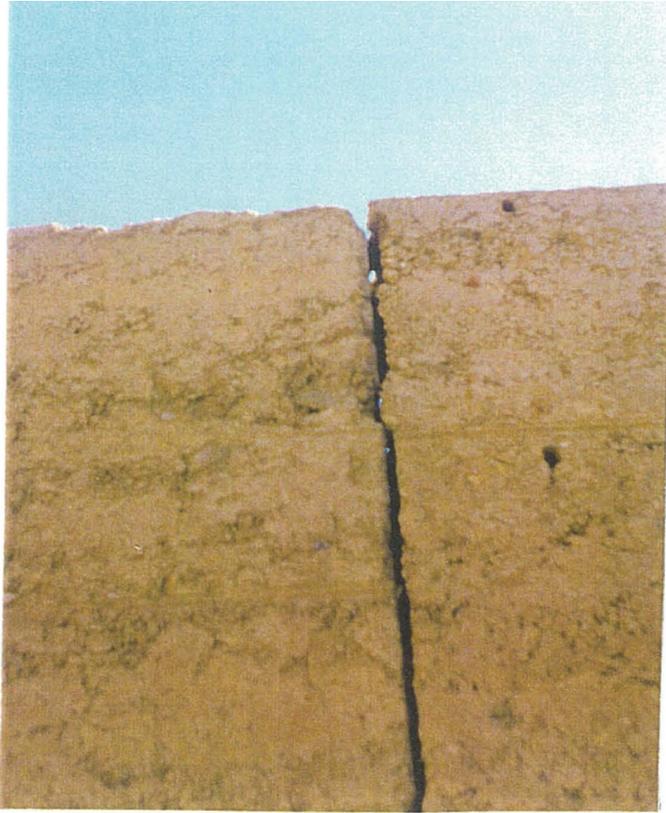
1. In every 1 meter, 30-35cm holes are opened and wall casting is performed interruptedly (Figure3.22). It is waited for 1 day for the casted adobe to set and the next day the holes are filled. This method is abandoned because the mould amount is so much; it disturbs the continuity of the production and vertical construction joints are formed.



Resim 3.22 Kesintili Dökülen Duvar Örneği

Picture 3.22

Figure 3.28. Example of Interruptedly Casted Wall



Resim 3.23 Farklı Zamanlarda Dökülen Duvarlardaki İş Derzi Problemi

Picture 3.23.

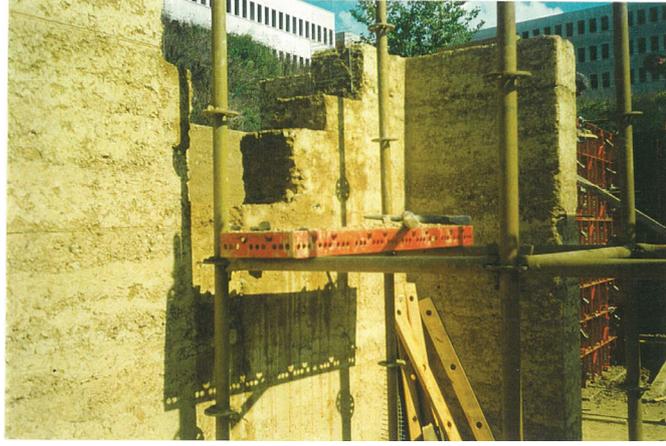
Figure 3.29. Problem regarding Construction Joint in Walls Casted at Different Times

2. Bir günlük çalışma içerisinde kalıp modüllerinin rasyonel kullanımı için 3.00 - 4.00 mt. uzunluğunda büyük duvar parçaları kat yüksekliğine kadar dökülmüştür. Ertesi gün kesilen noktadan aynı şekilde döküme devam edilmiştir. Yeni döküme başlarken önce dökülen bölümün temas yüzeyi sulanarak birleşimi kolaylaştırmak için ıslatılmıştır. Ancak tüm yükseklik boyunca oluşan düşey iş derzi, devamındaki duvarın dökülmesinden sonra istenmeyen rötre aralığı vermiştir ( Resim 3.23 ).

2. In a daily work, 3.00-4.00 m of wall pieces are casted at storey height for the rational usage of mould modules. The next day, casting continued from the point it is left. Before new casting, the contact surface of the previously casted part is irrigated and made wet to ease the combination. But the vertical construction joint formed through the whole height causes an undesired gap due to shrinkage after the next wall casting height (Picture.3.23).

Bu aksaklık nedeniyle bu yöntemden vazgeçilmiş ,oluşan rötre aralığı yıkılıp , basamaklı birleştirme metodu ile yeniden döküm yapılmıştır ( Resim 3.24 ) .

3. En rasyonel yöntem , tüm duvarlar için sürekli olarak kurulan kalıpların içinde duvarların eşit oranlarda yükseltilerek sıkıştırılması olduğu görülmüştür.Bütün yapıda . oluşabilecek rötre çatlaklarını ise her 60 cm. yükseklikte yerleştirilen galvanizli hasır çelik hatıllar dengelemiş ve önlemiştir .



Resim 3.24 Hatalı İş Derzinin Onarılması

Because of this defect, this method has been abandoned, the construction gap is demolished and another casting is made by degreed combining method (Picture.3.24).

3. The most rational method is considered to be the compression of the walls ascended in equal proportions in the continuously set moulds. The galvanized welded-wire tie beams, which are adjusted in every 60 cm height, balances and prevents the gaps due to contraction throughout the building.

Picture 3.24

Figure 3.30. Repair of Defected Construction Joint

4. Yatay doğrultuda uzunluğu artan duvarlarda düşey iş derzi oluşacak bölgede duvar basamaklar şeklinde bitirilmiştir ( Resim 3.25 ). Farklı zamanlardaki dökümlerde bu tür iş derzlerinde rötre çatlakları görülmemiştir.

4. In certain parts of the walls that increase horizontally in length, where construction joints will be formed, the walls are finished in stair forms (Figure3.25). At different casting times, cracks due to shrinkage are not observed in such construction joints.

Bu uygulamada kompaktör kullanımı açısından basamak genişliğinin 50 cm'den küçük olmaması gerektiği görülmüştür.

It is seen in this application that the wideness of steps must not be lower than 50 cm in order to allow compactor usage.

5. Basamaklama uygulamasına alternatif olarak denenmiş olan eğik yüzeyli iş derzi oluşturma çabası anlamsız kalmıştır.Çünkü eğik yüzeye vuran kompaktör veya tokmak harcı sıkıştıracağına yerinden kopartmıştır.

5. The effort of forming ramped construction joint tested as an alternative to the degreed combining method got to be meaningless. Because, the compactor or the tamper that stroke the ramped surface had broken off the mortar rather than compressing.



Resim 3.25 Basamakların Min.50 cm Olması Halindeki Çalışma Güçlüğü

Picture 3.25  
Figure 3.31. Working Difficulty when Stairs are 50cm

### 3.4 Yapı Performansı ve Kerpiç Yapı Davranışı

Varolan kaynakların konuta dönüştürülmesi aşamasında yapı performansının yeterliliğini tespit etmek üzere referans değerlere ihtiyaç vardır. Referans değerler tespit edildikten sonra alçılı kerpiç yapının önceki çalışmalarından alınan değerleri ile karşılaştırılmalıdır .

Geleneksel kerpiç şantiyelerinde ve yapı uygulamalarında , malzemenin suya ve neme olan duyarlılığı projeye kısıtlamalar getirmektedir. Geleneksel kerpiğin fiziksel performansı alçılı kerpiç çalışmaları ile iyileştirilmiş, proje veya uygulama kısıtlamasına gerek kalmamıştır.

Yapının iki ana görevini taşıyıcılık ve koruyuculuk terimleri altında toplamıştık. Esasen yapıda taşıyıcılık denildiği zaman sadece yükleri zemine aktaran sistem değil , fakat geniş anlamıyla yapıda “ taşıma-taşınma “ ilişkisi içinde olmak kastedilmektedir (örn.:kasanın kanadı taşınması , duvarın kasayı taşınması , iskelet sistemde kolon kirişin duvarı taşınması vb.). Bu durumda “ taşıyıcılık “ yapının sistem ve eleman düzeyindeki taşıyıcılık fonksiyonu ile ilişkili bütün gerekliliklerini kapsamaktadır. Bu anlam , bazen kısaca “ yapı terimi “ ile de ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle “ yapı “ bütün taşıyıcılıkları kapsar.

“ Koruyuculuk “ terimi de geniş anlamıyla bir yandan yapı sisteminde veya eleman bünyesindeki koruyuculuk görevini , diğer yandan insan hayatı için gerekli olan koruyuculuğu birlikte kapsar.

Yapı performansı ise, yapının görevlerini gerektirdiği gibi yerine getirmesi olarak özetlenebilir. Bu durumda performans değerlendirmesi yapabilmek için

### 3.4. Construction Performance and Adobe Construction Behavior

Reference values are required to determine efficiency of construction performance at the stage of transforming existing resources into housing. After reference values are determined, they should be compared with the values obtained from previous studies on gypsum stabilized adobe construction.

In traditional adobe construction sites and construction applications, sensitivity of the material against water and moisture imposes restrictions to the project. Physical performance of traditional adobe is improved with gypsum stabilized adobe studies and project and application restrictions are not required any more.

The two main functions of the construction have been defined as load-bearing and protection. When load-bearing in construction is referred, not only the system that conveys loads to the ground but also “load-bearing and being born” relation is implied (such as bearing wings, wall’s bearing of structure, column and tie beams’ bearing of wall etc). In such case, “load-bearing” covers all requirements in relation to bearing function of the construction at system and element level. This meaning is defined with “construction” term. In other words, “construction” covers all types of bearing. On the other hand, “Protection” term covers not only protection function within construction system and element but also protection required for human life. Construction performance can be summarized as construction’s fulfillment of its functions.

yapabilmek için gereklilikler ;

- a. Yapı sistemleri
- b. Koruyucu sistemler başlıkları altında toplanabilir.
  - a. Yapı sistemlerinin gereklilikleri
  - \* Taşıyıcı sistem tiplerinin belirlenmesi
  - \* Proje özelliğinin belirlenmesi
  - \* Yapım teknolojisinin belirlenmesi [5]
  - \* Yapım sürecinin , organizasyonunun belirlenmesi
  - \* Doğal çevre şartlarının belirlenmesi
  - \* Üretim büyüklüğü

Bu çalışmada yapı sistemlerinin alt grubu olan yapı ve yapım ile ilgili gereklilikler araştırılmış ve tespitler yapılmıştır. Ancak kerpiç yapıyı diğerlerinden üstün kılan, fiziksel özellikleri ile sağladığı koruyucu sistemlerde gösterdiği performanstır.

- b. Koruyucu sistemlerin gereklilikleri  
Toplu konut için yapılan çalışmada alçılı kerpiç yapının performansını değerlendirebilmek için literatürden yararlanılmıştır. Bir yandan koruyucu sistemlerden beklenen performans büyüklükleri , diğer yandan kerpiç yapının gösterdiği performans önce yapılmış çalışmalardan yararlanılarak ;
  - \* yangın
  - \* ses
  - \* ısı - nemdüzeni içerisinde açıklanmıştır.

. Thus, requirements for evaluating performance are as follows:

- a. Construction systems
- b. Protective systems.
  - a. Requirements for construction systems
    - Determination of load-bearing system types,
    - Determination of project characteristics,
    - Determination of production technologies,
    - Determination of production process and organization
  - Determination of natural environmental conditions
    - Production capacity.

In this research, requirements for construction and production, which are subcategories of construction systems, are researched and determinations are made. What distinguishes adobe construction from others is the performance it displays in protective systems due to its physical properties.

- b. Requirements for protective systems  
In the research conducted for mass housing, the literature is utilized to evaluate performance of gypsum stabilized adobe construction. Performance degree expected from protective systems as well as the performance displayed by adobe construction are explained within
  - Fire,
  - Sound,
  - Heat – moisture system by benefiting from previous studies in this field.

\* Yangın performansı

Yapının yangında gösterdiği davranış malzeme özelliği ve boyutları ile doğrudan ilgilidir ; alınacak tedbirler ise yapı ve işletme açısından ayrılırlar.

Yapıda yangına karşı alınacak önlemler ;

- yapı malzemesi davranışını ,
- yapı elemanı davranışını ,
- yapı sistemi davranışını kapsar.

Duvarlarda yangın önlemleri ;

- taşıyan duvar davranışı ,
- taşıyıcı olmayan duvar davranışı ,
- taşıyıcı duvara taşıtılmış diğer elemanlar

giydirmeye cepheler ,

- yalıtımlar başlıkları altında incelenmelidir.

Yapı malzemeleri yangındaki davranışlarına göre A ve B olarak iki sınıfa ayrılırlardır.Tablo 3.2 'de yanma davranışına göre sınıfların kodları görülmektedir [38]

\* Fire performance

Construction's behavior during fire is directly related to its material properties and size. Measures to be taken are divided into two groups as construction and operation.

Measures to be taken in the construction against fire involve

- Behavior of construction material,
- Behavior of construction element,
- Behavior of construction system.

Measures against fire for walls can be examined under

- Behavior of load-bearing wall
- Behavior of non-load-bearing wall
- Other elements carried by load-bearing wall (cladding facades)
- Insulations.

