



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

İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubu

Construction Technologies Research Grant Committee

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

PROJE NO : İNTAG TOKİ 622

Proje Yürütücüsü : Doç.Dr. Bilge IŞIK

Yardımcı Araştırmacılar : Mimar Alev AKIN , Araş.Gör. Hülya KUŞ ,
Araş.Gör.İkbal ÇETİNER , Araş.Gör. Caner GÖÇER , Dr.Nihal ARIOĞLU
Onur Danışmanı : Prof.Ruhi KAFESÇİOĞLU

ARALIK 1995

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	v
RESİM LİSTESİ.....	vi
TANIMLAR , KISALTMALAR	viii
ÖZ	ix
ABSTRACT.....	xi
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kerpiç Teknolojisi Araştırmasının Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2. Konut Sektörünün Hedefleri	2
1.3. Konut İçin Kerpiç Yapının Uygunluğunun Değerlendirilmesi.....	6
1.4. Kerpiç Yapının İyileştirme Alanları.....	13
1.4.1. Teknolojik.....	15
1.4.2. Sosyolojik.	15
1.4.3. İdari.....	16
1.4.4. Kültür Mirası.....	18
1.5. Çalışmanın Yöntemi.....	22
1.6. Sonuç	24
BÖLÜM 2. ALÇI KATKILI KERPICİN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ.....	26
2.1. Giriş	26
2.2. Ham Malzeme Deneyleri.....	27
2.2.1. Durumun Belirlenmesi.....	27
2.2.2. Araştırmanın Deneysel Katkısı.....	30
2.2.2.1. Toprak İle İlgili Analizler.....	30
2.2.2.1.1. Elek ve Hidrometre Analizleri	31
2.2.2.1.2. Kıvam Limitleri	32
2.2.2.1.3. Birim Ağırlık	33
2.2.2.1.4. pH Deneyi	34
2.2.2.1.5. Mineral Bileşimi	35
2.2.2.1.6. Organik Madde Analizi	36
2.2.2.2. Alçı	36
2.2.2.3. Kireç	37
2.3. Alçılı Kerpiç Deneyleri	37
2.3.1. Durumun Belirlenmesi	37
2.3.2. Araştırmanın Katkısı	42
2.3.2.1. İşlenebilirlik	42
2.3.2.1.1. Karışımın Kıvamı ve İşleme Suyu	43
2.3.2.1.2. Priz Süresi	43
2.3.2.1.3. Yerleştirme Yöntemi	44
2.3.2.1.4. Karışımın Belirlenmesi	46
2.3.2.2. Seçilen Karışımın Özelliklerinin Belirlenmesi	46
2.3.2.2.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması	46
2.3.2.2.2. Fiziksel Deneyler	47
2.3.2.2.2.1. Rötire	47
2.3.2.2.2.2. Birim Ağırlık	49
2.3.2.2.2.3. Kılcallık	50

2.3.2.2.3. Mekanik Deneyler.....	52
2.3.2.2.3.1. Eğilme Çekme Dayanımı.....	52
2.3.2.2.3.2. Basınç Dayanımı	53
2.4. Sonuç.....	57
BÖLÜM 3. ALÇILI KERPİCE UYGUN MEKANİZE İNŞAAT TEKNOLOJİSİ.....	59
3.1. Giriş.....	59
3.2. İnşaat Teknolojisi.....	59
3.2.1. Durumun Belirlenmesi.....	60
3.2.2. Araştırmanın Katkısı.....	63
3.3. Kerpiç Şantiyesi.....	64
3.3.1. Durumun Belirlenmesi.....	64
3.3.2. Araştırmanın Katkısı	64
3.3.2.1. Uygun Toprak Seçimi	65
3.3.2.2. Harç.....	67
3.3.2.2.1. Toprağın Hazırlanması.....	67
3.3.2.2.2. Karışımın Hazırlanması	67
3.3.2.3. Kalıp.....	70
3.3.2.3.1. Kerpiç Üretimi İçin Ülkemizde Kullanılan Kalıp Tipleri.....	71
3.3.2.3.2. Kalıplama - Şekil Verme.....	74
3.3.2.4. Kırılma-Bekleme-Stoklama-Nakliye.....	80
3.3.2.5. Örme Duvar Sistemi.....	81
3.3.2.6. Dökme Duvar Sistemi.....	81
3.4. Yapı Performansı ve Kerpiç Yapı Davranışı.....	89
3.5. İNTAG TOKİ 622 Kerpiç Yapı İnşaat Aşamaları.....	97
3.5.1. Temel Hatılı.....	100
3.5.2. Döşeme Dolgusu ve Sıkıştırılması.....	100
3.5.3. Döşeme Betonu	101
3.5.4. Su İzolasyonu.....	102
3.5.5. Duvar Kalıbı ve Duvar Kalıbı.....	102
3.5.6. Deprem Hatılı	102
3.5.7. Duvar Üstü Hatılı.....	103
3.5.8. Üst Döşeme	104
3.6. Şantiye Düzeyindeki Üretimlerde İşçiliklerin Değerlendirilmesi.....	105
3.6.1. Toprak Hazırlanması.....	105
3.6.2. Karışımın Hazırlanması	105
3.6.3. Kalıp Temizlenmesi ve Kurulması	106
3.6.4. Günlük Üretim Miktarlarının Karşılaştırılması.....	107
3.7. Sonuç.....	107

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMANIN STANDARTLAŞMAYA KATKISI.....	109
---	------------

BÖLÜM 5. SONUÇLARIN BİRLEŞTİRİLMESİ VE ÖNERİLER.....	111
---	------------

KAYNAKLAR

EKLER

ÖNSÖZ

İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi'nde yürütülmekte olan Kerpiç Yapı Teknolojisi araştırmasının TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622 no'lu bu aşaması fiili olarak 18 ay sürdü ve bu dönem içerisinde çok yönlü destek aldı.

Teorik deneysel çalışmalar İnşaat Fakültesi - Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda , İnşaat Fakültesi - Zemin Mekaniği Laboratuvar'ında , Maden Fakültesi -Mineraloji ve Petrografi Laboratuvar'ında sırasıyla Prof.Dr.Mehmet UYAN , Prof. Dr. Remzi ÜLKER , Prof. Dr. Bektaş UZ 'un katkılarıyla yapıldı.

1994 yaz döneminde laboratuvar ve şantiye deneylerinde yardımcı araştırmacılar ; Dr.Nihal ARIOĞLU, Araş.Gör. Hülya KUŞ, Araş.Gör. İkbâl ÇETİNER, İnş.Müh.Tahsin İLHAN, 1995 yaz döneminde şantiye çalışmalarında ;şantiye yönetiminde Mim.Alev AKIN, laboratuvar çalışmalarında Araş.Gör. İkbâl ÇETİNER , Araş.Gör. Caner GÖÇER; aynı dönemde İnşaat Fakültesi'nden 4 stajyer öğrenci (Burçin ŞAHİNALP , Hakan NURHAN , Engin ŞENBİLGİN , Emel HACIALİOĞLU) , Mimarlık Fakültesi'nden 4 stajyer öğrenci (Armağan TEKSOY , Engin ÜRGEN , Kürşat AKYOL , Rıdvan ARİFOĞLU) araştırmanın literatür taraması , deneysel çalışmalar ve inşaat uygulamalarına katkıda bulunmuşlardır.

Araştırmanın kurgusu oluşturulurken Maden Fakültesi Kaya Mekaniği Anabilim Dalı'ndan Prof.Dr. Ergin ARIOĞLU , İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'ndan Prof. Dr. Saim AKYÜZ , Mimarlık Fakültesi Yapı Anabilim Dalı'ndan Prof.Dr.İmer SUNGUROĞLU , Doç.Dr. Oktay CANSUN öneri ve tavsiyeleri ile cesaret vermişlerdir.

Arazide inşaat aşamalarında malzeme ve işçilik katkıları ile çalışmanın yapılabilmesini sağlayan kuruluşlar ; ATA İnşaat - Arazi hazırlama , inşaat toprağı ihrazatı ile , PERİ Kalıp - kalıp sistemi ile , ABS firması - stabilizasyon için kullanılan alçı ile , ENTEGRE firması - stabilizasyon için kullanılan alçı ve kireç ile , BTM firması - su ve ısı izolasyon malzemeleri ile, IŞIK A.Ş.- şantiyenin altyapı donatısı ve şantiye giderleri ile ,

ONDULİN firması - kiremit altı ondüle levha ile ,MOYAP firması - döşeme hazır giriş ve blokları ile , LALE Isıtaban - yerden ısıtma sistemi ile “ Üniversite - Sanayi İşbirliği “ ne katkıda bulunmuşlardır.

Kerpiç Araştırmalarını İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi’nde başlatan , Yapı Anabilim Dalı emekli öğretim üyelerinden Prof. Ruhi KAFESÇİOĞLU araştırmanın kurgusundan tamamlanışına kadar değerli bilgi ve önerileri ile çalışmayı güçlendirmiştir.Özellikle Prof.Ruhi KAFESÇİOĞLU’na , rapor yazım aşamasında bize destek veren Y. Mimar Göktuğ VENSÜREL ‘e ve bütün katkıda bulunanlara teşekkür ediyoruz.

Doç.Dr. Bilge IŞIK
Proje Yürütücüsü
Ocak , 1996

ŞEKİL LİSTESİ**Sayfa**

Şekil 2.1	Dane boyutuna bağlı olarak kullanılabilir toprak türlerinin limitleri	28
Şekil 2.2	Alçıya kireç katmanının priz süresi üzerine etkisi	30
Şekil 2.3	Araştırmada kullanılan Ayazağa toprağının granülometrik eğrisi	30
Şekil 2.4	Plastisite diyagramı	33
Şekil 2.5	Proctor eğrileri	34
Şekil 2.6	Farklı toprak türlerinin alçı-kireç oranlarına bağlı olarak rötre değişimleri	38
Şekil 2.7	Bahçe toprağından üretilmiş numunelerin alçı ve kireç katkılarına bağlı olarak birim ağırlık değişimi	39
Şekil 2.8	Bahçe toprağından üretilmiş numunelerin alçı katkı oranına bağlı olarak basınç dayanımı değişimi	40
Şekil 2.9	Bahçe toprağından üretilmiş numunelerin alçı katkı oranına bağlı olarak eğilmede çekme/ basınç dayanımı değişimi	41
Şekil 2.10	% 10 katkılı alçı ile hazırlanan numunelerde kireç katkısı oranına bağlı olarak rötre değişimi	48
Şekil 2.11	% 10 katkılı alçı ile hazırlanan numunelerde kireç katkısı oranına bağlı olarak birim ağırlık değişimi	49
Şekil 2.12	% 10 katkılı alçı ile hazırlanan numunelerde kireç katkısı oranına bağlı olarak eğilmede çekme dayanımı değişimi.....	53
Şekil 2.13	% 10 katkılı alçı ile hazırlanan numunelerde kireç katkısı oranına bağlı olarak basınç dayanımı değişimi	55
Şekil 3.1	Stabilize kerpiç blok üretim şeması (Fransa - Mali örneği)	1-61
Şekil 3.2	Üretim yerleşim şeması (Fransa - Mali örneği)	2-61

Şekil 3.3	Kerpiç tuğla üretim aşamaları (İsviçre)	1- 62
Şekil 3.4	İNTAG - TOKİ 622 Projesi Vaziyet Planı.....	65
Şekil 3.5	Geleneksel kerpiç tuğlası döküm kalıpları.....	71
Şekil 3.6	Münferit yerinde döküm kalıbı.....	72
Şekil 3.7	Sürekli yerinde döküm kalıbı.....	73
Şekil 3.8	Isı-nem dengesi düzeltilmiş betonarme dış duvar.....	92
Şekil 3.9	Bağıl nemin duvar yüzey özelliğine göre değişmesi.....	97
Şekil 3.10	İNTAG - TOKİ 622 Alçılı kerpiç yapı projesi.....	98
Şekil 3.11	Sistem kesiti.....	104

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1	Konutlaşmanın hedefleri.....	4
Tablo 1.2	Kerpiç yapının insan ve çevre yükü açısından uygunluğunun değerlendirilmesi.....	7
Tablo 1.3	Geleneksel kerpiç ile MAG 505 ve TEZ'84 karşılaştırması.....	14
Tablo 2.1	Tekstürel parçaların sınıflandırılması	27
Tablo 2.2	Ayazağa toprağının pH ortam özelliği.....	34
Tablo 2.3	Ayazağa toprağı içerisindeki mineral türleri ve bileşimleri	35
Tablo 2.4	Birim ağırlığa göre ısı iletkenlik katsayısı.....	39
Tablo 3.1	Kerpiç üretim teknolojileri süreç karşılaştırması (İşlem kriterine göre) ...1-64	
Tablo 3.2	Malzemenin yangında davranış sınıfı.....	91
Tablo 3.3	Kerpiç yapının ve malzemesinin yangındaki davranışı.....	92
Tablo 3.4	Değişik ortamlara uygun ses şiddetleri.....	93
Tablo 3.5	Kerpiç yapı malzemesinin kullanılma kalınlığına göre ses yutuculuk değerleri.....	93
Tablo 3.6	Ortam sıcaklığının 18-22 °C olması halinde konforlu bölgeler.....	94
Tablo 3.7	Dış duvarlarda ortam şartlarına göre ısı geçirme katsayısı.....	95
Tablo 3.8	Bazı yapı malzemelerinin fiziksel özellikleri.....	96
Tablo 4.1	TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622 'nin standartlaşmaya katkısı.....	110

RESİM LİSTESİ**Sayfa**

Resim 1.1	Osmaneli yöresi kerpiç konut.....	17
Resim 1.2	Ege yöresi konut.....	18
Resim 1.3	Toplumsal konut ihtiyacı.....	19
Resim 1.4	Topluma sunulan konut.....	20
Resim 1.5	Askeri lojmanlar.....	20
Resim 1.6	Frank Lloyd Wright, Santa Fe, Pottery House.....	21
Resim 1.7	A.B.D.'de kızılderili yapı kültürüne dayanan Pueblo kerpiç yapı.....	21
Resim 1.8	1.Deneme Yapısı (Dış).....	23
Resim 1.9	1.Deneme Yapısı (İç).....	23
Resim 1.10	Emlak Bankası İstanbul 1.Levent Evi.....	25
Resim 1.11	İNTAG TOKİ 622 Kerpiç Yapı.....	25
Resim 2.1	Rötre ölçümü.....	47
Resim 2.2	Kılcallık deneyi.....	50
Resim 2.3	% 10 katkılı alçı ile hazırlanan numunelerde 24 saat sonunda suyun yükselme miktarları	52
Resim 2.4	% 10 Alçı + % 2 Kireç ile hazırlanan numunelerde 24 Saat sonunda suyun yükselme miktarları	51
Resim 2.5	Eğilmede çekme dayanımı deneyi.....	52
Resim 2.6	Basınç dayanım deneyi.....	54
Resim 2.7	Basınç presindeki numune.....	56
Resim 2.8	Basınç deneyi sonrası numunenin kırılma kesiti.....	56
Resim 3.1	Şantiyede dökülen numune blok.....	66
Resim 3.2	Toprağın küreklerle betoniyere yerleştirilmesi.....	68
Resim 3.3	Ölçeklendirilmiş kovalarda alçı +kireçli su karışımının hazırlanması....	68
Resim 3.4	Betoniyerin boşaltılması.....	69
Resim 3.5	Alçı + kireç + su oranlarının el arabası ve kürek birimlerine indirgenmesi	70
Resim 3.6	Likit kıvamdaki karışımın rötre çatlağı.....	73
Resim 3.7	Kerpiç duvar dökümü için kullanılan PERİ Hand-Set sistem kalıpları..	75
Resim 3.8	Kalıpların temizlenip yağlanması.....	75

Resim 3.9	Karışımın el arabasından kalıplara boşaltılması için hazırlanmış düzenek.....	76
Resim 3.10	Kalıba dökülen harcın balyozla sıkıştırılması.....	77
Resim 3.11	BS 45 Y tipi benzin motorlu WACKER vibrasyonlu kompaktör.....	77
Resim 3.12	HİLTİ ile sıkıştırma işlemi için özel olarak imal edilmiş özel ucu.....	78
Resim 3.13	Akıcı plastik kıvamlı karışımlarda şişe vibratör kullanılması.....	79
Resim 3.14	Alçının priz süresi dışında uygulanan rövibrasyon metodu.....	80
Resim 3.15	Kuru alçının kuru toprakla karışımı sırasında yaşanan problemler.....	82
Resim 3.16	Kuru kıvamdaki karışımın sıkıştırılma güclüğü.....	82
Resim 3.17	Kuru kıvamdaki karışım ile elde edilen kerpiç numunesi.....	83
Resim 3.18	Likit kıvamlı harcın kalıba boşaltılması.....	83
Resim 3.19	Likit kıvamlı karışımlarda görülen segregasyon	84
Resim 3.20	Bir numune üzerinde farklı zamanlarda uygulanan vibrasyon.....	85
Resim 3.21	Kohesiv karışımın işlenebilme güclüğü.....	85
Resim 3.22	Kesintili dökülen duvar örneği.....	86
Resim 3.23	Farklı zamanlarda dökülen duvarlardaki iş derzi problemi.....	87
Resim 3.24	Hatalı iş derzinin onarılması.....	88
Resim 3.25	Basamaklama ile bitirilen duvar dökümü.....	89
Resim 3.26	İNTAG TOKİ 622 Araştırma binası görünüşü.....	99
Resim 3.27	İNTAG TOKİ 622 Araştırma binası.....	99
Resim 3.28	Temel hatılı için kurulan ip iskelesi ve yapılan kazı.....	100
Resim 3.29	Zeminin sıkıştırılması.....	101
Resim 3.30	Döşeme betonunun dökülmesi.....	101
Resim 3.31	Duvar alt yüzeylerine su yalıtımı sürülmesi.....	102
Resim 3.32	Duvar içine yerleştirilen deprem hatılı.....	103

TANIMLAR , KISALTMALAR

blok	Modüler duvar örme parçası ,iki el ile kaldırılabilir büyüklük veya ağırlıkta
durabilite	Malzemenin , servis süresinin şartlarına dayanabilmesi
kerpiç	Toprağa saman vb.katkı karıştırılarak kalıplara dökülüp kurutulan blok veya tuğlalar , bu araştırmada kerpiç toprak duvar malzemesi olarak katkı cinsi veya üretim tekniğine bağlı olmadan geniş anlamda kullanılmıştır.
kerpiç kesme	Kerpiç hamurunu kalıplara dökerek tuğla veya blok yapmak
kil	0,002 mm'den küçük zemin daneleri, dane küçük olduğundan kohesiv (yapışkan) dırlar.Kuvvet altında yer değıştirselerde birbirlerinden ayrılmazlar, plastik davranış gösterirler.
kil betonu / geobeton [15]	Zeminin çakıl , kum gibi iri tanelerinin birbirine kil (ve diğer ince tane) ile bağlanması
kohesiv	Nemli kilde olduğu gibi zemin partiküllerinin birbirine tutunması
kompaksiyon	Zemin tanelerinin sıkıştırılması
kür	Bir işlem sırasında gerekli olan çevre şartlarını sürdürme
permeabilite	Hava veya suyun bünye içinden geçmesi
plastik limit	Zeminin katı olma ile plastik olma arasındaki su muhtevası sınırı
plastisite indeksi	Likit limit ile plastik limit arasındaki su muhtevası farkı
priz	Bağlayıcıların hidrasyon sonucu sertleşmesi
rötre	Kuruyan malzemenin küçülmesi
tokmaklanmış kerpiç	Duvar yapmak üzere yerinde yapılmış kalıba toprağın tokmaklanarak yerleştirilmesi
tuğla	Modüler duvar örme parçası ; tek el ile kaldırılabilir boyutta ; beton ,kil , pişmiş kil vb.olabilir.
MAG 505	TÜBİTAK MAG 505 (1980) [11]
TEZ ' 84	1.Deneme Yapısı (1984) [12]
SIVA ' 91	1.Deneme Yapısında Siva Araştırması (1991-1996) [36]

ÖZ

Dünya nüfusunun önlenemez artışına uygun olarak konut üretimi ve arzı ne kadar önemli ise, yaşanan çevreye verilen yükün en aza indirilmesi de o kadar önem kazanmaktadır. Kerpiç yapı , sadece dünya üzerinde kolay bulunan bir malzeme olduğu için değil, aynı zamanda insan sağlığına uygun ortam şartlarını gerçekleştirdiği ve ekolojik dengeyi koruduğu için dünya nüfusunun 1/3'ü tarafından kullanılmakta ve birçok sanayi ülkesinde de araştırmaları sürdürülmektedir.

