

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POMZA KATKILI BİMSBETON BLOKLAR İLE YAPILMIŞ
YIĞMA YAPI ÜZERİNDE
DEPREM ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Özlem GENÇER

95133

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ISPARTA 2000

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Prof. Dr. Mehmet Arslan TEKİNSOY

Üye :

Prof. Dr. Ahmet APAY

Üye :

Yrd. Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT

ONAY

Bu tez 07/07/2000 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

.../.../2000

S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Deprem Oluşumu ve Özellikleri	1
1.2. Yığma Yapılar.....	3
1.3. Çalışmanın Amacı ve İzlenen Yol	8
2. KAYNAK BİLGİSİ	10
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Pomza ve Pomzalı Bimsblokların Özellikleri.....	15
3.1.2. Sarsma Tablasının Özellikleri.....	18
3.1.3. İvme Kaydedicilerin Özellikleri.....	22
3.1.4. Deney Yapısının Yapılması.....	23
3.2. Metot	28
3.2.1. Basınç Deneyi	29
3.2.2. Sarsma Tablası Deneyi.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	34
4.1. Bimsblokların Basınç Dayanımı Sonuçları	34
4.2. Harcın Basınç Dayanımı Sonuçları.....	34
4.3. Deney Yapısına Verilen Ötelemeler ve Yapıda Oluşan Çatlaklar.....	35
4.4. Duvarlarda Oluşan Kayma Gerilmeleri Hesabı	47
5. SONUÇLAR.....	53
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	57
EKLER.....	58

ÖZET

Ülkemizde, özellikle kırsal alanlarda yığma yapıların kullanımı yaygın olduğundan depreme dayanıklı olması gerekmektedir. Yapıların deprem davranışını tespit edebilmek için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri de sarsma tablası deneyidir. Sarsma tablası, depremlerde olduğu gibi yapılara veya büyük ölçekli yapı modellerine dinamik yatay yükler uygulamaktadır.

Bu çalışmada, Isparta yöresinde bulunan önemli bir yapı malzemesi olan, pomzalı bimsbloklar ile yapılan, bir yığma yapı modeli kullanılarak sarsma tablası deneyi yapılmıştır. Sonuç olarak, daha önce düşey delik oranı ve harç dayanımı farklı olan tuğlalar ile yapılmış yığma yapı deneylerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında, deney yapısının kesme dayanımının ortalama bir değerde olduğu bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Sarsma Tablası, Yığma Yapı, Deprem, Bimsblok

ABSTRACT

Masonry buildings in Turkey which have especially common usage in the rural area should have earthquake resistance in the applications. One of the most effective methods of dynamical testing for structural analyses is that shaking table which shows the earthquake behavior of a structure. At the same time, this test creates horizontal dynamical loads on a structure as in an actual earthquake.

In this study, a shaking table test has been done on a masonry building model which has been made with pumice bihmsblocks. Bihmsblocks should also be seriously considered in civil engineering applications because of the large existance of pumice material in Isparta Region. Consequently, when the shear strengths obtained from the tests of masonry buildings are compared with that of the various hollow concrete blocks and their mortar strength, shear strength of masonry buildings have an average value with respect to the strength point of view.

KEY WORDS: Shaking Table, Masonry Building, Earthquake, Bihmsblock

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemizde, özellikle kırsal alanlarda yığma yapıların kullanımı yaygın olduğundan yığma yapıların depreme dayanıklı olması gerekmektedir. Yapıların deprem davranışını tespit edebilmek için sarsma tablası deneyi yapılmaktadır. Sarsma tablası deneylerinde, depremlerde olduğu gibi yapılara veya büyük ölçekli yapı modellerine dinamik yatay yükler uygulanmaktadır. Isparta yöresinde üretilen pomza katkılı bimsbloklar üzerinde deprem dayanımı ile ilgili herhangi bir deney yapılmadığı için, deprem etkisi altında ne tür bir davranış göstereceği ve diğer malzemelerle olan karşılaştırmaları yapılmıştır.

Çalışma boyunca destek ve görüşlerini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT'e şükranlarımı sunarım. Deneyin yapılması için olanak sağlayan ve deneyin yapımına yardım eden Yük. Müh. Nejat BAYÜLKE ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Maddi desteklerinden dolayı ISBAŞ'a, deney esnasında bizi yalnız bırakmayan Prof. Dr. Süleyman KODAL'a, destek ve önerilerinden dolayı Yrd.Doç.Dr. Abdullah KADAYIFCI'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmanın her safhasında anlayış gösteren ve manevi katkıda bulunan Arş. Gör. Serdal TERZİ'ye ve bugünlerimi borçlu olduğum aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

"ISBAŞ Tarafından Üretilen Pomza Katkılı Beton Briketlerin Deprem Analizinin Araştırılması" konulu, 217 no.lu Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu projesi yardımı ile deney yapılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Yapıların depremdeki davranışlarının şematik açıklanması	5
Şekil 1.2. Yığma yapılarda deprem yükünün taşıyıcı elemanlara aktarımı.....	6
Şekil 1.3. Yapı köşelerinin iki yönlü yükleme altında deformasyonu	7
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ÇB 19 tipi bimsbloklar.....	18
Şekil 3.2. Neopren takozların çeşitli görünüşleri	20
Şekil 3.3. Tablanın çelik profil boyutları	21
Şekil 3.4. Tablanın çeşitli görünüşleri	22
Şekil 3.5. Deney yapısına yerleştirilen sismik ölçerler.....	23
Şekil 3.6. Deney yapısının çeşitli görünüşleri.....	24
Şekil 3.7. Bimsbloklar arasına harcın yerleştirilmesi	25
Şekil 3.8. Duvarların örülmesi.....	25
Şekil 3.9. Sıva yapılması.....	26
Şekil 3.10. Hatıl kalıplarının çakılması.....	26
Şekil 3.11. Yapının içinden döşeme kalıbının görünüşü	27
Şekil 3.12. Döşeme kalıbının üstten görünüşü	27
Şekil 3.13. Beton öncesi döşeme ve hatıl donatıları	28
Şekil 3.14. Döşeme ve hatıl betonunun dökülmesi.....	28
Şekil 3.15. Basınç deneyi cihazı.....	29
Şekil 3.16. Sarsma tablasının hareket düzeni	31
Şekil 3.17. Tablanın tipik ivme kaydı	32
Şekil 3.18. En büyük tabla ivmesinin tabla ağırlığı ve tabla başlangıç ötelemesi ile değişimi	33
Şekil 4.1. Basınç dayanımı ölçülmek üzere alınan küp numuneler.....	34
Şekil 4.2. Kuzey cephesinin 6. yükleme sonrası görüntüsü.....	36
Şekil 4.3. Güney cephesinin 6. yükleme sonrası görüntüsü.....	36
Şekil 4.4. Kuzey cephesinin 7. yükleme sonrası görüntüsü.....	37
Şekil 4.5. Güney cephesinin 7. yükleme sonrası görüntüsü.....	37
Şekil 4.6. Doğu cephesinin 7. yükleme sonrası görüntüsü	38
Şekil 4.7. Kuzey cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü.....	38
Şekil 4.8. Güney cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü.....	39
Şekil 4.9. Doğu cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü	39
Şekil 4.10. Batı cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü.....	39
Şekil 4.11. Kuzey cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü.....	40
Şekil 4.12. Güney cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü.....	40
Şekil 4.13. Doğu cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü	41
Şekil 4.14. Batı cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü.....	41
Şekil 4.15. Kuzey cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü.....	42
Şekil 4.16. Güney cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü.....	42
Şekil 4.17. Doğu cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü.....	42
Şekil 4.18. Batı cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü.....	43
Şekil 4.19. Kuzey cephesinin 11. yükleme sonrası görüntüsü.....	44
Şekil 4.20. Güney cephesinin 11. yükleme sonrası görüntüsü.....	44
Şekil 4.21. Doğu cephesinin 11. yükleme sonrası görüntüsü.....	44
Şekil 4.22. Batı ve Kuzey cepheslerinin 11. yükleme sonrası görüntüsü	45
Şekil 4.23. Kuzey cephesinin 11. yüklemeden sonra şematik gösterimi	45

Şekil 4.24. Güney cephesinin 11. yüklemeden sonra şematik gösterimi.....	46
Şekil 4.25. Doğu cephesinin 11. yüklemeden sonra şematik gösterimi.....	46
Şekil 4.26. Batı cephesinin 11. yüklemeden sonra şematik gösterimi.....	47



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ÇB 19 tipi bimsblokların özellikleri	18
Çizelge 4.1. Basınç dayanımı ve ağırlık ölçümü deney sonuçları.....	34
Çizelge 4.2. Harcın basınç dayanımı	35
Çizelge 4.3. Yapıya gelen yatay kuvvetler.....	35
Çizelge 4.4. Yatay yönde relatif rijitliğin hesaplanması.....	49
Çizelge 4.5. Düşey yönde relatif rijitliğin hesaplanması	49
Çizelge 4.6. Yatay yönde rijitlik merkezinin hesabı.....	49
Çizelge 4.7. Düşey yönde rijitlik merkezinin hesabı	50
Çizelge 4.8. Yatay yönde her bir duvara gelecek deprem yükü	51
Çizelge 4.9. Her bir yükleme aşamasında A1-A2 duvarlarında oluşan kayma gerilmeleri.....	51
Çizelge 4.10. Her bir yükleme aşamasında B1-B2 duvarlarında oluşan kayma gerilmeleri.....	52



1. GİRİŞ

Dünyanın oluşundan beri, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde, depremlerin ardışıklı olarak oluştuğu ve sonucunda da milyonlarca insanın ve barınaklarının yok olduğu bilinmektedir. Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunan Türkiye'nin yüzölçümünün % 42'si I. derece deprem bölgesi üzerinde bulunmaktadır. % 24'ü ise II. derece deprem bölgesindedir. Başka bir deyişle topraklarının % 66'sı her an her büyüklükte depremin olabileceği bölgede yer almaktadır. Bu bölgede yaşayan nüfus ise toplam nüfusun % 71'i olup, bunlar çok yüksek deprem riski altında yaşamaktadırlar. Ayrıca sanayi tesislerinin % 98'i, barajların da % 92'si çeşitli derecelerdeki deprem bölgelerinde inşa edilmiştir. 17 Ağustos 1999 İzmit-Gölcük Depremi, 20 000'den fazla can kaybına neden olurken, 80 000'in üzerinde ağır hasarlı, bir o kadar da orta hasarlı yapı ve sanayi tesislerinde çok önemli maddi kayıplara neden olmuştur. Bu depremde ortaya çıkan tablo, deprem hasarlarına etkiyen faktörleri açık bir şekilde sıralayan tipik bir örnek teşkil etmektedir (Pampal, 1999).

1.1. Depremin Oluşumu ve Özellikleri

Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem, yerkabuğunun bir titreşimi olduğu için, yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Depremin meydana gelmesi dünyanın yapısı ile ilgilidir. Dünyamız yaklaşık olarak, 6400 km yarıçapında, küresel bir şekle sahiptir. Depremler yerkabuğunun titreşimi olduğu için, titreşimlerin yayılması dünyanın içindeki yapısal durumla yakından ilgilidir. Dünyanın yapısı incelendiğinde, farklı özellikte üç tabakanın varlığı ortaya çıkmıştır. Bunlar, çekirdek, manto tabakası ve dış kabuk tabakasıdır. Çekirdeğin 3500 km yarıçapı ile en azından dış tabakalarının sıvı olması nedeniyle, burada enine şekil değiştirmelerle ilerleyen dalgalar yayılamaz. Manto tabakası, kabuk tabakası ile çekirdek arasında sürekliliği sağlar. Yeryüzünü oluşturan kabuk tabakasının kalınlığı ve birleşimi oldukça farklılıklar gösterir.

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Levhaların hareketi sonucu olan depremler, genellikle "tektonik" depremler olarak nitelenir ve bu depremler

çoğunlukla levhaların sınırlarında oluşurlar. İkinci tip depremler "volkanik" depremlerdir. Bunlar volkanların püskürmesi sonucu oluşurlar. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bir başka tip depremler de "çöküntü" depremlerdir. Bunlar yer altındaki boşlukların, kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu olan boşlukların tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar (Deprem, 1984).

Depremlerin çok büyük bir bölümü, yer kabuğunda soğuma veya çeşitli etkilerden meydana gelen şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasından meydana gelir. Böyle bir olay sırasında yer kabuğunu oluşturan plakalar kendisini sınırlayan çizgiler olan faylar boyunca ani olarak kayar. Bu tür tektonik depremde ortaya çıkan yer değiştirme dalgaları, sönmülenerek uzaklara yayılır. Deprem yer ve şiddetine göre yer kabuğunda yeni fayları da oluşturabilir. Deprem hareketinin bu tür açıklanmasına Elastik Geri Sekme Teorisi denir (Celep ve Kumbasar, 1993).

Plaka tektoniği olarak bilinen bilim dalı, yer kabuğunun birkaç parçadan oluştuğunu, bu plakaların birbirine göre hareket ettiklerini kabul etmekte ve birçok tektonik olayı bu esasa göre açıklamaktadır. Yerkabuğunda artan gerilmeler zayıf olan çizgiler üzerinde veya belirli zayıf bölgelerde yer kabuğunun taşıma gücünü aşarak, ani bir kayma oluşur. Böylece uzun zamanda toplanan şekil değiştirme enerjisi, kayma hareketi ile yer kabuğunun taşıyabileceği seviyeye ani olarak iner. Yer kabuğunda meydana gelen kaymanın, bir dalga hareketi olarak yayılması sonucu oluşan yüzey titreşimleri, deprem olarak algılanır (Polat, 1994).