Construction materials are divided into two groups as A and B according to their behavior during fire. In Table 3.2, class codes of construction materials according to combustion behavior can be seen [38].

| Malzeme Sınıfı | Davranış         | Malzeme Türü               |
|----------------|------------------|----------------------------|
| <b>A</b>       | <b>Yanmaz</b>    |                            |
| A1             |                  | Beton                      |
| A2             |                  | Taş yünü                   |
| <b>B</b>       | <b>Yanar</b>     |                            |
| 81             | Zor alev alan    | Ahşap                      |
| 82             | Normal alev alan | Sert köpük izolasyon malz. |
| 83             | Kolay alev alan  | Pamuklular                 |

Duvarın yangındaki performansı taşıyıcı ve koruyucu katmanların malzemesi ve tespit şekillerine göre değişir [39]. Isı ve nem dengesini düzenleyebilmek için betonarme dış duvarda , Şekil 3.8'de görüldüğü gibi çeşitli katmanlar kullanılır.

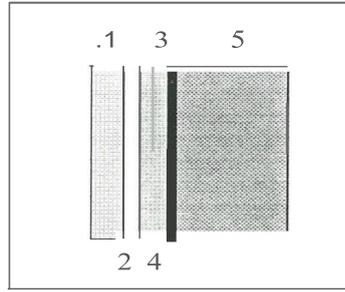
Isı izolasyonu dışarıda veya içeride olsun , yangın halinde alev alan bir malzeme ise veya yangına dayanma süresi kısa ise büyük risk yaratır

Fire performance of wall changes according to material and determined shape of load-bearing and protective layers [39]. As can be seen in Figure 3.8, various layers are used in reinforced exterior wall to provide thermal and moisture balance.

Thermal insulation either interior or exterior poses a big threat if it is made of a flammable material or its fire resistance is low.

Yangına dayanma süresi , F harfinin yanındaki 30,..., 120 dakika süre ve malzeme sınıfı, A, B ile ifade edilir.” İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği “ [40] , 2 kattan fazla olması halinde taşıyıcı duvarlara sınırlama getirmektedir : “...binalarda taşıyıcı duvarlar...en az F90 - A sınıfında olarak inşa edilirler.” Bu sınırlamaya göre duvar malzemesi yanmaz sınıfında ( A ) olmalı ve yangında 90 dakika süre ile insanı koruyabilmelidir . Kerpiç yapı malzemelerinin yangındaki davranışı İsviçre Kantonları Yangın Sigortası Birliği'nin çalışmasına ( 1993 ) dayanarak Tablo 3.3' de [41] görülmektedir.

Fire resistance period is expressed with 30,...,120min that take place near F letter and material class with A, B. “Istanbul Metropolitan Municipality Regulation for Protection Against Fire” [40] imposes restrictions on load-bearing walls where buildings have 2 or more stories: “... load-bearing walls in buildings are constructed as at least F90- A class.” According to these restrictions, wall material should be within inflammable class (A) and protect people during fire for 90 minutes. Behavior of adobe construction material during fire based on Swiss Cantonal Fire Insurance Association (1993) can be seen in Table 3.3 [41].



1. Koruma duvarı
2. Havalandırma
3. Isı izolasyonu
4. Buhar direnci
5. Betonarme çekirdek duvar

| Malzeme      | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | Kalınlık d ( cm ) | Alev alma / duman | Elemende yangına dayanım süresi |
|--------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|
| Masif kerpiç | 2000                        | 25                | -                 | F180                            |
|              |                             | 15                | -                 | F120                            |
| Hafif kerpiç | 900                         | 25                | -                 | F180                            |
| Beton        | 2300                        | 20                | -                 | F180A                           |

Tablo 3.3 Kerpiç Yapının Ve Malzemesinin Yangındaki Davranışı [41] .

Table 3.3. Behavior of Adobe Building and Material During Fire [41]

Bu durumda 25 cm.lik kerpiç duvar yangın yönetmeliğinde yeterli görülen F90 - A dan daha uzun süre yangına dayanmaktadır.Kerpiç yapı malzemesi DiN 4102 ve DiN 18951'e göre ( Ek 3 ) içinde yanıcı bir katkı bulunmadığı takdirde ; yanmaz , alev almaz , duman ve koku çıkartmaz.

In this case, 25 cm adobe wall resists against fire longer than the F90-A class accepted in fire regulation. According to DIN 4102 and DIN 18951 (Annex 3), if adobe construction material does not include any flammable admixture, it does not burn, deflagrate and result in smoke or odor.

\* Ses performansı

istenmeyen seslere gürültü denilmektedir. Sesin şiddeti dB ile gösterilir. 65 dB'e kadar olan ses şiddeti insanda psikolojik rahatsızlıklara, 70dB'den yüksek olan ses nöro vejetatif sistem bozukluğuna sebep olur. Bu durumda iştahsızlık, huzursuzluk durumu başlayabilir. 90dB 'den yüksek ses ise duyma hasarları meydana getirebilir. Kullanılan mekanlarda uygun ortam sesi şiddeti Tablo 3.4 'de görülmektedir.

| ORTAM            | dB  |      |
|------------------|-----|------|
|                  | gün | gece |
| ticari           | 70  | 70   |
| iş - iskan       | 55  | 40   |
| iskan            | 50  | 35   |
| dinlenme-hastane | 45  | 35   |

Tablo 3.4 Değişik Ortamlara Uygun Ses Şiddetleri [42]

Kerpiç , malzeme özelliğine göre ses yutucudur. SIA - Norm 181 [43]' değerlerinden yapılmış hesaplar sonucu kerpiçin kullanılma kalınlığına göre ses yutuculuğu Tablo 3.5 'da gösterilmiştir .

| HAVA SESİ    | P kg / m <sup>3</sup> ) | 30 d8 | 40 d8 | 50d8 | 55d8 |
|--------------|-------------------------|-------|-------|------|------|
| Masif        | 2000                    | 0,03  | 0,07  | 0,20 | 0,40 |
| Hafif Kerpiç | 1200                    | 0,04  | 0,12  | 0,33 | 0,73 |

Tablo 3.5 Kerpiç Yapı Malzemesinin Kullanılma Kalınlığına Göre Ses Yutuculuk Değerleri ( kalınlık m olarak ) [43]

Alçılı kerpiç deneme yapısı'nda 1800 kg/m<sup>3</sup> birim ağırlığındaki malzeme, 45cm kalınlığında duvar olarak kullanıldığına göre, havada yayılan 55dB'den fazla gürültü duvar tarafından yutulacaktır.

\* Sound performance

Undesired sounds are called noise. Sound level is demonstrated with dB. Sound level up to 65 dB causes psychological disturbances in people and sound level above 70 dB results in neurovegetative system disorder. In this case anorexia and anxiety may emerge. Sound levels above 90 dB may lead to hearing disturbances. Appropriate environmental sound level for places used can be seen in Table 3.4.

| ENVIRONMENT          | DB  |       |
|----------------------|-----|-------|
|                      | Day | Night |
| Commercial           | 70  | 70    |
| Workplace-settlement | 55  | 40    |
| Settlement           | 50  | 35    |
| Resting-hospital     | 45  | 35    |

Table 3.4. Sound Level Appropriate for Different Environments [42]

Adobe is sound absorber due to its material properties. As a result of calculations obtained from SIA- Norm 181 [43] values, it is proved in Table 3.5 that adobe is sound absorber according to its thickness used.

Table 3.5. Sound Absorption Values of Adobe Construction Material According to Thickness Used (thickness as meter) [43]

Since the material in gypsum stabilized adobe case-study building, whose unit weight is 1800kg/m<sup>3</sup>, is used as a wall with 45cm thickness, sounds above 55dB spreading in the air will be absorbed by the wall.

\* Isı-Nem performansı

İnsanın sağlığının , yaşadığı ortam ile doğrudan ilişkili olduğu , sağlıklı yapıların tanıtıldığı Bölüm 1.2.A 'da anlatılmıştı. Ortam şartlarının ,insan sağlığına uygun olarak ısıtılması veya soğutulmasında enerji ile olan ilişki ise Bölüm 1.2.B 'de açıklandı. Ortam şartlarının yapı sağlığına yapacağı olumsuz etki ise duvar kesitinde ve duvar yüzeylerinde meydana gelecek yoğuşma olarak belirlenmişti. Bu yoğuşma sonucu duvar kesiti içinde veya yüzeyinde bir yandan tuzların erimesiyle bozulmalar , diğer yandan nem etkisiyle mantarlar ve mikro organizmalar oluşmaktadır. Bütün bunlar için ortam ve duvar şartları tanımlanmalıdır.

Ortamdan beklenen performans , herhangi bir yapma çevredeki insanın iklimsel açıdan konforda olabilmesi için o çevrede etkili olan iklimsel eleman belirli değerlerde olmalıdır [44] . Bu değerler kısaca ;

- \* bağıl nem % 50
- \* ortam sıcaklığı 21 - 25,4 °C
- \* eleman yüzey sıcaklığının ortamdan farkı + 3 °C

olarak tanımlanmıştır [45].Ancak burada tek değerlerden başka alt , üst sınırları gösteren tablolara da yer verilecektir.

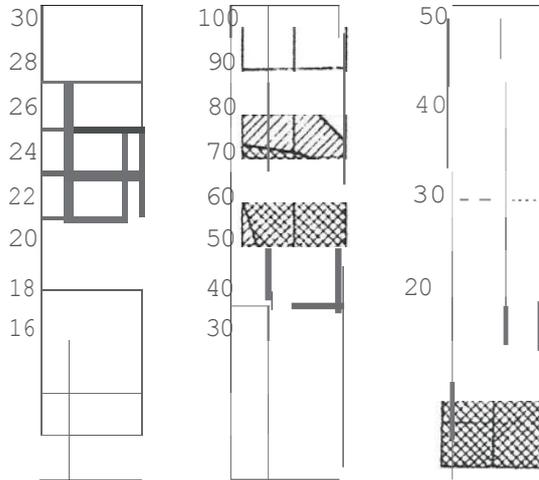
\* Thermal-Moisture Performance

The fact that human health is directly related to the environment, in which he lives, has been mentioned in Section 1.2.A, where healthy buildings are introduced. The relation between environmental conditions and energy, which is required for heating and cooling the environment in conformity with human health has been explained in Section 1.2.B. The negative effect of environmental conditions on building health is determined as condensation to occur in wall cross-section and wall surfaces. As a result of this condensation, deformations occur due to dissolution of salts as well as fungi and microorganisms due to moisture in the cross-section and on the surface of wall. Thus, environmental and wall conditions should be defined.

Performance expected from the environment should be at the values suitable for climatic conditions affecting the region so that people can live in comfort in any built environment [44]. These values are determined to be

- \* Relative humidity 50%
- \* Environmental temperature 21-25,4°C
- \* The difference between element surface temperature and environment +3°C [45].

Apart from single values, tables demonstrating lower and upper limits will also be presented here.



Tablo 3.6 Ortam Sıcaklığının 18 - 22 °C Olması Halinde Konforlu Bölgeler

- A ) '9im , duvar yüzey sıcaklığı (°C )
- B ) <p , ortam bağıl nem ( % )
- C ) v , duvar yüzeyinde hava hızı(cm/s)

Table 3.6. Comfort Zones When Environmental Temperature is between 18-22 °C

Ortamdan beklenen performansın sınır şartlarını Tablo 3.6 'da gördükten sonra yapı bileşeninin performansı Tablo 3.7 'de [39] görülmektedir. Tablo, ısı geçirme.

katsayısı  $k$  (  $W / m^2 K$  ) değerlerini , dış ortam sıcaklığı  $S_a$  , iç ortam sıcaklığı  $S_i$  , relatif ortam nemi  $\phi_p$  , bağıntısı içerisinde vermektedir.Tablodaki  $S_s$  çiğlenme

After limit boundaries of the performance expected from the environment is seen in Table 3.6, the performance of building component will be presented in Table 3.7 [39]. The Table indicates thermal conductance coefficient  $k$  ( $W/m^2K$ ) values, exterior temperature  $g_a$ , interior temperature  $g_l$  and relative moisture  $\phi$ .  $G_s$  in Table is dew temperature.

| $3_m$ | $\phi_p$ | +10 C |      |      | +15 C |      |      | +20 C |      |      |
|-------|----------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|       |          | 50%   | 60%  | 80%  | 50%   | 60%  | 80%  | 50%   | 60%  | 80%  |
|       |          | $S_s$ | 0.1  | 2.6  | 6.7   | 4.7  | 7.3  | 11.6  | 9.3  | 12.0 |
| -10   |          | 2.97  | 2.15 | 0.99 | 2.71  | 1.85 | 0.82 | 2.14  | 1.60 | 0.28 |
| -5    |          | 3.96  | 2.82 | 1.32 | 3.39  | 2.3  | 1.02 | 2.57  | 1.92 | 0.86 |
| 0     |          | 5.94  | 4.38 | 1.98 | 4.52  | 3.08 | 1.36 | 3.21  | 2.40 | 1.08 |
| +5    |          | 11.9  | 8.76 | 3.96 | 6.78  | 4.62 | 2.04 | 4.28  | 3.28 | 1.44 |
| +10   |          | -     | -    | -    | 13.56 | 9.24 | 4.08 | 6.42  | 4.80 | 2.16 |

Tablo 3.7 Dış Duvarlarda Ortam Şartlarına Göre Isı Geçirme Katsayısı,  $k$  Değerleri [39]

Table 3.7. Thermal Conductance Coefficients,  $k$  Values, According to Environmental Conditions in Exterior Walls [39]

Isı geçirme katsayısı, herhangi bir  $d$  (  $m$  ) kalınlığındaki bileşenin ( duvar , döşeme vb.) her iki tarafında bulunan hava sıcaklıkları arasındaki fark  $1^\circ C$  (  $1 K$  ) olduğunda, bileşenin birim alanından ( $1m^2$ ) birim zamanda (1 saat) geçen ısı miktarıdır [25].  $k$  değerinin küçük olması yapının toplam ısı kaybının küçük olduğu anlamına gelir. Konutların ısı kaybının az olması halinde bireylerin ve ülkelerin ısınma enerjisi de azalmış olacaktır. Ülkeler bunu göz önünde bulundurarak yönetmeliklerdeki bu değerleri aşama aşama küçültmektedirler. Avrupa topluluğu ülkelerinden Almanya' da  $k$  - değeri 1993'te:

When the temperature difference between two faces of a component (wall, floor etc.) in any  $d$  ( $m$ ) thickness is  $1^\circ C$ , thermal conductance coefficient is thermal amount conducted through unit area of component ( $1m^2$ ) in unit time (1h) [25]. If  $k$  value is small, this means that total heat loss of the building is low. In case thermal loss of housings is low, thermal energy consumption of individuals and countries will also be reduced. Considering this, countries gradually decrease these values in regulations.  $k$  value in Germany, a member of European Community, was determined to be for

|                  |       |   |                 |
|------------------|-------|---|-----------------|
| Örme duvar için  | $k_w$ | < | 0,5 $W / m^2 K$ |
| Beton duvar için |       | < | 0,4 $W / m^2 K$ |
| Pencere için     | $k_F$ | < | 1,8 $W / m^2 K$ |
| Çatı için        | $k_o$ | < | 0,3 $W / m^2 K$ |
| Bodrum döşemesi  | $k_G$ | < | 0,5 $W / m^2 K$ |

olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de TS 825 'e göre [25]  $k$  ,sınır değeri pencere ve dış kapılarla bina dış duvarlarının ortalama ısı geçirme katsayısı  $k_{ort}$  (  $D + P$  ) olarak verilmiştir.