1978'den bu yana İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi'nde kerpiç araştırmaları kesintisiz devam etmektedir. Alçı ve toprağın karıştırılması sonucu elde edilen priz yapan yapı malzemesi (1980 TÜBİTAK MAG 505) kullanılarak , 1983 yılında sanayi desteği ile "1. Kerpiç Deneme Yapısı" inşa edilmiş ve aynı zamanda bir yüksek lisans tezine esas oluşturmuştur.

Ön çalışma ve bulguların ışığı altında kerpiç yapının toplu konuta kazandırılması istenmiş ve mekanize inşaat teknolojisinin araştırılması gereği belirlenmiştir.

Alçı katkılı kerpiç yapı malzemesine uygun mekanize inşaat teknolojisi ve standartlarının belirlenmesinde amaç ; yöresel yapı malzemesi ve iş gücünün , toplu konut sektöründe kullanılacak rasyonalizasyona yükseltilmesi, ülkenin ısınma enerjisi ve bütçesinden tasarruf edilmesi , ülkenin doğal kaynaklarının korunması ve insanlara sağlanacak kalitede konut sağlanmasıdır.

Çalışma beş ana bölümden meydana gelmektedir. Giriş bölümünde, kerpiç yapı için teknoloji geliştirilmenin amacı, konut sektörünün hedefi, konut için kerpiç yapının uygunluğu, kerpiç yapının konut sektörüne kazandırılması aşamaları anlatılmaktadır. Ayrıca iyileştirilmesi düşünülen alanlar teknolojik, sosyolojik, idari ve kültür mirası olarak tanımlanmıştır. Çalışma , izlenecek yöntemi açıklayarak teknolojik gelişmeyi kapsamaktadır.

İkinci bölümde , önce alçılı kerpici meydana getiren toprak, kireç ve alçının malzeme özellikleri , karışımın mekanik ve fiziksel özelliklerine ait bilgiler daha önce yapılmış çalışmalardan derlenmiştir. Bu bilgiler yardımıyla laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar da hazırlanan numuneler üzerinde , kullanılacak karışımın fiziksel ve mekanik deneyleri yapılmış , şantiyede mekanizasyona uygun işlenebilirlik seviyesi tespit edilmiştir.

Üçüncü bölümde , alçılı kerpice uygun mekanize inşaat teknolojisini geliştirmek amacı ile dünyadan (Fransa,İsviçre) gelişmiş, Türkiye'den geleneksel kerpiç üretim süreci örnekleri verilmiştir. İnşaat başlamadan önce malzemenin hazırlanması , karıştırılması, kalıplanması , kürlenmesi gibi işlemler dizisi şantiye çalışmalarına uygun hale getirilmiştir. Yapıdan genel olarak beklenenler tanımlandıktan sonra hazırlanan pilot yapı için proje çizilmiştir. Duvarlarında kerpiç yapı malzemesi kullanılan araştırma binası, toplu konut standartlarında , 100m² olarak inşa edilmiştir. Kerpiç malzeme, inşaat sürecine özel bir sınırlama (Örn. geleneksel kerpiç üretimin sadece yağmursuz yaz aylarında yapılabilirliği) getirmeyecek şekilde uyarlanmıştır.

Dördüncü bölüm , araştırmanın standartlaşmaya katkısını açıklamaktadır. Araştırmadaki bulgular , standarttaki (TS 2514) maddeler ile ilgilerine göre tablolatırılmıştır.

Beşinci bölümde , araştırma aşamalarındaki sonuçlar derlenmiş ve öneriler açıklanmıştır. Bilindiği gibi geleneksel kerpiç düşük mukavemetli , su ve nemli ortamlara dayanıksız duvar malzemesidir. Araştırmanın önceki aşamasında , alçılı kerpice suya dayanıklı , yeterince yüksek mukavemetli malzeme özelliği kazandırılmıştır.TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622 No.'lu bu araştırmada ise toplu konut düzeyinde kerpiç üretimi için makina kullanımı ve malzemenin işlenebilirliği geliştirilmiştir . Bir sonraki araştırma aşaması olarak , prototip üretimden kitle üretimi aşamasına geçişin planlanması önerilmektedir.

ABSTRACT

The certain increase in the world population has caused the importance of the housing requirement as well as the minimization of the problems related to the environment. 1/3 of the world population lives in earthen constructions not only because the material is locally available on the world but also it can provide healthy settlements for human, respecting the ecological balance. That's why many industrialized countries promote the greater use and researches on earthen construction.

Architectural Faculty of Istanbul Technical University is researching earthen construction constantly since 1978. The property of the earthen construction material stabilized by gypsum was improved at 1980 (TÜBİTAK MAG 505). At 1983, supported by the industry, the "1.Adobe Research Building" was constructed to promote a post-graduate thesis at İ.T.Ü. This reference building had been used as the İ.T.Ü. kinder-garden for 9 years.

Based on the preliminary studies, it was intended to promote the earthen construction for the use of mass housing and the need for research for the mechanized construction technology was decided.

The purpose of determining the mechanized construction technology and the standards for the gypsum stabilized earthen construction material, is to rationalize the local construction material and local man power to be utilized in mass housing. To preserve natural resources, to save funds of the country and to improve housing that fulfill the human demands are also important for rationalization.

The study consists of five main sections. In the introductory section, the purpose of developing technology for earthen construction, the aim of housing sector, adobe construction's being appropriate for housing, the possibilities of using adobe in housing sector steps are explained. Also, the fields that are aimed to be developed are described as technological, sociological, administrative and cultural heritage. The concept and methods of the study are described.

In the second section, before the laboratory experiments, the properties of the materials (earth, lime and gypsum) for adobe and the information about mechanical and physical specifications of the mixture have been collected from previous studies. Physical and mechanical experiments have been made on the sample mixtures prepared in the laboratory and the level of workability according to the mechanization in the construction site is determined.

In the third section, the traditional adobe production processes from Turkey and the developed examples from the world (France, Switzerland) have been studied in order to improve the mechanized construction technology for gypsum stabilized adobe. Proportioning the stabiliser (gypsum and lime), application of the adequate mixer, application of the industrial moulds and application of the adequate compaction have been made appropriate to site working. After naming general expectations from the building, a project of the reference building has been drawn. A 100m². reference building has been constructed according to the mass housing standards. As known,

traditional adobe is vulnerable to weather conditions,the new adobe material has been adopted not to bring any specific limitation for the construction process .

In the fourth section, for the help of the research in the standardization, the results of this research are classified in terms of the standard (TS 2514) .

In the fifth section, the results of different levels in the research have been accumulated. In TUBİTAK İNTAG TOKİ 622 , workability of the adobe material using machines is determined to be suitable for mass housing. The next level of the adobe researches is suggested to step from prototype production into mass production level.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Kerpiç Teknolojisi Araştırmasının Amacı ve Kapsamı

İnsan 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 iyileşmiştir. İç 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.

Büyük yerleşmelerin çevre yükünü aza indirebilen , yöresel yaşama ve yapı kültürünün korunması açısından büyük katkısı olan araştırmanın amacı ;

- 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 ulaşılması istenen 3.hedef kuşağı ise bu rahatsızlıkları iyileştiren , çevre yükünü en aza indiren “sağlıklı yapılar” olarak belirlenmiştir.

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. İnsanı rahatsız eden aşırı nem her zaman havalandırma ile uzaklaştırılmaz. Bu ısıtılmış mekanın enerji kaybetmesine sebep olur. Böyle durumlarda betonarme perde gibi buhar difuzyonu 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.

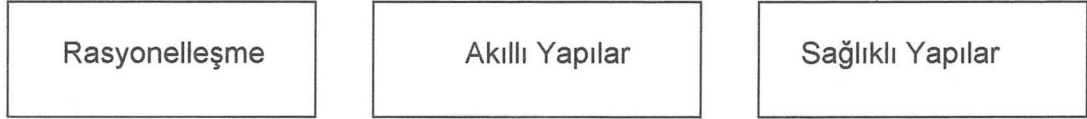
KONUTLAŞMANIN HEDEFLERİ

(Anahtar kelimeler)

1.KUŞAK (1945 -)

2.KUŞAK (1980 -)

3.KUŞAK (1990 -)



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 kirlüten
Katı,sıvı,gaz atık
Düzensiz yerleşim

A.Kullanıcı Sağlığı
B.Ekoloji
C.Yapılabirlik

Yapılabirlik C

Enerji Ekoloji B

Zararlıları Azaltmak

Çevreye saygı

Kullanıcı Sağlığı A

Tablo 1.1 Konutlaşmanın Hedefleri

B . 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.İnsanların 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 ısıtma 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.

- 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 ,zehirlilerin aza indirilmesi , yapılabilirlik” kavramlarının tanımları yapılmıştır.

Kullanılacak herhangi bir yapı türünün toplu konuta uygunluğunu belirlemek amacıyla değerlendirme metodolojisinden yararlanılır [5]. Yapının “sağlıklı yapılar” felsefesine uygunluğunu değerlendirmek amacıyla “konut yapısı ömür - süreci” ile “sağlıklı yapılar gereklilikleri”nden oluşan bir matris hazırlanmıştır (Tablo 1.2).

DEĞERLENDİRME MATRİSİ

Hedefler		Kullanıcı	Enerjinin	Çevrenin	Zehirlileri Aza	Yapılabilirlik
Konut		Sağlığı	Korunması	Korunması	İndirmesi	
Ömür - Süreci		1	2	3	4	5
Ham malz. Temini	A					
Malzeme Üretimi	B					
Eleman Üretimi	C					
İnşaat	D					
Kullanım	E					
Bakım + onarım	F					
Başlangıça dönüş, veya atık oluşumu	G					

Tablo 1.2 Kerpiç Yapının İnsan Ve Çevre Yüğü Açısından Uygunluğunun Değerlendirilmesi

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 / 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 / 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 / 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 (+).

A 5 - Ham malzeme temini / Yapabilirlik

Malzeme yakın çevreden para ödmeden temin edilir. Ayrıca dökme malzeme olduğu için yüklerken ve boşaltırken istifleme işçiliği gerektirmez. Damperli 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 / Çevrenin korunması

Harcın hazırlanması aşamasında çevreye zararlı malzeme veya işçilik yoktur (+).

B 4 - Malzeme üretimi / Zehirlilerin ve Zararlıların aza indirilmesi

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

B 5 - Malzeme üretimi / 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 / 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 / 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 (+).

C 4 - Eleman üretimi / 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 / 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 kirlетici atıklar bulunamaz (+).

D 4 - İnşaat aşaması / Zehirlilerin ve Zararlıların aza indirilmesi

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

D 5 - İnşaat aşaması / Yapılabilirlik

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

E. Kullanım Aşaması

E 1 - Kullanım aşaması / Kullanıcı sağlığı

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

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 / 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 önlenilebilecektir. Dünyanın geriye dönüşü olmayan fosil yakıtlarının kullanımı azalacaktır (+).

E 4 - Kullanım aşaması / Zehirlilerin ve zararlıların aza indirilmesi

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

E 5 - Kullanım aşaması / Yapılabilirlik

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

F. Bakım + Onarım

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. İç sıvalarda hiçbir bozulma yoktur.

F 1 - Bakım + Onarım / Kullanıcı sağlığı

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

F 2 - Bakım + Onarım / 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 / Zehirlilerin ve zararlıların aza indirilmesi

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

F 5 - Bakım + Onarım / 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 kullanılır malzemeye dönüştürülebilirler. Kerpiç duvar malzemesi diğer duvar malzemelerinde rastlanmayacak şekilde tabiata geri döner veya yine duvar malzemesi olarak kullanılabilir.

G 1 - Başlangıca dönüş / Kullanıcı sağlığı

Kerpiç duvar , yıkım sırasında işlemi yapanlara zarar vermez , asbestli inşaatlarda olduğu gibi söküm sırasında sağlık önlemi alınması gerekmez (+).

G 2 - Başlangıca dönüş / Enerjinin korunması

Kerpiç duvarın yıkılması bu günkü inşaat makinaları kullanıldığında çok az enerji gerektirir (+).

G 3 - Başlangıca dönüş / Çevrenin korunması

Kerpiç duvar malzemesi yıkıldıktan sonra tamamen doğaya döner veya istenirse yapı malzemesi yapılabilir (+).

G 4 - Başlangıca dönüş / Zehirlilerin ve zararlıların azaltılması

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 kerpicingin işlenebilirliği iyileştirilmiş, toplu konut sektörünün yararlanmasına sunulmuştur.

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 malzemeden 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 “taşıyıcı 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 “taşıyıcılık + 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.

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

Tablo 1.3. Geleneksel Kerpiç İle MAG 505 ve TEZ'84 Karşılaştırması

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 çözmesine 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.

- Kerpiğin 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 bireylerine, 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 üretilmesi için resmi makamlar tarafından ihtiyaç duyulan

- Yönetmelik

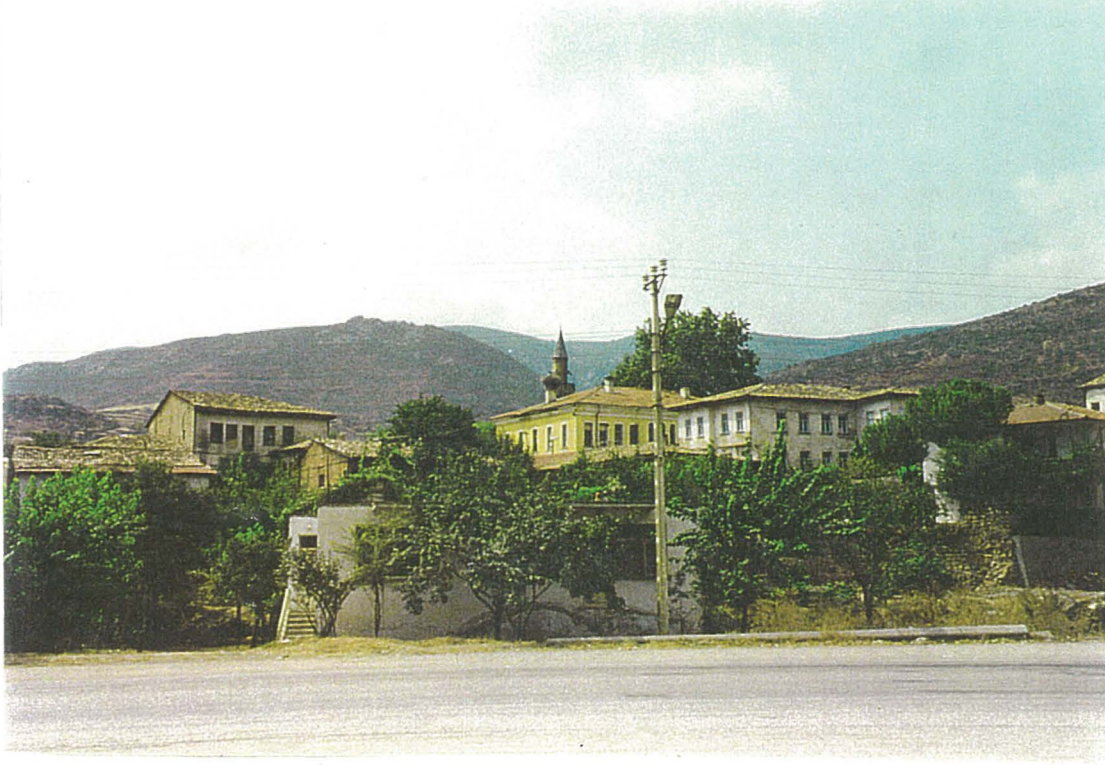
Alçılı kerpiç malzeme ile bireysel ve toplu konut yapılmak istendiğinde, kontrol ve onayları ile ilgili yönetmeliklerin hazırlanmış olması gerekir.

- 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 standart 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.



Resim 1.1. Osmaniye 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 lisani veya müziği veya para biriminin diğerlerine üstün gelmesini planlar.

Her ülkenin kültür kimliğine ihtiyacı vardır. A.B.D.liler kıızılderililerden 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) .

- 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 bekledikleri 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)



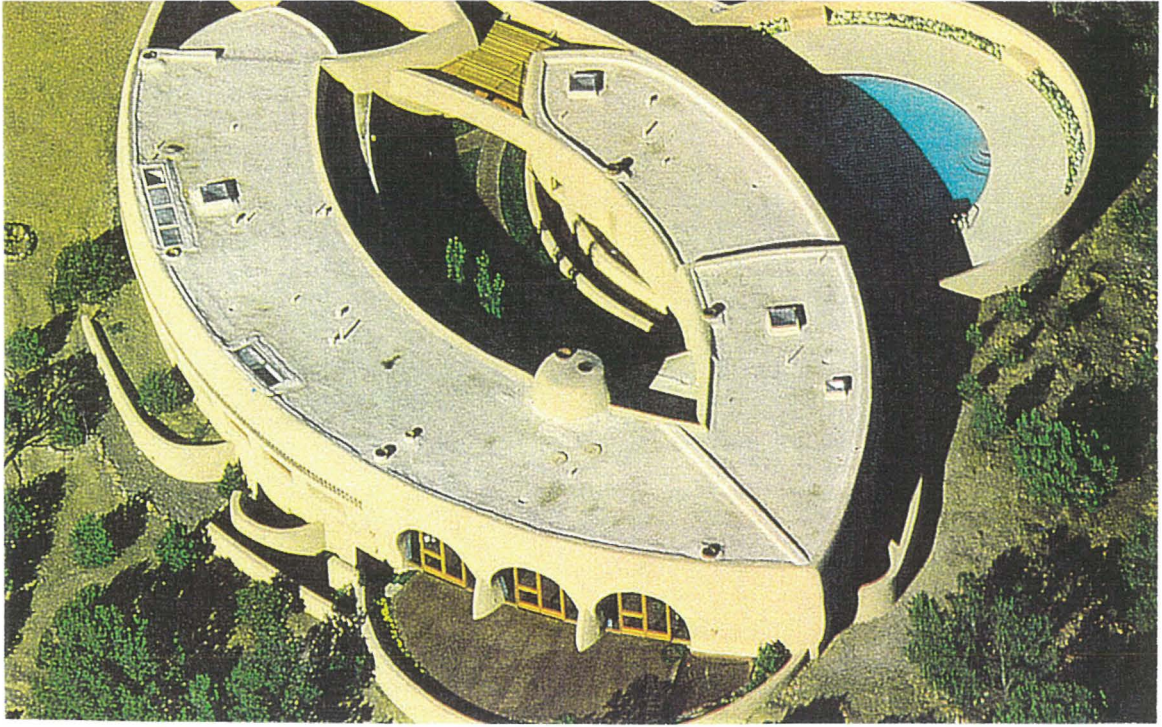
Resim 1.3. Toplumun Konut İhtiyacı (Ankara Yöresi)



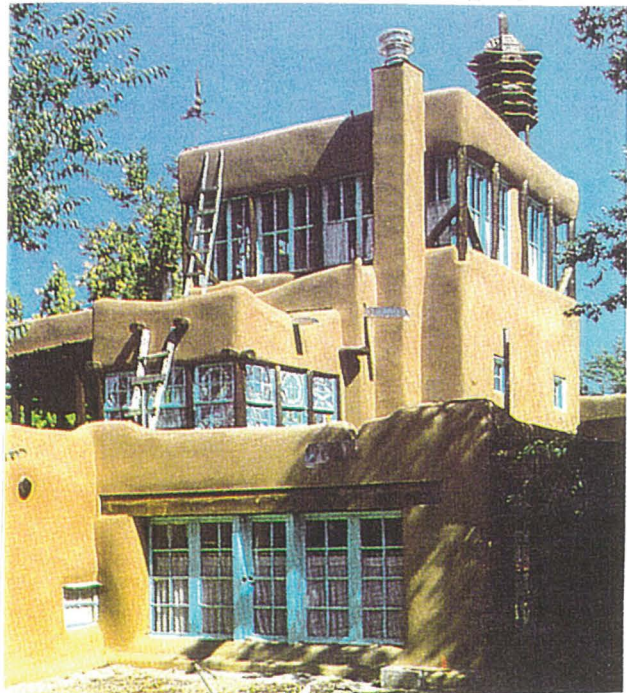
Resim 1.4. Topluma Sunulan Konut



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

İ.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.