Depremler nedeniyle yerkürenin dış kısmını oluşturan kabukta meydana gelen yırtılmaya fay adı verilmektedir. Faylar açığa çıkan enerjinin miktarına ve odak derinliğine göre de yeryüzünde gözlenebilirler. Depremin büyüklüğü, yerküredeki yırtılma sırasında boşalan enerji ve fayın boyutu ile ilgilidir (Sucuoğlu, 1996). Yerkürenin derinliklerinde depremin meydana geldiği noktaya odak noktası denir. Yerkürenin yüzeyinde odak noktasına en yakın noktaya merkez üstü adı verilir. Merkez üstü ile odak noktası arasındaki mesafeye odak derinliği adı verilir. Odak

derinliği, 0-50 km arasında olan depremlere yüzeysel depremler, 50-300 km arasında olan depremlere orta derinlikte depremler ve 300 km.den fazla olan depremlere derin depremler adı verilmektedir. Yüzeysel depremler az bir alanda etki göstermekte, ancak hasar çok olmaktadır. Orta ve derin depremler ise büyük alanda etki göstermekte ve hasar az olmaktadır (Tuna, 1991).

Afet yönetmeliğine göre depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde, yapılardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacıyla yapıların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir (Afet Yönetmeliği, 1997).

1.2. Yığma Yapılar

Türkiye’de yapıların büyük bir oranı, yığma olarak yapılmaktadır. Yığma yapılar bazı açılardan üstün olmalarına karşın, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelenmezler. Ancak ekonomik koşullar karşısında, Türkiye’de yığma yapı yapımı devam edeceğinden, bu yapıların elden geldiğince depreme dayanıklı yapılması, depremlerdeki davranışlarının bilinmesi ve deprem dayanımlarının artırılması gerekir (Bayülke, 1992).

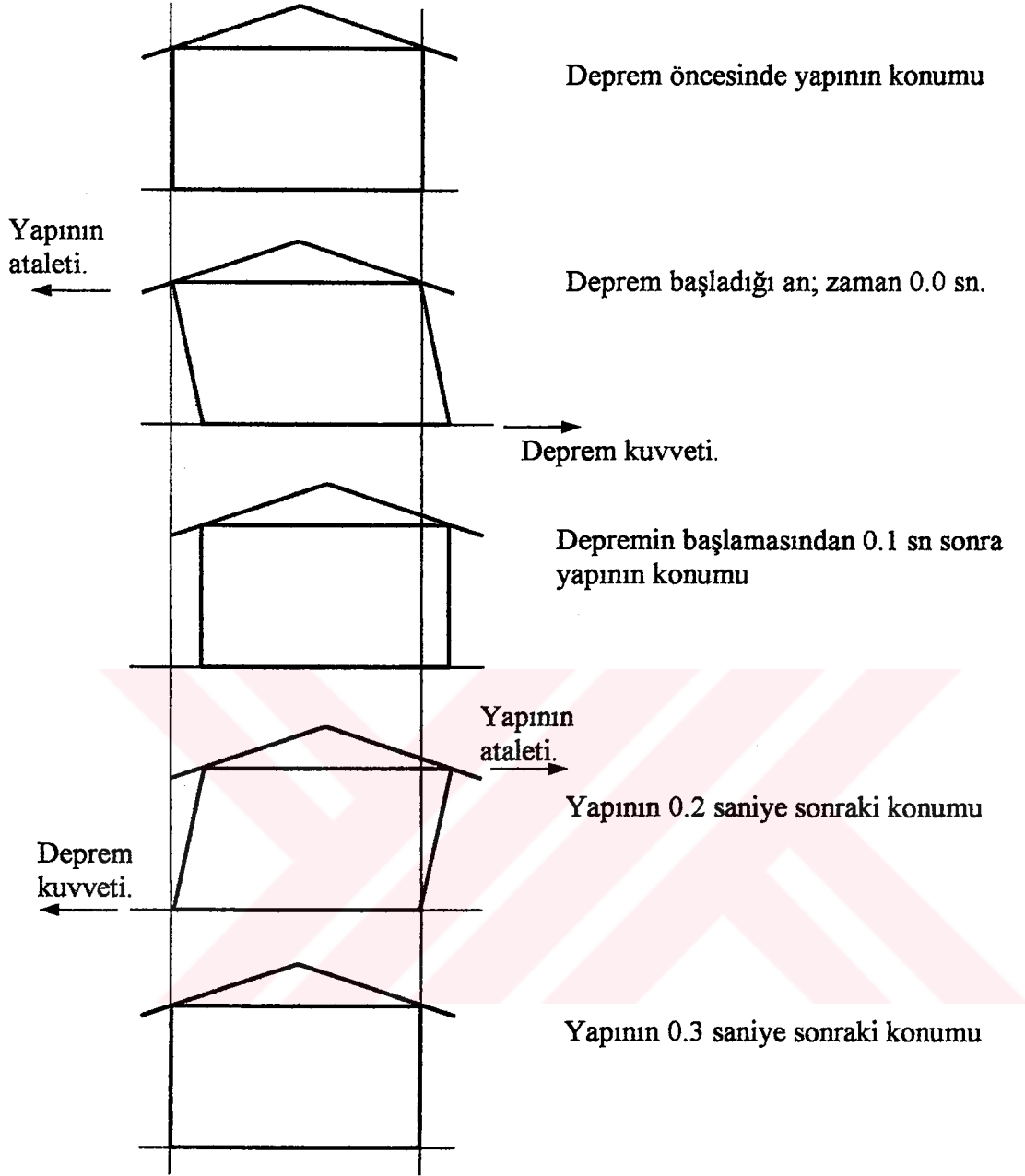
Tuğla yığma yapılar depreme karşı, betonarme yapılara göre çok daha az dayanıklıdır. Kristal ve katmanlı bir yapısı olmayan tuğla ve harçtan oluşan yığma yapı elemanlarının sünek davranması olanak dışıdır. Tuğla duvarlar, gevrek yapı elemanlarıdır. Betonarme gibi donatılı yığma olarak yapılırlarsa, sünek bir nitelikleri olmaktadır. Kalıcı deformasyon yaparak deprem enerjisi tüketme güçleri, betonarme yapılara göre çok azdır. Bu bakımdan 1. derece deprem bölgelerinde zemin ve birinci kat olmak üzere en çok iki katlı yapılabilirler. 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde 3 katlı, 4. derece deprem bölgelerinde 4 katlı yapılabilirler. İstenirse bir de bodrum katları olabilir. Tuğla yığma yapıların konut dışında, içinde çok sayıda insan

bulunabilen okul, cami, sağlıkevi, işyeri gibi amaçlı yapılar olmaması gerekir. Burada verilen ayrıntılara uyularak yapılmış tuğla yığma yapıların deprem dayanımları biraz daha yükselmektedir (Bayülke, 1998a).

Yığma binalar taşıyıcı duvarlara sahip binalardır. Genellikle pencerelerinin üstünde betonarme lento bulunur. Kat seviyesinde taşıyıcı duvar üzerinde bulunan hatıl hem duvarları birbirine bağlar, hem de betonarme döşeme için mesnet meydana getirir. Bazı eski binalarda betonarme döşeme yerine, ahşap kirişler veya çelik profiller bulunur (Celep ve Kumbasar, 1993).

Yapıların depremlerdeki davranışlarını incelemeden önce, atalet kuvveti kavramından bahsetmek gerekir. Duran veya sabit bir hızla hareket eden her cisim, kendisini harekete geçirecek veya hızını değiştirecek herhangi bir dış kuvvete karşı, ağırlığından dolayı bir direnme gösterir. Bu direnme, tesir eden kuvvete aksi yönde oluşur. Bu kuvvetin bir örneği aniden kalkış yapan bir motorlu araç içindeki kişinin geriye doğru gitmesi ve aniden fren yapan arabadaki yolcunun öne doğru gitmesi olarak belirtilebilir. İşte bu şekilde oluşan kuvvetlere atalet kuvveti denir. Yapılarda ise zeminin depremde hareket etmesi, yapının ağırlığının da buna karşı direnmesi sonucu atalet kuvvetleri oluşur.

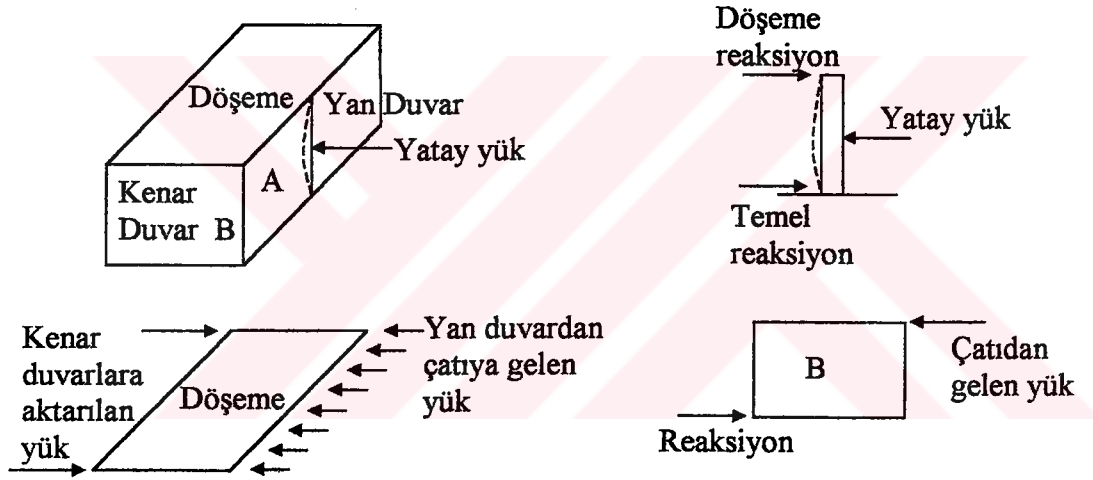
Yapıların depremde davranışları Şekil 1.1'de gösterildiği gibi olmaktadır. Zeminde olan hareket, binayı bir tarafa doğru çekmeye başlar. Ancak yapı ağırlığı ile bu harekete karşı koyarak yapının tekrar eski haline gelmesini ister. Bu şekilde yapı sağa sola sallanıp kaykılarak deprem sırasında oynar. Söz konusu gidip gelme hareketi sırasında oluşan atalet kuvvetleri ve deprem kuvvetleri yapıyı iki ucundan çekmeye başlarlar. Eğer yapıyı meydana getiren elemanlar arasında yeterli bir direnç varsa, yani yapı elemanlarının yapı parçalarını bir arada tutabilme gücü varsa, yapı çatlamadan durabilir. Eğer bu güç yoksa çatlaklar oluşmaya başlar. Deprem devam etmesi ile bu çatlaklar genişler ve giderek yapının duvarlarının, kolonlarının parçalanıp dağılmasına ve katların birbiri üstüne çökmesine kadar varan yıkımlar olabilir (Bayülke, 1978).



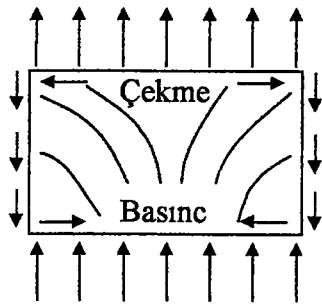
Şekil 1.1. Yapıların depremdeki davranışlarının şematik açıklanması (Bayülke, 1978)

Yığma yapılarda depremlerde oluşan atalet kuvvetlerinin, düşey elemanlar olan duvarlara nasıl aktarıldığı Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Yan duvara gelen yatay kuvvet altında duvar, kesit uçlarından çatıya, ya da kat döşemesine ve zemine oturan bir kiriş gibi davranır.

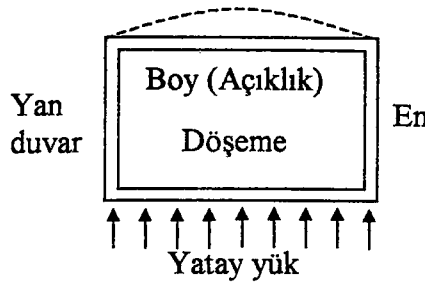
Bundan başka duvar, üst kattan ve çatı döşemesinden gelen aksel yükleri de taşımaktadır. Bu aksel yükler ile birlikte duvar, iki eksenli bir gerilme altındadır. Duvarın üstünden çatı sistemine aktarılan yatay kuvvetler, daha sonra eğer varsa çatı döşemesinde Şekil 1.2'de görülen gerilme dağılımını oluşturur. Bu yükler daha sonra çatının oturduğu kenar duvarlarda, B duvarı, duvar düzlemine paralel kesme kuvvetleri oluşturmaktadır. Bu durum çatı ve duvar arasında kuvvet aktarılmasını sağlayacak bir bağlantı varsa ortaya çıkar. Bu tür bir kuvvet aktarımı olması için çatı ya da kat döşemesinin yüksek bir rijitliği olması, diğer bir deyişle düzlemine paralel olarak etkiyen kuvvetler altında deforme olmaması gerekir. Bu durumda yatay kuvvetler duvarlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağılır. Kat döşemesi düzlemine paralel yükler altında deforme olursa, duvarlara yatay yükleri onların rijitlikleri ile orantılı olarak aktaramaz.