According to TS 825 in Turkey [25],  $k$  value is determined to be  $k$  average ( $D + P$ ) for average thermal conductance coefficient of windows, exterior doors and exterior walls.

|    |               |                                  |                    |   |                              |
|----|---------------|----------------------------------|--------------------|---|------------------------------|
| 1. | İklim Bölgesi | < 1,9 kcal / m <sup>2</sup> h °C | 1.st Climatic Zone | < | 1,9 kcal/ m <sup>2</sup> h°C |
| 2. | İklim Bölgesi | < 1,6 kcal / m <sup>2</sup> h °C | 2nd Climatic Zone  | < | 1,6 kcal/ m <sup>2</sup> h°C |
| 3. | İklim Bölgesi | < 1,3 kcal / m <sup>2</sup> h °C | 3rd Climatic Zone  | < | 1,3 kcal/ m <sup>2</sup> h°C |

Alçılı kerpiç duvarın 1. Deneme Yapısında elde edilen ısı geçirme katsayısı  $k=0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$  dir. Bu değer bir senelik ölçümlerden elde edilen değerlerle hesaplanmıştır. Araştırmanın sonuçları [46] 1987'de Amman 'daki Birleşmiş Milletler toplantısına götürülmüştür.

Thermal conductance coefficient of gypsum stabilized adobe wall obtained in 1st Case-Study Building is  $k= 0,4 \text{ W/ m}^2\text{K}$ . This value has been calculated in accordance with the values obtained from measurements having been performed throughout a year. The findings of the research [46] are presented in United Nations Meeting held in Amman in 1987.

Yapının ortam şartlarını malzemenin fiziksel özellikleri belirler. incelenen özelliklerin sembol ve birimleri şöyledir :

Birim Ağırlık  $\rho$  ( kg / m<sup>3</sup> ) Isı İletkenlik  $\lambda$  ( W / mK ) Özgül Isı  $c$  ( kJ / kg K )  
Buhar difüzyon direnci  $\mu$  ( boyutsuz )

Atmospheric conditions of the building are determined by physical properties of the material. Symbol and unit of the properties to be examined are as follows:

Unit Weight  $\rho$  (kg/ m<sup>3</sup>)  
Thermal Conductance  $\lambda$  (W/ mK)  
Specific Heat  $c$  (kJ/ kg K)  
Vapor Diffusion Resistance (dimensionless)  $\mu$

Tablo 3.8 ' da bazı yapı malzemelerinin ısısal davranışını etkileyen fiziksel özellikleri , kerpiç yapının fiziksel özellikleri ile karşılaştırılmak üzere verilmiştir.

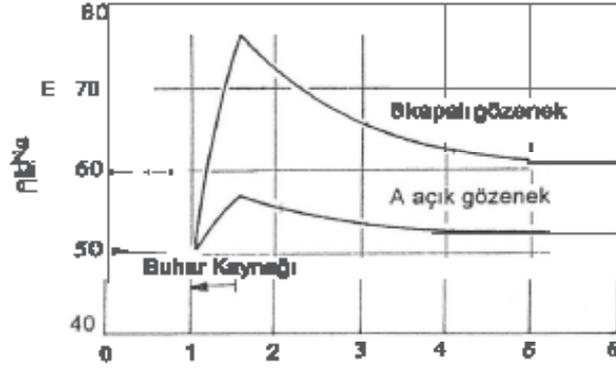
In Table 3.8, physical properties of some construction materials, which affect their thermal behavior, are presented so as to allow comparison with physical properties of adobe building.

|                | Malzeme              | $\rho$  | $\lambda$ | $c$      | $\mu$ (20°C/o/o60) |
|----------------|----------------------|---------|-----------|----------|--------------------|
| [SIA]<br>381/1 | Tuğla                | 1100    | 0,37      | 0,9      | 4,0-6,0            |
|                | Kireç.Kum taşı       | 1600    | 0,80      | 0,9      | 10-25              |
|                | Gazbeton             | 400     | 0,18      | 1,1      | 3,0-5,0            |
|                | Ahşap ( çam )        | 450-500 | 0,14      | 2,0-2,4  | 20-40              |
|                | Ahşap elyaf levha    | 350-500 | 0,09      | 1,6      | 2,0-5,0            |
| CRA<br>Terre   | Masif kerpiç         | 2000    | 0,46-0,81 | 1,0      | 10,0-11,0          |
|                | Çimentolu kerpiç(%8) |         |           | 0,65-0,8 |                    |
|                | Hafif kerpiç         | 1200    | 0,47      | 1,0      | 8,0-10,0           |
| [Al-ker]       | A.Y_ılı kerpiç       | 1600    | 0,40      | -        | -                  |

Tablo 3.8 Bazı Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri

Mekanı çevreleyen yapının buhar emme özelliği  $d$  ( $10 \text{ kg I m}^2 \text{ h}$ ) buharın çok üretildiği mekanlarda önem kazanır. Çok buhar üretilen mekanların arasında banyo, mutfak, spor salonu, sınıf sayılabilir. Bu türlü mekanlarda ,yapı elemanı iç yüzeylerinin buhar emmesi mekanın daha yaşanır olmasını sağlar.

% 50 relatif nem bulunan  $4 \times 4 \times 2,5 \text{ m}$  büyüklüğünde odaya  $1/2$  saat süre ile  $200 \text{ gr.}$  su buharı verilmiştir . Şekil 3.9.'te [39] duvarların kireç boya A ve yağlı boya B olması halinde odada zamana bağlı relatif nem değişimi görülmektedir.



Şekil 3.9 Bağlı Nemin Duvar Yüzey Özelliğine Göre Değişmesi [39]

1. Deneme Yapısı'nda bir sene süre ile iç-dış nem , iç-dış ısı farkları ölçümleri sonucu elde edilen termal performans değerleri (46)no'lu kaynakta incelenebilir.

### 3.5. İNTAG TOKİ 622 Kerpiç Yapı İnşaat Aşamaları

Araştırma için hazırlanan proje ileride araştırma binası olarak kullanılacak şekilde planlanmıştır . Proje , 2 yatak odası , 1 salon , banyo ve mutfak olan bir toplu konut birimi olarak da düşünülmüştür ( Şekil 3.10 ). Bu projenin inşaat sürecinde , duvar yapım aşaması hariç , tüm aşamalar günümüzün inşaat süreci ile eşdeğerdir.

Vapor absorption property of the building surrounding the environment,  $d$  ( $10 \text{ kg/ m}^2 \text{ h}$ ), gains importance in places where vapor is considerably generated. Bathroom, kitchen, fitness center, class are among the places where vapor is generated very much. In such places, vapor absorption of interior surfaces of construction element makes the place more comfortable.

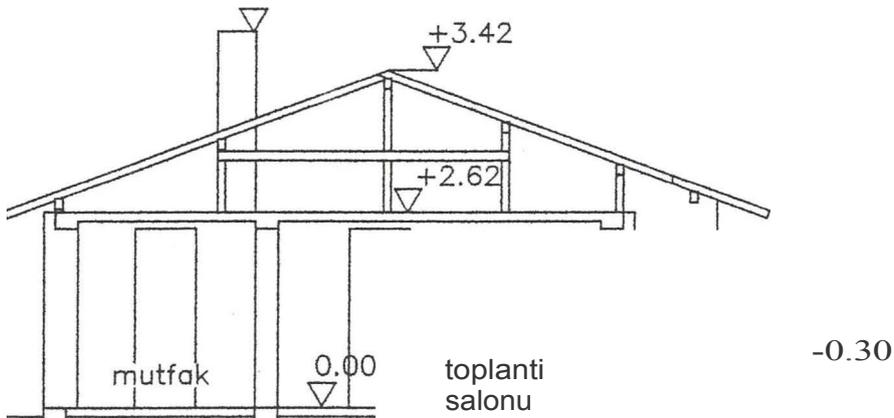
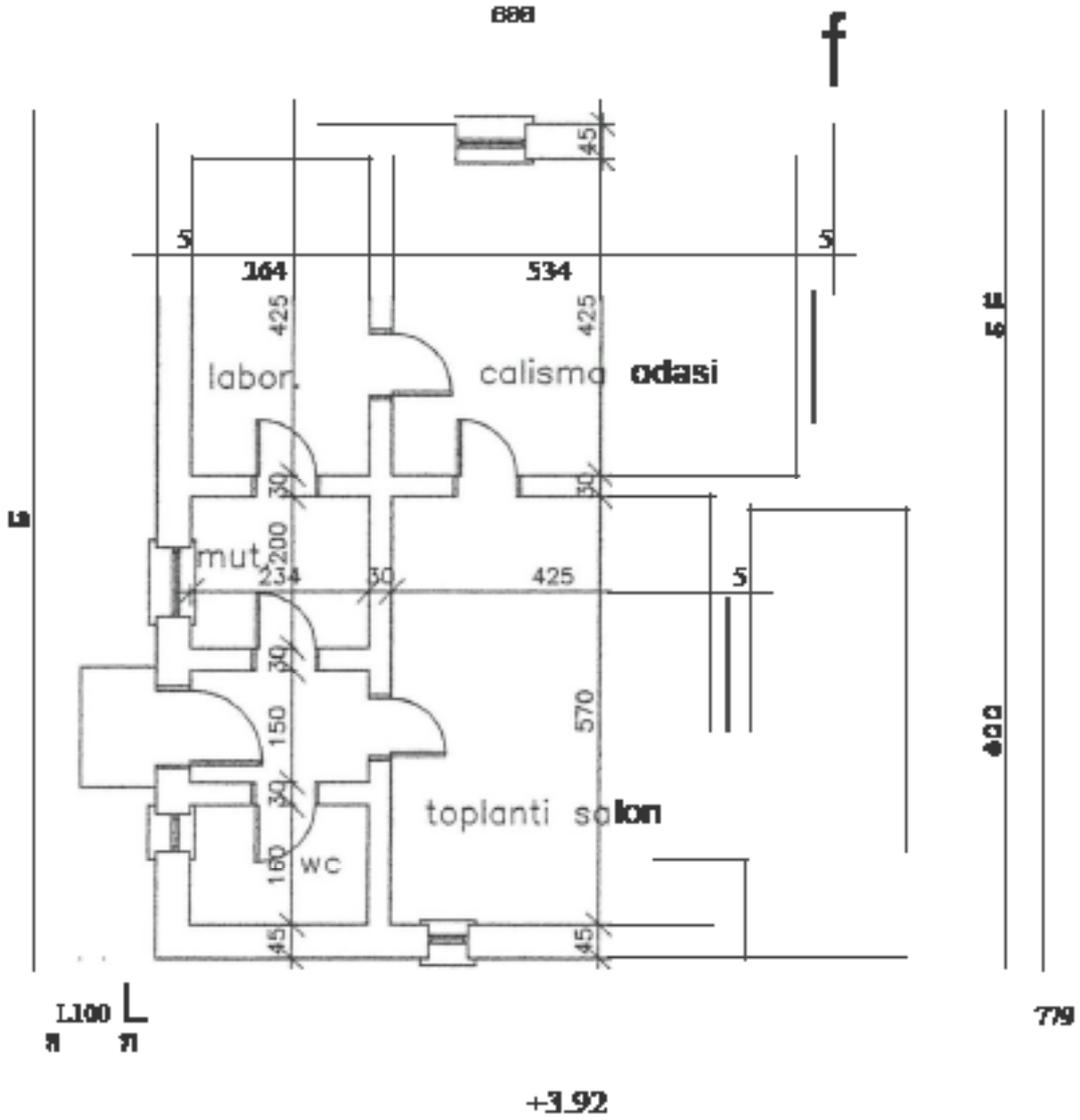
$200 \text{ gr}$  water vapor is supplied to a  $4 \times 4 \times 2,5 \text{ m}$  room, where 50% relative moisture exists, for half an hour. In Table 3.9 [39], relative moisture change within time in the room is painted with lime

Figure 3.33. Change in Relative Moisture According to Wall Surface Characteristic [39]

Thermal performance values obtained as a result of measurements of interior-exterior moisture as well as interior-exterior temperature differences in the 1st case-study building performed during a year can be examined in resource number 46.