Resim 1.8. 1.Deneme Yapısı (Dış)



Resim 1.9. 1.Deneme Yapısı (İç)

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.

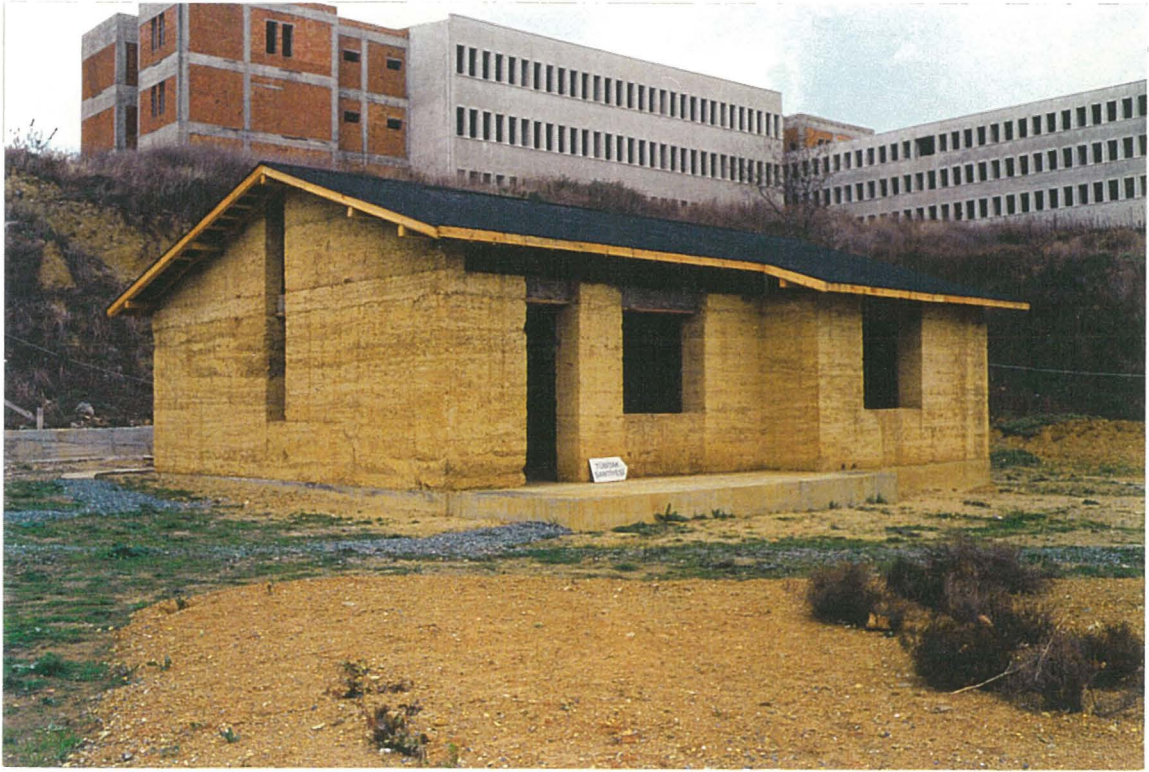
Konut yapımında kerpiğin tekrardan kullanılabilmesi için sosyolojik , idari , teknolojik iyileştirmelere ihtiyaç vardır. İNTAG TOKİ 622 no’lu çalışma , yapının teknolojisi alanında

- a) Kendi konutunu yapan
- b) Toplu konut sektörü
- c) Kerpiç yapı projelendiren
- d) Kerpiç yapı onaylayan
- e) 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



Resim 1.11 İNTAG TOKİ 622 Kerpiç Yapı

BÖLÜM 2 . ALÇI KATKILI KERPİCİN 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 stabilizeasyon 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 Deneyleri

Alçı katkılı 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 kaynakta, şekillendirilmiş killi toprağın havada kurutulması sonucu elde edilen zayıf basınç dayanımına sahip, suya karşı duyarlı bir malzeme olarak tanımlanır. Yapılan araştırmalarda ise; kerpicin gösterdiği dayanıklılığın sadece kilin kuruması ile sağlanmadığı, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının da kerpicin 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;

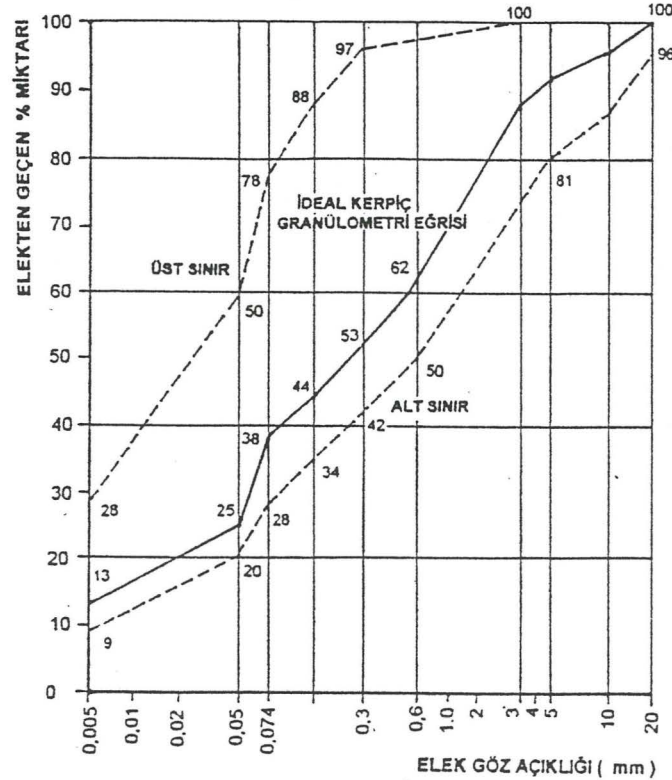
Malzeme	Çap Sınırları (mm)
Çakıl	20.00 - 2.00
Kaba Kum	2.00 - 0.20
İnce Kum	0.20 - 0.02
Silt	0.02 - 0,002
Kil	0.002'den küçük

Tablo 2.1 Tekstürel Parçaların Sınıflandırılması [11].

sınıflandırılmıştır.

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 kerpicin 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. Kömürcüoğlu (1962) [14], toprak yapı malzemesinin işlem görmeden, ocaktan çıktığı şekilde tokmaklama yöntemi ile kullanılabildiğini belirtmiştir. Ancak bu metotta; itinalı çalışılmasının gerekli olduğuna, aksi takdirde beklenmedik hasarlar olabileceğine dikkati çekmiştir.



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

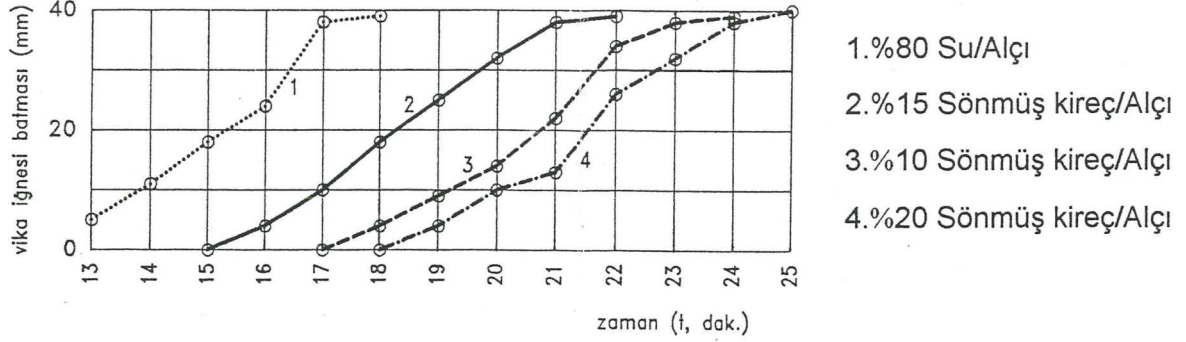
Tekstürel parçalardan kil ve silt gibi ince daneler çakıl , kum boyutundaki iri daneleri birbirine bağlayarak rijitliği sağlarlar, diğer bir deyişle kil betonu (geobeton [15]) oluştururlar. Ayrıca kimyasal maddelerle reaksiyona girerek stabilize olan maddeler de yine kil ve silttir. Dolayısıyla, topraktaki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

Bunların yanısıra , killer içersindeki 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 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ olan jipsin, yaklaşık olarak yarım molekül kristal suyu kalacak şekilde kızdırılarak suyunun uçurulması ve öğütülmesi ile elde edilen ve su ile karıştırılınca, tekrar hidratasyon sırasında bağlayıcılık özelliği kazanan bir yapı malzemesidir ." [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 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. Böylelikle priz (12-13) dakika sonra başlar.



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

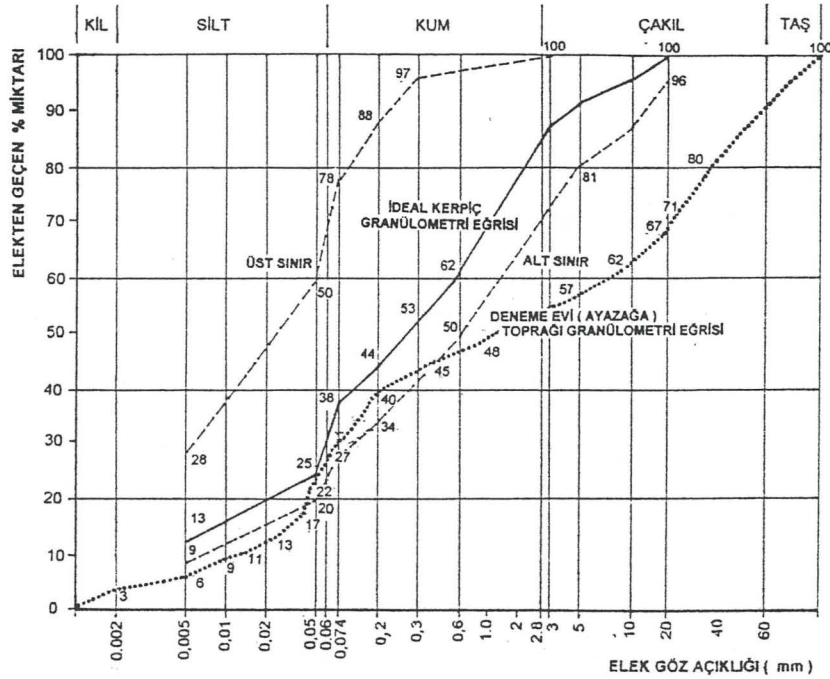
İşlenebilirlik ve mekanizasyonun incelenmesi amacıyla inşa edilen araştırma binası İ.T.Ü. Ayazağa Kampüsü'nde yer almaktadır. İnşaatta kullanılan toprak da aynı kampüs arazisinden temin edilmiştir. Arazinin birkaç yöresinden sağlanan örnekler üzerinde elek analizi , kıvam limiti , birim ağırlık , pH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

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 rötre az olması,

c - az su kullanılan malzemede mukavemetin artması,

d - inşaat sürecinde malzemenin elek işlemi ve süresinden tasarruf edilmesi

avantajlarını getirir.

Alçılı kerpiç çalışmasında ise bağlayıcılık, kilden başka

a) tokmaklama ile yerleştirme

b) alçı ile stabilizasyon

c) kireç ile işlenebilirlik

sistemi ile güçlendirilmiş ve yapı hasar vermeyecek hale getirilmiştir.

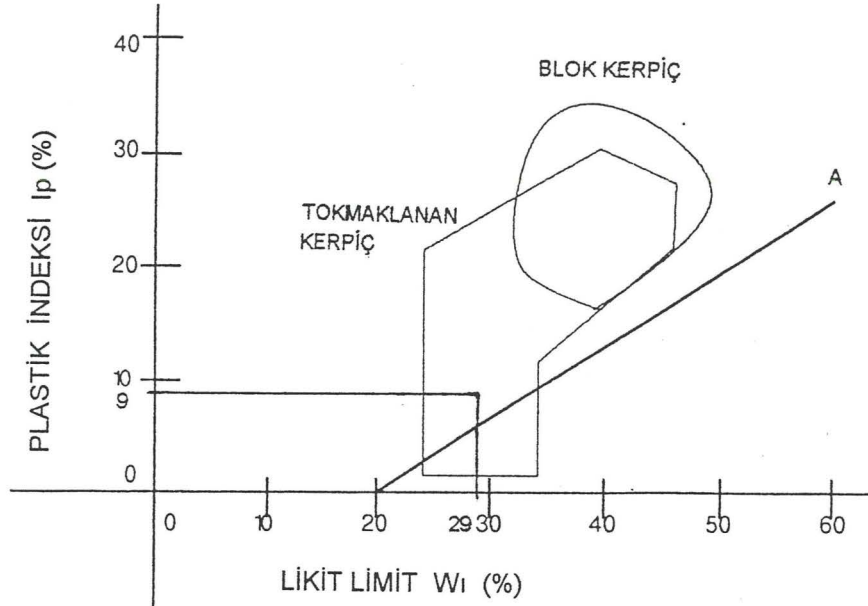
2.2.2.1.2. Kıvam Limitleri

Toprağın su muhtevastaki 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 Labarutuvanı'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 kerpicingin [19] durumu ifade edilmiştir.

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



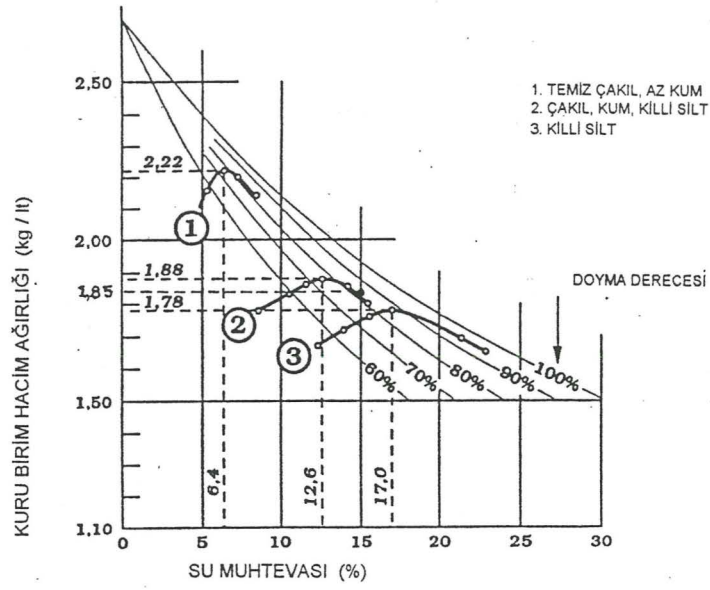
Şekil 2.4 Plastisite Diyagramı [19]

2.2.2.1.3. Birim Ağırlık

Toprağın birim ağırlığının saptanması , katkılı toprak malzemedeki 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 Mekaniği Laboratuvar'ında yapılan Proctor deneyi sırasında, Ayazağa toprağı için %15 su muhtevasına göre birim ağırlık değeri 1850 kg/m³ olarak bulunmuştur.

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].

2.2.2.1.4 pH Deneyi

Stabilizasyon için harca katılan alçının priz süresi asit ortamında yavaşlar. Bu tür etkinin ortaya çıkma ihtimaline karşılık kullanılacak toprağın ortam özelliği incelenmiştir.

Toprağın pH değerini belirlemek amacıyla, TS 3263 [22] 'e göre; 200 gr toprak etüvde kurutularak 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 DEĞERİ	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

Tablo 2.2 Ayazağa Toprağının pH Ortam Özelliği [].

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 (CaCO_3), kalsit'e rastlanmamıştır.

MİNERAL TÜRLERİ	MİNERAL BİLEŞİMİ %	DANE BOYUTU (mm)	DOKU ÖZELLİĞİ
Kuvars	22	0.06 - 0.09	İri-ince taneli,yuvarlak şekilli,kırıklı
Feldspat	14	0.3	Kenarları opaklı malz.ileçevrenilmiş
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	İnce taneli, lifsel, iğne şekilli
Yabancı kayaç	1	0.35	Yarı köşeli
Matriks	46	Çok küçük boyutlu	İnce taneli

Tablo 2.3 Ayazağa Toprağı İçerisindeki Mineral Türleri ve Bileşimleri

2.2.2.1.6. Organik Madde Analizi

Killer içersindeki organik maddeler (kuvars, feldspat, mika v.b.) sadece fiziksel özelliklere (renk verme , rötre azaltma gibi) etki ederler. Oysaki organik maddeler , kil zerreleri 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.

Kullanılan toprağın organik madde içirip 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 , katkılı 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 amacıyla 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 alçıtaşı 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 Deneyleri

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

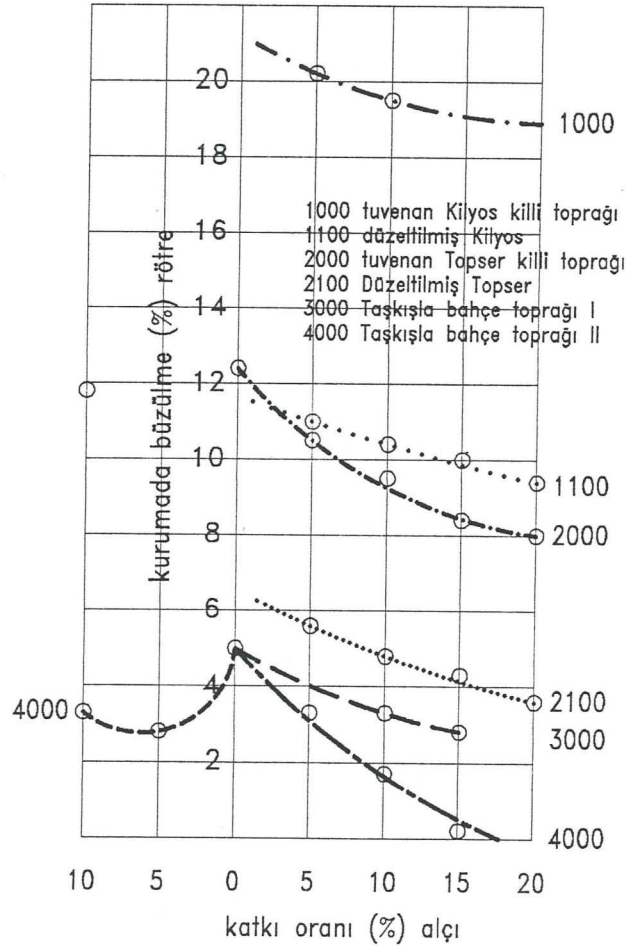
Bu araştırmada yerinde tokmaklama yöntemi ile alçılı kerpiç yapı yapma teknolojisine yönelik birtakım standartların belirlenmesi amaçlandığı için; kullanılacak malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi öngörülmüştür. Öncelikle, daha önce alçılı kerpiç konusunda yapılmış olan çalışmalardan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

2.3.1. Durumun Belirlenmesi (Daha Önceki 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 yaklaştırmaya çalışan kil zerreciklerinin hareketlerini azaltır. Sonuçta , malzeme bünyesinde bir iç gerilme oluşarak rötreye 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 rötrede büyük ölçüde azalmaya neden olmaktadır. Katkı oranının %20' ye çıkartılması halinde ise; katkı rötreye daha az etki etmektedir.