Yığma yapılarda yatay yüklerin dağılımı



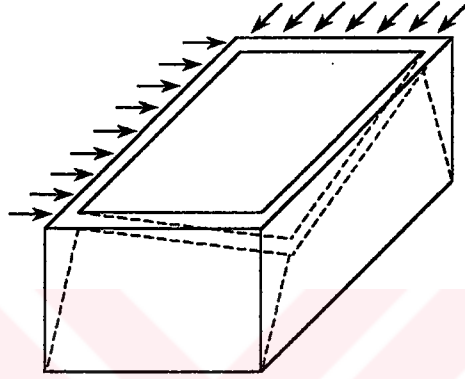
Döşemede gerilme dağılımı



Yatay yük altında döşemede deformasyon

Şekil 1.2. Yığma yapılarda deprem yükünün taşıyıcı elemanlara aktarımı (Bayülke, 1992)

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler tek yönlü değildir. Yapılar her iki asal doğrultularında, yatay kuvvetlerle aynı anda zorlanmaktadırlar. Bu durum özellikle yapıların köşelerinde, iki yönden gelen duvarların kesiştikleri köşelerde, gerilme birikimi yaratmaktadır. Şekil 1.3'teki yapının köşelerinde duvarlar birbirlerini dışarıya doğru iteceklerdir. Bu biçimde hasar gören yığma yapılara depremlerde sık rastlanılmaktadır. Böyle bir hasarı önlemek için yapılarda duvarların kesişme noktalarına betonarme kolonlar konulmalıdır. Diğer bir çözüm yolu da köşelerde gerilme birikimini önlemek için köşelerin yuvarlaklaştırılmasıdır (Bayülke, 1992).



Şekil 1.3. Yapı köşelerinin iki yönlü yükleme altında deformasyonu (Bayülke, 1992)

Betonarme plak kat ve çatı döşemeleri olan, duvarları taşıyıcı yığma yapıların deprem hasarı düzeyleri aşağıdakiler gibidir.

A- Hasarsız ya da az hasarlı yapı: Bu hasar düzeyindeki yapıda ya hiç çatlak olmamıştır ya da kılcal boyutta sıva çatlakları vardır.

B- Az hasarlı yapılar: Bu hasar düzeyindeki yapılarda, yığma yapıların özelliği olan X-şeklindeki kesme çatlakları oluşmuştur. Yığma yapının kenar duvarı, çatıdan ve temelden gelen etkilerin altında kesme kuvvetleri ile zorlanmaktadır. Bunun sonucu olarak kuvvetler, boşluklar arasındaki duvarlarda 45° eğimli çekme çatlakları oluşturmaktadır.

C- Orta hasarlı yığma yapılar: Bu düzeydeki hasarın belirtisi yine duvarlardaki tipik X-şeklindeki kesme çatlaklarıdır. Ancak duvarda oluşan kesme gerilmesinde ulaşılabilen max değere göre önemli (% 30-40) azalma olmuştur.

D- Ağır hasarlı yığma yapılar: Bu hasar düzeyine giren yapılarda çatlak aralıklarının 25 mm'yi aşmasından başka, duvarlarda düşeyden uzaklaşma, köşelerde duvarların ayrılması, kesme kuvvetlerinin oluşturduğu çatlakların etkisi ile zayıflamış ve parçalanmış duvarların düşey yükleri de taşıyamaz duruma gelmiş olduklarını gösteren duvarlarda düşey yüklerden dolayı şişmeler ve kısmen yıkılmış duvarlar görülür.

E- Yıkılmış yığma yapılar: Taşıyıcı duvarının önemli bölümü yıkılmış, döşemeleri birbiri üstüne yığılmış ya da duvarların yıkılması sonucu kendilerinde de çatlaklar ve kırılmalar oluşmuş döşemeleri olan yığma yapılardır. Bu tip hasarlı yapılar artık onarılamaz.

Yığma yapıların hasar düzeyi ve onarılıp onarılamayacağı ya da güçlendirmenin gerekip gerekmediği yapıda oluşan hasar ile depremin şiddeti arasındaki ilişki gidilerek bulunmalıdır. A ve B düzeyindeki hasar; yığma yapılarda VI-VII şiddetindeki depremlerde beklenmelidir. C ve D düzeyindeki hasar VIII-IX şiddetinde ve E düzeyindeki hasar ise IX'dan büyük şiddetlerde oluşması beklenen hasar düzeyleridir (İnangu ve Kırbaş, 1999).

1.3. Çalışmanın Amacı ve İzlenen Yol

Çalışmada, Isparta'da oldukça bol miktarda bulunan bu malzemedan üretilen "Pomza" katkılı hafif beton bimsblokların deprem etkisi altındaki davranışları incelenecektir. Özellikle şehir dışında uygulanan "Yığma Yapı"larda kullanılan bu bimsblokların deprem analizi yapılmamış ve deprem etkisi altında nasıl bir davranış göstereceği bilinmemektedir. Bu çalışma ile Isparta şartlarında ve Isparta Belediyesi'nin işlettiği ISBAŞ tarafından üretilen bimsblokların, bir deprem kuşağı altında bulunan Isparta'da uygulandığı takdirde, deprem etkisi altında ne tür bir

davranış göstereceği ve diğer malzemelerle olan karşılaştırmalarına yer verilecektir. Ayrıca; daha önce sarsma tablası deneyi yapılmış olan malzemelerin sonuçları ile, elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.



2. KAYNAK BİLGİSİ

Hiraishi vd. (1985), çalışmalarında, tam ölçekli yedi katlı betonarme binalar için geliştirilmiş dinamik deneyler ile, sarsma tablası deneyleri arasında korelasyon çalışması yapmışlardır. Kirişlerin eğilme kapasitesi üzerinde plak güçlendirmelerinin etkisinin, dikkate değer olduğunu gözlemişlerdir. Gerilme oranının etkilerini uygun bir şekilde değerlendirdikten sonra, dinamik deneyler ve sarsma tablası deneyleri arasındaki yeterli ilişkiyi gözlemişlerdir.

Bayülke (1986), boşluklu beton bloklardan yapılmış iki model yapıyı sarsma tablasında denemiştir. Yapılar özentisiz bir işçilikle ve duvarları harçsız olarak hızlı bir şekilde yapılmıştır. Tabla üzerine inşa edilen model yapılar, 0.4-2.0 g.lık ivmelere maruz bırakılmıştır. Birinci deney yapısının, boşluklu beton blokları zayıf harçla doldurulmuştur. İkinci yapıda beton blokların boşlukları, boş bırakılmıştır. Boşlukları harçla doldurulmuş yapı, diğer yapıdan daha iyi dayanım göstermiştir.

Tolles ve Krawinkler (1986), çalışmalarında, modelin olanaklarını ve sınırlamalarını araştırmak ve kerpiç yapıların deprem davranışlarındaki birkaç yapısal ilerleme tekniklerinin etkililiğini değerlendirmek amacıyla küçük ölçekli tek katlı kerpiç yapılar üzerinde araştırmalar yapmışlardır. Bu amaçları yerine getirmek için, sarsma tablası üzerinde 1/5 ölçekli model yapıyı denemişlerdir. Yapısal ilerleme tekniklerinin değerlendirilmesini, yedi adet dikdörtgen kerpiç yapı modeli üzerinde sarsma tablası deneyi ile yapmışlardır. Her bir model için, yapıda çökme meydana gelinceye kadar, bir dizi yer hareketi uygulamışlardır. Dayanımdaki farklılıkların, daha güçlü harç bağlantılarına bağlı olduğunu görmüşlerdir. Duvarlara iyi bağlantı sağlayan çatı kirişlerinin kullanımıyla yapı dayanımındaki gelişmelerin arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bayülke vd. (1986), Çimger yapı sistemi ile yapılan bir yığma yapının deprem davranışını incelemek üzere sarsma tablası üzerinde dinamik deprem yüklerine benzer yükler altında deney yapmışlardır. Yapıya en büyük başlangıç ötelemesi 60 mm olan 6 yükleme yapmışlardır. Boşlukları harç ile doldurularak yapılmış olan

deney yapısının oldukça yüksek yer hareketi ivmelerine dayanabildiğini gözlemişlerdir.

Blondet ve Esparza (1988), tek yönlü sarsma tablalarının özelliklerini değerlendirmek için bir analitik model geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarında, sarsma tablasının frekans eğrisinin deneysel ölçümleri ile analitik modelin geçerliliğini kanıtlamışlardır.

Bayülke vd. (1989), sarsma tablası üzerinde 235x185x290 mm boyutlu, % 50 düşey delik oranlı hafif tuğla kullanarak bir yığma yapıyı deprem davranışı yönünden incelemiştir. Yapıya en büyük başlangıç ötelemesi, 55 mm olan toplam 16 adet yükleme yapılmıştır. Bu deneyler sonunda blok tuğlalarda, düşey delik oranının % 40-45 arası bir değerde olmasının uygun olduğu, % 50 yi aşan oranlarda olmasının taşıyıcı duvarlar için uygun olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Bayülke (1990), daha önce sarsma tablasında denenmiş bir tuğla yığma yapıya (Bayülke vd., 1989) çatlaklarını kesen gerger donatıları yardımı ile onarım yapmıştır. İlk deneyde oluşmuş çatlakları, harç ile doldurularak sıvamıştır. Onarılan yapıyı tekrar sarsma tablasında denemiş ve uygulanan onarım yönteminin etkinliğinin belirlenmesine çalışmıştır. Deneyler sonunda kullanılan onarım yönteminin hasarlı yapının dayanımını önemli ölçüde artırdığı sonucuna varmıştır.

Bayülke (1990), çalışmasında kerpiç bir yığma yapının, sarsma tablası deneyini yapmıştır. 14 yükleme yapılan ve en büyük başlangıç ötelemesi 65 mm olan kerpiç yapının, sarsma tablası deneyinde, tuğla yığma yapılara benzer davranış gösterdiği sonucuna varmıştır.

Mengi vd. (1991), takviyesiz tuğla yığma yapıların deprem analizi için, bir matematiksel model önermişlerdir. Modelin geliştirilmesinde, katları rijit olarak ele almışlar ve duvar elemanlarının sadece kendi düzlemlerinde kesme dayanımına sahip olduklarını farz etmişlerdir. Önerilen matematiksel modelin deprem analizinde, güvenilir bir şekilde kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir.

Paulson vd. (1991), çalışmalarında aynı özellikte iki yığma yapıdan birini deprem hareketi oluşturan, deprem kuvvetlerini azaltan dört adet yalıtıcının üzerine monte ederlerken, diğer yapıyı doğrudan deprem hareketi oluşturan bir platforma sabitlemişlerdir. Özellikle verilen aynı hareket için, yalıtılmış yapının ölçülmüş ivmelerinin, sabitleştirilmiş olan yapının ölçülmüş ivmelerinden daha düşük olduğunu görmüşlerdir. Sonuçta, deprem riski yüksek olan bölgelerde yığma yapılara gelen yanal kuvveti azaltmak için kullanılan temel yalıtıcısının etkili olduğunu görmüşlerdir.

Carydis vd. (1992), çalışmalarında tuğla duvarlarla doldurulmuş çerçevelerin sismik davranışını incelemişlerdir. Dış çerçeve nedeniyle tuğla duvarların zorlanma şartlarını oluşturmak için, üstte bir kütle ile esnek çelik bir çerçeve inşa etmişler, tuğla duvarın üzerine koyup ve platforma sabitlemişlerdir. Duvarın üst köşesi ile dış çerçeve arasındaki boşluk, büzülmeyle bir enjeksiyonla doldurulmuştur. Böylece oluşturulan deney yapısı duvarların iç ve dış düzlem yönleri boyunca sarsılmıştır. Yapının düzlem yönünün çaprazına deney yapısının davranışının oldukça yeterli olduğunu ve en azından yıkıcı 1986 Kalamata depreminin yer hareketinin 20 kez tekrarı ile sarsılmış olmasına rağmen, önemli hasara uğramadığını görmüşlerdir.

Bayülke (1992), çalışmasında, gazbeton bloklar (60x25x20) ve harç tutkalı kullanarak yapılmış iki katlı yığma bir yapının dinamik yükler altındaki davranışları ve dayanımlarını incelemiştir. Deney sonunda, zemin kattaki duvarlar çatladıktan sonra yapının, deprem davranışının değiştiği, üst katın sadece bir ek kütle olduğu, alt katın ise rijitliği azalmış, yeni bir dinamik sistem oluşturduğu sonucuna varmıştır. Gazbeton bloktan yapılmış yığma yapıların, tuğla yığma yapılardan daha üstün olduklarını gözlemiştir.

Bayülke vd. (1993), yapıların dinamik yükler altındaki davranışını belirlemek amacıyla 1986 dan beri Deprem Araştırma Merkezindeki sarsma tablasında altı adet tek katlı yığma yapıları denemişlerdir. Bunlardan iki tanesi boşluklu beton bloklu, üç tanesi çamur harçlı ve düz toprak çatılı, moloz taş kagir duvarlı ve biri de gazbeton panel duvarlı yığma yapılarıdır. Boşluklu beton bloklu yığma yapıların deneyinde

blokların boşluklarının doldurulmasının, daha az hasar şeklinde, yanal yüklere karşı daha büyük dayanım sağlamış olduğunu gözlemişlerdir. Ahşap ve betonarme hatıl hazırlanmasının, çamur harçlı ve düz toprak çatılı, moloz taş duvarlı yığma yapıların yanal dayanımını dikkate değer derecede geliştirmiş olduğu sonucuna varmışlardır. Gazbeton panel duvarlı yığma yapı deneyi, duvar panelleri arasındaki sürtünme yüzünden enerji dağılımını ve köşe birleşimlerinin önemini göstermiştir.

Bayülke vd. (1996), çalışmasında, sarsma tablası üzerinde, 290x190x395 mm boyutlarında ve % 35 düşey delik oranlı blok tuğlalarından oluşan bir model yapının deprem davranışını incelemiştir. Sarsma tablasına en fazla 60 mm olmak üzere, 6 kez başlangıç ötelemesi vermiştir. Yapılan deneylerin sonucunda, tuğladaki delik oranının olabildiğince az olmasının, tuğla yığma yapı kesme dayanımını artırdığını gözlemiştir. Sonuçta, taşıyıcı blok tuğlalardaki delik oranının olabildiğince az olmasının, yatay ve düşey derzlere yüksek dayanımlı harç konulmasının, tuğlaların duvar örülürken suyla doymuş olmalarının ve duvarın tıpkı beton gibi örüldükten sonra bir süre ıslak tutulmasının yığma yapıların dayanımını artıracaklarını bulmuştur.