### 3.5. İNTAG TOKİ 622 Adobe Construction Stages

The project prepared for the research is designed to be used as the research building in the future. The project is planned to be a mass-housing unit consisting of 2 bedrooms, a living room, bathroom and kitchen (Figure 3.34).

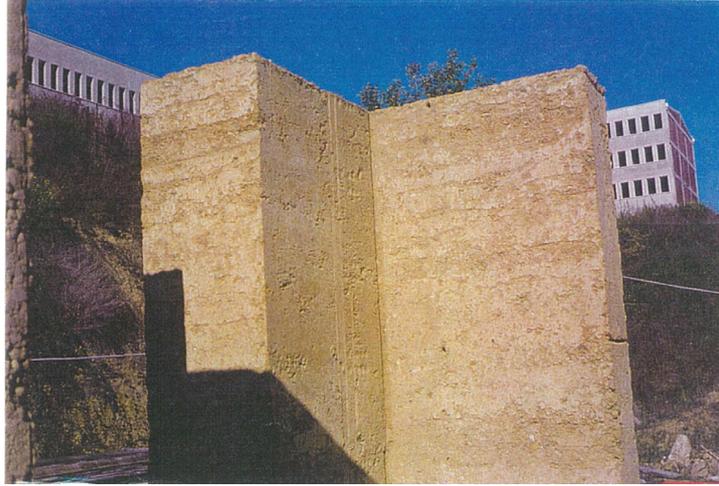


Şekil 3.10 İNTAG TOKİ 622 Alçılı Kerpiç Yapı Projesi



Resim 3.26 İNTAG TOKİ 622 Araştırma Binası Görünüşü

Picture 3.26 . INTAG TOKI 622View of Case-Study Building



Resim 3.27 İNTAG TOKİ 622 Araştırma Binası

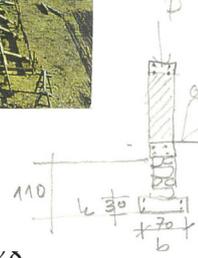
Picture 3.27 . INTAG TOKI 622 Case-Study Building

### 3.5.1 Temel Hatılı

### 3.5.1. Footing Tie Beams

Projenin temel aplikasyon planına uygun olarak bir ip iskelesi kurulmuştur. Daha sonra bir kepçe ile 70 cm. derinliğinde , 45 cm. genişliğinde toprak kazısı yapılmıştır. Hatıl kalıbı yapılmış , donatılar yerleştirilmiş ve 12 m<sup>3</sup> hazır beton dökülerek temel hatılı tamamlanmıştır (Resim 3.28) .

In accordance with the footing application plan of the project, a rope scaffold is set up. Later on, with a skip, an excavation of 70 cm of depth and 45 cm of width is performed. After a mould for the tie beam is prepared, the reinforcement is set and footing tie beams are completed by casting 12 m<sup>3</sup> of ready-mixed concrete (Figure3.28).



Temel Hatlı İçin Kurulan İp İskelesi Ve Yapılan Kazı ( Resim 3.28)

Picture 3.28.  
Figure 3.37. Rope Scaffold Set Up for Footing Tie Beam and The Excavation

### 3.5.2. Döşeme Dolgusu ve Sıkıştırılması

Temel hatlının dökülmesinden sonradöşeme altındaki zemin vibrasyonlu silindir ile sıkıştırılmış ve 5 cm. yüksekliğinde mıcır serilmiştir ( Resim 3.29 )

### 3.5.2. Floor Embankment and Its Compression

After the casting of the footing tie beams, the ground below the floor is compressed with a vibration cylinder and crushed stones are spread until 5cm height is achieved (Figure.3.29).  
Picture 3.29



Resim 3.29 Zeminin Sıkıştırılması

Figure 3.38. Compression of the Ground

### 3.5.3 Döşeme Betonu

Sıkıştırılan toprak zemin üzerine serilen mıcırdan sonra 10 cm yüksekliğinde olmak üzere 7.5 m<sup>3</sup> grobeton dökülmüştür ( Resim 3.30 )



Resim 3.30 Döşeme Betonunun Dökülmesi

### 3.5.3. Floor Concrete

After crushed stones are spread on the compressed soil ground, 7,5 m<sup>3</sup> plain concrete is poured until 10cm height is achieved (Figure 3.30).

Picture 3.30.  
Figure 3.39. Cast of Floor Concrete

### 3.5.4 Su İzolasyonu

Temel hatlı ve döşeme betonu kuruduktan sonra tüm duvar gelecek yüzeylere 50cm. genişliğinde , 2 kat BTM Elastosol su izolasyonu sürülmüştür ( Resim 3.31 )



Resim 3.31 Duvar Alt Yüzeylerine Su Yalıtımı Sürülmesi

### 3.5.4. Water Insulation

After footing tie beam and the floor concrete dry, two layers of BTM Elastosol water insulation with 50 cm wideness are applied to all the surfaces on which walls will be constructed (Figure.3.31).

Picture 3.31.  
Figure 3.40. Water Insulation Applied to Lower Surfaces of Wall

### 3.5.5 Duvar Kalıbı ve Duvar Dökümü

Duvar kalıbı , hazırlanması ve kerpiç duvar dökümü için Bkz ( 3.3.2 )

### 3.5.6 Deprem Hatılı

Araştırma şantiyesinde dökülen kerpiç duvar bünyesinde ,depreme karşı dayanımını arttıran hatıl görevi gören galvanizli ( 2,5 x 8 cm aralıklı ) hasır çelik kullanılmıştır . Deprem sırasında oluşacak diagonal yüklere karşı , her 60 cm. yükseklikte olmak üzere 2.40 mt. yüksekliğindeki duvar içinde 3 kotta yerleştirilmiştir . 45 cm .lik dış duvarlarda 40 cm genişliğinde , 30 cm.lik iç duvarlarda 20 cm. genişliğinde sürekli olarak yerleştirilmiştir ( Resim 3.32 ).



Resim 3.32 Duvar İçine Yerleştirilen Deprem Hatılı

### 3.5.7 Duvar Üstü Hatıl

Yapının duvarları kapı ve pencere boşlukları da dahil olmak üzere 2.40 mt. kotuna kadar yükseltilmiştir. Bütün duvarların üstünden bu yükseklikte betonarme hatıl dolaşmaktadır. Hatıl Moyap firmasının hazır döşeme elemanları ile beraber dökülmüştür (Şekil 3.8 ).

Dış duvar hatılı için duvarların iç yüzeyinden itibaren dışa doğru 30 x 16 boyutlarında hazır betonarme hatıl eleman kullanılmıştır.

Dış duvarlarda hatıl elemanları yerleştirildikten sonra kerpiç duvar üzerinde kalan 15cm. lik boşluk tekrar kerpiç malzeme ile doldurularak tokmaklanmıştır. Böylelikle hem betonarme elemanlarda oluşabilecek ısı köprüleri engellenmiş , hem de binanın dış görünüşü açısından kerpiç yapı bütünlüğü ve estetiği korunmuştur

### 3.5.5. Moulds for the Walls and Casting It has been explained in 3.3.2.

### 3.5.6. Tie Beams for Earthquake

In the adobe wall structure that is casted in the research site, galvanized welded-wire is used (at intervals of: 2,5x8 cm), which functions as tie beam that increases the resistance against an earthquake. Against the diagonal loads that may occur during earthquake, these tie beams are placed in every 60 cm height as 3 levels in the wall with 2.40m height. They are placed regularly in 40cm wideness in 45cm exterior walls and in 20cm wideness in 30cm interior walls (Figure.3.32).

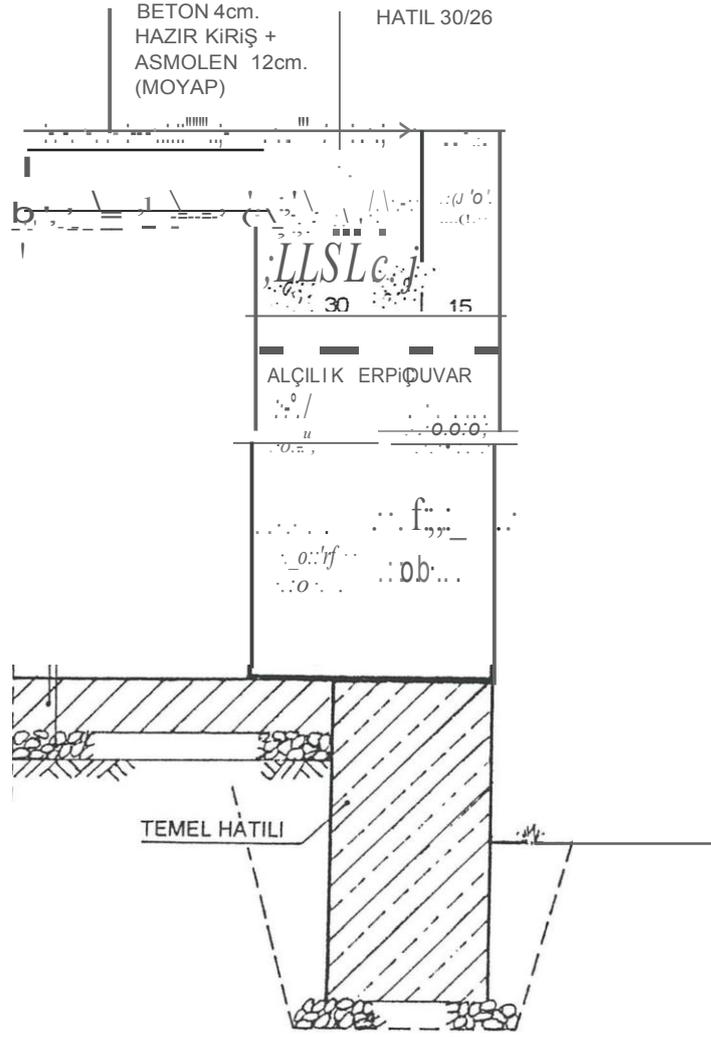
Figure 3.41. Tie Beam for Earthquake Placed into the Wall

### 3.5.7. Over-Wall Tie Beams

The walls of the building are elevated up to 2.4m including the door and window openings. At this height, a reinforced concrete tie beam is passed over all of the walls. The tie beam is casted together with the floor elements of Moyap firm (Figure.3.11).

For the exterior wall tie beam, a ready-mixed reinforced concrete tie beam with dimensions of 30x16 is used beginning from the inner wall surfaces towards outside.

After the tie beam elements had been set in the exterior walls, the gap of 15 cm that is left on the adobe wall is filled again have formed in the reinforced concrete elements will be prevented, and also the entirely and aesthetics of the adobe construction, concerning the outside view of the building, will be protected.



### 3.5.8 Üst Döşeme

Hatıl elemanları yerleştirildikten sonra üst döşemeyi oluşturmak için gerekli görülen açıklıklarda dikmeler yerleştirilmiştir. Yerleştirilen dikmeler üzerine 12 ' lik çıplak hazır döşeme kirişleri monte edilmiştir. Döşeme kirişleri arasına asmolen blokları döşendikten sonra döşeme alt kotundan itibaren 16 cm. ( 12 + 4 ) yükseklikte olmak üzere 11m<sup>3</sup> beton dökülerek üst döşeme tamamlanmıştır .

### 3.5.8. Upper Floor

After setting the tie beam elements, masts are set at the needed interval to form the upper floor. Over the set masts, ready-made girders of 12 cm are mounted. Between the girders, floor units are furnished. Later on beginning from the lower floor level, at a height of 16 cm. (12+4), 11 m<sup>3</sup> of concrete is casted and the upper floor is completed.

### 3.6 Şantiye Düzeyindeki Üretimlerde İşçiliklerin Değerlendirilmesi

#### 3.6.1 Toprak Hazırlanması

Araştırma şantiyesine , kerpiç üretimi için kampüs içindei çeşitli inşaat sahalarından toplam 60 m<sup>3</sup> ( 108 ton ) toprak getirilmiş ve stoklanmıştır. Süreç içinde eleme ve öğütme işlemleri olmadığı için üretime başlarken herhangi bir hacim azalması olmamıştır. Oysa Birinci Deneme Evi şantiyesine kerpiç üretimi için getirilen 90 m<sup>3</sup> olarak getirilen toprak , eleme sonucu % 30' luk bir azalma ile 60 m<sup>3</sup> kalmıştır [12] .

% 30 artık malzemenin sonradan şantiyeden uzaklaştırılması gerekmiştir .

#### 3.6.2 Kanşım Hazırlanması

Kerpiç üretimi için gereken toprağın hazırlanmasında 1 işçi çalıştırılmıştır.1 işçi toprak stoğundan 1 el arabası ( 50 kg.= 0.06 m<sup>3</sup> ) kuru toprağı 3 dakika içinde betoniye aktarmaktadır.

Alçı + kireç + su karışımının hazırlanmasında toprak miktarı 100 kg. iken 2 işçi çalıştırılmıştır. Ancak 100 kg.toprağın yerleştirilmesi zaman aldığından toprak miktarı 50 kg. düşürülmüş ve toprak hazırlama işinde 1 işçi çalıştırılmıştır .