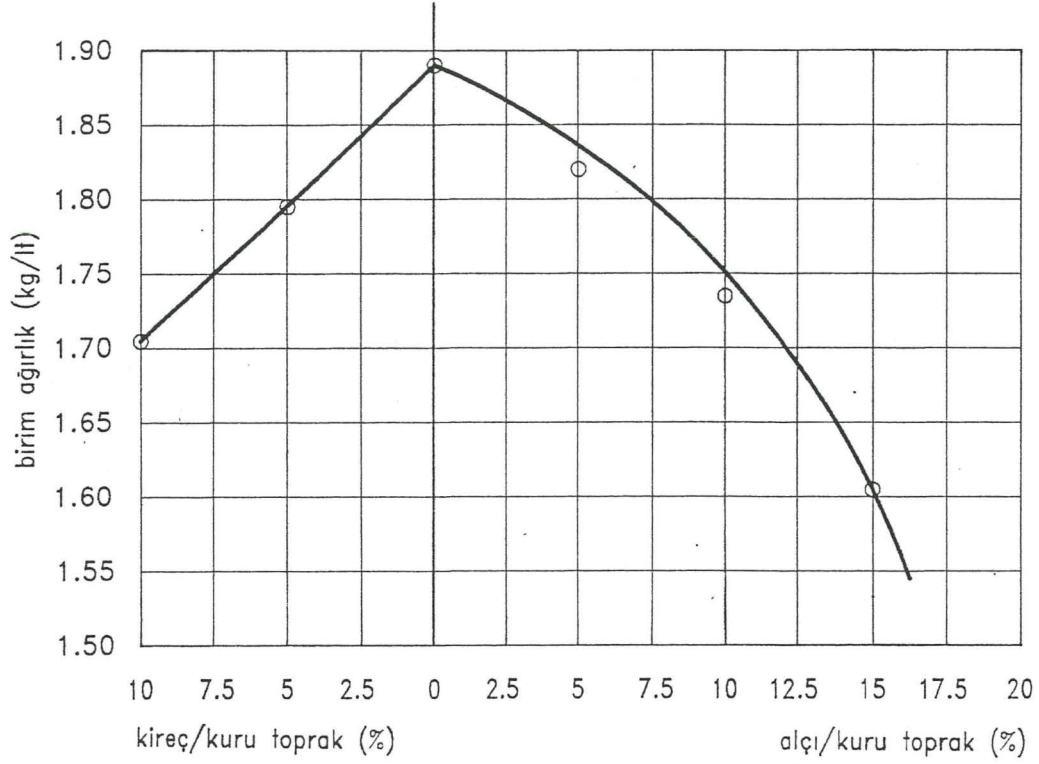


Şekil 2.6 Farklı Toprak Türlerinin Alçı-Kireç Oranlarına Bağlı Olarak Rötire Değişimleri [11].

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

Toprağa katılan alçı rötreyi engellediği 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 bağılı olarak birim ağırlığının değişimi görülmektedir. Buna göre, katkı oranı arttıkça birim ağırlık düşmektedir.



Şekil 2.7 Bahçe Toprağından Üretilmiş Kerpiçlerin Alçı ve Kireç Katkılara Bağlı Olarak Birim Ağırlık Değişimi [11].

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

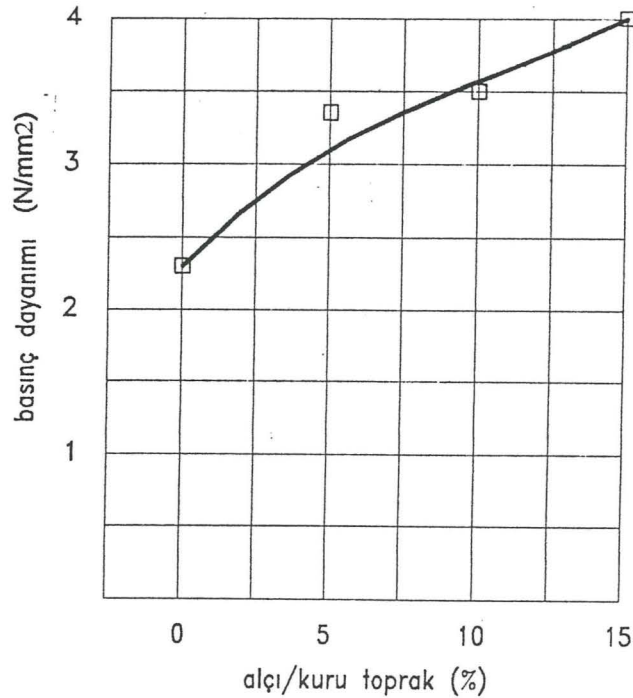
Malzeme	ρ (kg/lt)	λ (kcal/mhc)
Kerpiç (Çimento, saman katkılı)	> 1.70	0.80
Tuğla	1.80	0.70
Bims beton	1.80	0.75
Gaz beton	0.80	0.23
Kireç kum taşı	1.80	0.85
Normal beton (Donatılı)	2.40	1.80

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/mm² olmaktadır. Geleneksel kerpişte ise, 0.8-1 N/mm²'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/mm²'lik, %20 alçı katkılı kerpiç tuğlada da 3.57 N/mm²'lik bir basınç dayanımı elde edilmiştir [27].

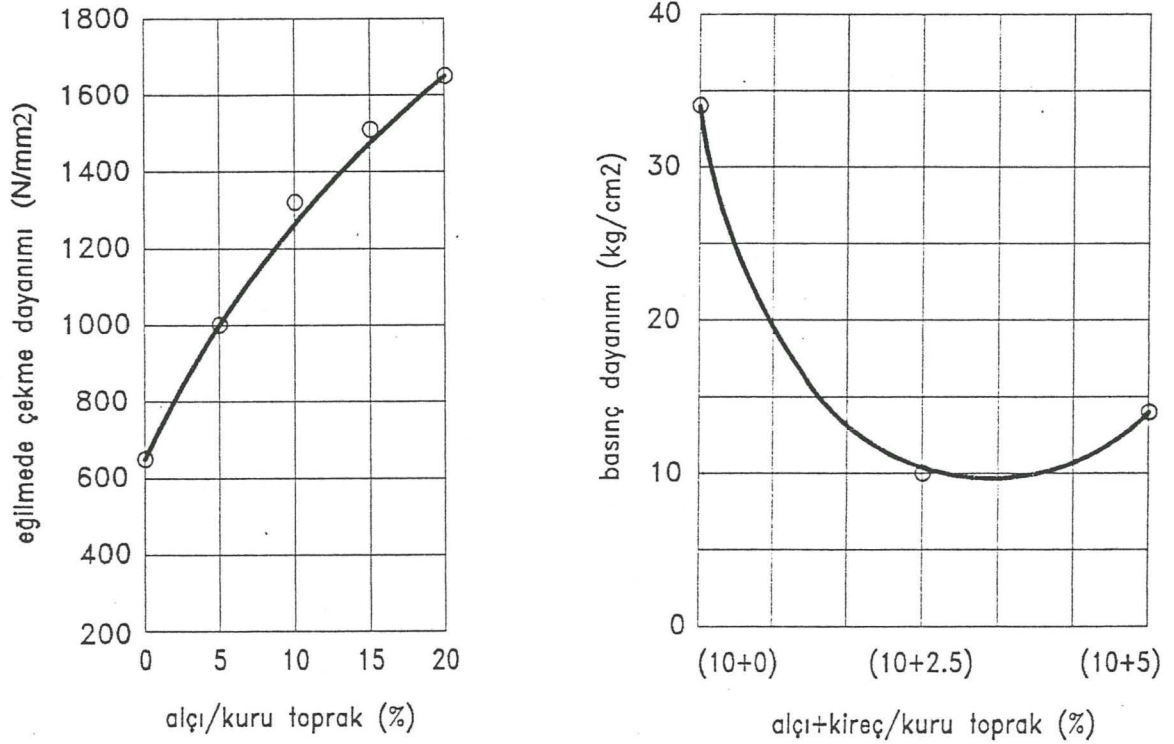
Alçı katkı oranına bağlı olarak basınç dayanımı değişiminin gösterildiği Şekil 2.8'deki grafikte, katkı oranı arttıkça dayanımın arttığı görülmektedir. Ancak %10'dan fazla alçı katılması halinde basınç dayanımı alçı miktarının artması oranında artmamaktadır. Dolayısıyla %10'dan fazla alçı katılmasıyla 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 içersinde 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].

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) , rötreği 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 arası

sürtünme özelliğini, dolayısıyla uzun vadeli stabiliteyi 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 araştırmada ; 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.

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 arttırır. Bu varsayımlara dayanarak, toplam katı malzemeye oranla %16'dan %25'e kadar su katkısı değişimleri denenmiştir.

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) görölmüştür. 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, kireç

malzemenin 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) Tokmalama, 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.

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 granölometrisi 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.

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

- 1) Rötire
- 2) Birim ağırlık
- 3) Kılcallık (suyun zamana bağılı olarak yükselmesi)

deneyleri yapılarak, bulgular değerlendirilmiştir.

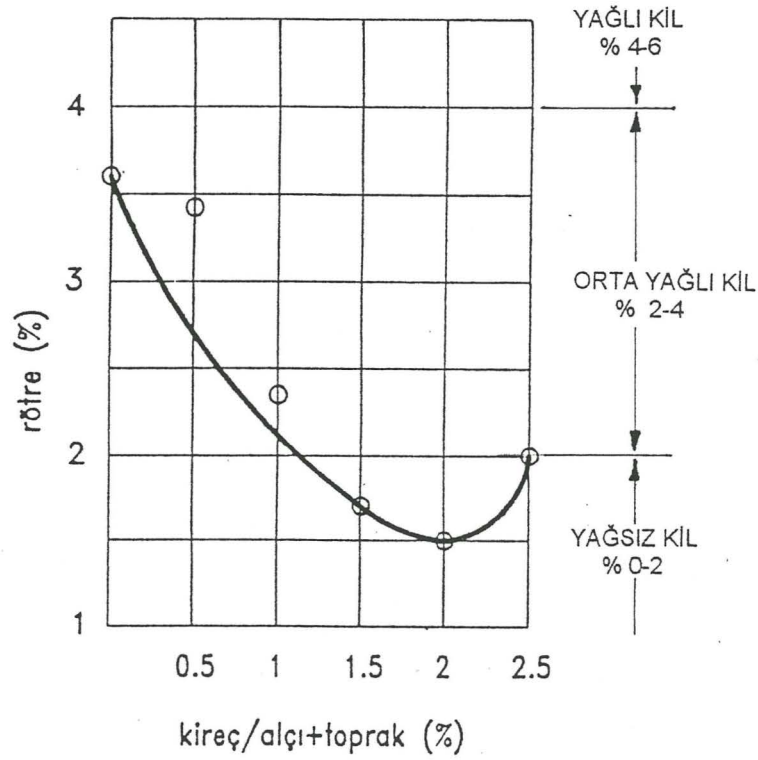
2.3.2.2.2.1 Rötire

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



Resim 2.1. Rötire 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, katkıli alçıdır. Eğriden de anlaşılacağı gibi, kireç katkısı nedeniyle rötrede alçı katkısının etkisine benzer bir durum (Bkz. Şekil 2.6) söz konusudur.



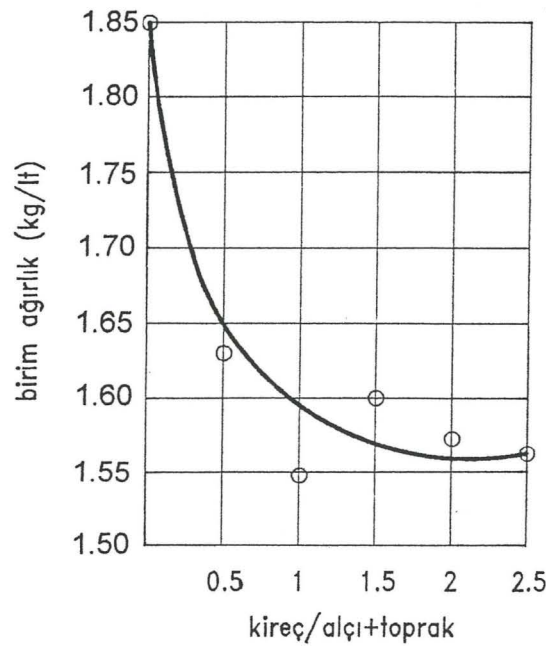
Şekil 2.10. %10 Katkıli Alçı İle Hazırlanan Numunelerde Kireç Katkısı Oranına Bağlı Olarak Rötire Değişimi.

%10 katkısız alçı ile hazırlanan numunelerde ise; %0.5 kireç katkısı halinde %1.88, %2 kireç katkısı halinde ise %1.07 rötre ölçülmüştür.

2.3.2.2.2. 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 grafikte 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 / lt , %2 kireç etkisinde ise 1.744 kg / lt birim ağırlık değerleri bulunmuştur.

2.3.2.2.3. Kılcallık (Suyun Zamana Bağlı Olarak Yükselmesi) Deneyi

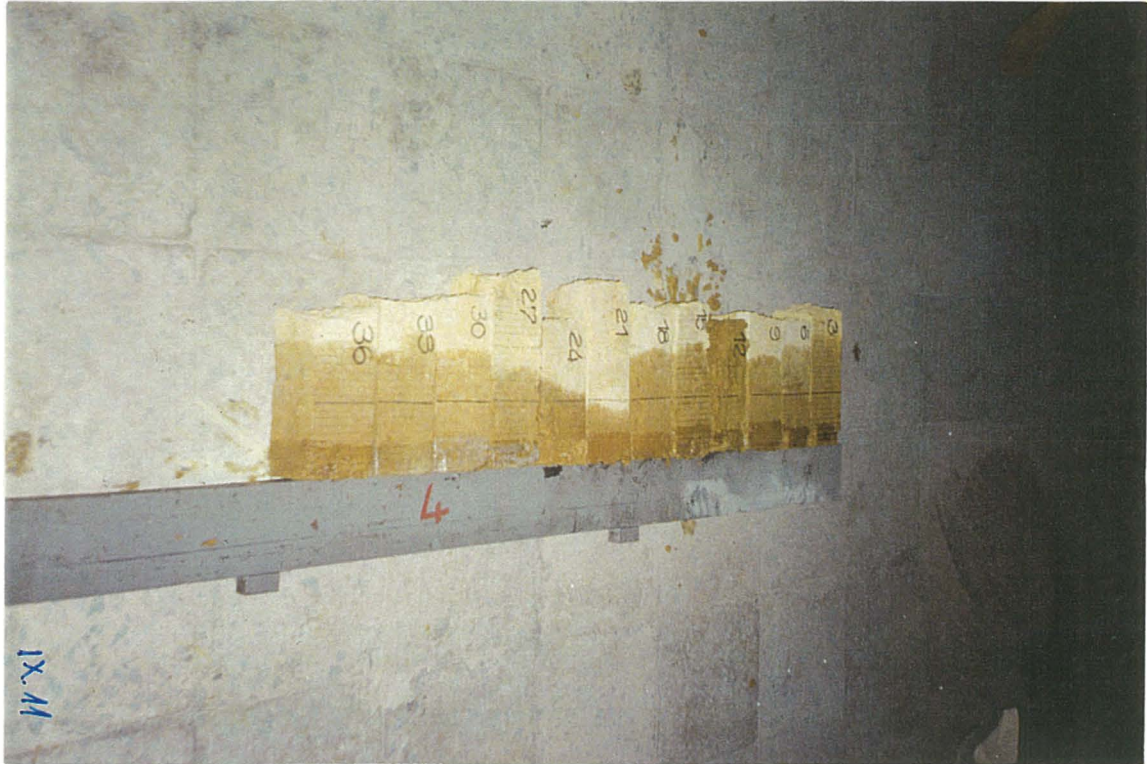
Rötresini tamamlamış numuneler, yan yüzeyleri parafinlenerek cam çubuklar üzerinde su dolu bir kap içersine sadece alt yüzeyleri suya temas edecek şekilde yerleştirilmişlerdir (Resim 2.2). Bu düzenekte 1 saat zaman aralıklarıyla suyun yükselmesi izlenmiştir. 24 saatlik gözlem sonunda %10 alçı katlılı numunede suyun 4cm. kadar yükseldiği (Resim 2.3) , %10 alçı + kireç katlılı numunede ise suyun yaklaşık 17cm. kadar yükseldiği, ancak herhangi bir dağılma olmadığı gözlenmiştir (Resim 2.4). Kireç katkısıyla suyun daha fazla yükselmesi, kirecin hidratasyonunun alçıya nazaran daha uzun sürede gerçekleşmesi nedeniyledir. Ancak uzun vadede hidratasyon [31] gerçekleştikten sonra, kireç katkısının neme ve suya dayanıklılığı arttırdığı bilinmektedir.



Resim 2.2. Kılcallık Deneyi.



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

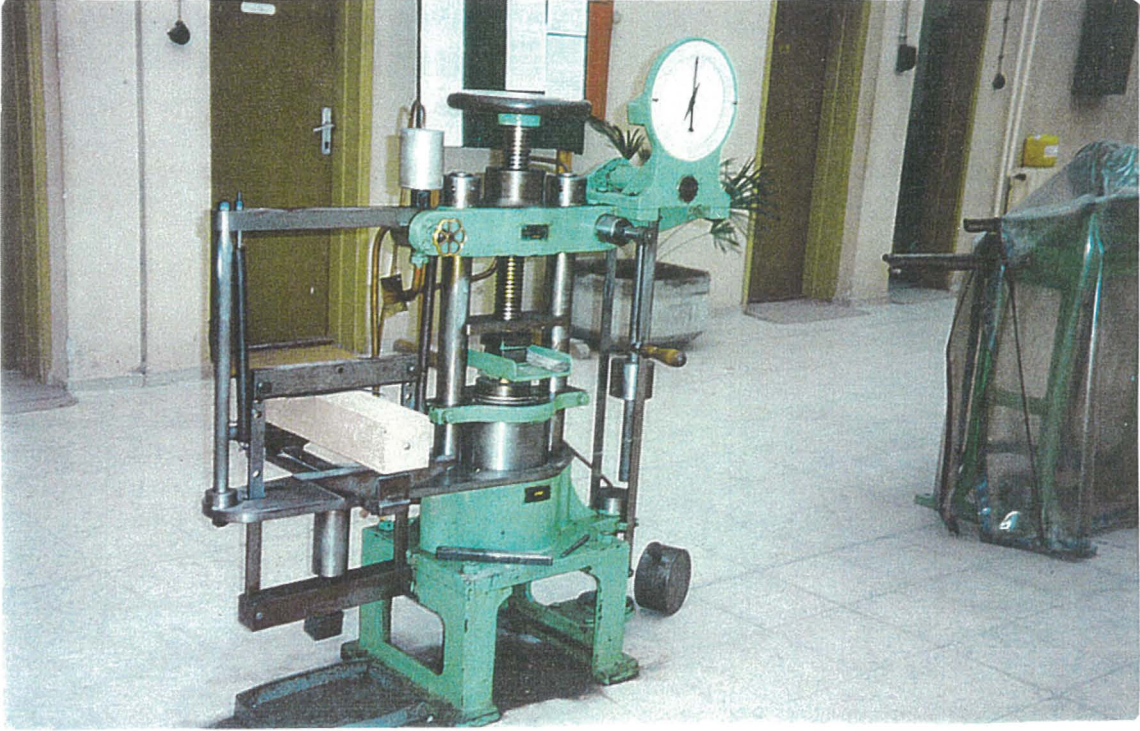


Resim 2.4. %10 Katkılı Alçı + %2 Kireç İle Hazırlanan Numunelerde 24 Saat Sonunda Suyun Yükselme Miktarları.

2.3.2.2.3. Mekanik Deneyler

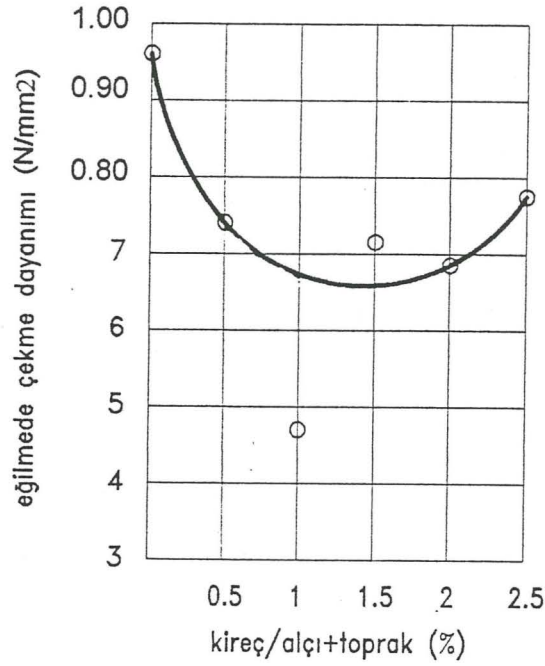
2.3.2.2.3.1. Eğilmede Çekme Dayanımı

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).