Tomazeviç ve Klemenç (1997), tipik iki yığma yapı modelinin sarsma tablası deneyini yapmışlardır. Deneyi yapılan yapıların tiplerinin ve boyutlarının 0.8 g max yer ivmeli güçlü depremlere dayanabileceğini ve 1.3 g dan daha fazla max yer ivmeli tekrarlı sarsmaya maruz bırakıldığı zaman göçmeyeceğine deney sonucunda ulaşılmıştır.

Benedetti vd. (1998), çalışmalarında, 2 katlı, ½ ölçekli yığma yapı modelleri üzerinde yapılmış büyük bir deneysel programın sonuçlarını vermektedirler. Yapı modellerini hasara uğrattıktan sonra, onarım ve güçlendirme yapmışlar ve tekrar deney yapmışlardır. Toplam 24 yapıyı, 119 sarsma tablası deneyine maruz bırakmışlardır. Yanal dayanımlarda, çatlakların tamiri ve yatay kirişler uygulanması gibi oldukça basit tekniklerle önemli artışlar elde edilebileceği sonuçlarına varmışlardır. Yapının orijinal kalitesinin güçlendirmeye etkisi olduğuna ulaşılmıştır. Yatay bağların yapının göçmesini önlemekte çok önemi olduğundan,

duvarlarda yatay bağlarla kuvvetlerin uygun dağılım sağlanmasının etkili olduğunu bulmuşlardır.

Ghalandarzadeh vd. (1998), çalışmalarında, Kobe limanındaki çoğu ağır tip rıhtım duvarlarının, 1995 deki depremde yıkılmış olduğuna dikkat etmişlerdir. Çoğu durumlarda, keson duvarları hareket etmiş ve limanın tüm işlev kaybına yol açan suya doğru yatmıştır. Deprem esnasında, duvar kenarında sıvılaşmanın hiçbir kanıtının bulunmaması olağandışı bir olay olmuştur. Depremlerden dolayı keson duvarlarının yetersizliğini anlamak için, bir dizi sarsma tablası deneyi yapmışlardır. Deneylerin incelemeleri sonucunda, sarsmanın yoğunluğuna ve temel kumunun sıklığına bağlı olarak bir keson duvarda üç farklı tipte hasarın muhtemel olduğunu bulmuşlardır. Mevcut sarsma tablası deneylerinin sonucunda, güvenli bir keson duvarının tasarımını geliştirmenin mümkün olduğunu görmüşlerdir.

Bayülke (1998b), 20 cm genişliğinde 60 cm yüksekliğinde donatılı elemanlardan oluşan iki katlı yığma bir yapının sarsma tablası üzerinde deprem davranışını incelemiştir. İlk birkaç hariç başlangıç ötelemeleri 60-63 mm düzeyinde uygulanmıştır. Tablada denenen 2 katlı yapı sisteminin deprem açısından yeterli güvenlikte olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Seo vd. (1999), geleneksel yapı metotlarını kullanarak inşa edilen tipik bir Kore ahşap yapının kaya ve toprak zemin şartları için, ¼ ölçekli iki adet model yapının sismik yetersizliğini incelemiştir. Toprak zeminde yapının göçmesindeki max yer ivmesi 0.25 g iken, kaya zeminde orta hasar için max yer ivmesinin 0.6 g olduğunu gözlemişlerdir. Ahşap yapının esnek özelliklerinden dolayı, toprak zemindeki ahşap yapının kaya zeminekinden çok daha fazla savunmasız olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu bölümde, pomzalı bimsbloklar, ivme kaydediciler ve sarsma tablasının özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1.1. Pomza ve Pomzalı Bimsblokların Özellikleri

Pomza (bims), birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görümlü silikat esası, birim hacim ağırlığı genellikle 1 g/cm^3 ten küçük, sertliği Mohs skalasına göre 6 civarında olan camsı doku gösteren volkanik bir maddedir (TS 2823, 1986).

Pomza madeni, dünya endüstrisinde yeni olmamakla beraber, ülkemiz endüstrisine son yıllarda girmeye başlayan ve değeri yeni anlaşılan volkanik kökenli bir maden olmuştur (Gündüz vd., 1998).

Pomza volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetlerle oluşmuş, volkanik bir cam yapısındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü olan asidik pomza, kirli görünümde ve grimsi beyaz renkte olanıdır. Bazik pomza ise, yabancıların Scoria dedikleri bazaltik pomza olarak bilinen koyu renkli, kahverengimsi ve siyahımsı renkte olanıdır (Çankıran, 1998). Pomzanın yoğunluğu $0.5-1 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişir. Silis, alüminyum ve sodyum içerdikleri için açık renkli görünüm sağlarlar. Kimyasal olarak içeriğinde;

- % 60-75 SiO_2
- % 13-17 Al_2O_3
- % 1-3 Fe_2O_3
- % 1-2 CaO
- % 7-8 $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$
- Eser miktarda TiO_2 ve SO_3

bulunmaktadır. Kayacın içerdiği SiO_2 oranı, kayaca abrasif özellik kazandırır. Bu yüzden çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergileyebilmektedir. Al_2O_3

bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na_2O ve K_2O tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir.

Pomzanın özgül ağırlığı 1-2 civarındadır. Oluşumu sırasında, bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası özellikle mikro gözenekler genelde bağlantısız boşluklu olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir (Gündüz vd., 1998).

Pomza taşı agregası yaklaşık % 70 boşluk içermektedir. Doğada, ince pomza iri pomzadan daha fazla bulunmaktadır. Pomza taşının basınç mukavemeti, kalkerin %5-10'u, elastisite modülü ise %2'si mertebesindedir. Pomzanın fazla gözenekliliğinden dolayı ısı ve ses geçirgenliği oldukça düşüktür. Bünyesinde kristal suyu yoktur. Kimyasal olarak % 75'e varan silis muhtevasına sahiptir. Pomza taşının 24 saatlik su emme yüzdeleri ince agregada % 20, iri agregada % 30 civarındadır. Normal depolama şartlarındaki nem yüzdesi genellikle su emme kapasitesinin 2/3'ünü geçmez.

Isparta yöresi pomzalarının kimyasal analiz değerlerine genel olarak bakıldığında, magma çözeltisinin asidik karakterli olduğu gözlenmektedir. Isparta ve yöresinde çıkartılan pomza üzerinde yapılan araştırmalarda, ince madde oranları çok az olduğu tespit edilmiş ve standart değerleri aşmadığı görülmüştür. Organik madde yok denecek kadar az olup, boşluklu bir agregata türü olduğu için, kısa zamanda çok miktarda su emmektedir. Üretimi sırasında pomza agreganın su emdirilmiş olarak ve belirtilen değerden fazla olan tanelerin kırılarak kullanılması gerekir (Çankıran vd., 1998).

Bimsblok, pomza agregasından üretilen duvar yapı elemanıdır. Pek çok Avrupa ülkesinde bimsblok yaklaşık yüz yıldır kullanılmaktadır. Bu ülkelerde pomza endüstrisine dayalı hafif yapı elemanları üretim sektörü çok gelişmiştir. İnşaat sektöründe hafif agregalı yapı elemanları ekonomik olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Pomzadan imal edilen bimsbloklar, yüksek ısı ve ses yalıtımı, yüksek mukavemet göstermeleri ve depreme dayanıklı mekanları en ucuza mal etme gibi

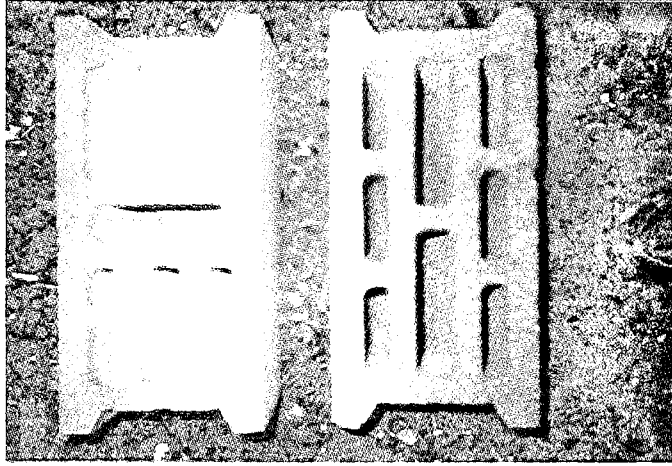
özelliklerinden dolayı, inşaat sektöründe kullanım alanı bulmuştur (Çankıran vd., 1998).

Bimsblokların, birim hacim ağırlığı 1 t/m^3 , kesme yük değeri 200 kgf, ısı iletkenlik değeri $\lambda = 0.17 \text{ kcal/m.h}^\circ\text{C}$ ve ses yalıtım değerleri $R = 45-48 \text{ dB}$ dir (Gündüz vd., Cilt II, 1998).

TS 2823'e göre bimsblok ürünleri genelde teçhizatsız olarak, bimsbetondan elde edilmektedir. Bimsblok ürünlerini boyut, şekil ve geometrik durumlarına göre 3 ayrı normda sınıflandırmak mümkündür.

- ◆ Bims tuğla
- ◆ Boşluklu duvar bimsblokları
 - Tek sıra boşluklu bimsbloklar
 - İki sıra boşluklu bimsbloklar
 - Üç sıra boşluklu bimsbloklar
 - Dört sıra boşluklu bimsbloklar
- ◆ Asmolenler
 - Düz asmolenler
 - Fligran tipi asmolenler (Gündüz vd., Cilt II, 1998).

Çalışmada, betonarme yapılarda dolgu duvarı yapımında en çok kullanılan üç sıra boşluklu bimsbeton bloklar kullanılmıştır. Şekil 3.1'de çalışmada kullanılan bimsblok görülmektedir. Çalışmada kullanılan bimsbloğun teknik özellikleri Çizelge 3.1'de görülmektedir (Gündüz vd., 1998).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan ÇB 19 tipi bimsbloklar

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ÇB 19 tipi bimsblokların özellikleri (Gündüz vd., 1998)

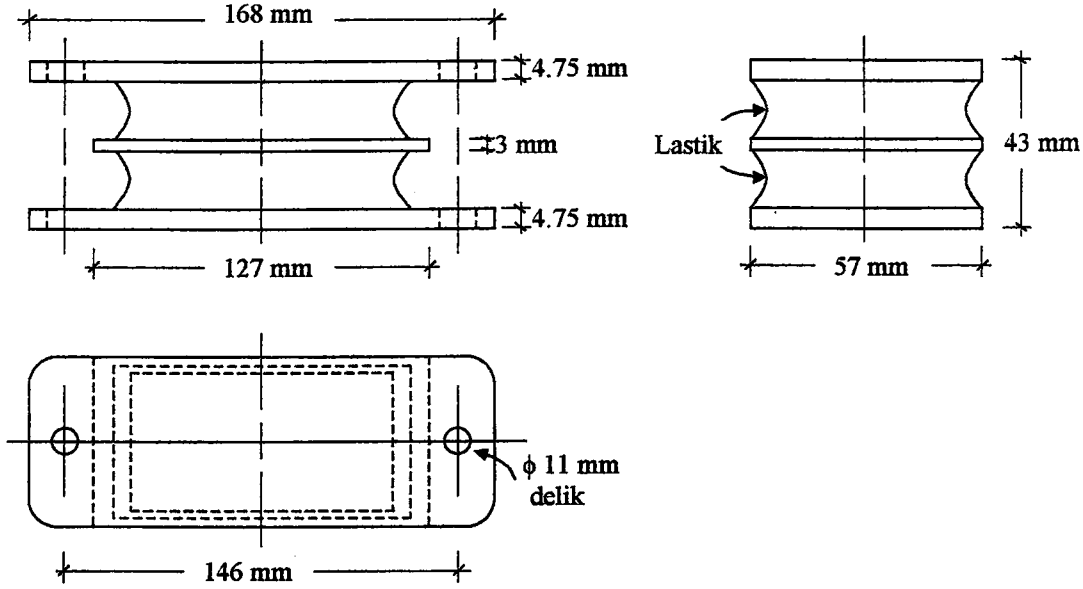
En (mm)	200	Yüzey Alanı (mm ²)	78000	
Boy (mm)	390	Dolu Yüzey Alanı (mm ²)	59100	
Yükseklik (mm)	185	Boş Yüzey Alanı (mm ²)	18900	
Et Kalınlığı	Boyuna (mm)	35	Doluluk Oranı (%)	75.77
	Enine (mm)	30	Kırılma Yüğü (kgf)	19500
	İç (mm)	30	Dolu Alan Basınç Değeri (kgf/cm ²)	32.99
Harç Cebi	Genişlik (mm)	80±5	Dayanım Faktörü	18.94
	Derinlik (mm)	20±2		

3.1.2. Sarsma Tablasının Özellikleri

Çeşitli tip yapıların depremlerdeki davranışlarının deneysel olarak ortaya konması için, yapıların ya da büyük ölçekli (1/2-1/10) modellerinin depremlerde oluşan yüklere benzer yükler altında denenmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi yapılar, depremlerde üzerinde oturdukları zeminlerdeki hareket nedeni ile ortaya çıkan atalet kuvvetlerinin etkisi altında kalmakta ve bunun sonucu hasar görmektedir. Yapıları zeminlerinden etkileyen deprem kuvvetlerine benzer kuvvetlerle sarsarak, içlerinde atalet kuvvetleri oluşturup denemek için "Sarsma Tablası" yapılması düşüncesi 1960'lı yıllarda ortaya atılmıştır. Dünyada ilk büyük ölçekli sarsma tablası, bu yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde gerçekleştirilmiştir. Bu tablanın üzerine birkaç yüz ton ağırlıkta olan model yapılar konularak, bunların