50 kg. toprak için gereken 9.5 kg. su ile 5 kg. alçı ve1 kg. kireç karışımı 1 işçi tarafından 3 dakika içinde betoniye katılmaya hazır hale getirilmiştir .Bu karışımın kolay ve hızlı taşınabilmesi için 2 ayrı ölçek hazırlanmıştır.

Toprağın nemlendirilmesi için gerekirse kullanılacak max. 2 kg. su belirtilen %19' luk su oranı içinden kullanılmaktadır.

Hazırlanan karışım 1 işçi tarafından betoniye'deki toprağa karıştırılıp 2 dakika içinde döküme hazır hale getirilmektedir.

Her iki dökümde bir betoniye yapışarak performansı etkileyebilecek harcı temizlemekte yarar görülmüştür . Bu işlemi , 1 işçi 3 dakika içinde tamamlayabilmektedir.

### 3.6. The Evaluation of the Workmanship for the Productions at Construction Site Level

#### 3.6.1. Preparation of the Soil

For the adobe production, a total of 60 m<sup>3</sup> (108 tons) of soil had been brought from various construction areas in the campus to the research site and they had been stocked. As there are no elimination and grinding processes in the procedure, there has been no question of the loss of volume whereas the 90 m<sup>3</sup> of soil having been brought to the first Experimental House for adobe production is eliminated and after a loss of 30 % it is left with a volume of 60 m<sup>3</sup>. The 30 % of the material had to be removed from the building site.

#### 3.6.2. Preparation of the Mixture

During the preparation of the soil required for adobe production, 1 worker is employed. 1 worker can reload 1 handcart of (50 kg=0,06 m<sup>3</sup>) dry soil from the soil stock into the cement-mixer in 3 minutes.

When the soil amount is 100 kg during the preparation of gypsum+ lime+ water mixture, only 2 workers are employed. But as the replacement of 100 kg soil takes time, the soil amount is reduced to 50 kg and only 1 worker is employed for the soil preparation process.

The mixture composed of 9,5 kg water, 5 kg gypsum and 1 kg lime, which is required for 50 kg soil, can be made ready by 1 worker in 3 minutes to be emptied into the cement-mixer. For the conveyance of this mixture more easily and quickly, 2 different scales are prepared. Maximum 2 kg water, which will be used if soil is required to be moistened, is used from the defined 19% water proportion.

The prepared mixture is mixed with the soil in the cement-mixer and is made ready for casting in 2 minutes by only 1 worker.

In every 2 casts, the mortar, which will stick to the cement-mixer and affect the performance, is thought to be advantageous to be cleaned. This process will be carried out by one worker in 3 minutes.

Betoniyerden el arabaları ile alınan kerpiç malzeme 1 işçi tarafından kalıp yerine taşınır. Aynı işçi karışımı küreklerle kalıba boşaltırken tokmak kullanılacaksa 2 işçi , kompaktör kullanılacaksa 1 işçi sıkıştırma ve yerleştirme işini yapmaktadır.

Araştırma şantiyesinde kerpiç üretimi için 55 m<sup>3</sup> kuru toprak kullanılmıştır. Kuru toprak miktarında , üretim sonrası araç ve gereçlere yapışmak , dökülmek , betoniyerden temizlenmek suretiyle % 8 oranında zayi edilmiş ve sonuçta 50.6 m<sup>3</sup> kerpiç üretilmiştir. Tokmaktama sonucu % 11 lik hacim azalması ile 45 m<sup>3</sup> duvar hacmi elde edilmiştir.

Birinci Deneme Evi yapımında ise ana-kuzu alker üretiminde % 40 , münferit yerinde döküm kalıbı uygulamasında %22 ,sürekli yerinde döküm kalıbı uygulamasında ise % 40 hacim azalmaları görülmüştür [12] .

### 3.6.3 Kalıp Temizlenmesi ve Kurulması

Döküm için malzeme hazırlanırken 1 işçi en büyük boy paneli ( 150 x 90 ) 1 dakika içinde temizleyip yağlamaktadır . Bu süre içinde 2 işçi 1 m<sup>3</sup> duvar oluşturmak için gereken kalıp montajını 9 dakika içinde yapabilmektedir .Bu süre içinde kalıbın yatay ve düşey ayarlamaları da yapılmaktadır.

Bu değer , Birinci Deneme Evi inşaatında kullanılan kalıpların temizlenme ve kurulma işlem süreleri ile birim hacim için karşılaştırıldığında [12] aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Ana-kuzu Alker kalıbı         | 67,5 birim zaman |
| Münferit yerinde döküm kalıbı | 10,9 birim zaman |
| Sürekli yerinde döküm kalıbı  | 2,3 birim zaman  |
| Endüstriyel kalıp ( 622 )     | 1,0 birim zaman  |

The adobe material having been taken from the cement-mixer by the hand-cart, is carried to the casting place by 1 worker. While the same worker will empty the mixture with the shovels to the moulds, 2 workers will do the compression and adjustment processes if tamp will be used. But if a compactor will be used, then 1 worker could carry the work out.

55m<sup>3</sup> of dry soil had been used in the research site, for adobe production. In the dry soil amount, a loss of 8% is made because of sticking to the tools after the production, spilling, being cleaned from the cement-mixer. As a result, 50.6m<sup>3</sup> of adobe is produced. As a result of tamping process with a volume loss of 11%, 45 m<sup>3</sup> of wall volume had been achieved.

During the construction of first Experimental House, 40% of volume loss is seen in the ALKER (a term used for gypsum +adobe) production; 22% of volume loss is seen in the single in-situ casting application, and 40% of volume loss is observed in the continuous in-situ casting application.

### 3.6.3. Cleaning and Setting up of the Moulds

During the preparation of the materials for casting, 1 worker could clean and grease the biggest panel (150+90) in 1 minute. In this period, 2 workers could do the mould montage needed to construct 1 m<sup>3</sup> of wall, in 9 minutes. Also, in this period, the vertical and horizontal adjustments of the moulds are made.

When this value is compared with the cleaning and setting periods of the moulds used in the construction of the first Experimental House, in terms of unit volume, the following results are gotten;

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| 1-1/2 ALKER mould                | 67,5 unit time |
| Single in-situ casting mould     | 10,9 unit time |
| Continuous in-situ casting mould | 2,3 unit time  |
| Industrial mould (622)           | 1,0 unit time  |

### 3.6.4 Günlük Üretim Miktarlarının Karşılaştırılması

Araştırma şantiyesinde dökülebilmektedir.

1 günde 4 işçi çalıştırılarak 2,8 m<sup>3</sup> kerpiç duvar

Bu değer, Birinci Deneme Evi inşaatı'ndaki günlük üretim miktarları [12] ile karşılaştırıldığında birim zamanda , aynı sayıda işçi çalıştırılarak en fazla üretimin bu modern kalıplarla yapıldığını göstermektedir.

|                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| Ana -kuzu Alker dökümü    | 1 birim hacim +<br>Örme işlemi  |
| Blok döküm                | 1,8 birim hacim<br>+Örme işlemi |
| Sürekli kalıpla döküm     | 2.5 birim hacim<br>+Örme işlemi |
| Endüstriyel kalıp ( 622 ) | 2 ,8 birim hacim                |

### 3.7. Sonuç

Bu bölümde ,alçılı kerpice uygun mekanize inşaat teknolojisinin gelişimi ve şantiye rasyonalizasyonu için izlenecek yöntemler açıklanmıştır .Betonarme sürecindeki kalıp , karıştırma teknikleri , kalıba aktarma ,kalıpta sıkıştırma evreleri deneylerle özellikleri geliştirilmiş malzemeye uyarlanarak kullanılmıştır.

Araştırma şantiyesinde yapılan alçılı kerpiç yapı uygulamasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

\* Alçılı kerpiç üretimi için toprağın elenmesine ve öğütülmesine gerek görülmemiştir. Dolayısıyla arazi kullanımı , işçilik , maliyet açısından tasarruf edilmiştir.

\* Karışımın hazırlanması aşamasında oranlar basit ölçüklere indirgenmiştir .

\* Karışım için kullanılan universal yatay eksenli betoniyerden belirli aralıklarla temizlenmek suretiyle çıkarılan artık kerpiç harcı kullanılmamalı , üretim alanından uzaklaştırılmalıdır.

### 3.6.4. Comparison of the Daily Production Amounts

In the research site, in 1 day, 4 workers can carry out the casting of 2,8 m<sup>3</sup> of adobe walling.

When this value is compared with the daily production amounts of the first Experimental House, in unit time, using the same number of workers, it can be observed that most of the production is done by using these modern moulds.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1-1/2 ALKER casting<br>Construction Process             | 1 unit volume+ Wall   |
| Block casting<br>Construction Process                   | 1,8 unit volume+ Wall |
| Continuous casting<br>volume+ Wall Construction Process | 2,5 unit              |
| Industrial Mould (622)<br>volume                        | 2,8 unit              |

### 3.7. Conclusion

In this section, the development in the mechanized construction technology suitable to the gypsum stabilized adobe and the methods applied for the rationalization in the building site have been declared. The casting, mixing techniques and the transfer to the mould and compression stages in the concrete procedure, have been used being adapted to experimentally improved materials.

The factors to be taken care of in the gypsum stabilized adobe production in the research site can be briefly summarized as follows:

\*For the gypsum stabilized adobe production, there seemed no need for elimination and grinding stages of soil. Thus, many savings have been made concerning use of land, labor and casts.

\*In the preparation of the mixture stage, the measures are reduced to simple scales.

\*The excess adobe mortar which has taken from the universal horizontal-axis cement-mixer, at certain intervals, with a cleaning purpose must not be used, and must be removed from the production area.

\* Endüstriyel kalıp kullanımı , kalıplama aşamasına rasyonellik kazandırmıştır.Kalıp kullanımını proje üzerinden etüd ederek uygulamakta hem kalıp miktarı ,hem üretim sürekliliği açısından yarar görülmektedir.

\* Şekil verme aşamasında mekanik sıkıştırıcılar kullanılması ile sıva için homojen duvar yüzeyleri elde edilmektedir .

\*Farklı zaman dilimlerinde yapılan duvar dökümlerinde görülecek rötre için basamaklı iş derzleri oluşturulmuştur.

\* Münferit kerpiç yapı üretimi için 4-5 işçi tüm evreler için yeterli olmaktadır.Birçok işlem aynı zamanda yapılabildiği için fazla işçi sayısı şantiye mekanizasyonunu kötü yönde etkilemektedir.

#### BÖLÜM 4. ARAŞTIRMANIN STANDARTLAŞMAYA KATKISI

Teknoloji Araştırmaları Bölüm 1.5 'te açıklandığı gibi aşamalardan meydana

gelmektedir. Kerpiç yapı teknolojisini geliştirmeyi amaçlayan ve 1978 'den bu yana süren araştırmalar dizisinde “Temel Araştırma “ , “ Deneylerle Geliştirme “ , “ Pilot Çalışma “ tamamlanmıştır.Bir sonraki aşama ise “ Standartlaşma “ yı sağlamak , böylelikle bu malzeme ile çalışmak isteyen ;

1. Proje yapımcısı
2. Kullanıcı
3. Onaylayan kurum
4. Yatırımcı , özel ve resmi makamların kullanabileceği bir kaynak oluşturmaktır.

Ülkemizde kerpiç yapımı hakkında TS 2514/ Şubat 1977;”Kerpiç Bloklar Ve Yapım Kuralları” ve TS 2515 I Şubat 1977 ; “ Kerpiç Yapılar Ve Yapım Kuralları “ başlıkları altında kerpiç ile inşaat yapmak veya kerpiç yapıyı kontrol etmek isteyenlere referans oluşturmaktadır .

Almanya'da duvar için toprak harçlar ; kerpiç yapı yapım kuralları ; yapı toprağı tanımları ,deney metodları , toprak yapı elemanları ;kerpiç yapı uygulamaları ;kerpiç yapıların nemden korunması ; kerpiç yapı üstüne sıva gibi alanlarda standartları vardır (Ek 3 ).

\*By the use of industrial moulds rationalism has been acquired in the casting stages. By the application of casting by testing on the design, both in mould amount, and also in production continuity, so much has been benefited.

\* By the use of mechanic compressors in the shaping stage, homogenous wall surfaces for mortar can be achieved.

\* Degreed construction joints are formed due to shrinkage observed in wall castings performed at different time intervals.

\* 4 or 5 workers will be enough for the production of single adobe construction. Since a few processes can be done at the same time, excess number of workers will affect the site mechanization negatively.

#### SECTION 4. CONTRIBUTION OF THE RESEARCH TO STANDARDIZATION

Technological Researches are composed of the phases explained in Section 1.5. Among a wide range of researches carried out since 1978 in order to develop adobe construction technology, “Basic Research”, “Development through Experiments”, and “Pilot Study” have been completed. The next step is to provide “Standardization” so that a resource will be provided for those who are interested in this material such as

1. Project producer
2. Occupant
3. The institution granting approval
4. Investor, private and official authorities.

TS 2514/ February 1977 “Adobe Blocks and Construction Rules” and TS 2515/ February 1977 “Adobe Blocks and Construction Rules” are the references for those who would like to construct with adobe and to control adobe buildings.

In Germany, standards for soil mortars for walls; adobe buildings construction rules; definitions for construction soil, methods for experiment; soil construction materials; protection of adobe buildings against moisture; plaster upon adobe building exist (Annex 3).

Araştırmadaki Bölüm No.