Resim 2.5. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi.

%10 katkılı alçı ile hazırlanan numunelerde bulunan eğilme dayanımı sonuçlarına göre (Şekil 2.12); kireç katılmadan önce 0.96 N/mm² olan dayanım , %2 kireç katkısı ile 0.63 N/mm² 'ye düşmektedir. %10 katkısız alçı ile hazırlanan numunelerde ise; %0.5 kireç katkısı ile 0.91 N/mm² , %2 kireç katkısı ile de 0.84 N/mm² eğilme

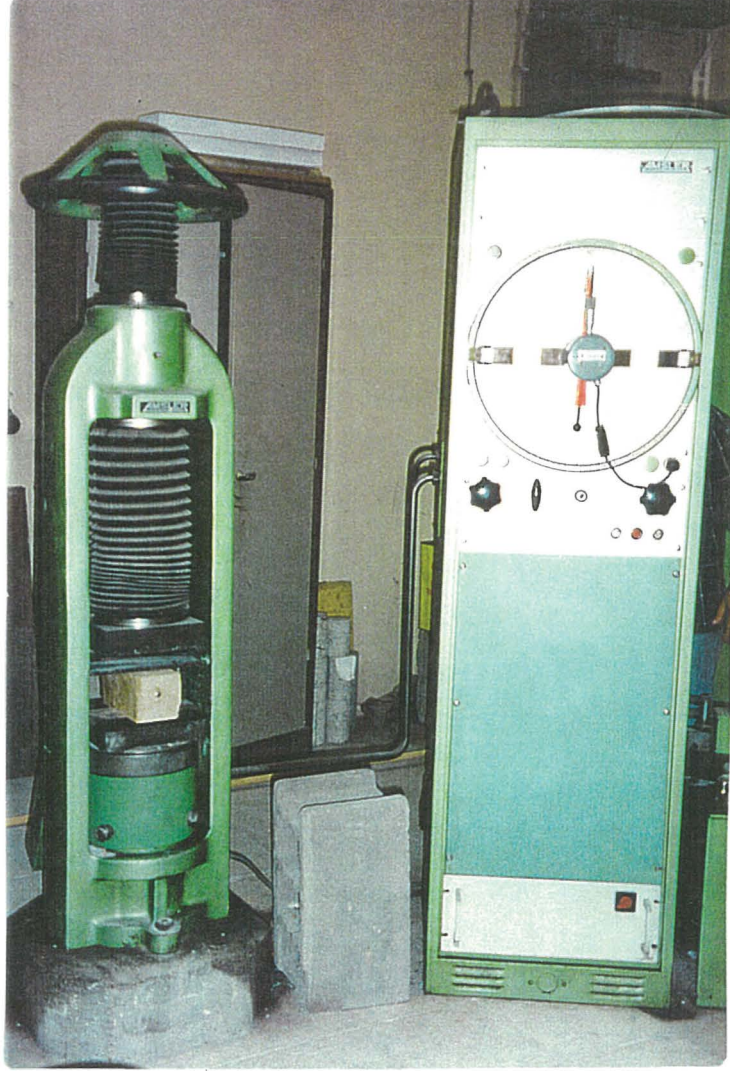


Şekil 2.12. %10 Katkılı Alçı İle Hazırlanan Numunelerde Kireç Katkısı Oranına Bağlı Olarak Eğilmede Çekme Dayanımı Değişimi.

dayanımı elde edilmektedir. Bulunan bu değerler; SIA standartları ile birim ağırlığı 1.60-2.20 kg/ lt olan blok kerpiçler için belirlenmiş . 0.3 N/mm²' lik minimum eğilme dayanımı değerinden yüksektir [19].

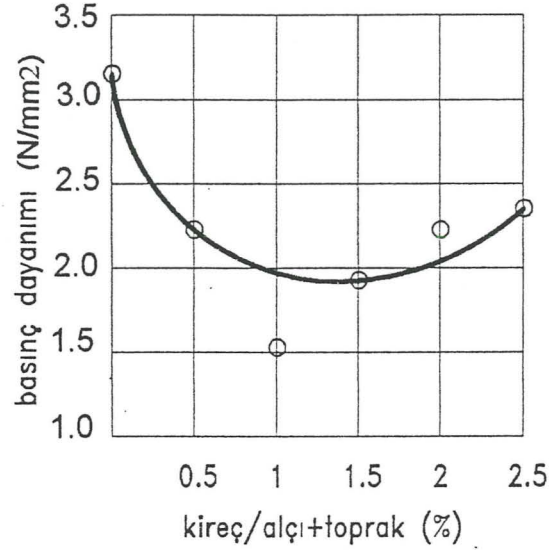
2.3.2.2.3.2. Basınç Dayanımı

Basınç deneylerinde Amsler marka 10000kg-f max. kapasiteli basınç presi 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.



Resim 2.6. Basınç Dayanımı Deneyi.

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



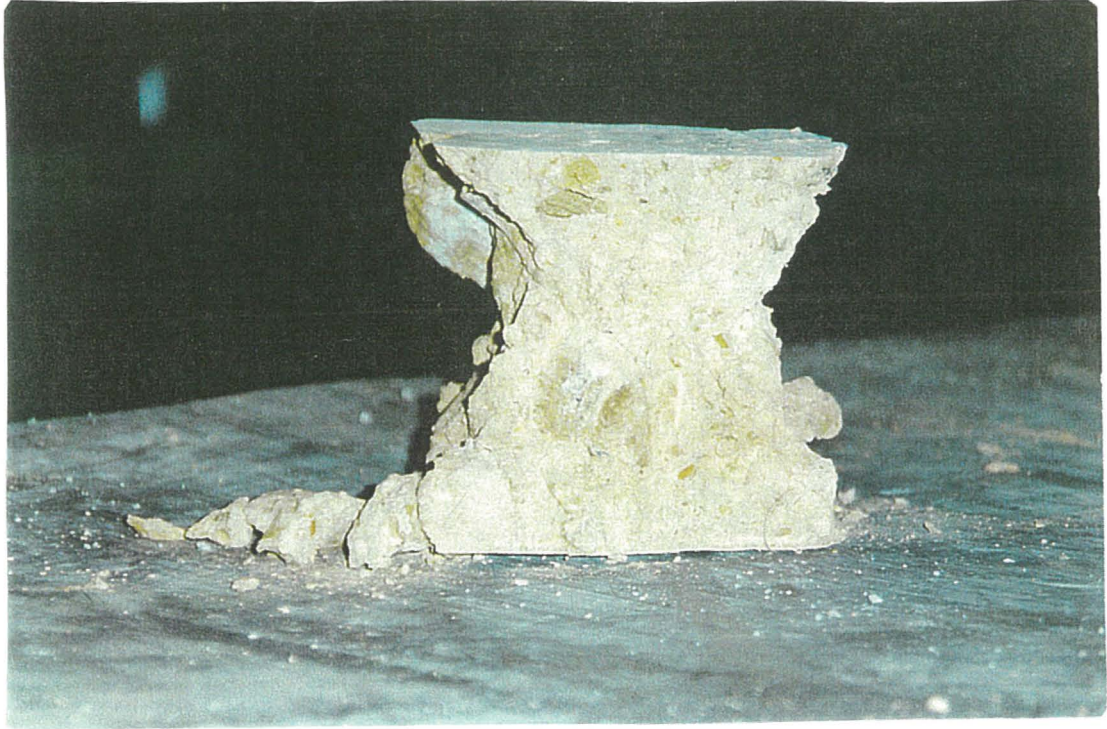
Şekil 2.13. %10 Katkılı Alçı İle Hazırlanan Numunelerde Kireç Katkısı Oranına Bağlı Olarak Basınç Dayanımı Değişimi.

%10 katkısız alçı ile hazırlanan numunelerde ise ; %0.5 kireç katkısı ile 4.02 N/mm²'lik ve %2 kireç katkısı ile 3.63 N/mm² 'lik basınç dayanımı elde edilmiştir. Bu değerler; SIA [19], CRATerre [33] tarafından blok kerpiçler için önerilen 2.0 N/mm² 'lik ve New Mexico Kerpiç Yönetmeliği'nde [16] belirtilmiş olan 250 pounds/inç² (1.75 N/mm²) 'lik minimum basınç dayanımı değerlerinden yüksektir.

Gerek katkılı 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.



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 olduğuna karar verilmiştir.
- * Alçının priz süresini geciktirmek amacıyla kullanılan kireç, önce harç suyuna katılmalıdır. Kireç + su karışımı içersine alçı katılarak elde edilen kireçli alçı, toprak + su karışımına ilave edilerek homojen karışım sağlanmıştır.
- * Duvar yapımı için endüstriyel kalıplara yerinde döküm tekniği kabul edilmiş, karışımın tokmaktama yoluyla yerleştirilmesine karar verilmiştir.
- * 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 KERPİCE UYGUN MEKANİZE İNŞAAT TEKNOLOJİSİ

3.1. Giriş

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

Özellikleri standart aşamasına getirilmiş malzemenin yapı üretim aşamasında uygulanabilirliği ve şantiye mekanizasyonu için arazide bir konut inşaatı gerçekleştirilmiştir. Brüt alanı yaklaşık 100 m² olan her türlü konfor ihtiyacına cevap veren tek katlı müstakil bir konut inşa edilmiştir. Söz konusu 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.

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 universal yatay eksenli betoniye , “PERI Hand - Set” endüstriyel kalıp , vibratör , sarsma tablası , “WACKER” kompaktör , balyoz (tokmak) kullanılmıştır. Bu şekilde universal inşaat makineleri 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 makineleri (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 geliştirmektedir [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 1.00mt. yükseklikten yere bırakılınca dağılmamalı sadece şekil değiştirmelidir.
- Katkı malzemesi : Bitkisel artıklar lifli ,ağaç kökenli
Taş cinsinden katkılar kum , çakıl
- Kazi : Uygun toprak olan yerde, bitki toprağı kaldırıldıktan sonra ocak açılır.
- Eleme : Dane çapları 2 cm'den büyük olan agrega ve yabancı maddeler elenir.
- Harç hazırlanması : Harç çukurları açılır. Toprak ıslatılıp çiğnenerek plastik kıvama getirilir . Katkı maddesi eklenir.
- Harcın dinlendirilmesi : Harç katkı maddesi ile 1-2 gün mayalanması için dinlendirilir.
- Kalıplama : Harç ahşap kalıplara dökülür.Manuel aletlerle yerleştirme yapılır.
- Kurutma : Yağmurdan , sert güneşten korunur , nemlendirmek amacıyla ıslatılan kalıplar rüzgar ve gölgede kurutulur.
- Koruma : Hemen kullanılmayacaksa güneş ve yağmurdan korumak için örtü altına alınır.

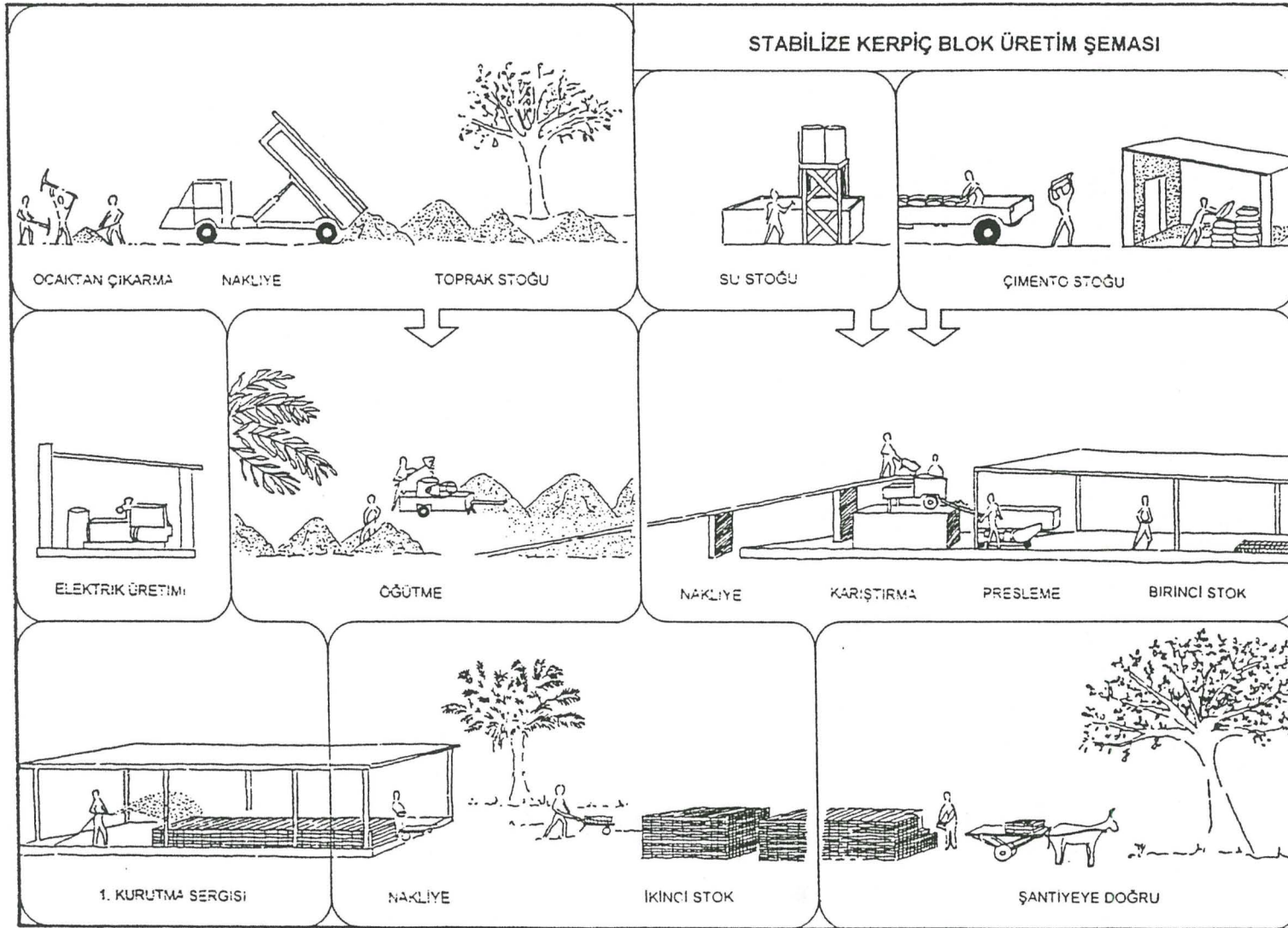
- Taşıma : Üretim yerinin inşaat yerine uzaklığına göre el arabası, ahşap teskere ve traktör kullanılır.
- Örgü : Kireç katkılı toprak harç ile örgü

B) Fransa (Mali için) [20] (Şekil 3.1 - 3.2)

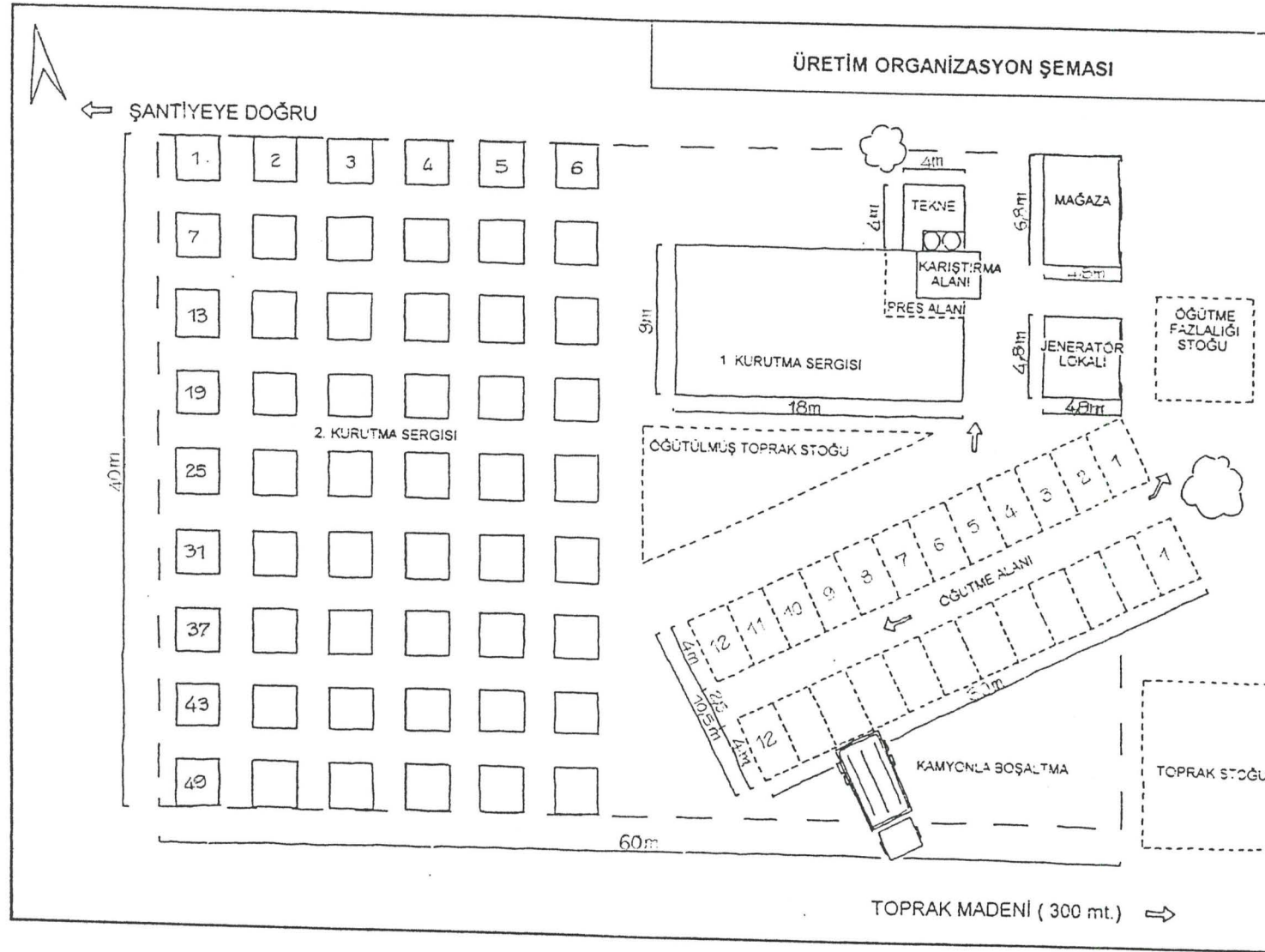
- Zaman seçimi : Blok üretimi için fabrika kuruluyor.
- Toprak seçimi : İçinde laboratuvar değerleri %40 kum + %35 silt + %20 kil olan toprak uygundur.
- Katkı malzemesi : Çimento
- Kazı : Kazma kürek yardımıyla kazı yapılır. Fabrikada stok yapılır.
- Nakliye : Ocağın fabrikaya uzaklığına göre araç gereç kullanılır.
- Öğütme + eleme + depo : İstenen dane büyüklüğünde elenir veya mekanik öğütme makinası ile öğütülür.
- Nakliyat+dozaj+yoğurma : Basit şantiye araçları ile nakliye yapılır. Çimento + su dozajı ayarlanır.Yoğurma makinası ile karışım hazırlanır.
- Pres + nakliye : Motorlu presler kullanılır.
- İlk kurutma : Plastik örtü altında (3 gün) yüzey çatlaklarını önlemek amacıyla ıslatılarak kurutulur.
- Nakliye + 21 günlük stok : El arabaları veya at arabaları ile yapı yerine taşıma
- Örgü : Killi toprak harcı ile örgü

C) İsviçre (Geleneksel) [35] (Şekil 3.3)

- Zaman seçimi : Yaz ve bahar ayları
- Toprak seçimi : İçinde laboratuvar değerleri % 40 kum + % 40 silt + %5 kil bulunan toprak
- Katkı malzemesi : Yok.
- Kazı : Basit inşaat aletleri ile kazı yapılır.
- Nakliye : Uzaklığa göre at veya el arabası kullanılır.