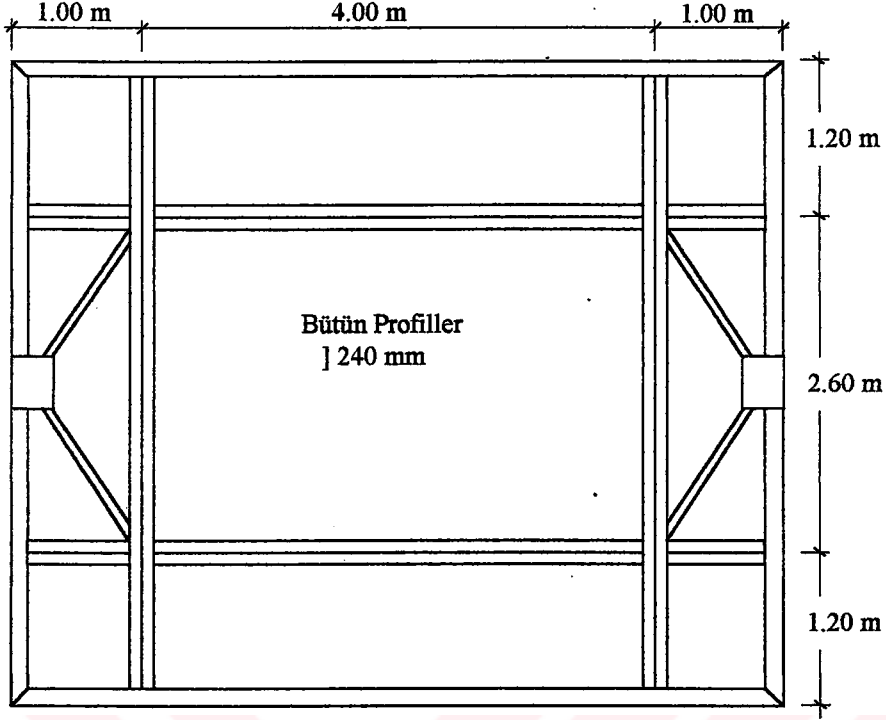
deprem davranışları denenmiştir. Ayrıca bu tablalar üç yönde, daha önce olmuş, herhangi bir depremin kuvvetli yer hareketi ile sarsılabilmektedir. Bilgisayarlara bağlı ve hidrolik krikolara oturan bu tablaların yapımı bugün için çok büyük bedellere ulaşmaktadır. Ülkemizde de basit bir sarsma tablası yaparak, kırsal ve afet konutlarının deprem davranışlarının ortaya çıkarılması ve kırsal konutları, depreme dayanıklı duruma getirebilecek takviye yöntemlerinin denenmesi amacı ile "Kırsal Konutların Deprem Davranışları ve Depreme Dayanıklılıklarının Artırılması Projesi" Deprem Araştırma Dairesi'nce 1981 yılından beri yürütülmektedir. Bu proje uyarınca 1981 yılından başlayan ve İngiltere Cambridge Üniversitesi Martin Mimari ve Şehircilik Araştırma Merkezi ile birlikte yürütülen çalışmalarda, basit bir sarsma tablası yaparak kırsal konutların denenmesi de düşünülmüştür. Bu projede ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi de yer almıştır. Sarsma tablasının projesi üzerindeki çalışmalara 1983 yılı içinde başlanmış ve proje kesin şeklini 1984 yılı sonlarında almıştır. Tablanın yapımına 1985 Mayıs ayında başlanılmış ve 1985 Temmuz ayı sonunda bitirilmiş, daha sonra Ağustos ve Eylül aylarında yapılan bir dizi deneyle, tablanın dinamik özellikleri ölçülmüştür (Bayülke, 1986).

Tabla, sarsma etkisini sağlayan, elastik neopren takozlardan yapılmış mesnetler üzerinde oturmaktadır (Şekil 3.2). Bu mesnetlerin düşey yüklere karşı büyük bir rijitliği ve yük taşıma gücü vardır. Ancak yatay yönde oldukça esnekler (Bayülke, 1986). Takozlar 5 cm kadar elastik yatay öteleme yapabilmektedirler. İki sıra üst üste konuldukları için, toplam 10 cm tabla yatay ötelemesi yaptırılabilir. Bu mesnetler üst üste bağlanarak, en çok 4 sıra halinde de kullanılabilir. Bu durumda tablanın başlangıç ötelemeleri daha fazla olabilmektedir (Bayülke, vd. 1986).



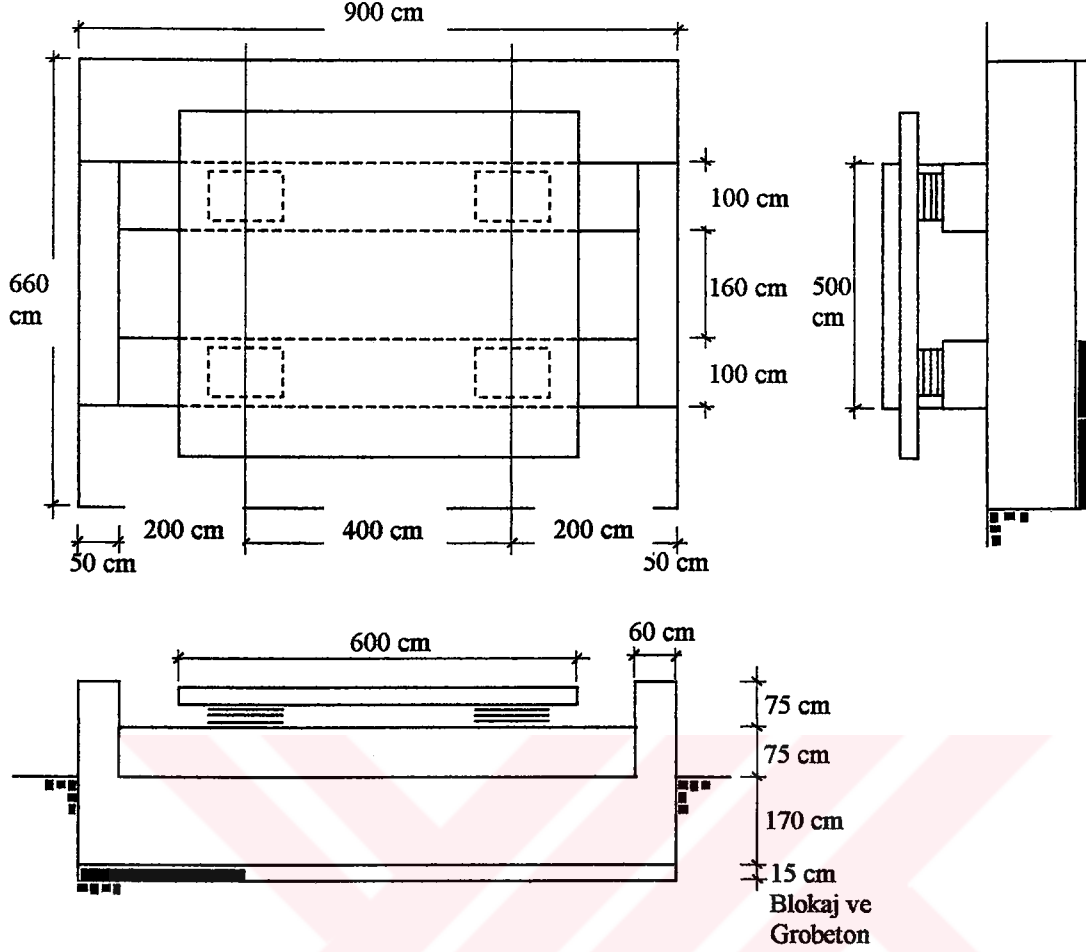
Şekil 3.2. Neopren takozların çeşitli görünüşleri (Bayülke, 1986)

Tabla, arasında betonarme plak olan çelik kafes şeklinde yapılmıştır. Şekil 3.3'te tablanın çelik kafes ayrıntısı verilmektedir. Çelik tabla dört noktadan taşıyıcı, iki ana kirişe oturmaktadır. Her mesnede bir sırasınca 124 adet olmak üzere en çok dört sıra halinde, bu neopren takozlar konulabilmektedir. Takozların tablaya ve taşıyıcı kirişlere bağlantısı bulonlu olarak yapılmış ve böylece istenildiği zaman mesnetlerdeki neopren takoz sayısının azaltılması ya da çoğaltılması mümkün olmaktadır. Tablanın altındaki neopren takozu sayısının değiştirilmesi ile tablanın doğal titreşim frekansını değiştirmek mümkün olmaktadır. Bu da tablanın üzerinde değişik dinamik özellikleri olan modellerin denenmesine olanak vermektedir. Deprem Araştırma Dairesindeki sarsma tablasında, tabla dört mesnede eşit olarak dağıtılmış, 2 sıra halinde ve her bir sırada 124 tane elastik neopren takozu, toplam 248 neopren takoz üzerinde oturmaktadır.



Şekil 3.3. Tablanın çelik profil boyutları (Bayülke, 1986)

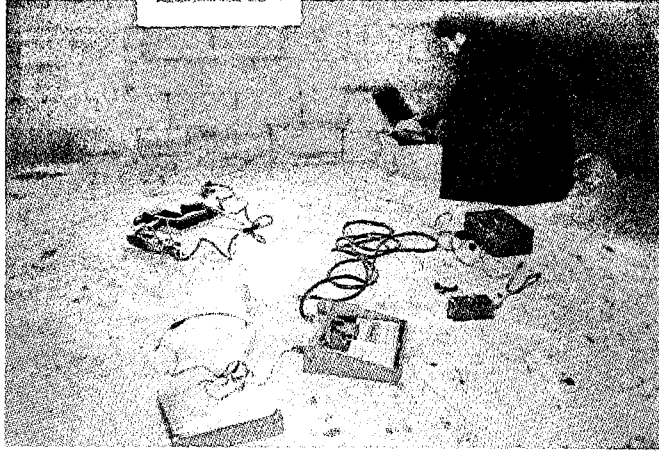
Üzerine model yapı konulan tablanın boyutları sarsma yönünde 6.00 m, diğer yönde 5.00 m dir. Tablanın kalınlığı 240 mm.dir. Tabla ve taşıyıcı kirişlerle, mesnet duvarı B225 kalitesinde betonarme betonundan yapılmıştır. Şekil 3.4'te tablanın çeşitli görünüşleri verilmektedir. Tablanın sarsma sırasında temelinin oynamaması gerektiğinden derin temelli olarak yapılması gerekmiştir. Tabla 9.00x6.00 m alanında ve 1.70 m derinliğinde betonarme bir temele oturmaktadır. Temelin ağırlığı yaklaşık 250 ton kadardır. Temel ile zemin arasında yatay sürtünmeyi artırmak için temelin altında iri taşlarla blokaj yapılmıştır (Bayülke, 1986).



Şekil 3.4. Tablanın çeşitli görünüşleri (Bayülke, 1986)

3.1.3. İvme Kaydedicilerin Özellikleri

Bu deneyde tablanın ve yapının betonarme döşemesinin üzerine ankrajla tespit edilmiş Akashi Jep-6A3 marka üç eksenli alıcılar kullanılarak ölçülen tabla ve deney yapısı ivmeleri Hakusan Datamark LS-800WD kayıtçılar (recorder) ile sayısal olarak yazılmıştır (Şekil 3.5). Bu kayıtlar daha sonra bilgisayara aktarılmış ve çizilmiştir. Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nde, daha önceki yıllarda yapılan deneylerde tabla ve deney yapısının hareketleri DR-100 Sprengnether üç eksenli ivme kaydediciler; Shinkoh UA tipi tek eksenli ivme ölçerlerle manyetik bantlı, ya da özel kağıtlı grafik yazıcılarla kaydedilmiştir. Yakın zamanlarda yapılan bazı deneylerde tabla ve deney yapısının hareketlerinin ölçülmesinde, GeoSys GSR-16 tipi sayısal ivme ölçerler de kullanılmıştır (Bayülke vd., 2000).