O. KONU, TANIM, KAPSAM

1.1. Konu

1.2. Tanımlar

0.2.1. Kerpiç Blok. . . . . 2.3. Alçılı Kerpiç

0.2.2. Kerpiç Adları

0.2.3. Kerpiç Toprağı . . . . . 2.2.2.1. Toprak İle İlgili Analizler 0.2.4. Rötire . . . . .  
. . . . . 2.3.2.2.2.1 .Rötire

0.2.5. Katkı ( Saman ). . . . . 2.2.2.2. Alçı I 2.2.2.3 .Kireç

0.2.6. Kalıp. . . . . 3.3.2.3. Kalıp

1.3. Kapsam

1. SINIFLANDIRMA VE ÖZELLİKLERİ

1.1. Sınıflandırma

1.2. Özellikler

1.2.1. Boyutlar ve Mekanik Özellikler. . . . . 2.3.2.2.3. Mekanik Deneyler

1.2.1.1. Şekil ve Boyut Toleransı. . . . . 2.3.2 .2.2.1. Rötire

1.2.1.2. Basınç Dayanımı. . . . . 2.3.2.2.3.2. Basınç Dayanımı

1.2.1.3. Suya Dayanıklılık. . . . . 2.3.2.2.2.3 .Kılcallık

1.2.2. Malzeme Özellikleri. . . . . 2.2. Ham Malzeme Deneyleri

1.2.2.1. Toprağın Özelliği. . . . . 2.2.2.1. Toprak İle İlgili Analiz. 1.2.2.2. Katkı Özelliği. . .  
. . . . . 2.2.2.2. Alçı / 2.2.2.3. Kireç

1.2.2.3. Kullanılacak Suyun özelliği

1.2.3. Yapım Kuralları. . . . . 2.3.2.1.3. Yerleştirme Yöntemi

1.2.3.1. Karışımın Hazırlanması. . . . . 2.3.2.1.4. Karışım Belirlenmesi

1.2.3.2. Kerpiç Kesilecek Yerin Özelliği. . . . . 3.3. Kerpiç Şantiyesi

1.2.3.3. Kerpiç Kesiminde Kullanılan Araçlar 3.3. Kerpiç Şantiyesi

1.2.3.4. Kerpiç Kesilmesi ( Kalıplama ). . . . . 3.3.2.3.2. Kalıplama-Şekil Ver.

1.2.3.5. Korunması ve Kurutulması. . . . . 3.3.2.4. Kütleme-Bekleme-Stok

2. MUAYENE VE DENEYLER

2.1. Kerpiç Toprağı İle İlgili Muayene ve Deneyler . . . . . 3.3.2.1. Uygun Toprak Seç.

2.1.1. Toprak Numunesi Alınması. . . . . 3.3.2.2.1. Toprağın Hazırlan.

2.1.2. Çamur Numunesinin Hazırlanması. . . . . 2.3.2 .1.4. Karışım Belirlenmesi

2.1.3. Standard Kıvamın Elde Edilmesi. . . . . 2.3.2.1.1. Karışımın Kıvamı

2.1.3.1. Deney Numunesinin Hazırlanması. 2.3.2.2.1. Deney Numune. Haz. 2.1.4. Çekme Deneyi.  
. . . . . 2.3.2.2 .3.1. Eğilmede Çekme 2.1.5. Rötire Deneyi. . . . .

2.3.2.2.2 .1. Rötire

2.1.6. Çamurlaşma Deneyi. . . . . 2.3.2.2.2.3. Kılcallık

2.1.7. Basınç Dayanımı Deneyi. . . . . 2 .3.2.2 .3.2. Basınç Dayanımı

2.2. Kerpiç İle İlgili Muayene Ve Deneyler

2.2.1. Numune Alınması

2.2.2. Muayeneler

2.2 .2.1. Boyutların Ölçülmesi. . . . . 2.3.2.2.2.1. Rötire

2.2.2.2. Basınç Dayanımı Deneyi. . . . . 2.3.2.2.3.2. Basınç Dayanımı

2.2.2.3. Blokların Suda Dağılıma Deneyi. . . . . 2.3.2.2.2.3. Kılcallık Tablo 4.1. TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622  
'nin Standartlaşmaya Katkısı

## BÖLÜM 5. SONUÇLARIN BİRLEŞTİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Bilindiği gibi geleneksel kerpiç sudan zarar gören düşük mukavemetli bir yapı malzemesi olmakla beraber insan sağlığına uygun ortam şartları yaratmaktadır .Bu avantajlarından dolayı sadece az gelişmişler için değil,aynı zamanda varlıklı ülkelerde de kullanılmak üzere araştırmaları yapılmaktadır.

Araştırma amacın belirlenmesi deneyler ve inşaat dönemlerine ayrılmıştır.Raporun bölümleri de bu aşamalara göre düzenlenip , bölümlerden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

### Bölüm 1. AMAÇ

Alçılı kerpiç yapı teknolojisi ve standardının araştırılmasında amaç,yöresel yapı malzemesi ve iş gücünün toplu konut sektöründe kullanılacak mekanize teknolojiye yükseltilmesi,ülkenin bütçesi ve enerji kaynaklarından tasarruf edilmesidir. Bu teknolojiye kendi evini yapan,toplu konut sektörü,kerpiç yapı projelendiren,kerpiç yapı onaylayan,ülkenin bütçesini,kültür mirasını ve ekolojisini korumayı amaçlayan yöneticiler yararlanabilecektir.

### Bölüm 2. MALZEME

Bu bölümde deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular,önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılarak,mekanizasyona uygun malzeme kararlarına varılmıştır.

#### Toprak

Toprak ocaktan alındığı gibi (6-7 cm. taş dahil ) elenmeden kullanılmaktadır.Bitkisel toprak , kirlenme gibi faktörler hariç,yüksek kil oranı,uygun granülometri gibi şartlara bağlı kalınmamaktadır .

Bulgular : özel toprak arama şartı yoktur. Yakın malzeme ocağı sonucu nakliye maliyeti düşüktür. Eleme veya öğütme süresi ,işçiliği,enerjisi,makina yatırımından tasarruf sağlanır.

## SECTION 5. COMBINATION OF RESULTS & SUGGESTIONS

As it has known, although the traditional adobe is a low resistant building material that has damaged by water, it creates suitable environmental conditions for human health. Because of these advantages, there has been researches going in, to use it not only in low budgeted but also in wealthy countries.

The research consists of; defining the aim, experiments and construction stages. The sections of the report has been accordingly arranged and the results out of the sections are presented as follows:

### SECTION 1. AIM

The aim on the research of gypsum stabilized adobe technology and standards, is the improvement and transformation of local building materials and labor, into mechanized technology that is to be used in mass housing sector, and the saving up of the countries budget and energy sources. The managers who build their own dwellings, who can design adobe buildings in mass housing sector, who approve adobe buildings and who aim to protect country's budget, cultural heritage and ecology will be able to use this technology.

### SECTION 2. MATERIALS

In this section, the findings achieved as a result of experimental studies are compared with the previous studies, and materials suitable to mechanization are decided.

#### Soil

The soil is used without elimination as soon as it has taken from the excavation area (including 6-7 cm stones). The procedure is not bound to conditions such as high clay value, or suitable granulometry, but to the factors such as plant soil or pollution.

The Findings: There is no condition for searching for special soil type. Since furnace of the material is close to the site, the conveyance costs are low. Many savings are achieved from the elimination and grinding periods, labor, energy and machine engagement.

## Stabilizasyon

Stabilizasyon %10 alçı + % 2 kireç ile sağlanmıştır ( al-ker ). Kullanılan toprakta bağlayıcı görevi yapan ince dane oranı % 8 iken (kil) % 12 ince dane ilave edilerek % 20 bağlayıcı oranına ulaşılmıştır.

Bulgular : Dolayısıyla diğer toprak yapı malzemesi çalışmalarında öngörülen yüksek kil oranına ihtiyaç kalmamıştır.

Alçı priz yaptıktan sonra kil kurumaya devam ettiğinden.kuruma sonucu oluşacak rötne alçı tarafından kısmen önlenir.Rötne daha azdır ( % 1.07 ). Priz yapan bir malzeme elde edildiğinden, geleneksel kerpiç sürecindeki geniş arazide kurutmaya bağlı yer,işçilik,zaman ihtiyacı ortadan kalkmıştır.

Duvar için üretilecek ve taşınacak endüstriyel malzeme duvarın % 12 si kadardır ; endüstriyel üretim enerjisi çok düşüktür.Fabrikadan gelecek malzeme miktarı azdır.Bu malzemeler yöresel ocaklarda da pişirilebilir dolayısıyla nakliye maliyeti düşüktür.Üretimin ilk yatırım maliyeti düşüktür.

Duvar malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri iyidir : Karışımda bulunan kireç

,kireçsiz karışıma göre mekanik ve fiziksel özellikleri bir miktar geriye çekmektedir.Bu yeni değerler dahi standartlarda belirlenen sınır değerlerden büyüktür. Basınç mukavemeti 2,21 N / mm<sup>2</sup> olup standart değeri 2 N / mm<sup>2</sup> den yüksektir ; eğme mukavemeti 0,63 N / mm<sup>2</sup> olup standart değeri 0,3 N / mm<sup>2</sup> den yüksektir. Ayrıca kirecin zaman içindeki hidrasyonu sonucu yapının mekanik ve fiziksel özellikleri , kullanma süresi içinde artar ( 1.Deneme Yapısı sonucu ).

Karışıma iki gerekçe ile kireç katılmıştır.Birincisi ; toprak + % 10 alçı şantiyede işlenebilirliğe süre tanımayacak kadar kısa zamanda ( 3-5 dakika ) priz yapmaktadır.Bu süre kireç katıldıktan sonra şantiyede çalışılacak kadar uzamıştır. İkincisi; toprak + % 10 alçı karışımı inşaat makinası,araç ve gereçlerine yapışmaktadır .Kireç katılması halinde işlenebilirlik iyileşmiş,yani harç araçlara işi engelleyecek kadar yapışmamıştır.

Harçta kireç priz süresini düzenleyeceğinden karışım sırası şöyle olmalıdır. %18-20 harç suyu karışım için belirlendikten sonra yaklaşık 1/3ü toprağa tav vermek amacıyla, universal yatay eksenli mikserdeki toprağın üstüne atılır.kısa süre karıştırılırken diğer

## Stabilization

Stabilization is obtained by 10% gypsum+2% lime (AL-KER). The proportion of the fine-grained binding material in the soil has initially been 8% (clay), afterwards, 12% is added, and 20% fine grained binding material has been achieved.

The Findings: Thus, the high clay proportion provided for in the previous building material studies on soil is not required any more.

After the setting of the gypsum, as the clay continues to dry, the contraction, which will form as a result of drying, is partially prevented by the gypsum. The contraction is lesser (%1,07). As a setting material is achieved, the need for place, labor, and time due to drying in the broad site during the traditional adobe production disappears.

The industrial material produced and conveyed for walling is 12% of wall volume; the industrial production energy is very low. The material amount coming from the fabric is small. These materials can also be burned in the local hearths-thus the conveyance cost is less. The initial investment cost of the production is low.

The physical and mechanical properties of the wall material are good: The lime in the mixture when compared to a mixture without lime, recede the physical and chemical properties a little. Even these new values are higher than the limit values declared in the standard. The compressive strength is 2,21 N/mm<sup>2</sup> and it is higher than the standard value 2 N/mm<sup>2</sup>; the bending strength is 0,63 N/mm<sup>2</sup> and it is higher than the standard value 0,3 N/mm<sup>2</sup>. Also, as a result of the hydration of lime in time, the physical and mechanical properties of the building increase in the usage time (as a result of the 1st Experimental Building).

Lime is added to the mixture due to two primary reasons. The first is; soil+10% gypsum set in a very short time (3-5 minutes) that makes it impossible for treatment in the construction site. This period lengthens after the addition of the lime so that it is possible to work in the site. The second is; soil+10% gypsum mixture sticks on the construction machines and tools. At the condition of adding lime, treatment has been improved, that is, the mortar does not stick to the tools as much as to hinder the work.

yandan kalan suya sırasıyla önce ölçeklendirilmiş %2 kireç sonra %10 alçı katılır ve karıştırılır. Bu işlem 1/2 dakika sürmektedir. Su+kireç+alçı karışımı mikserdeki toprağın üstüne atılıp 2 dakika karıştırılır. El arabaları ile ( veya bant konveyör; loder ) ile kalıba dökülür.

#### İşlenebilirlik

Alçılı kerpiç ( Al-ker ) 'in toplu konutta kullanılabilmesi için universal şantiye makinaları , araç ve gereçleri ile kullanılabilirliği incelenmiştir. Bulgular : % 18 -20 oranında su bulunan harçlar plastik kıvamda olup,mekanik veya manuel kompaksiyona uygundur.% 20-22 oranında su bulunan harçlar akıcı plastik kıvamda olup,vibrasyonla yerleştirmeye uygundur.% 25 'ten fazla su bulunan harçlarda segregasyon vardır. Karışıma işlenebilirlik için katılan su , topraktaki sudan etkilenir. Toprağın ocak neminde olduğu varsayılmalıdır.Daha kuru ( yaz sıcaklığında ) ve daha nemli (yağmur sonrası ) ihrazattan kullanılan topraklar için kıvam denemeleri yapılarak su oranı yeniden belirlenmelidir.

### Bölüm 3 . MEKANİZE İNŞAAT TEKNOLOJİSİ

Alçılı kerpiç yapı inşaatının evreleri ; ham malzemenin ocaktan şantiyeye taşınması.alçı ve kireçlerin ihzaratı ,dozajın ayarlanması, makina ile karıştırılması, duvar yerinde hazırlanmış kalıplara taşınması ve sıkıştırılması şeklindedir .Bu bölümde alçılı kerpiçe uygun mekanize inşaat teknolojisinin gelişimi ve şantiye rasyonelasyonu için izlenecek yöntemler incelenmiştir.inceleme sonucu ham malzeme hazırlanması,kalıp ,harç karıştırılması.harçın kalıba taşınması.harçın kalıba yerleştirilmesi ,yapı sisteminin stabilizasyonu aşamaları ve işçilikler için kararlar alınmıştır.