ŞEKİL 3.1 STABİLİZE KERPIÇ BLOK ÜRETİM ŞEMASI / **FRANSA** (MALİ CUMHURİYETİ - SANON KOROKA) []

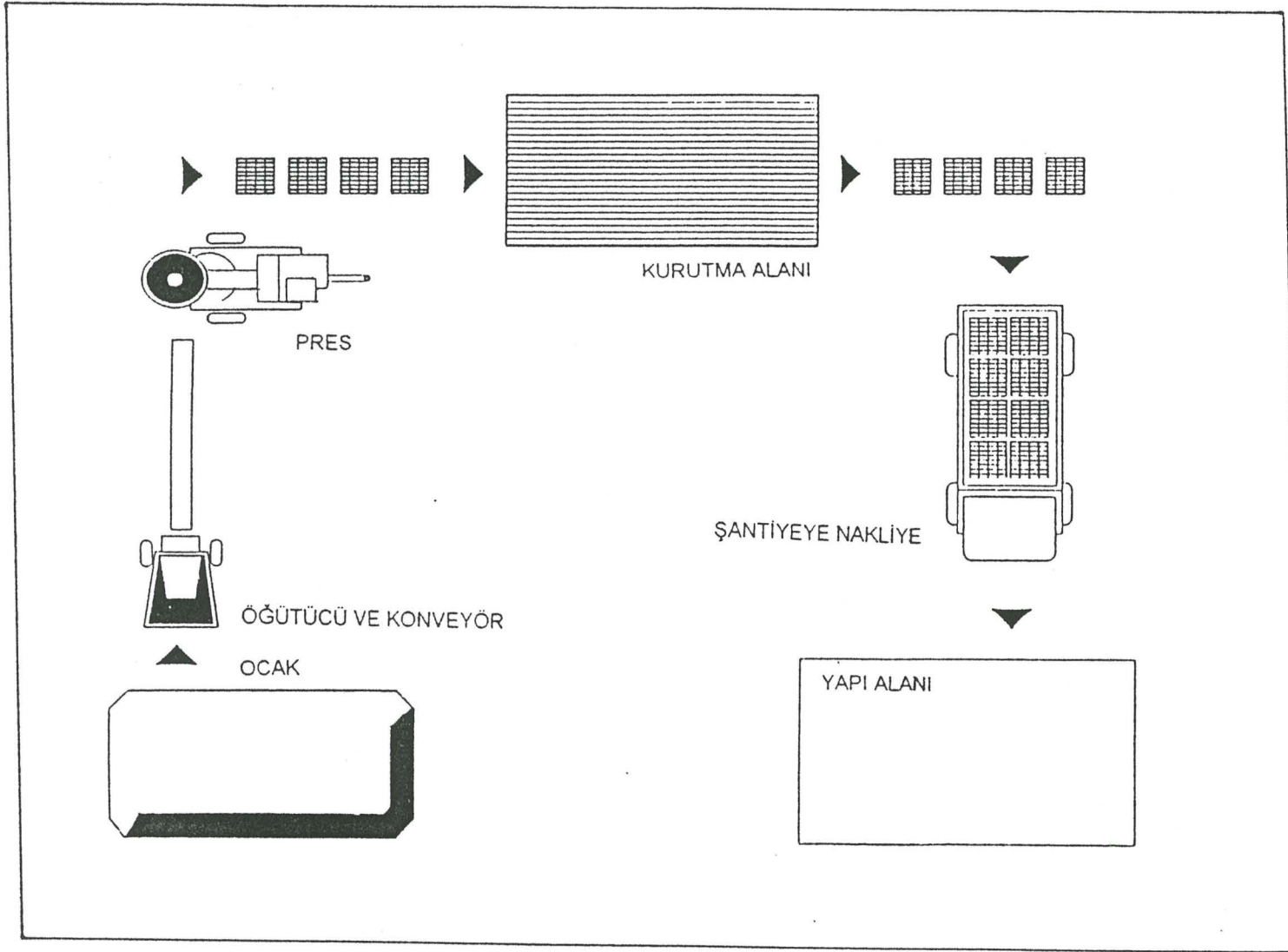


ŞEKİL 3.2 ÜRETİM YERLEŞİM ŞEMASI / **FRANSA** (MALİ CUMHURİYETİ - SANON KOROBA) []

- 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.
- Örne : Harçla örme yapılır.

D) 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 ...
- Kazi : 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 hidratasyona hemen başladığı için derhal üretime geçilir.
- Karıştırma : Betoniyer kullanışlı bulunmadığı için basit aletlerle karıştırma yapılır.
- Kalıplama : Kalıpların içinde elle şekillendirme
- Kurutma : Kalıptan çıkan blok plastik poşetlerde bekletilir.
- İkincil kurutma : Stabilizan çimento ise 3 hafta , kireç ise 4 haftalık kurutma süresi uygulanır.
- Duvar : Harç ile örme işlemi yapılır.



ŞEKİL 3.3 KERPIÇ TUĞLA 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 “ Alçılı Kerpiğin Üretim Olanaklarının Araştırılması “ başlıklı bir yüksek lisans tezi hazırlanmıştır.Tez’de malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi ön planda tutulmuştur.

A) Tez ‘ 84 / 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. Master ile düzeltilir.
- Duvar örme : İki tür kalıpta duvar üzerine kurulur.

B) TÜBİTAK İNTAG-TOKİ 622 / 1995

- Zaman seçimi : 4 mevsim (Üniversal 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 : Kepçe ile ocaktan kazı yapılır.Şantiyede duvar hacminin % fazlası ile toprak stoğu hazırlanır.
- Karışım : Toprak el arabası ile betoniyere konur.Nemlendirilir.
%10Alçı + %2kireç + %19 su oranlarında hazırlanan karışım eklenir.
- Kalıp : Duvar boyutunda çelik konstrüksiyonlu endüstriyel kalıp duvar yerinde kurulur.
- Kalıba taşıma : Küreklerle ,bant konveyörle , loderle ,vinç kovanı ile taşımaya uygundur.
- Sıkıştırma : Tokmak veya kompaktör ile sıkıştırılır.Akıcı plastik kıvamda vibratör kullanılabilir.

3.3. Kerpiç Yapı Şantiyesi

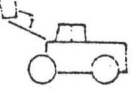
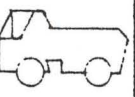
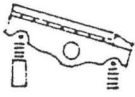
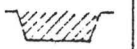
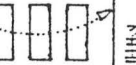
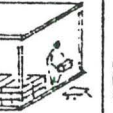
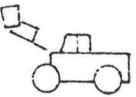
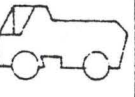
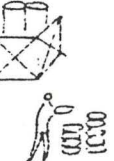
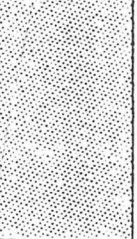
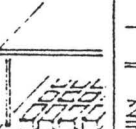
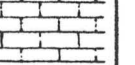
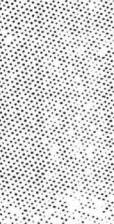
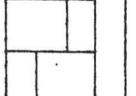
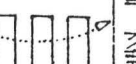
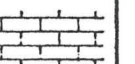
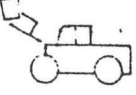
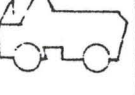
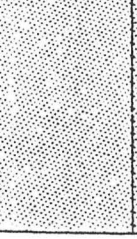
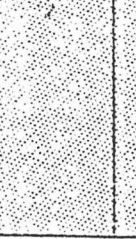
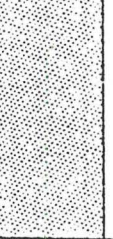
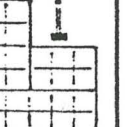
3.3.1. Durum Belirlenmesi

İncelenen 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.

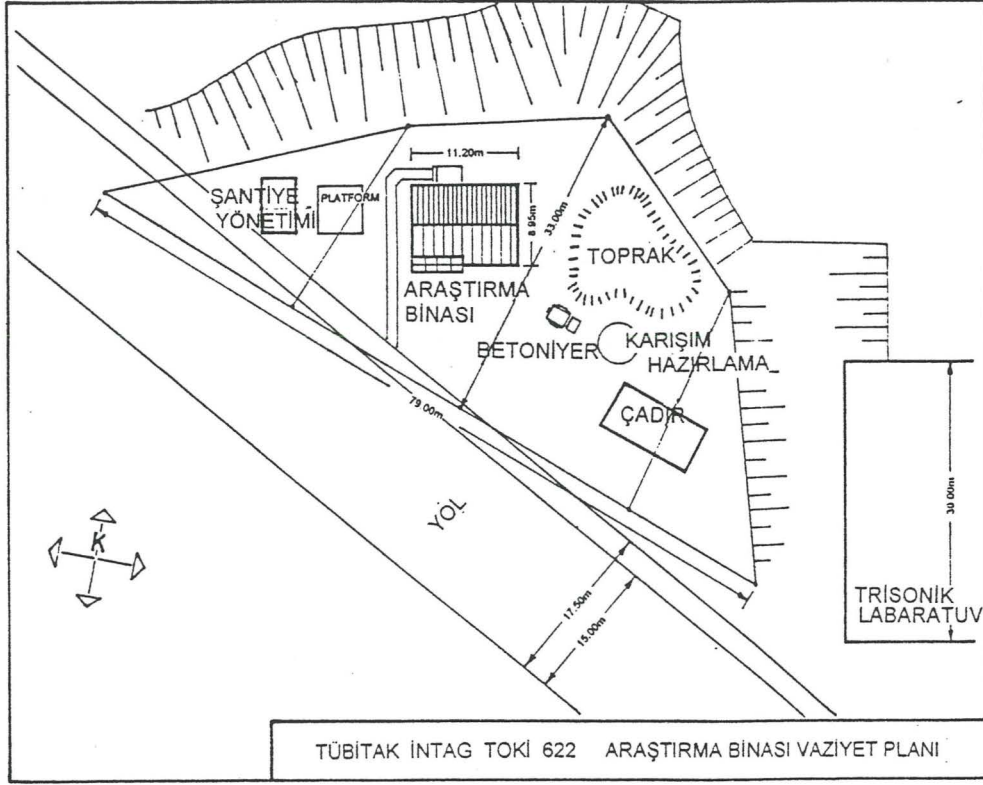
3.3.2. Araştırmanın Katkısı

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).

KERPİÇ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ SÜRECİ KARŞILAŞTIRMASI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
İSVİÇRE	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK	 ELEME OGÜTME	 KARIŞTIRMA	 DİNLENDİRME	 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ÖRME
FRANSA	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK	 ELEME OGÜTME	 KARIŞTIRMA	 DİNLENDİRME	 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ÖRME
ANADOLU	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK	 ELEME OGÜTME	 KARIŞTIRMA	 DİNLENDİRME	 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ÖRME
622	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK	 ELEME OGÜTME	 KARIŞTIRMA	 DİNLENDİRME	 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ŞEKİL VERME TOKMAKLAMA

TABLO 3.1 KERPIÇ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ SÜRECİ KARŞILAŞTIRMASI (İŞLEM KRİTERİNE GÖRE)



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 artırır. 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

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 vermeyenidir [16] . Uygun kerpiç karışımında kullanılacak kil ve kumun içinde suda çözülebilen tuzlar %2 oranından fazla olmamalıdır [19] .

Araştırmada kullanılan toprak bir yandan laboratuvar da 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 / mm²'dir.

6 cm çapındaki taşların kullanılabileceği 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 betoniye boşaltılmıştır. 250 lt.lik betoniye üretim için yeterli görülmüştür (Resim 3.2) .

Toprağın kuruluk oranına , hava şartlarına göre betoniyedeki 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 - betoniye 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 Küreklerle Betoniyere Yerleştirilmesi



Resim 3.3 Ölçeklendirilmiş Kovalarda Alçı + Kireçli Su Karışımının Hazırlanması

Karışım da 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

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

- 50 kg toprak = 1 dolu el arabası (0.06 m³)
- 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).



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

3.3.2.3 Kalıp

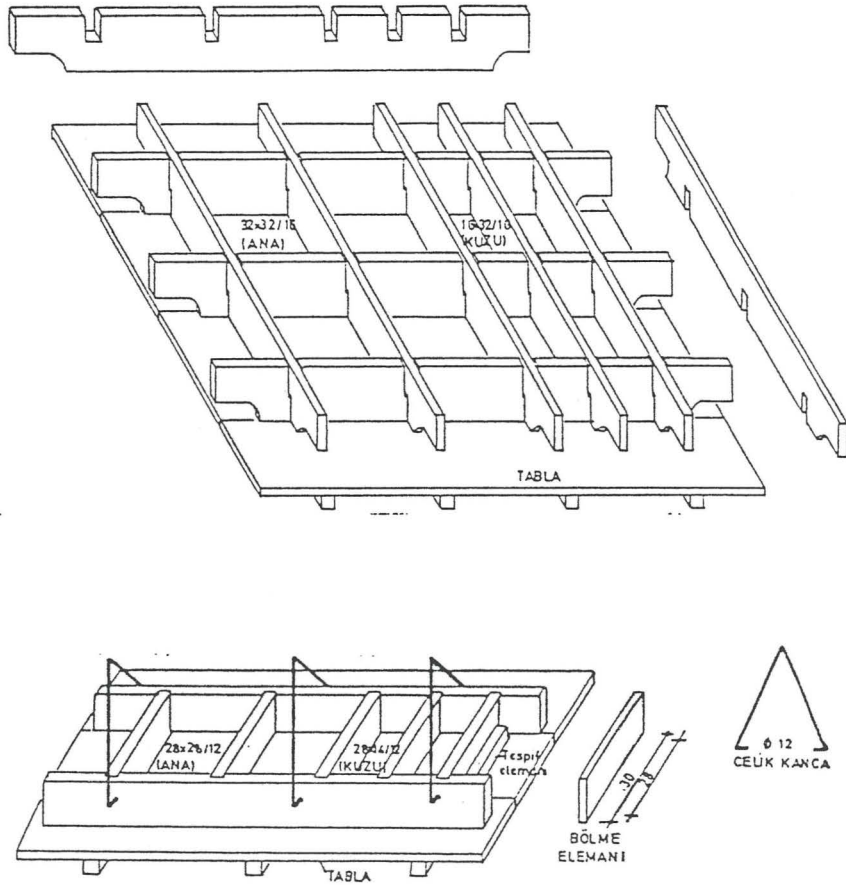
Dünya üzerinde kerpiç yapı olarak değişik inşaat teknikleri ve kalıp çeşitleri vardır. Ülkemizde ise kerpiç örme duvar ve kerpiç blok üretimi ile inşaat tekniği en çok görülmektedir. Tokmaktama metoduna genellikle bahçe duvarı yapımında rastlanır. Bu metot ile yapılan üretimin dayanımı konusunda kullanıcıların bazı sorunları olmuştur. Bağlayıcıların sadece kil ve toprakla olduğu kerpiç duvarda, tokmaktama 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.

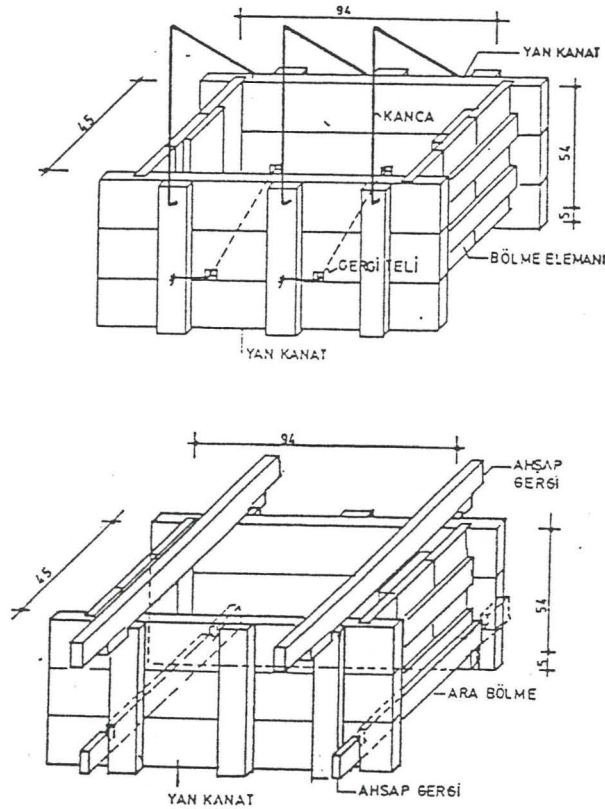


Şekil 3.5 Geleneksel Kerpiç Tuğlası Döküm Kalıpları

B.Yerinde Döküm Kalıpları

B.1. Münferit Yerinde Döküm Kalıpları

Duvar yerinde kurulan kalıplara harç dökülerek duvar elde edilir (Şekil 3.6) . Günlük dökümlerde görülebilecek rötrenin 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]

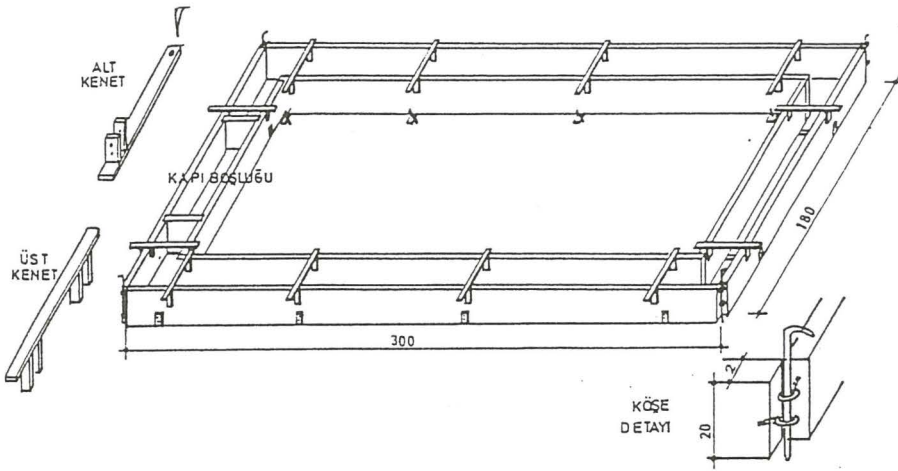


Şekil 3.6 Münferit Yerinde Döküm Kalıbı

Kalıbın zayıf olduğu ve tokmaktama sırasında rijitliğini ve basınca dayanıklılığını kaybettiği görülmüştür.Kalıbın tokmaktama sırasında açılabilcek 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.



Şekil 3.7 Sürekli Yerde Döküm Kalıbı

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 Yerinde 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 sağlaması , hızlı montaj devir ve söküm olanakları , yenilenebilme ve tüm teknik sorunlara çözüm getirebilmesi , ömrünün uzun olması bu tür kalıpların ekonomik olduğunu gösterir özellikleridir.

Bu tüp kalıplar vinçten bağımsız , pano boyları 30 cm'nin katları şeklindeki modüler kalıplardır. En büyük panel olan 150x90 cm boyutundaki panelin ağırlığı 39.4 kg'dır. Panellerin hafifliği işçinin çalışma süresini daha verimli hale getirmektedir. Diğer bir avantaj da nakliye masraflarındaki azalmadır.

Beton teknolojisi için dizayn edilen bu kalıplar 50 KN / m² basınca dayanıklı olup panolara gelen hidrostatik harç basıncı kalıpları karşılıklı bağlayan her biri 9 ton çekmeye dayanımlı çelik bağlantı çubukları (tie-rod) tarafından karşılanmaktadır. Bu çubuk geçişleri 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 çelik iskelete perçinlerle bağlanmıştır. Çelik iskeletin genişliği 8 cm'dir. Bu genişlik kalıpların bağlantılarını kolaylaştırmıştır. Terazi ve şekül işlemlerine rasyonellik getirilmiştir. Kalıp düzlemleri her yerde aynı olduğundan sıva için kullanılacak malzeme sarfiyatı da az olacaktır. Plywood malzemenin bir yüzü eskirse sökülerek öbür yüzü takılabilir veya gerekirse yenisiyle değiştirilebilir. Böylelikle kalıplar sınırsız sayıda kullanılabilir [37] (Resim 3.7) .