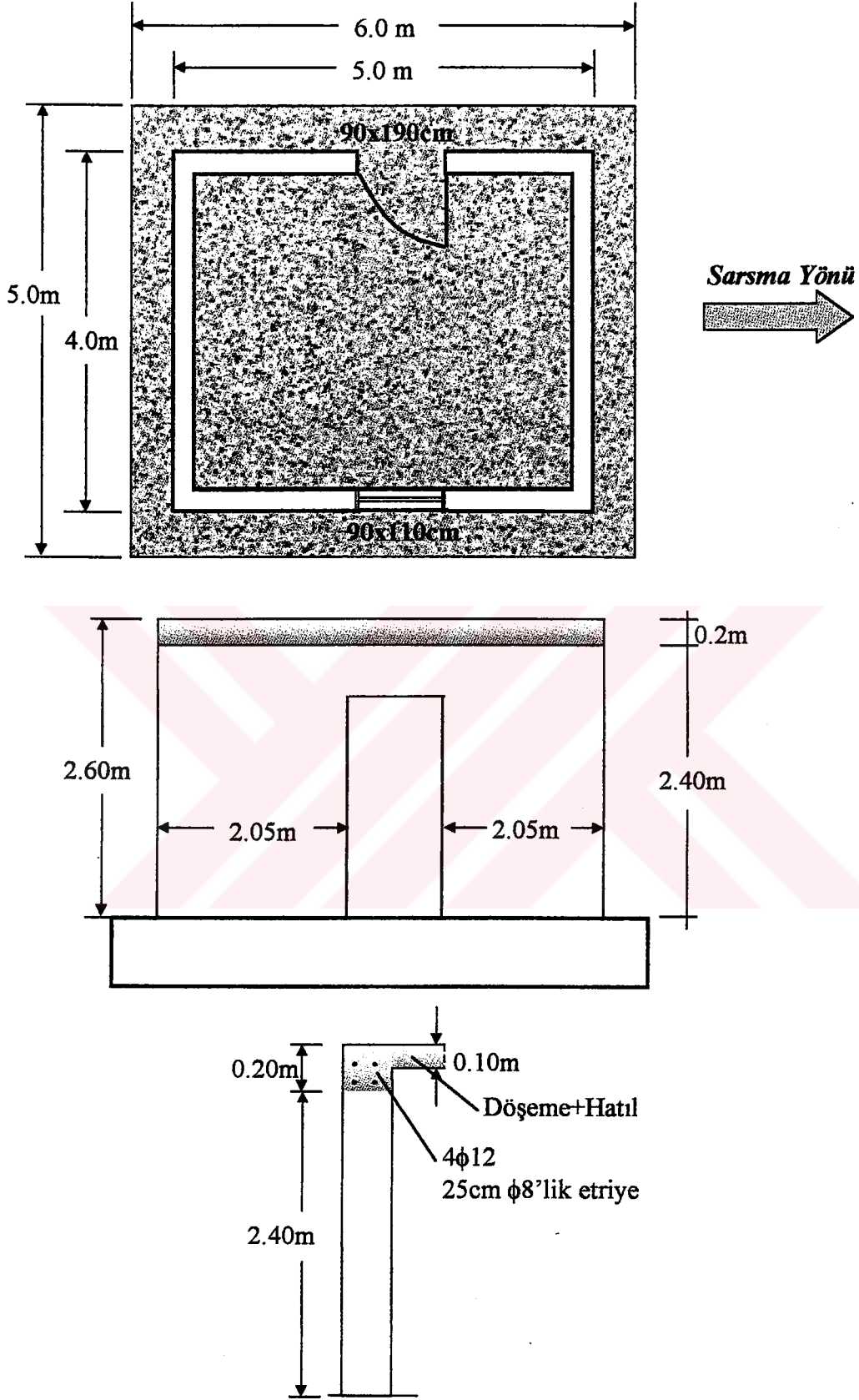


Şekil 3.5. Deney yapısına yerleştirilen sismik ölçerler

3.1.4. Deney Yapısının Yapılması

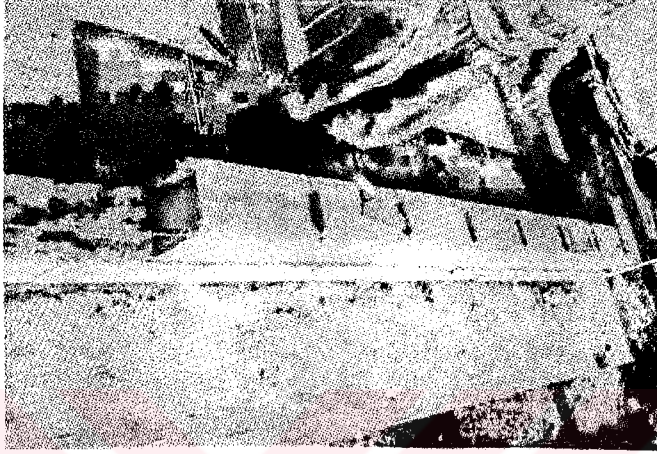
Deney yapısı sarsma yönünde 5.00 m, diğer yönde 4.00 m boyutlarındadır. Sarsma yönünde, model yapının kuzey cephesinde 0.90x2.00 m boyutunda bir kapı, güney cephesinde ise yine 0.90x1.10 m boyutunda bir pencere vardır. Kapı ve pencere boşluklarına kapı, pencere eleman ve kasaları konulmamıştır. Deney yapısının ağırlığı yaklaşık 15.6 ton olarak hesaplanmıştır. Tabla üzerinde inşa edilen deney yapısının planı, güney cephesinin görünüşü, döşeme ve hatıl detayı Şekil 3.6'da verilmektedir.

Deney yapısının bir yanında pencere ve bir yanında kapı oluşu ve bu duvarların boşluk miktarlarının farklı oluşu sonucu, yapıda sarsma yönünde tam simetri bulunmamaktadır. Simetri yokluğu nedeni ile pencere boşluğunun bulunduğu duvar daha rijit olmaktadır. Modelin sarsma yönündeki rijitlik merkezi de, bu yana doğru kaymıştır. Bu bakımdan sarsma sırasında model yapıda burulma etkileri olmaktadır. Bu nedenle pencerenin bulunduğu tarafta daha çok hasarın olması beklenmektedir.

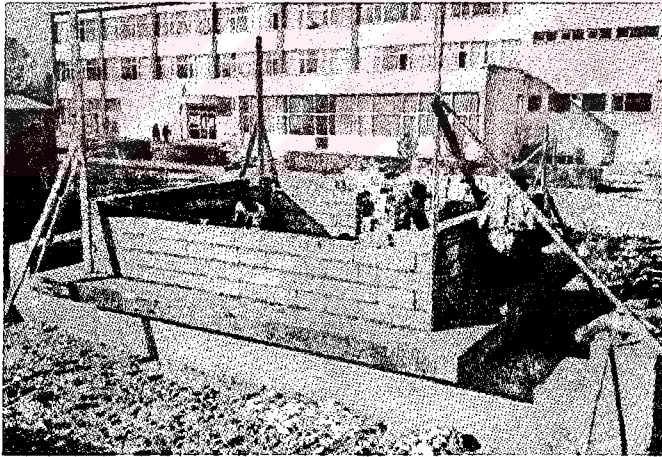


Şekil 3.6. Deney yapısının çeşitli görünüşleri

Deney yapısının duvar kalınlığı 20 cm'dir. Duvarlar örülürken özel bir itina gösterilmemiş, ancak blokların üst yüzleri 2 cm kadar kalınlıkta bir harç ile silme doldurulmuş ve bimsbloğa bastırılmıştır. Bu durumda üste konulan bloktaki boşluklara bir miktar harç girmesi ile küçük de olsa bir harç kamasının oluştuğu sanılmaktadır. Bu harç kamasının duvarın kesme dayanımına katkısı olabilir (Şekil 3.7 ve 3.8).

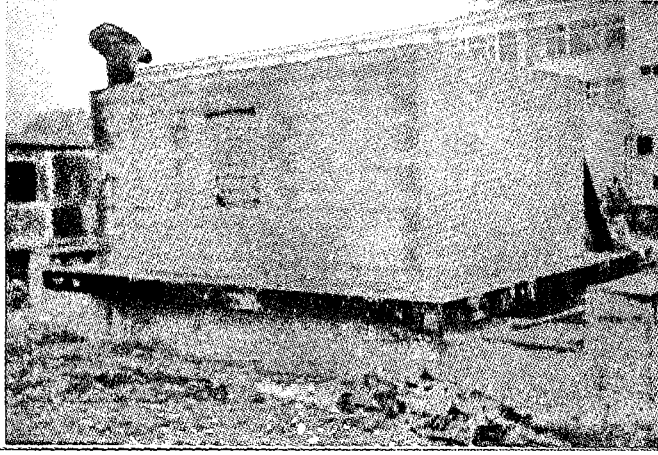


Şekil 3.7. Bimsbloklar arasına harcın yerleştirilmesi



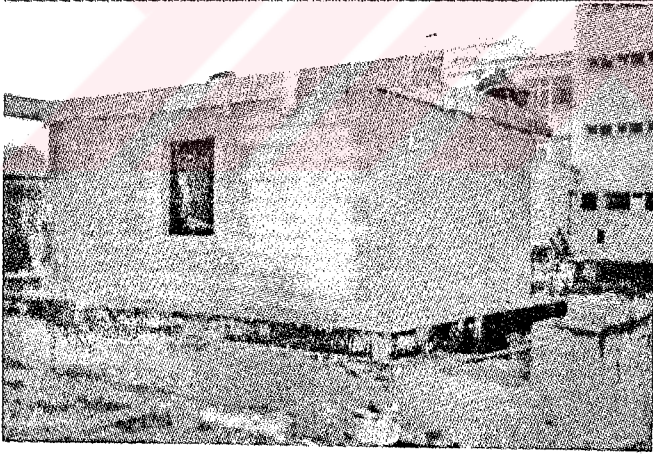
Şekil 3.8. Duvarların örülmesi

Deney sırasında oluşacak çatlakların iyi görülmesi için deney yapısının dış yüzü 2-2.5 cm kalınlığında bir sıva ile sıvanıp badana yapılmıştır. Duvarların dış yüzü duvar örmeye kullanılan harç ile aynı özellikte bir sıva ile kaplanmıştır (Şekil 3.9). Deney yapısının iç duvarları sıvanmamıştır.

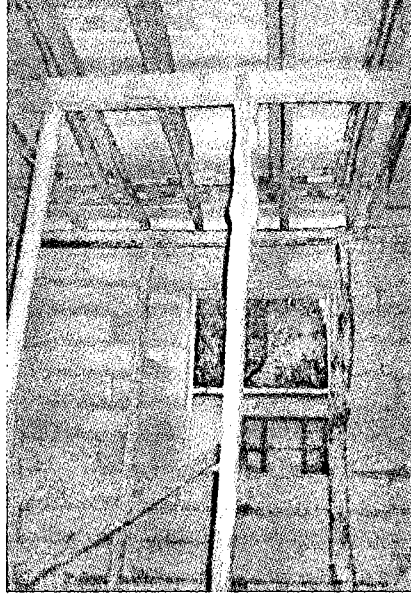


Şekil 3.9. Sıva yapılması

Deney yapısının yapılması sırasında zaman kaybı olmaması için, döşeme ve hatıl betonundan önce sıva yapılmıştır. Sıva yapımından sonra, döşeme ve hatıl kalıpları birlikte yapılmıştır (Şekil 3.10, 3.11 ve 3.12).



Şekil 3.10. Hatıl kalıplarının çakılması

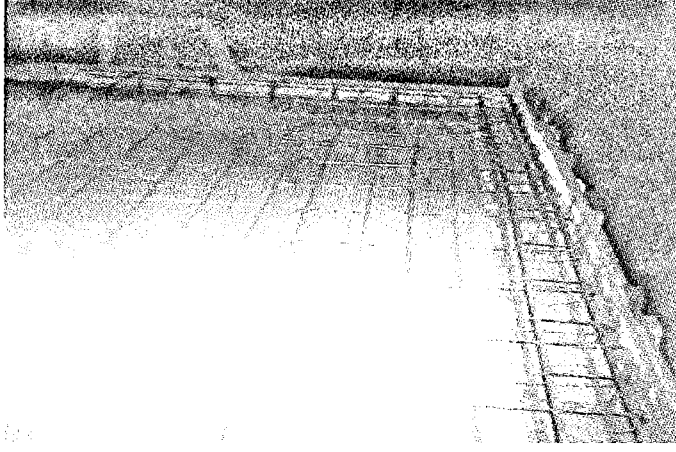


Şekil 3.11. Yapının içinden döşeme kalıbının görünüşü



Şekil 3.12. Döşeme kalıbının üstten görünüşü

Duvarları örülen, sıvası yapılan ve kalıpları çakılan deney yapısının döşemesi, hurdi döşeme olduğundan, çift yönlü donatı yerleştirilmiştir. Hatılarda $4\phi 12$ boyuna ve $\phi 8/25$ enine, döşemede ise $2\phi 12$ düz ve $2\phi 12$ pilye 15 cm aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Beton öncesi döşeme ve hatıl donatıları

Deney yapısının üzerinde 10 cm kalınlığında bir betonarme plak vardır. Bu plak, kenarındaki 20 cm derinliğinde bir betonarme hatıl ile duvarlara oturmaktadır. Çalışmada döşeme ve hatıl betonu için hazır beton kullanılmıştır. (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Döşeme ve hatıl betonunun dökülmesi

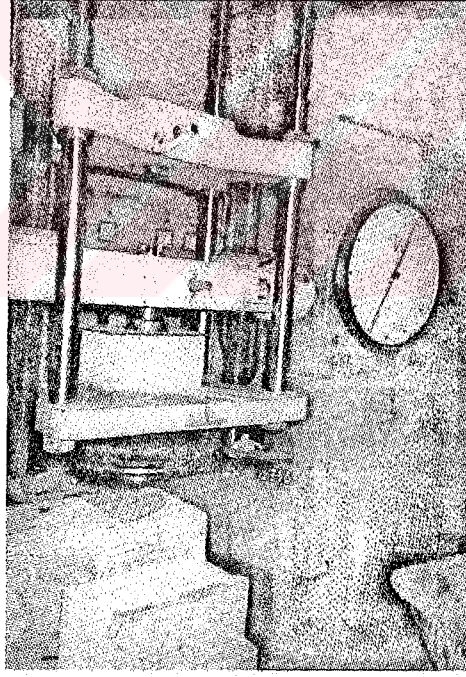
3.2. Metot

Bu bölümde, deneyde kullanılan bimsblokların ve harcın basınç deneyi metodu ve sarsma tablası deneyi anlatılmaktadır.

3.2.1. Basınç Deneyi

Deney presinin çelik yükleme plakaları ve bunlarla temas edecek numune yüzeyleri iyice temizlenir. Silindir deney numunelerinin alt yüzü, küp deney numunelerinin dökme yönüne dik yüzeylerinden biri alt plaka üzerine, düşey olarak yerleştirilir. Deney numunesi yavaş yavaş oynatılarak deney numunesi düşey ekseninin pres küresel üst başlık plakasının merkezi ile çakışması sağlanır. Merkezleme hatası, numunenin çapının ya da bir kenarının 0.01'inden fazla olmamalıdır.

Yüklemeye, sabit bir hızla ve darbe tesiri yapmayacak tarzda, deney numunesi kırılıncaya kadar devam edilir. Numune kırılana kadar yükün uygulanmasına devam edilmeli ve max yük tespit edilmelidir. Deney numunesinin kırıldığı anda pres ibresinin gösterdiği yük (kırılma anındaki max yük) okunur (TS 3114, 1990). Şekil 3.15'te basınç deneyi cihazı görülmektedir.