#### Ham malzemenin hazırlanması

Alçılı kerpiç üretimi için toprağın elenmesine ve öğütülmesine gerek görülmemiştir.Dolayısıyla malzeme miktarı.arazi kullanımı ,işçilik,süre,maliyet açısından tasarruf edilmiştir.

As the lime arranges the setting time in the mortar, the sequence of the mixture should be as; 18-20% of mortar liquid is clarified. Then 1/3 of this is spread on the soil in the universal horizontal-axis mixer to dampen the soil, and is mixed for a short time. Then first 2% of lime and then 10% of gypsum, which are both scaled, are added to the left over water, and mixed. This process lasts for 1/2 minute. The mixture of water+ lime +gypsum is poured on the soil in the mixer and mixed for 2 minutes. With the handcarts (or conveyor belt; loader) it has emptied into the mould.

#### Workability

The usability of the gypsum stabilized adobe (AL-KER) together with universal building site machines, tools and vehicles, to be used in mass housing, is scanned.

The Findings: The mortars in which there's 18-20% of water, are in plastic density and are suitable to mechanical or manual compaction. The mortars with 20-22% of water are in fluid plastic density, and are suitable to placement by vibration. The mortars with more than 25% of water have segregation. Water having been added to the mixture for treatment is affected from the water in the soil. The soil must be considered to be in hearth moisture. For the soils obtained from drier (summer heat) or damper (after rain) surroundings, density experiments must be made and water proportion must accordingly be determined.

### SECTION 3. MECHANIZED CONSTRUCTION TECHNOLOGY

The phases of gypsum stabilized adobe construction; the transport of the raw material from the excavation area to the site, obtaining of gypsum and lime arranging of the dosage mixing of them with a machine, conveyance of them to the moulds made ready in wall places, and the compression. In this section, the development of the mechanized construction technology suitable to the gypsum stabilized adobe and the methods to be carried out for the building site rationalization are scanned. As a result of this examination; many decisions are made concerning the preparation of the raw material, the mould mixing of mortar, transport of the mortar to the mould, placing the mortar into the mould, the stabilization of the construction system and related stages and labor.

## Kalıp

Kerpiç şantiyesinde PERİ endüstriyel kalıbı kullanılmıştır.

**Bulgular :** Bu kalıplar çelik çerçeve , fin kontraplağı ile imal edilmiştir.Bir işçinin taşıyacağı ağırlık ve boyuttur.Standart botulu kalıpların montaj edilmesi ve sökülmesi kısa sürede yapılmaktadır. Yatay ve düşey ayarları kolay ve kısa sürede yapılmaktadır.Yüzey düzgün elde edilmektedir. Duvar düzlemi düzgün ve peçsiz elde edilmektedir. Düzgün yüzey ve peçsiz duvar sıva sarfiyatını aza indirir.Büyük yerleşmelerde kalıp kullanma sayısı yüksektir.Bireysel yapılarda konut ihtiyacına göre kiralanma imkanı vardır.Makinalı sıkıştırılmalarda yüksek mukavemet gösterir.

### Harç karıştırılması ; İşlenebilirlik

Harcın hazırlanması ve işlenebilirliğini iyileştiren kireç ilavesinden ve uygun su karışımı hazırlandıktan sonra yatay eksenli universal beton mikseri kullanılmıştır.

**Bulgular :** Mikserden iyi sonuç alınabilmesi için çok doldurulmaması gerekir.Bütün karıştırma işi bir sefer için 2-3 dakika sürmektedir .Boşaltma kolaydır.Kısmen yapışan artıklar zaman zaman temizlenmelidir .Bunlar tekrar harca karıştırılmamalıdır.

### Harcın kalıba taşınması

Harcın mikserden kalıba taşınması için el arabası kullanılmıştır.

**Bulgular :** Bireysel konut kapasitesinde 2 tane el arabası harcın taşınmasına yeterli olmaktadır. Malzeme kürek.el arabası ve betoniyerden rahatlıkla ayrılmaktadır.Büyük kapasiteli üretimlerde özellikle kat yüksekliğinde harcın kaldırılabilmesi için mobil + bant konveyör veya küçük loder kullanılabilir.

### Yerleştirme

Kalıba dökülen harcın duvarı oluşturduğunda mukavemetinin yüksek , geometrisinin ve yüzeyinin düzgün ,durabilitesinin iyi olması için homojen yerleştirilme denemeleri yapılmıştır.El ile tokmaklı kompaksiyon ,mekanik kompaktör ile kompaksiyon, elektrikli el kırıcısına özel uç takılarak sıkıştırma uygulanmıştır.

## Mould

PERI industrial mould is used in the adobe construction site.

**The Findings:** These moulds are produced with steel frames and fin plywood. This has a weight and dimension that can be carried by only 1 worker. The casting and releasing from the standard dimensioned moulds, takes less time. The vertical and horizontal adjustments are done easily and in less time smooth surfaces are obtained. The wall surface is obtained smooth and without warping. Smooth surfaces and walls without warping reduce the coat wastage in great amounts. In big dwellings, the amount of moulds increases. In individual buildings, there is an opportunity to hire according to the need. It shows high resistance in the compressions with machines.

### The Mixing of the Mortar; Treatment

After the addition of the lime that improves the preparation and the treatment of the mortar and after the preparation of the suitable water mixture, a universal horizontal-axis cement-mixer has been used.

**The Findings:** The mixer must not be full-filled to get a satisfying result. All the mixing process lasts for 2-3 minutes for one circle. The emptying process is simple. The leftovers that partly stick must be cleaned at regular times. These must not be added to the mixture again.

### Transport of the mortar to the mould

For the transportation of the mortar from the mixer to the mould, handcarts are used.

**The Findings:** In the individual building capacity, 2 handcarts are sufficient to carry the mortar. The material can easily be removed from shovels, handcarts and cement-mixer. In the productions with big capacity, for the lifting of the mortar especially in storey height, a mobile+ conveyor belt or small loaders can be used.

Bulgular : Her üç uygulamadan da uygun sonuç alınmıştır. El ile kompaksiyon uzun sürmektedir .Özel mekanik kompaktör hızı arttırmaktadır .El ile sıkıştırımda 20 cm.lik katmanlar , mekanik sıkıştırımlarda 30 cm.lik katmanlar sıkıştırılabilmektedir.Düşey iş derzleri rötre aralığı verdiğiinden duvarın boydan dökülmesi tercih edilmelidir. Boydan dökülen duvarlarda rötre çatlağını galvanizli hasır çelik önler.

#### Yapı sisteminin stabilizasyonu

Yapı sisteminin stabilizasyonu için duvarın içerisine yükselirken her 60 cm de bir sıra galvanizli hasır çelik yerleştirilmiştir.Bu hatıl donatısının amacı ; özellikle yığma yapı duvarlarında deprem etkisi ile meydana gelen , diyagonal çatlakları oluşturan kuvvetleri karşılamaktır.

Bulgular : Toprak yapıların en büyük problemi olan % 4-5 civarındaki rötre bir yandan doğal - iri granülometri kullanılması ile diğer yandan alçı katkısı ile % 1,07'ye inmiştir. Bu büyüklük dahi her 1 m.'de 1cm. rötre çatlağı oluşturur. iş derzlerinin oluşmaması için bütün binanın sürekli ve kesintisiz dökülmesi halinde kullanılmış olan galvanizli hasır çelik donatı rötre kuvvetlerini dengelemiş ve yapıda stabilite veya nefaset düzeyinde rötre çatlağı oluşmamıştır.

#### İşçilik ve şantiye

Alçılı kerpiç yapı şantiyesi , geleneksel kerpiç yapı ve dış ülkelerde görülen geliştirilmiş kerpiç şantiyelere göre çok az sayıda işlem aşamasına indirilmiştir.

Bulgular : Bireysel yapı üretiminde 4 kişilik ekip bir günde 2,5 m3 duvar dökülebilmektedir.100 m2 bir evin - 45 m3 duvar hacmi yaklaşık 18 günde tamamlanabilmektedir.

#### ÖNERİLER

Bu çalışma teknoloji araştırmaları sürecinde “ prototip “ düzeyidir.Malzemenin mekanizasyona uyarlanabileceği ve toplu konutta uygulanabileceği görülmüştür.Bundan sonraki aşama “ kitle üretimi “ aşaması olmalıdır. Kitle üretimi aşaması prototip üretimden farklı olarak başka ortam şartlarını gerektirir. Dolayısıyla kitle üretimi aşamasına geçecek ilk şantiyeye araştırma çalışması düzeyinde bilimsel destek verilmelidir.

#### Adjustment

For the mortar that has been emptied into the mould to have high resistance, a smooth geometry and surface, and a good durability when it forms the wall, a few experiments on homogenous placements have been performed. Tamping compactions with hand compactions with mechanical compactors and compressions with special tips adjusted to electrical hand-breakers are a few which have been applied.

The Findings: All of the three applications have resulted the same. Compaction with hand lasts long. A special mechanical compactor increases the speed. In compressions with hand, 20 cm layers, and in mechanical compressions 30 cm layers are compressed. As the vertical construction joints form cracks due to contraction, the wall is preferred to be casted lengthwise. In the wall casted lengthwise, the galvanized welded-wire prevents the cracks due to contraction.

#### The Stabilization of the Building System

For the stabilization of the building system, in every 60 cm, a row of galvanized welded-wire is placed in different layers in the wall. The reason of this tie beam reinforcement is to confront with the forces due to earthquake, that form diagonal cracks, especially in block buildings.

The Findings: The 4-5% of contraction problem that especially arises in soil dwellings, has been reduced to 1,07% both by the use of natural-large grained granulometry and also with the contribution of the gypsum. Even this value causes 1 cm cracks due to shrinkage in every 1 m. The galvanized welded-wire reinforcement, which can be used provided that all the building will be casted continuously, has balanced the shrinkage forces and no cracks due to shrinkage occurred in the building at the level of stability and exquisiteness.

Bulgular : Her üç uygulamadan da uygun sonuç alınmıştır. El ile kompaksiyon uzun sürmektedir .Özel mekanik kompaktör hızı arttırmaktadır .El ile sıkıştırmada 20 cm.lik katmanlar , mekanik sıkıştırmalarda 30 cm.lik katmanlar sıkıştırılabilmektedir.Düşey iş derzleri rötre aralığı verdiğiinden duvarın boydan dökülmesi tercih edilmelidir. Boydan dökülen duvarlarda rötre çatlağını galvanizli hasır çelik önler.

Yapı sisteminin stabilizasyonu  
Yapı sisteminin stabilizasyonu için duvarın içerisine yükselirken her 60 cm de bir sıra galvanizli hasır çelik yerleştirilmiştir.Bu hatıl donatısının amacı ; özellikle yığma yapı duvarlarında deprem etkisi ile meydana gelen , diyagonal çatlakları oluşturan kuvvetleri karşılamaktır.

Bulgular : Toprak yapıların en büyük problemi olan % 4-5 civarındaki rötre bir yandan doğal - iri granülometri kullanılması ile diğer yandan alçı katkısı ile % 1,07'ye inmiştir. Bu büyüklük dahi her 1 m.'de 1cm. rötre çatlağı oluşturur. iş derzlerinin oluşmaması için bütün binanın sürekli ve kesintisiz dökülmesi halinde kullanılmış olan galvanizli hasır çelik donatı rötre kuvvetlerini dengelemiş ve yapıda stabilite veya nefaset düzeyinde rötre çatlağı oluşmamıştır.

İşçilik ve şantiye

Alçılı kerpiç yapı şantiyesi , geleneksel kerpiç yapı ve dış ülkelerde görülen geliştirilmiş kerpiç şantiyelere göre çok az sayıda işlem aşamasına indirilmiştir.

Bulgular : Bireysel yapı üretiminde 4 kişilik ekip bir günde 2,5 m3 duvar dökülebilmektedir.100 m2 bir evin - 45 m3 duvar hacmi yaklaşık 18 günde tamamlanabilmektedir.

ÖNERİLER

Bu çalışma teknoloji araştırmaları sürecinde “ prototip “ düzeyidir.Malzemenin mekanizasyona uyarlanabileceği ve toplu konutta uygulanabileceği görülmüştür.Bundan sonraki aşama “ kitle üretimi “ aşaması olmalıdır. Kitle üretimi aşaması prototip üretimden farklı olarak başka ortam şartlarını gerektirir. Dolayısıyla kitle üretimi aşamasına geçecek ilk şantiyeye araştırma çalışması düzeyinde bilimsel destek verilmelidir.

Workmanship and Construction Site

The gypsum stabilized adobe construction site has been reduced to a less number of processes when compared with the traditional adobe construction and the developed adobe construction sites in foreign countries.

The Findings: In individual building production, a team of 4 persons cast 2,5m<sup>3</sup> wall in one day. 45m<sup>3</sup> wall volume of a house, which is totally 100 m<sup>2</sup>, can be completed in approximately 18 days.