3.3.2.3.2 Kalıplama - Şekil Verme

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



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



Resim 3.8 Kalıpların Temizlenip Yağlanması

Betoniyerden el arabaları ile getirilen karışım küreklerle kalıbın içine boşaltılmıştır. (Resim 3.9).



Resim 3.9 Karışımın El Arabasından Kalıplara Boşaltılması

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).

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)



Resim 3.10 Kalıba Dökülen Harcın Balyozla Sıkıştırılması



Resim 3.11 BS 45 Y Tipi Benzin Motorlu WACKER Vibrasyonlu Kompaktör

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. Tokmaktamadan dolayı oluşan kavernli yüzey sıva tutunmasına yardımcı olmaktadır.

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 kullanılamadan kırılmıştır (Resim 3.12). .



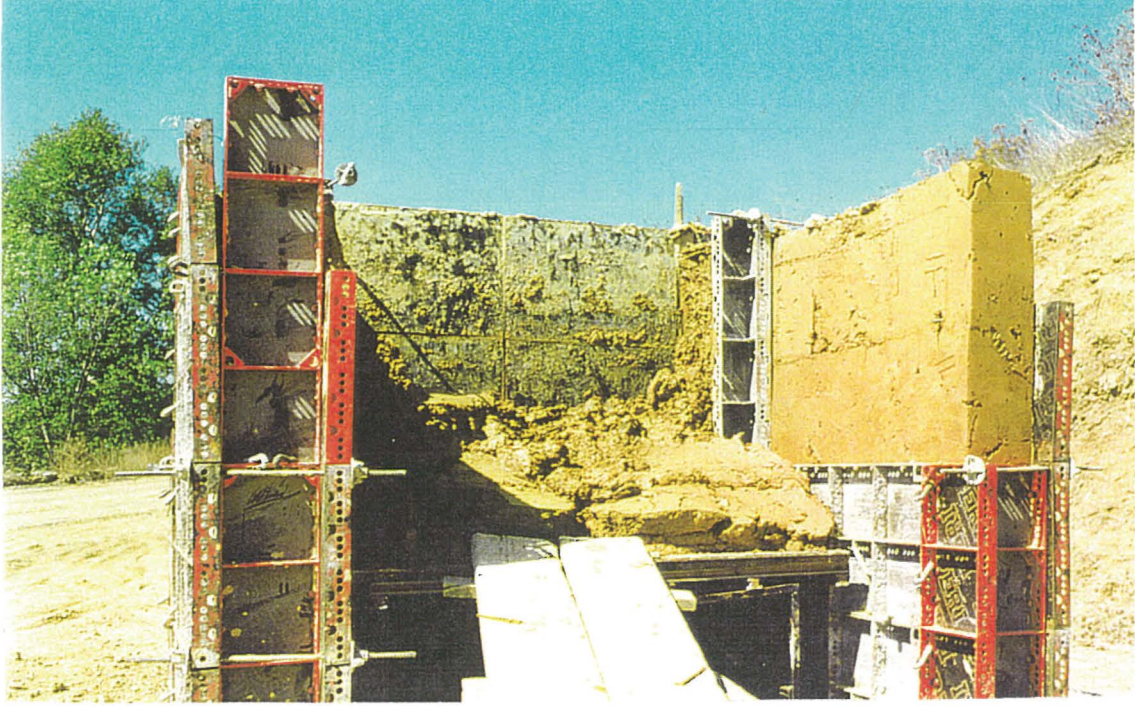
Resim 3.12 HILTI Ve Sıkıştırma İşlemi İçin İmal Edilmiş Özel Ucu

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 başvuru rönvibrasyon, alçının priz süresi içinde ve tekniğine uygun yapılamadığı için bu işlem den yararlanılamamıştır. Alçının prizinin kırıldığı , şekillendirmenin artık mümkün olmadığı görülmüştür (Resim 3.14).



Resim 3.13 Akıcı Plastik Kıvamlı Karışımlarda Şişe Vibratör Kullanılması



Resim 3.14 Alçının Priz Süresi Dışında Uygulanan Rövibrasyon Metodunun Sonucu

3.3.2.4 Kürlleme - Bekleme - Stoklama - Nakliye

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

Bu aşamalardan özellikle kürlleme 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 m²'lik bir arazi ayrılmıştır (Şekil 3.2). Bir yandan büyük ön hazırlık alanı , diğer yandan ilk yatırım ve tesis kurma maliyeti , toplam üretim maliyetini artırır.

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.

Özellikle endüstriyel ve rasyonel kalıplar kullanılarak yerinde tokmıklama 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.

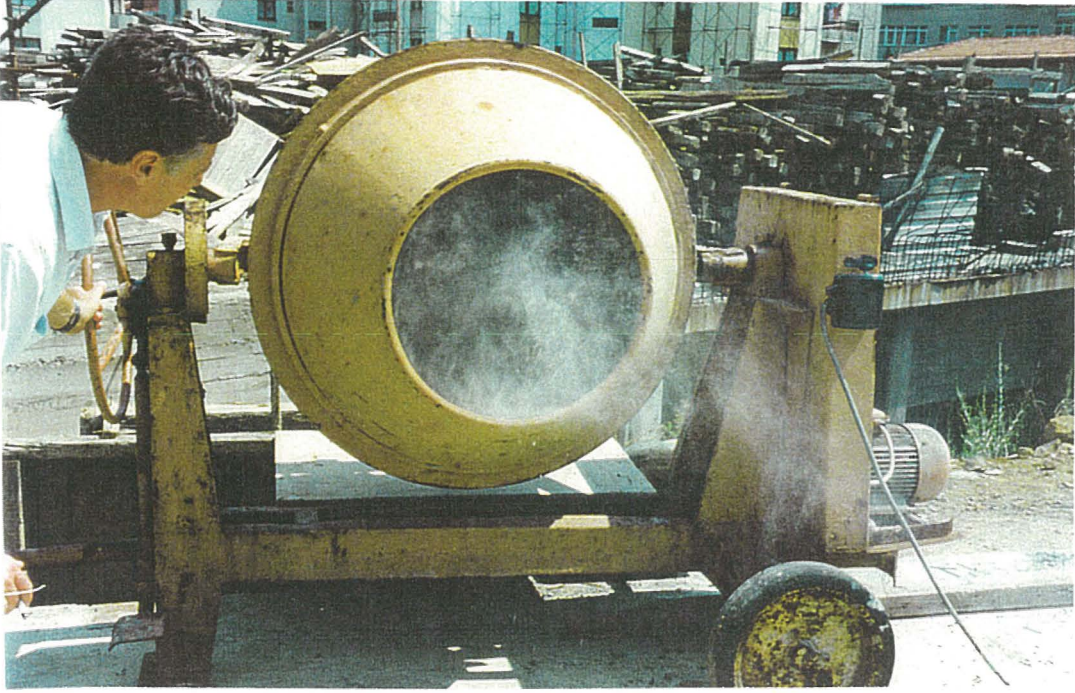
3.3.2.6. Dökme Duvar Sistemi

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).



Resim 3.16 Kuru Kıvamdaki Karışımın Sıkıştırılmasının Zorluğu



Resim 3 .17 Kuru Kıvamdaki Karışım İle Elde Edilen Kerpiç Numunesi

2. Bu karışım alternatifinde % 25 su oranı ile likit kıvam elde edilmiştir.Harç betoniyerden kendi akışkanlığıyla direkt kalıba boşaltılmıştır(Resim 3.18).



Resim 3.18 Likit Kıvamlı Harcın Kalıba Boşaltılması

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



Resim 3.19 Likit Kıvamlı Karışımlarda Görülen Segregasyon

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

3. % 22 su oranı ile hazırlanan karışım da daha önce de belirtildiği gibi laboratuvar da 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

4. % 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.



Resim 3.21 Kohesiv Karışımın İşlenebilme Güçlüğü

B. 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 kerpicin 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.



Resim 3.22 Kesintili Dökülen Duvar Örneği

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).



Resim 3.23 Farklı Zamanlarda Dökülen Duvarlardaki İş Derzi Problemi

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

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 çatlağı görülmemiştir.

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

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.



Resim 3.25 Basamakların Min.50 cm Olması Halindeki Çalışma Güçlüğü

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 gereklilikler ;

- a. Yapı sistemleri
- b. Koruyucu sistemler

başlıkları altında toplanabilir.

a. Yapı sistemlerinin gereklilikleri

- * Taşıyıcı sistem tiplerinin belirlenmesi
- * Proje özelliklerinin 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 - nem

düzeni içerisinde açıklanmıştır.

* 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 giydirme cepheler ,
- yalıtımlar başlıkları altında incelenmelidir.

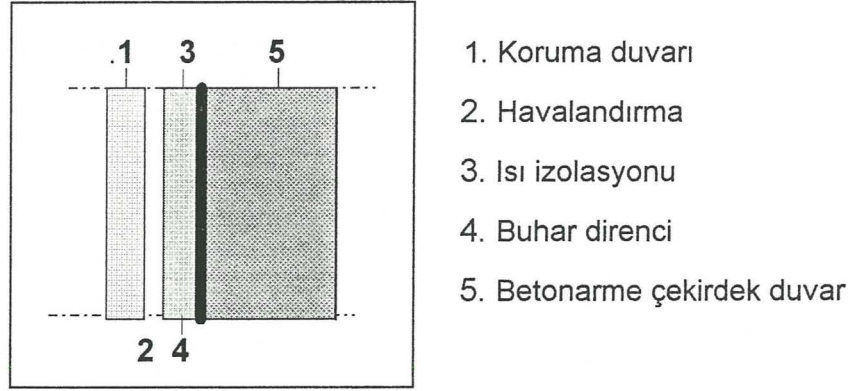
Yapı malzemeleri yangındaki davranışlarına göre A ve B olarak iki sınıfa ayrılmışlardır.Tablo 3.2 'de yanma davranışına göre sınıfların kodları görülmektedir [38]

Malzeme Sınıfı	Davranış	Malzeme Türü
A	Yanmaz	
A1		Beton
A2		Taş yünü
B	Yanar	
B1	Zor alev alan	Ahşap
B2	Normal alev alan	Sert köpük izolasyon malz.
B3	Kolay alev alan	Pamuklular

Tablo 3.2 Malzemenin Yangında Davranış Sınıfı [38]

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



Şekil 3.8 Isı-Nem Dengesi Düzeltilmiş Betonarme Dış Duvar (İzolasyon dışarıda)

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.

Malzeme	$\rho(\text{kg/m}^3)$	Kalınlık d (cm)	Alev alma / duman	Elemanda yangına dayanım süresi
Masif kerpiç	2000	25	—	F 180
		15	—	F 120
Hafif kerpiç	900	25	—	F 180
Beton	2300	20	—	F 180A

Tablo 3.3 Kerpiç Yapının Ve Malzemesinin Yangındaki Davranışı [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.

* Ses performansı

İstenmeyen seslere gürültü denilmektedir. Sesin şiddeti dB ile gösterilir. 65 dB'e kadar olan ses şiddeti insanda psikolojik rahatsızlıklara, 70dB'den yüksek olan ses nöro-vegetatif 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 kerpicin kullanılma kalınlığına göre ses yutuculuğu Tablo 3.5 'da gösterilmiştir.

Hava sesi	$\rho(\text{kg/m}^3)$	30dB	40dB	50dB	55 dB
Masif kerpiç	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/m³ birim ağırlığındaki malzeme, 45cm kalınlığında duvar olarak kullanıldığına göre, havada yayılan 55dB'den fazla gürültü duvar tarafından yutulacaktır.

* 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.

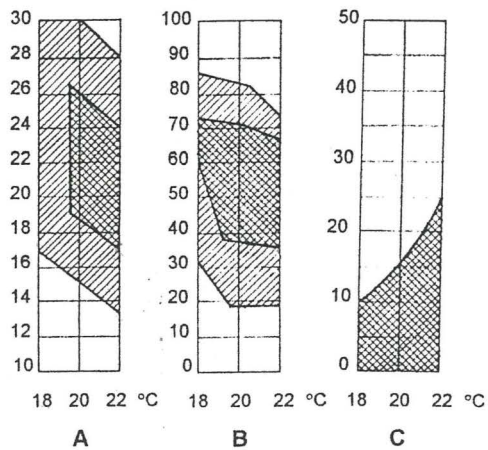
Ortamdan beklenen performans , herhangi bir yapma çevredeki insanın iklimsel açıdan konforunda olabilmesi için o çevrede etkili olan iklimsel eleman belirli değerlerde olmalıdır [44] . Bu değerler kısaca ;

* bağıl nem % 50

* ortam sıcaklığı 21 - 25,4 °C

* eleman yüzey sıcaklığının ortamdaki farkı + 3 °C

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



A) ϑ_{im} , duvar yüzey sıcaklığı (°C)
 B) ϕ , ortam bağıl nem (%)
 C) v , duvar yüzeyinde hava hızı(cm/s)

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

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 ϑ_a , iç ortam sıcaklığı ϑ_i , relatif ortam nemi φ , bağıntısı içerisinde vermektedir.Tabloda ϑ_s çiğlenme sıcaklığıdır.

ϑ_a	ϑ_i	+10 C			+ 15 C			+ 20 C		
	φ	50%	60%	80%	50%	60%	80%	50%	60%	80%
	ϑ_s	0,1	2,6	6,7	4,7	7,3	11,6	9,3	12,0	16,4
-10		2,97	2,19	0,99	2,71	1,85	0,82	2,14	1,60	0,72
-5		3,96	2,92	1,32	3,39	2,31	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	3,20	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]

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 enejisi de azalmış olacaktır.Ülkeler bunu göz önünde bulundurarak yönetmeliklerdeki bu değerleri aşama aşama küçültmektedirler. Avrupa topluluğu ülkelerinden Almanya'da k - değeri 1993'te:

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_D	<	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.

1. İklim Bölgesi < 1,9 kcal / m² h °C
2. İklim Bölgesi < 1,6 kcal / m² h °C
3. İklim Bölgesi < 1,3 kcal / m² h °C

Alçılı kerpiç duvarın 1. Deneme Yapısında elde edilen ısı ^{iletkenlik}geçirme katsayısı ^{7/} $k=0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ dir. Bu değer bir senelik ölçümlerden elde edilen değerlerle hesaplanmıştır. Araştırmanın sonuçları [46] 1987'de Amman 'daki Birleşmiş Milletler toplantısına götürülmüştür.

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

Birim Ağırlık , ρ (kg / m³)

Isı İletkenlik , λ (W / mK)

Özgül Isı , c (kJ / kg K)

Buhar difüzyon direnci , μ (boyutsuz)

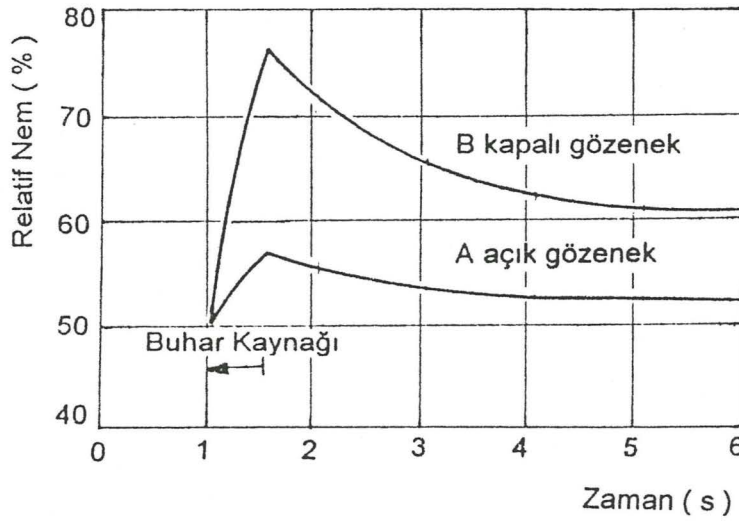
Tablo 3.8 ' da bazı yapı malzemelerinin ısısal davranışını etkileyen fiziksel özellikleri , kerpiç yapının fiziksel özellikleri ile karşılaştırılmak üzere verilmiştir.

	Malzeme	ρ	λ	c	μ (20°C/%60)
[SIA] 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 Terre	Masif kerpiç	2000	0,46-0,81	1,0	10,0-11,0
	Çimentolu kerpiç(%8)			0,65-0,85	
	Hafif kerpiç	1200	0,47	1,0	8,0-10,0
[Al-ker]	Alçılı kerpiç	1600	0,40	-	-

Tablo 3.8 Bazı Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri

Mekanı çevreleyen yapının buhar emme özelliği d ($10 \text{ kg} / \text{m}^2 \text{ h}$) 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 200gr. 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.



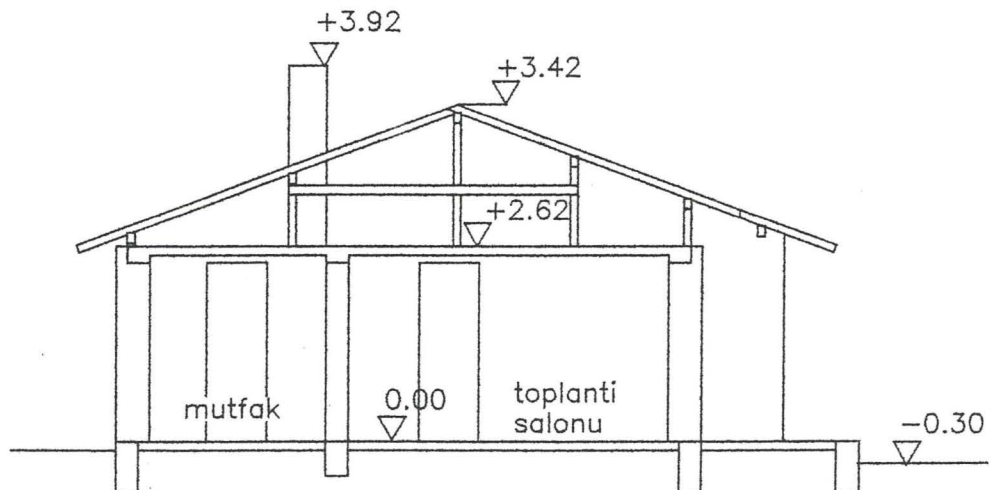
Şekil 3.9 Bağıl Nemin Duvar Yüzey Özelliğine Göre Değişmesi [39]

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).

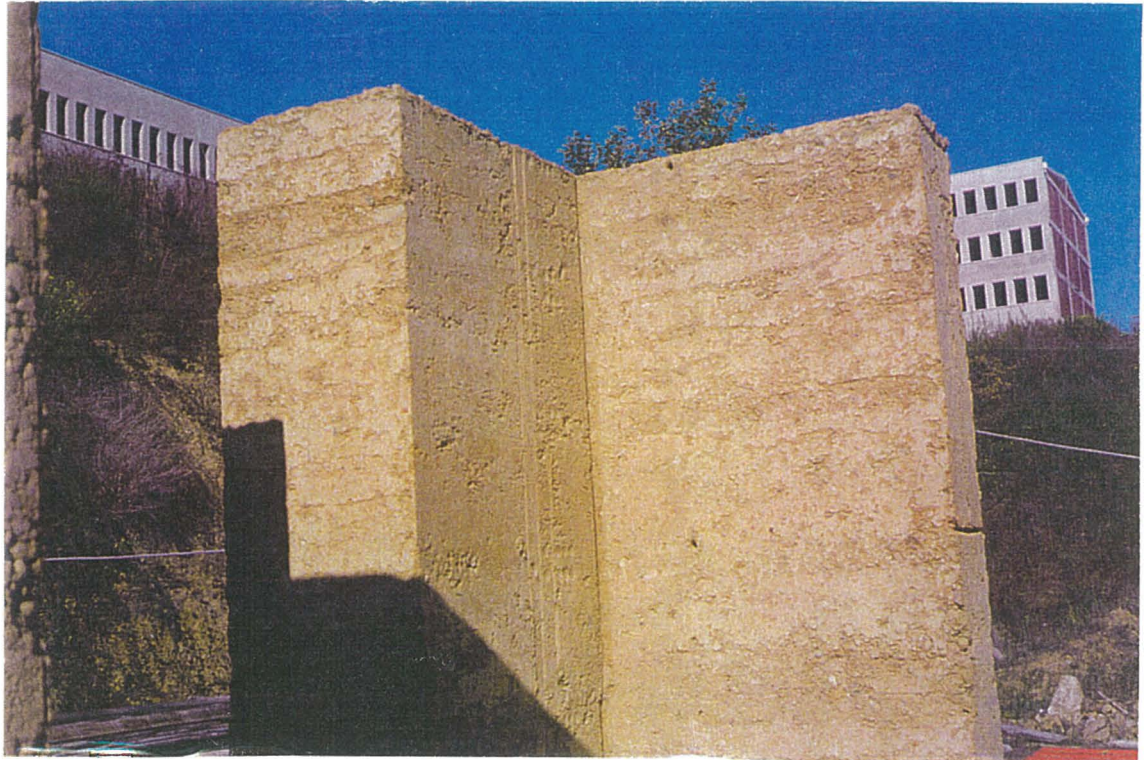
Bu projenin inşaat sürecinde , duvar yapım aşaması hariç , tüm aşamalar günümüzün inşaat süreci ile eşdeğerdir.