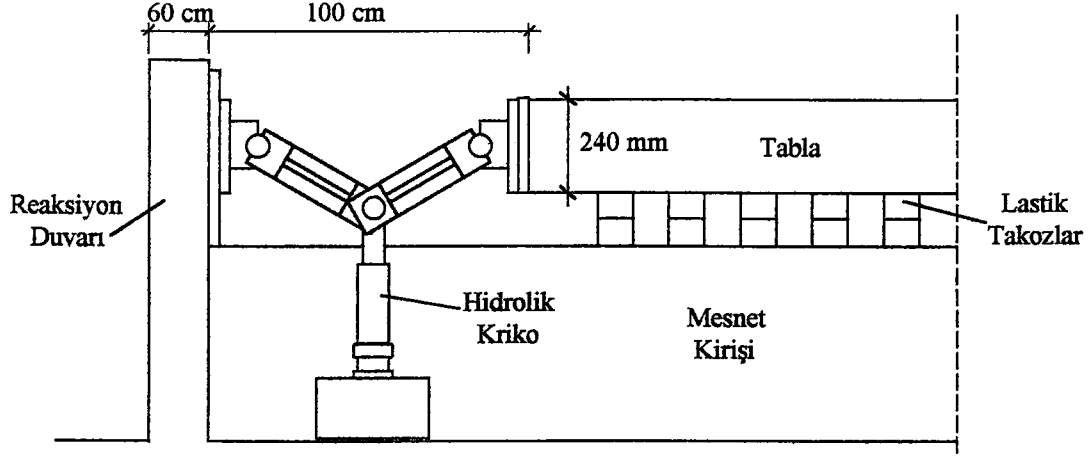


Şekil 3.15. Basınç deneyi cihazı

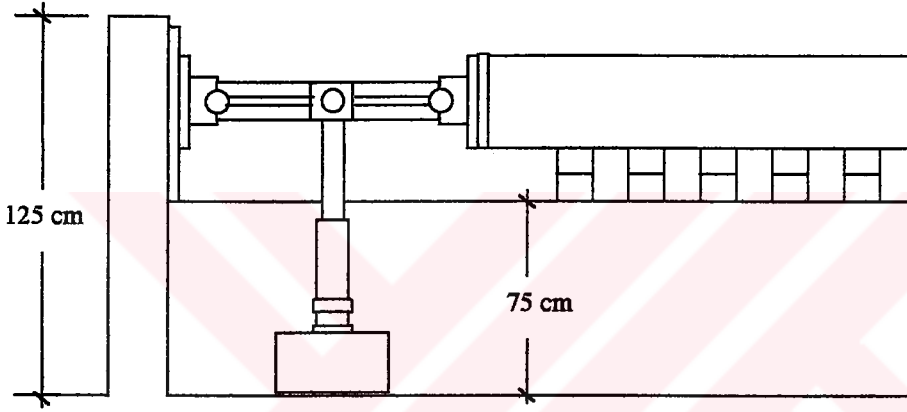
3.2.2. Sarsma Tablası Deneyi

Tabla tek yönde, yatay olarak salınım yapmaktadır. Tablaya bir başlangıç ötelemesi verilmekte daha sonra tabla, bu başlangıç ötelemesi altında serbest titreşimler yapmaktadır. Bu salınım sırasında tabla ve üzerindeki model yapıda depremde oluşan türden atalet kuvvetleri oluşmaktadır. Tablanın boş iken ağırlığı 20.5 tondur. Tablanın üzerinde ağırlığı 50 tona kadar olan yapı modelleri denenebilir. Tablanın doğal titreşim periyodu, tabla boş ve 248 takoz var iken 0.188 sn civarındadır. Sönüm oranı ise % 13 kadardır. Tablanın titreşim periyodu, üzerine konulan modelin ağırlığına bağlı olarak 0.15-0.30 sn arasında değişmektedir (Bayülke, 1986).

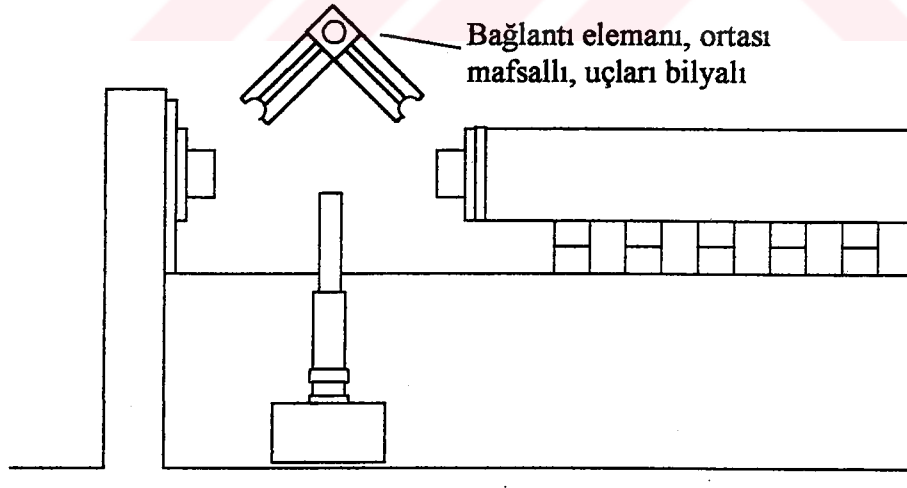
Tablaya 25-65 mm arasında başlangıç ötelemesi verilebilmektedir. Şekil 3.16'da tablanın hareket düzeni verilmektedir. Düşey yönde hareket eden hidrolik kriko, bağlantı mekanizmasını yukarı doğru iterken tabla da yatay olarak ötelenmektedir. Bağlantı mekanizması tam yatay konuma ulaştığı anda tabla da maksimum başlangıç ötelemesine ulaşmakta ve bu konumda krikonun çok az miktar daha itilmesinden sonra bağlantı mekanizması havaya sıçramakta ve serbest kalan tabla serbest titreşim yapmaktadır (Bayülke vd., 1996). Tablanın itilmesi sırasında krikoda 10 ton kadar bir kuvvet oluşmakta, mekanizmada ise 50 tona yakın bir kuvvet oluşmaktadır. Bu kuvvet tablanın her iki ucundaki reaksiyon duvarınca taşınabilmektedir. Kullanılan krikonun kapasitesi 30 tondur (Bayülke, 1986).



a) Deneý başlangıcındaki durum



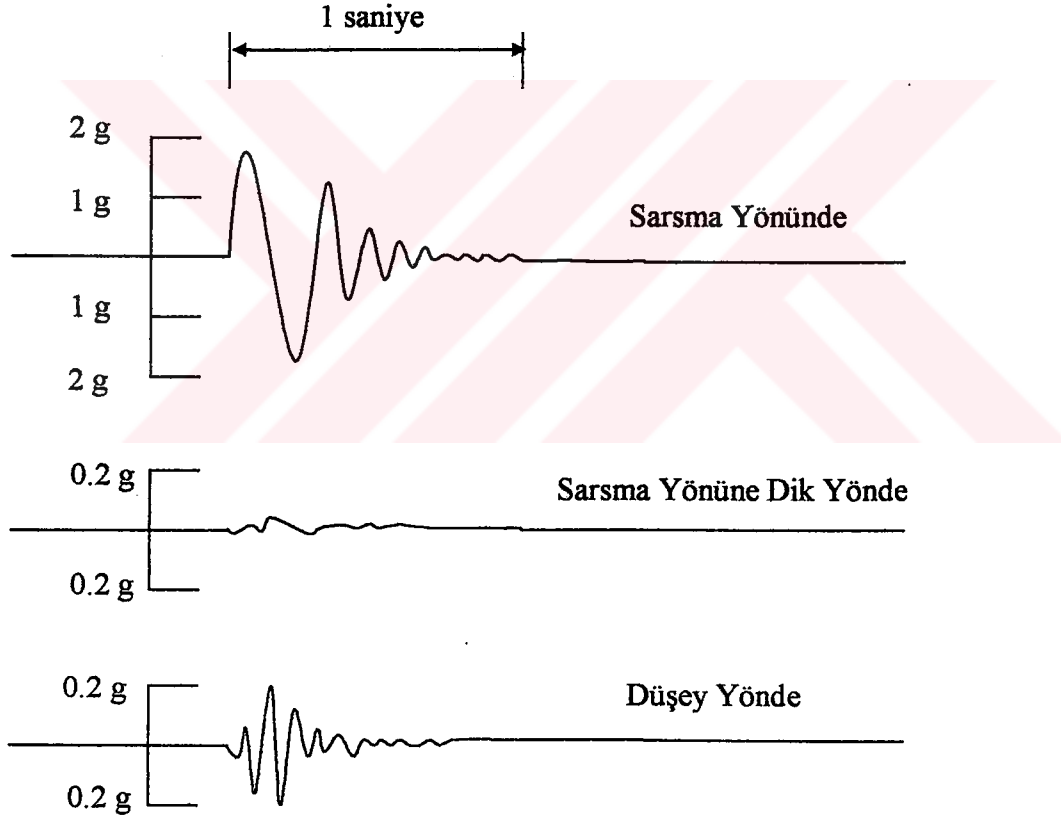
b) Tablanın serbest titreşim yapmak için hareket etmesinden az önce tam açılma durumu



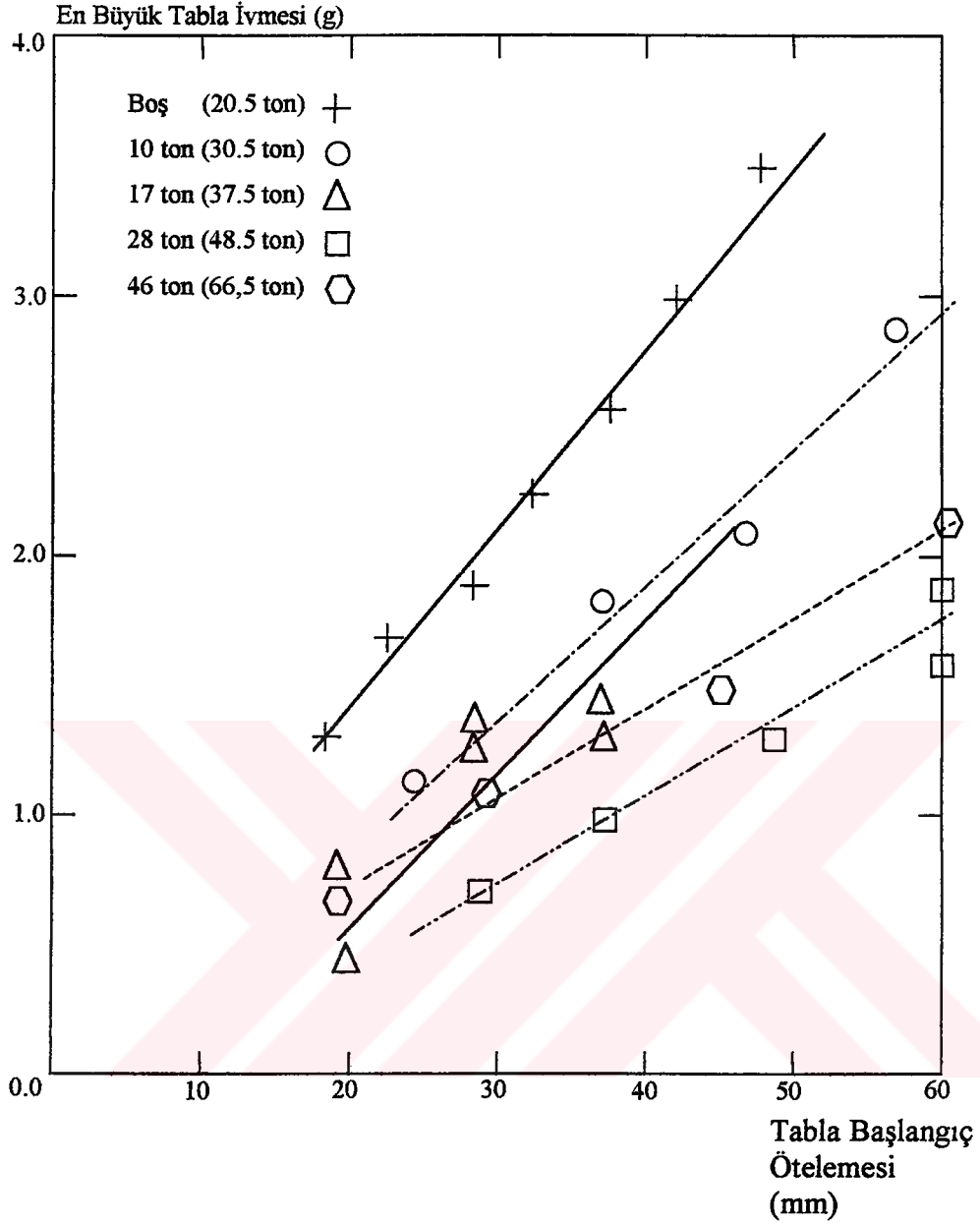
c) Tablanın serbest kalıp titreşime başladığı an

Şekil 3.16. Sarsma tablasının hareket düzeni (Bayülke vd., 1996)

Şekil 3.17’de tabladaki sarsma yönünde, sarsma yönüne dik yönde ve de düşey yöndeki salınım kaydının tipik bir örneği verilmektedir. Tablaya başlangıç ötelenmesi verilirken, lastik takozlarda düşey yönde de deformasyon olduğu için tabla serbest kaldığı anda düşey yönde de bir salınım olmaktadır. Tablanın belli bir miktarda başlangıç ötelenmesi altındaki salınımı, 1.5 sn kadar sürmektedir. Arka arkaya aynı ya da değişik başlangıç ötelenmeleri ile tablanın 8-10 kere salınım yapması, bir anlamda model yapısına 12-15 sn.lik şiddetli bir deprem yer hareketi uygulanmasına eşdeğer olarak kabul edilebilir. Şekil 3.18’de ise tablanın üzerindeki model yapının ağırlığı ve de tabla başlangıç ötelenmesine bağlı olarak tablada oluşan en büyük ivmeler verilmektedir (Bayülke, 1992). Tabla yüklü olduğu zaman, her başlangıç ötelenmesinde oluşacak ivmeler daha az olacaktır (Bayülke, 1986).