SUGGESTIONS

This research is in the “prototype” level among the technologic studies. It is observed that the material can be mechanized and applied to mass housing. The next phase should be “mass production”. Mass production requires different environmental conditions than the prototype production. Thus, scientific support must be provided to th

## KAYNAKLAR

- 1 anon., Teknoloji Tarihi Ansiklopedisi
- 2 anon., Umsteuern Durch Ekosteuern , Bündnis ' 90 , die Grünen , Parti Programı (1994 ), 53 332 Bornheim , Almanya
- 3 Weber H., Ders Notları,Hannover Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,IB (Industrialisierung Des Bauens ) Enstitüsü , Almanya , (1980)
- 4 anon., Sonuç Bildirisi , Innovative Housing '93 , A World Conference On Advanced Housing For Energy - Efficiency And Environmental Responsibility, Vancouver ,Kanada , ( June 1993 )
- 5 Sey Y., Tapan M., Toplu Konut Üretiminde Uygulanan Yapım Sistemlerinin Analizi Ve Değerlendirilmesi , YAE , No: 6 , (1987)
- 6 anon., Small - Scale Manufacture Of Stabilised Soil Blocks , UNIDO / ILO Technical Memorandum No:8, England , (Nov. 1987)
- 7 Taylor M.R., Fort Selden Test Wall Status Report , New Mexico State Monuments , ( 1986 )
- 8 Işık B., A .B.D.'de Konut Yapıları - Kerpiç Yapılar , Yapı Dergisi 140 , (1993)
- 9 anon., Encyclopedia Americana , cilt 26 , s 357 , Americana Corporation , (1978)
- 10 anon., Bundesbericht Forschung 6 , Bundesministerium Für Forschung Und Technologie , (1979 )
- 11 Kafesçioğlu R.,Yapı Malzemesi Olarak Kerpicin Alçı İle Stabilizasyonu , TÜBİTAK MAG 505 İstanbul , (1980 )
- 12 Tanrıverdi C., Alçılı Kerpicin Üretim Olanaklarının Araştırılması , (Yüksek Lisans Tezi) , İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi , ( 1984 )
- 13 Schwalen H.C., Effect Of Soil Texture Upon The Physical Characteristics Of Adobe Bricks , University of Arizona College of Agriculture Technical Bulletin , no:58 Tucson , Arizona , ( 1936 )
- 14 Kömürcüoğlu E.A.,Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç Ve Kerpiç İnşaat Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi , ( 1976 )
- 15 Artel T., Toprak Agglomeratları Ve Geobeton Hakkında , Kerpiç Semineri Bildirisi , ( 1964 )
- 16 anon.,Unburned Clay Masonry , New Mexico Adobe Code , USA , 1982
- 17 Gürdal E., Kuzey Ve Orta Anadolu Alçıları Üzerine Bir Araştırma , İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi , ( Doktora Tezi ) , ( 1976 )

- 18 Schroeder W.L., Soils in Construction , Oregon State University , USA , (1975) , s:41
- 19 anon., Regeln Zum Bauen Mit Lehm , Schweizerischer Ingenieur Und Architekten (SIA) ,Schweiz , D0111 , ( 1994 )
- 20 anon., Mali'de Kerpiç Fabrikası Fizibilite Etüdü , ACROterre Enstitüsü , Grenoble , (1989 )
- 21 anon., Normen des VSS ( Vereinigung Schweiz . Strassenfachleute ) Für Boden Und Mineralische Baustoffe ( Normblätter Schweiz. Normenvereinigung SNV )
- 22 TS 3263 , Suyun Analiz Metotları ; pH Değerinin Tayini , TSE , ( 1978 )
- 23 TS 3673 , Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini Deney Metodu , TSE , ( 1982 )
- 24 Eyre T.T., The Physical Properties Of Adobe Used As A Building Material , The University Of New Mexico Bulletin , No : 263 , Albuquerque , (1935)
- 25 TS 825 , Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları , TSE , ( 1989 )
- 26 Tabban A., Erdik M., Bayülke N., Simple Rules For Adobe Block Making And Adobe Masonry Construction , Middle East and Mediterranean Regional Conference On Earthen And Low - Strength Masonry Buildings in Seismic Areas , Ankara , Türkiye , (1986 )
- 27 Özkan E., Al-Herbish M.S., An Experimental Study Of The Critical Properties Of Pressed And Stabilized Earth Bricks , Architectural Science Review , Vol. 38 , (1995 )
- 28 Balasubramaniam - Buensuceso Jr.,On The Overconsolidated Behavior Of Lime Treated Soft Clay , Proc. of International Conference On Soil Mechanics And Foundation Engineering , Rio , ( 1989 ) , s: 1335 - 1338
- 29 Tattersall G.H., Workability And Quality Control Of Concrete , E & FN Spon , (1991) , s : 1-10
- 30 Akman S., Yapı Malzemeleri , İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi , (1987), s: 56
- 31 Van Balen K., Van Genert D., Modelling Lime Mortar Carbonation , Materials and Structures ,27 , RILEM , ( 1994 ) , pp: 393-398
- 32 TS 3286 , Betonun Eğilmede Çekme Dayanımının Şantiyede Tayini Deneyleri , TSE, ( 1979 )
- 33 Craterre , Centre International de Recherche et d' Application Pour la Construction en Terre , B38090 , Villefontaine , France
- 34 Çelebi R.,Kerpiç Yapım Yöntemleri Ve Kullanımı Üzerine Bir inceleme, (Doçentlik Tezi) , İ.D.M.M.A. , İstanbul ,(1979 )

- 35 anon.,Lehmbau - Atlas , Schweizerischer Ingenieur und Architekten (SIA), Schweiz, 00112 , (1994 )
- 36 Işık B., Outdoor Plaster Applications On Gypsum + Adobe Wall , Innovative Housing '93 , Kongre , Vancouver , Kanada , ( Haziran 1993 )
- 37 anon., PERİ Kalıp Ve İskeleleri Handset Sistem Tanıtım Yazısı
- 38 Klingsohr K., Vorbeugender Baulicher Brandschutz , (1994)
- 39 Brandt J., Heene G.V. ..., Fassaden ( Bauphysik ) , Beton - Verlag , 1988,s 87
- 40 anon., İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yangından Korunma Yönetmeliği , (1992)
- 41 anon., VKF Vereinigung Kant. Feuerversicherungen , Brandschutzregister, Ausgabe , ( 1993 )
- 42 Schulz P., Schallschutz Warmeschutz , Feuchteschutz , Brandschutz im Innenausbau , OVA , (1980 )
- 43 anon., SIA 181 , Schallschutz im Hochbau  
SIA 381 / 1 Baustoffkennwerte
- 44 YılmazZ.,Sistemlerin İklimsel Konfor Değerlendirilmesi , YAE , No 6 , ( 1987 )  
Ve Enerji Tasarrufu Açısından
- 45 Goromossov M.S., The Physiological Basis of Health Standards for Dwelling , World Health Organization , Public Health Papers, No 33 , Geneva , ( 1969 ),s 95
- 46 Kafesçioğlu R., Thermal Properties of Mudbricks , Expert Group Meeting on Energy-Efficient Building Materials For Low-Cost Housing , U.N. , Amman (Nov.1987 )

EK 1

I.T.Ü Mimarlık Fakültesi Kerpiç Araştırmaları

1. 1980 Kafosçiolu R. , Toydemir N. , Gürdal E. , özucur B.“Yapı Malzemesi Olarak Kerpicin Alçı ile Stabili.zasyonu “ TIJBİT.A.K - MAG 505 Araştınnna projesi kesin raporu , Ağustos 1980
2. 1980 Kafesçioğlu R. . Gürdal E., Karagüler M. E. , “ Kırsal Bölge Yapıları için Nitelikleri Geliştirilmiş Kerpiç” TOBİTAK VII . Bilim Kongresi , Sayı 915-928 Eylül 1980
3. 1981 Kafesçioğlu R. , Konut sorununa Çözüm Ararken “ , Milliyet Gazetesi 1981
4. 1982 Kafesçiolu R. , Yapı Malzemesi olarak Kerpicin Alçı ile Stabili.zaryonu “ Yapı Dergisi , snyı 42, s 49-34 , 1982
- 5 . 1982 Kafosçioğlu R. , Toprak Malzeme ve Yapı Sektöründe Enerji Tasarrufu “ Doğa Dergisi , seri B , cilt 6 , sayı 2 , sayfa 23-31 1982
6. anon Bilgi Profili “ No 87 , TCı131TAK yayıru
- 7 . 1983 Kafcsçioğlu R. , Earth Constructioit TecJmology in Turkey “ prepared for the U.N Center for Human Settlements , Nairobi - Kenya , April 1993 pp 73
8. 1983 Kafesçioğlu R. . Gürdal E. , Güner A. , Akman M.S. , “ Adobt: Blocks Stabilized with Gypswrı “ Aproprate Building M.aterials for Low Cost Housing , Symposium, CIB - RILEM i IJNESCO , 7-14 Nov. 1983 , pp 3,21
9. 1984 KafesÇio,lu R. , Alker ( Alçılı Kerpiç ) Denemesi ve Sonuçları “ Yakacak OdwıTasarrufu İçin Kmıal Ev Yalıtımı Semineri , ORKÔY ve F.A.0 Ankar-.1 Haz. 1984

10. 1984 Kafesçioğlu R. ,  
“ Conclusion of the Research for Gypswn Stabilized Adobe ( Alker ) Application “ ,  
Prepared for Final Announc.ement Intemational colloquium on Brussels , Dec. 10.19 , 1984
11. Kafesçiolu R. ,  
Toprak , Çağdaş Yapı Malzemesi “ tlgı Ekstra ( Dergi - Shell yayını ) ,
12. 1984 Tannverdi C. ,  
“Alçılı Kerpicin Üretim Olanaklarının Araştırılması 11  
( Yüksek Lisans Tezi , YürOtUcü R. Kafesçioğlu , !.T.Ü) Haz. 1984
13. Alker'in toplwna duyurulması : Kafesçioğlu R. ,  
1983 Radyo konuşması , Aralık  
1984 TV ,tanıtıcı yayın , Ağustos  
1985 Sergi ve Dia gösterisi ,  
Enerji haftası nedeniyle açılait sergide , Shcll standında Grafik Stand ve Film  
gösterisi ile topluma tanıtım , 8 Ocak J 1985
14. 1985 Kafesçioğlu R. ,Gürdal E. ,  
“ALKER - Çağdaş Yapı 1\tf.alzemesi “ kitap , Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı , Enerji  
Dairesi Başkanlığı ve Shell şirl<eti işbirliği ile 8000 adet basılarak tilin köylere ordu eğitim  
merkezlerine , Bayındırlık ve İmar Bakanlı ğry.n ilgili :kuruluşlarına dağıtıldı. Nisan 1985
15. 1985 Kafesçioğlu R. , Gürdal E. , Karagüler M. E. ,  
“ALKER - Adobe Stabiliz.ed with Gyusw11 - Properties ancl arı Applications “ , Earth quake  
seminar, Istanbul , Sept. 30- Nov. 6 - 1985,
16. 1989 Kafesçioğlu R. ,  
“Thermal Properties of Mudbricks - The Exampic of Cr'ypsum Stabilized Adobe “ Energy  
Efficient Building Material for low - cost Housing , United Nations , Economic and Social  
Comission for Wcstcm Asin, Amırıan ,11-19 Novcmber 1989
17. 1990 Işık B. ,  
“Energic Vcrlust der Lelunbouhauscr” davetli panelist Energic - Umwet und Bauen -  
Symposium , I B Enstitüsü , . Hannover - Almanya  
17. Ekim 1990
18. 1991 Işık B. .  
“Alçılı Kerpiç Duvarı Sıva Araştınması “ bildiri , Ulusal Alçı Kongresi , YEM , Istanbul ,  
Kasım 1991
19. 1993 Iık B. ,  
“Outdoor Plaster Applications on Gypımm + Adobe Wall “ poster + presentation,  
İrınovativ Housing 93 , Vancouver - Kanada , Haz. 1993
20. 1994 Lelını ‘ 94 Intemationales Forum für Kunst und Bauvcn mit Lelını , davetli  
panelist, A.achen - Alınanya , 30 sept. - 3 Oct 1994,
- ::1. 1994 Işık E. ,  
“ Adobe Research for Mass - Housing “ panelist  
22. IAHS \World Housing Congress , Salzburg  
-:- Avustwya , 3-7 Oct 1994 ,

## EK 2

### KERPİÇ BLOK ÜRETİM MAKİNA LİSTESİ (U.N.)

- 1) CINVA - Tokmak presi (CINVA - Ram press)
- 2) CETA - Ram press
- 3) Landerete Press I Presse terstaram
- 4) Tek - Block press
- 5) Winget blok making machine
- 6) Ellson Blockmaster stabilised soil block press
- 7) Consolid AG
- 8) Supertor block making machine
- 9) Maquina block making machine
- 10) Brepak block making machine
- 11) Zora hydraulic block press
- 12) Latorex system
- 13) Agram block making machine
- 14) Tecmor equipment
- 15) Meili 60 manual soil block press
- 16) Terrablock Duplex Machine

## EK 3

### ALMANYA KERPIÇ STANDARDLARI

DiN 1169 Juni 1947

DiN 18951 Jan.1951

DiN 18952 Mai 1956

DiN 18953 Mai 1956

DiN 18954 Mai 1956

DiN 18955 Aug.1956

DiN 18956 Aug.1956

DiN 4102 und DiN 18951

Lehmmörtel für Mauerwerk und Putz Lehmbauten , Vorschriften für die Ausführung Baulehm , Begriffe ,  
Arten und Prüfung Baulehm ,Lehmbauteile  
Ausführung von Lehmbauten Lehmbauteile , Feuchtigkeitsschutz Putz Auf Lehmbauteilen  
Normen Über Brandschutzmassnahmen