Şekil 3.10 İNTAG TOKİ 622 Alçılı Kerpiç Yapı Projesi



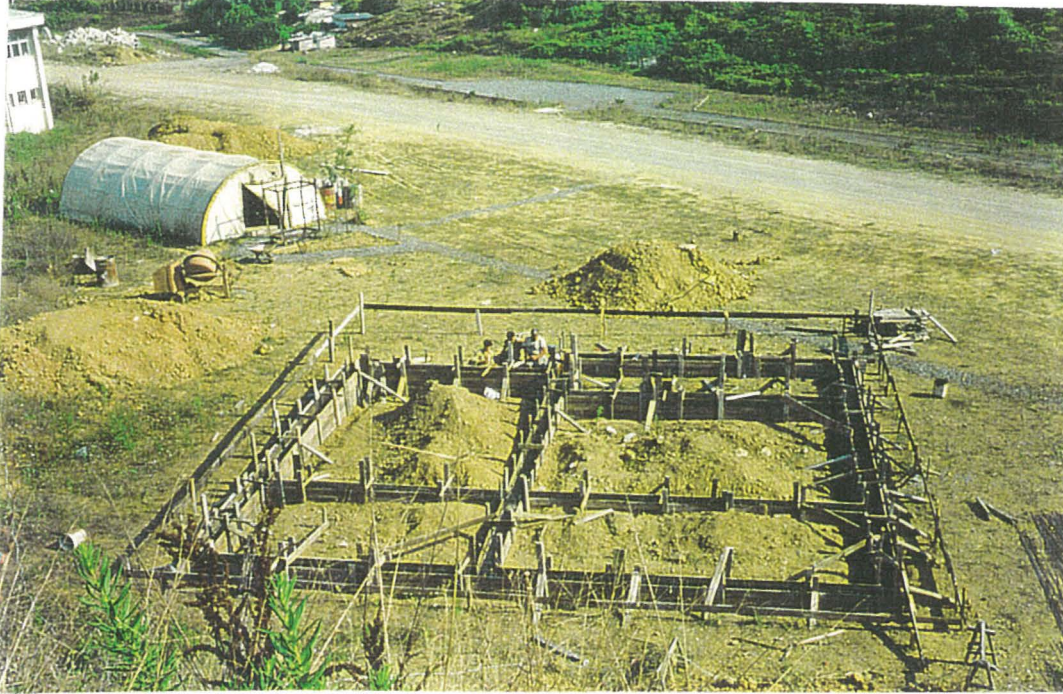
Resim 3.26 İNTAG TOKİ 622 Araştırma Binası Görünüşü



Resim 3.27 İNTAG TOKİ 622 Araştırma Binası

3.5.1 Temel Hatılı

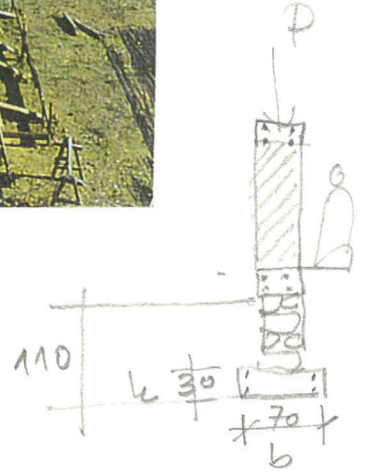
Projenin temel aplikasyon planına uygun olarak bir ip iskelesi kurulmuştur. Daha sonra bir kepçe ile 70 cm. derinliğinde , 45 cm. genişliğinde toprak kazısı yapılmıştır. Hatıl kalıbı yapılmış ,donatılar yerleştirilmiş ve 12 m3 hazır beton dökülerek temel hatılı tamamlanmıştır (Resim 3.28) .



Resim 3.28 Temel Hatılı İçin Kurulan İp İskelesi Ve Yapılan Kazı

3.5.2. Döşeme Dolgusu ve Sıkıştırılması

Temel hatılının dökülmesinden sonra döşeme altındaki zemin vibrasyonlu silindir ile sıkıştırılmış ve 5 cm. yüksekliğinde mıcır serilmiştir (Resim 3.29)





Resim 3.29 Zeminin Sıkıştırılması

3.5.3 Döşeme Betonu

Sıkıştırılan toprak zemin üzerine serilen mıcırdan sonra 10 cm yüksekliğinde olmak üzere 7.5 m³ grobeton dökülmüştür (Resim 3.30)



Resim 3.30 Döşeme Betonunun Dökülmesi

3.5.4 Su İzolasyonu

Temel hatılı 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

3.5.5 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).



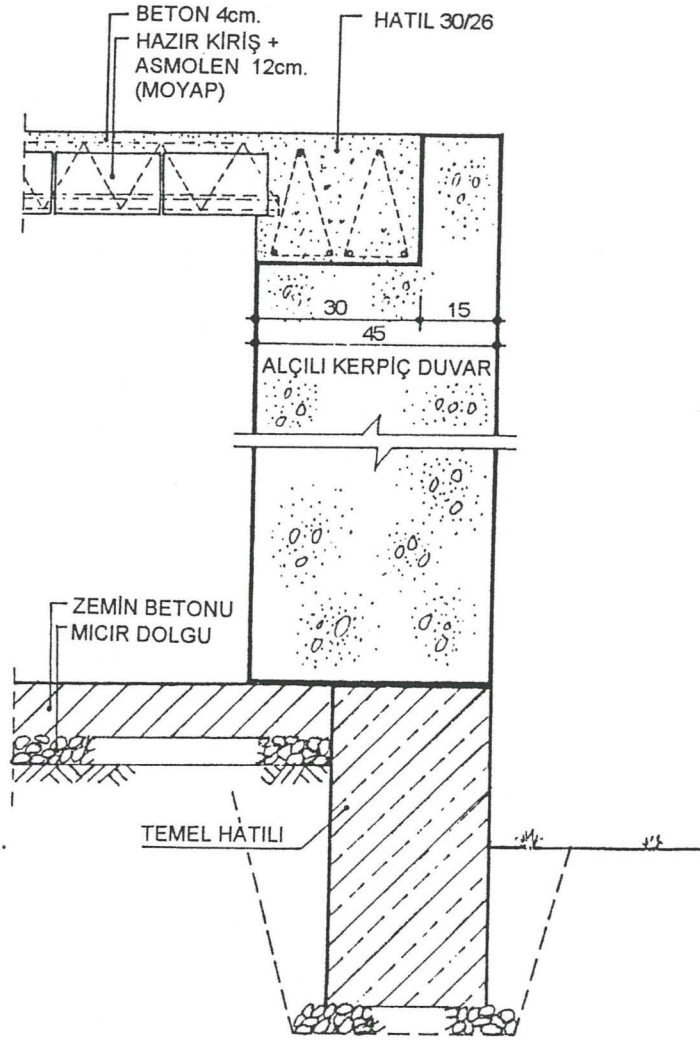
Resim 3.32 Duvar İçine Yerleştirilen Deprem Hatılı

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



Şekil 3.11 Sistem Kesiti

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 11m3 beton dökülerek üst döşeme tamamlanmıştır.

3.6 Şantiye Düzeyindeki Üretimlerde İşçiliklerin Değerlendirilmesi

3.6.1 Toprak Hazırlanması

Araştırma şantiyesine , kerpiç üretimi için kampüs içindeki çeşitli inşaat sahalarından toplam 60 m³ (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 m³ olarak getirilen toprak , eleme sonucu % 30' luk bir azalma ile 60 m³ kalmıştır [12] . % 30 artı malzemenin sonradan şantiyeden uzaklaştırılması gerekmiştir.

3.6.2 Karışım Hazırlanması

Kerpiç üretimi için gereken toprağın hazırlanmasında 1 işçi çalıştırılmıştır.1 işçi toprak stoğundan 1 el arabası (50 kg.= 0.06 m³) kuru toprağı 3 dakika içinde betonyere 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 betonyere 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 betoniyerdeki toprağa karıştırılıp 2 dakika içinde döküme hazır hale getirilmektedir.

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

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 m³ kuru toprak kullanılmıştır. Kuru toprak miktarında , üretim sonrası araç ve gereçlere yapışmak , dökülmek , betoniyerden temizlenmek suretiyle % 8 oranında zayi edilmiş ve sonuçta 50.6 m³ kerpiç üretilmiştir. Tokmaktama sonucu % 11 lik hacim azalması ile 45 m³ 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 m³ 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

3.6.4 Günlük Üretim Miktarlarının Karşılaştırılması

Araştırma şantiyesinde 1 günde 4 işçi çalıştırılarak 2,8 m³ kerpiç duvar dökülebilmektedir.

Bu değer, Birinci Deneme Evi İnşaatı'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 + Örne işlemleri
Blok döküm	1,8 birim hacim +Örne işlemleri
Sürekli kalıpla döküm	2.5 birim hacim +Örne işlemleri
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 ölçeklere indirgenmiştir.
- * Karışım için kullanılan universal yatay eksenli betoniyerden belirli aralıklarla temizlenmek suretiyle çıkarılan artık kerpiç harcı kullanılmamalı , üretim alanından uzaklaştırılmalıdır.

- * 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 / 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).

İsviçre'de Mühendisler ve Mimarlar Birliği SIA (Schweizerische Ingenieur Und Architekten-Verein) tarafından kerpiç yapı kuralları hakkında standartlar üretilmiştir [19] .

Amerika Birleşik Devletlerinin halen bütün güney eyaletlerinde kerpiç yapı gündelik olarak kullanılmaktadır.New Mexico eyaletinin Kerpiç yönetmeliği,1982 " Unburned Clay Masonry,Section 2405 "[16] toprak seçiminden başlayıp yapım kurallarına kadar kerpiç ile inşaatı kolaylaştıran tanımları vermiştir.

Bu bölümde TS 2514 / Şubat 1977 ile tanımlanan " Kerpiç Bloklar Yapım Ve Kullanma " standartı gözden geçirilmiştir.Standartın gerektirdiği bilgiler ile araştırmanın bulguları ayrı iki kolon halinde tablolastırılmıştır.Araştırmanın bulguları , işlendiği paragrafların numaraları halinde standartın paragraf başlıkları karşısına yerleştirilmiştir.

TS 2514 / ŞUBAT 1977
KERPİÇ BLOKLAR YAPIM VE
KULLANMA

TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622

Araştırmadaki Bölüm No.

0. KONU, TANIM, KAPSAM

0.1. Konu

0.2. 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 2.3.2.2.1. Rötire
 0.2.5. Katkı (Saman). 2.2.2.2. Alçı / 2.2.2.3. Kireç
 0.2.6. Kalıp. 3.3.2.3. Kalıp

0.3. 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. Kürleme-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 Dağılma 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 gelirliler 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 teknolojiyi 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.

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 rötre alçı tarafından kısmen önlenir.Rötre 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 üretilcek 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 / mm² olup standart değeri 2 N / mm² den yüksektir ; eğme mukavemeti 0,63 N / mm² olup standart değeri 0,3 N / mm² den yüksektir. Ayrıca kirecin zaman içindeki hidratasyonu 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

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 üniversal 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.İnceleme sonucu ; ham malzeme hazırlanması,kalıp,harç karıştırılması,harcın kalıba taşınması,harcın 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.

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 kiralama 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 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.

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 verdiğinden duvarın boydan dökülmesi tercih edilmelidir. Boydan dökülen duvarlarda rötre çatlağını galvanizli hasır elik önler.

Yapı sisteminin stabilizasyonu

Yapı sisteminin stabilizasyonu için duvarın içerisine yükselirken her 60 cm de bir sıra galvanizli hasır elik 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. İş derzlerinin oluşmaması için bütün binanın sürekli ve kesintisiz dökülmesi halinde kullanılmış olan galvanizli hasır elik 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 alışma teknoloji araştırmaları sürecinde " prototip " düzeyidir. Malzemenin mekanizasyona uyarlanabileceği ve toplu konutta uygulanabileceği görülmüştür. Bundan sonraki aşama " kitle üretimi " aşaması olmalıdır. Kitle retimi aşaması prototip üretimden farklı olarak başka ortam şartlarını gerektirir. Dolayısıyla kitle üretimi aşamasına geçecek ilk şantiyeye araştırma çalışması düzeyinde bilimsel destek verilmelidir.

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 Kerpicing Alçı İle Stabilizasyonu , TÜBİTAK MAG 505 İstanbul , (1980)
- 12 Tanrıverdi C., Alçılı Kerpicing 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., Madelling 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 İnceleme, (Doçentlik Tezi) , İ.D.M.M.A., İstanbul ,(1979)

- 35 anon.,Lehmbau - Atlas , Schweizerischer Ingenieur und Architekten (SIA), Schweiz, D0112 , (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 , Wärmeschutz , Feuchteschutz , Brandschutz im Innenausbau , DVA , (1980)
- 43 anon., SIA 181 , Schallschutz im Hochbau
SIA 381 / 1 Baustoffkennwerte
- 44 Yılmaz Z.,Sistemlerin İklimsel Konfor Ve Enerji Tasarrufu Açısından Değerlendirilmesi , YAE , No 6 , (1987)
- 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

İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Kerpiç Araştırmaları

1. 1980 Kafesçioğlu R. , Toydemir N. , Gürdal E. , Özüer B.
"Yapı Malzemesi Olarak Kerpiciin Alçı ile Stabilizasyonu " TUBİTAK - MAG
505 Araştırma projesi kesin raporu , Ağustos 1980
2. 1980 Kafesçioğlu R. , Gürdal E. , Karagüler M. E. ,
" Kırsal Bölge Yapıları için Nitelikleri Geliştirilmiş Kerpiç" TÜBİTAK VII .
Bilim Kongresi , Sayı 915-928 Eylül 1980
3. 1981 Kafesçioğlu R. ,
" Konut sorununa Çözüm Ararken " ,
Milliyet Gazetesi 1981
4. 1982 Kafesçioğlu R. ,
" Yapı Malzemesi olarak Kerpiciin Alçı ile Stabilizasyonu "
Yapı Dergisi , sayı 42, s 49-34 , 1982
5. 1982 Kafesçioğlu 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 , TÜBİTAK yayını
7. 1983 Kafesçioğlu R. ,
" Earth Construction Technology 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. ,
" Adobe Blocks Stabilized with Gypsum " ,
Aproprate Building Materials for Low Cost Housing , Symposium,
CIB - RILEM / UNESCO , 7-14 Nov. 1983 , pp 3,21
9. 1984 Kafesçioğlu R. ,
" Alker (Alçılı Kerpiç) Denemesi ve Sonuçları "
Yakacak Odun Tasarrufu İçin Kırsal Ev Yalıtımı Semineri , ORKÖY ve F.A.O
Ankara Haz. 1984

10. 1984 Kafesçioğlu R. ,
" Conclusion of the Research for Gypsum Stabilized Adobe (Alker) and an Application " , Prepared for Final Announcement International colloquium on Brussels , Dec. 10.19 , 1984 pp 87
11. Kafesçioğlu R. ,
" Toprak , Çağdaş Yapı Malzemesi "
İlgi Ekstra (Dergi - Shell yayını) ,
12. 1984 Tanrıverdi C. ,
"Alçılı Kerpilin Üretim Olanaklarının Araştırılması "
(Yüksek Lisans Tezi , Yürütücü R. Kafesçioğlu , İ.T.Ü) Haz. 1984
13. Alker'in topluma duyurulması : Kafesçioğlu R. ,
1983 Radyo konuşması , Aralık
1984 TV , tanıtıcı yayın , Ağustos
1985 Sergi ve Dia gösterisi ,
Enerji haftası nedeniyle açılan sergide , Shell standında Grafik Stand ve Film
gösterisi ile topluma tanıtım , 8 Ocak 1985
14. 1985 Kafesçioğlu R. , Gürdal E. ,
" ALKER - Çağdaş Yapı Malzemesi " kitap , Enerji ve Tabii Kaynaklar
Bakanlığı , Enerji Dairesi Başkanlığı ve Shell şirketi işbirliği ile 8000 adet
basılarak tüm köylere ordu eğitim merkezlerine , Bayındırlık ve İmar Bakanlı-
ğının ilgili kuruluşlarına dağıtıldı. Nisan 1985
15. 1985 Kafesçioğlu R. , Gürdal E. , Karagüler M. E. ,
" ALKER - Adobe Stabilized with Gypsum - Properties and an Applications " ,
Earth quake seminar, İstanbul , Sept. 30- Nov. 6 - 1985,
16. 1989 Kafesçioğlu R. ,
" Thermal Properties of Mudbricks - The Example of Gypsum Stabilized Adobe "
Energy Efficient Building Material for low - cost Housing , United Nations ,
Economic and Social Commission for Western Asia, Amman , 14-19 November
1989
17. 1990 Işık B. ,
" Energie Verlust der Lehmbohäuser " davetli panelist ; Energie - Umwelt und
Bauen - Symposium , I B Enstitüsü , Hannover - Almanya
17. Ekim 1990

18. 1991 Işık B. ,
" Alçı Kerpiç Duvarı Sıva Araştırması " bildirisi ,
Ulusal Alçı Kongresi , YEM , İstanbul , Kasım 1991
19. 1993 Işık B. ,
" Outdoor Plaster Applications on Gypsum + Adobe Wall " poster + presentation,
Innovativ Housing 93 , Vancouver - Kanada , Haz. 1993
20. 1994 Lehm ' 94 Internationales Forum für Kunst und Bauen mit Lehm , davetli
panelist, Aachen - Almanya , 30 sept. - 3 Oct 1994,
21. 1994 Işık B. ,
" Adobe Research for Mass - Housing " panelist
22. IAHS World Housing Congress , Salzburg
+ Avusturya , 3-7 Oct 1994 ,
22. 1995 Işık B. ,
" Mechanisation of Adobe Construction " bildirisi
23. IAHS World Housing Congress , Suntec City
Singapore , 25-29 Sept 1995 ,

KERPIÇ BLOK ÜRETİM MAKİNA LİSTESİ
(U.N.)

- 1) CINVA - Tokmak presi (CINVA - Ram press)
- 2) CETA - Ram press
- 3) Landerete Press / 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) Astram block making machine
- 14) Tecmor equipment
- 15) Meili 60 manual soil block press
- 16) Terrablok Duplex Machine

EK 3

ALMANYA KERPIÇ STANDARDLARI

DIN 1169	Juni 1947	Lehmmörtel für Mauerwerk und Putz
DIN 18951	Jan.1951	Lehmbauten , Vorschriften für die Ausführung
DIN 18952	Mai 1956	Baulehm , Begriffe , Arten und Prüfung
DIN 18953	Mai 1956	Baulehm ,Lehmbauteile
DIN 18954	Mai 1956	Ausführung von Lehmbauten
DIN 18955	Aug.1956	Lehmbauteile , Feuchtigkeitsschutz
DIN 18956	Aug.1956	Putz Auf Lehmbauteilen
DIN 4102 und DIN 18951		Normen Über Brandschutzmassnahmen