Şekil 3.17. Tablanın tipik ivme kaydı (Bayülke, 1992)



Şekil 3.18. En büyük tabla ivmesinin tabla ağırlığı ve tabla başlangıç ötelemesi ile değişimi (Bayülke, 1992)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bimsblokların Basınç Dayanımı Sonuçları

Çalışmada kullanılan bimsbloklardan dört tanesi üzerinde basınç dayanımı deneyi ve ağırlık ölçümü yapılmıştır. Deney sonucunda ölçülen basınç dayanımları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

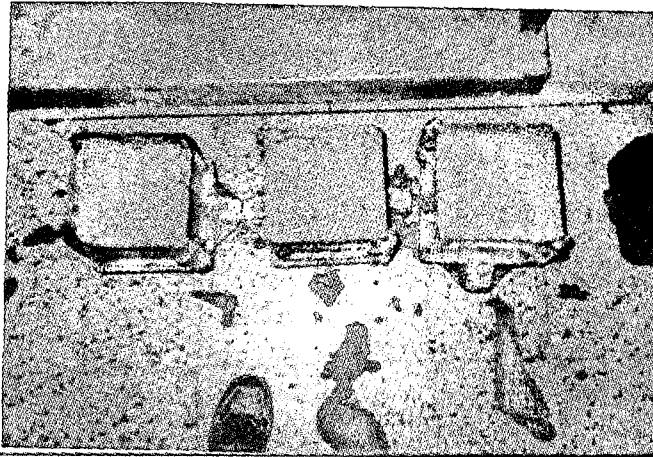
Çizelge 4.1. Basınç dayanımı ve ağırlık ölçümü deney sonuçları

Numune No.	Ağırlık (gr)	Uygulanan Kuvvet (kgf)	Basınç Dayanımları (kgf/cm ²)
1	12200	15600	21.00
2	11800	13200	17.80
3	12400	19500	26.30
4	12200	10800	14.60

Deneilerin sonunda ortalama basınç dayanımı 19.93 kg/cm² olarak bulunmuştur.

4.2. Harcın Basınç Dayanımı Sonuçları

Duvarlarda kullanılan harçtan 2 adet 20x20x20 cm boyutlu küp örnek alınmış ve 28 gün sonra basınç dayanımı ölçülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Basınç dayanımı ölçülmek üzere alınan küp numuneler

Sıva ve derz yapmakta kullanılan harçtan alınan küp numunelerin basınç dayanımları Çizelge 4.2'deki gibidir.

Çizelge 4.2. Harcın basınç dayanımı

Numune No.	Kırıldığı Anda Okunan Kuvvet	Dayanım (kgf/cm ²)
1	7200	32
2	6800	30

4.3. Deney Yapısına Verilen Ötelemeler ve Yapıda Oluşan Çatlaklar

Deneyde sarsma tablasına bir başlangıç ötelemesi verilmiş, daha sonra serbest bırakılan tabla 1.5 sn civarında süren salınımlar yapmıştır. Bu salınımların toplam süresi 17-20 saniye kadar olmuştur. Her bir seferde tabla üzerinde ve yapının tabliyesi üzerinde olan hareketin ivmeleri Akashi Jep-6A3 marka üç eksenli alıcılar ile kaydedilmiştir. Bu ivme kayıtları daha sonra Hakusan Datamark LS-800WD kayıtçılar ile sayısal olarak yazılmıştır. Sarsma tablasına Çizelge 4.3'de başlangıç ötelemeleri verilen 11 adet sarsma uygulanmıştır. Bu sarsmalar sırasında ölçülen tabla ve deney yapısı ivmeleri, EK-1'de verilmektedir. Yapıda ölçülen maksimum ivme değerleri ile yapının ağırlığı çarpılarak, deney yapısına gelen yatay kuvvetler bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Yapıya gelen yatay kuvvetler

Yükleme No.	Başlangıç Ötelemesi	Tabladaki Max. İvme (g)	Yapıdaki Max. İvme (g)	Yapıya Gelen Kuvvet (ton)
1	25	0.43	0.49	7.82
2	35	0.68	0.79	12.56
3	45	0.86	1.08	17.17
4	45	0.83	1.05	16.70
5	45	0.88	1.07	17.02
6	55	1.16	1.31	20.83
7	55	1.29	0.92	14.63
8	55	1.38	0.76	12.09
9	65	1.76	0.62	9.86
10	65	1.81	0.52	8.27
11	65	1.81	0.46	7.32

Yapıdaki bu sarsmalar sonucu, 45 mm lik başlangıç ötelenmeli 3. sarsmadan sonra pencere boşluğunun olduğu tarafta kılcal çatlaklar oluşmuş, 55 mm lik başlangıç ötelenmeli 6. sarsmadan sonra, çatlaklar belirginleşerek cm ölçeğine ulaşmıştır.

Şekil 4.2 ve 4.3' de 6. yükleme sonrası kuzey ve güney cephelerinin görüntülerine yer verilmiştir. Bu yükleme esnasında doğu ve batı cephelerinde cm mertebesinde çatlaklar oluşmadığından yer verilmemiştir.

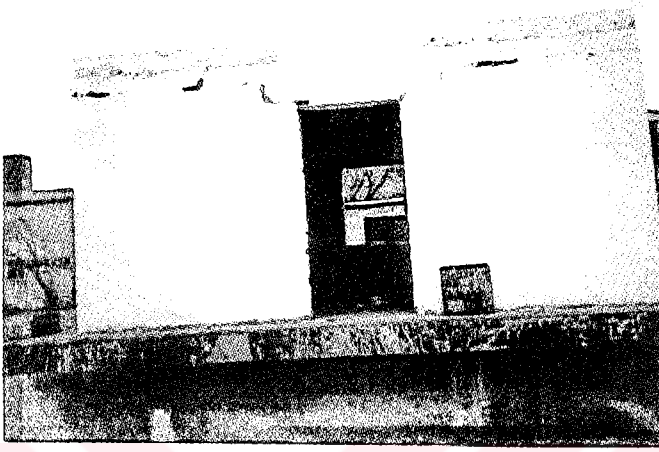


Şekil 4.2. Kuzey cephesinin 6. yükleme sonrası görüntüsü



Şekil 4.3. Güney cephesinin 6. yükleme sonrası görüntüsü

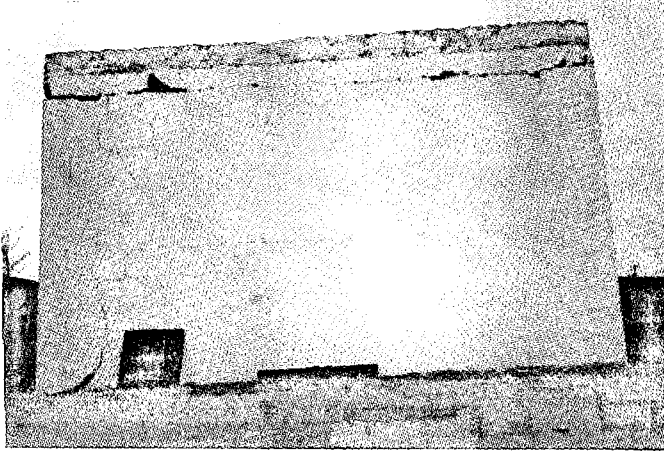
7. yükleme sonrasında doğu ve batı cephesinde daha önceden oluşan çatlaklar daha da büyümüş, fakat cm mertebesine ulaşmamıştır. Kuzey ve güney cephelerinde ise çatlaklar 1,5 cm mertebesine ulaşmıştır. Güney cephesinin sarsma verilen tarafında oluşan kesme çatlakları net bir biçimde görülmüştür (Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6).



Şekil 4.4. Kuzey cephesinin 7. yükleme sonrası görüntüsü

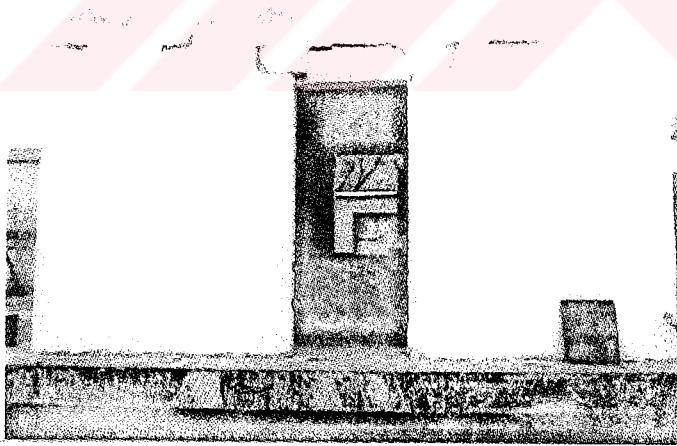


Şekil 4.5. Güney cephesinin 7. yükleme sonrası görüntüsü

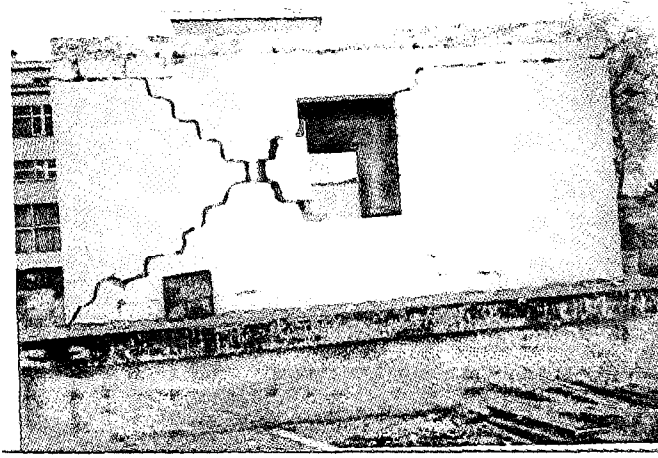


Şekil 4.6. Doğu cephesinin 7. yükleme sonrası görüntüsü

8. yükleme sonrasında yapının doğu ve batı cephelerinde daha önceden oluşmuş olan çatlaklarda büyüme gözlenmiştir. Batı cephesinin sol üst köşesinde sıva dökülmesi olmuştur. Kuzey cephesinde kapı üstünde bulunan lentoda gözle görülür derecede ayrılma oluşmuştur. Güney cephesinde ise çatlaklar 2 cm civarına ulaşmış, kesme çatlakları sadece derzlerde meydana gelmiştir (Şekil 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10).



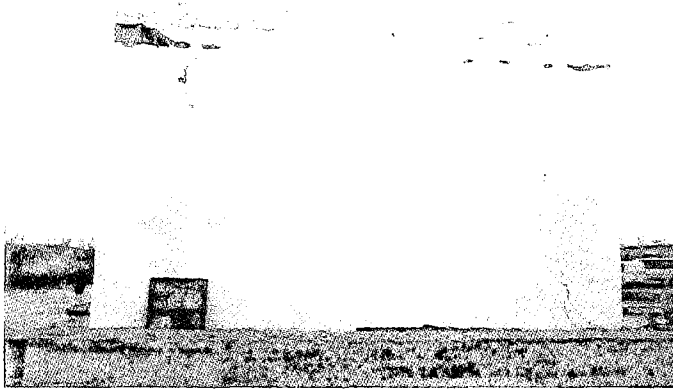
Şekil 4.7. Kuzey cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü



Şekil 4.8. Güney cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü

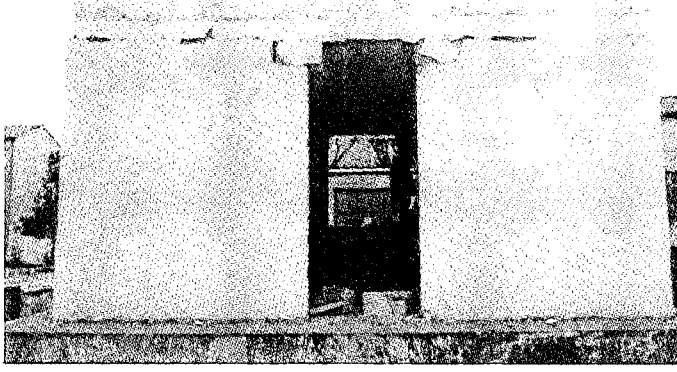


Şekil 4.9. Doğu cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü



Şekil 4.10. Batı cephesinin 8. yükleme sonrası görüntüsü

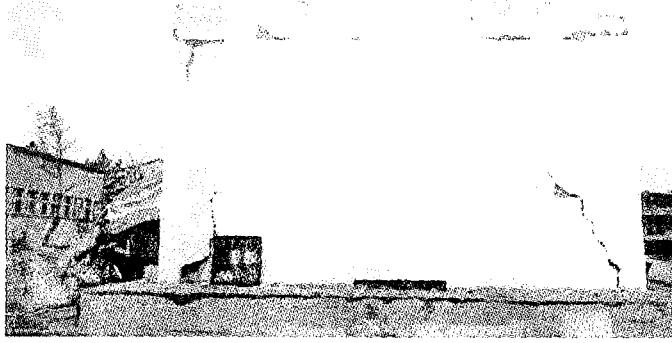
9. yükleme sonrasında doğu ve batı cephelerinde çatlaklar cm mertebesine ulaşmıştır. Ayrıca daha önceden oluşmamış yeni çatlaklar gözlenmiştir. Kuzey cephesinde kapı üstünde bulunan lento düşmüştür. Güney cephesinde ise bir tuğlada ezilme meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14).



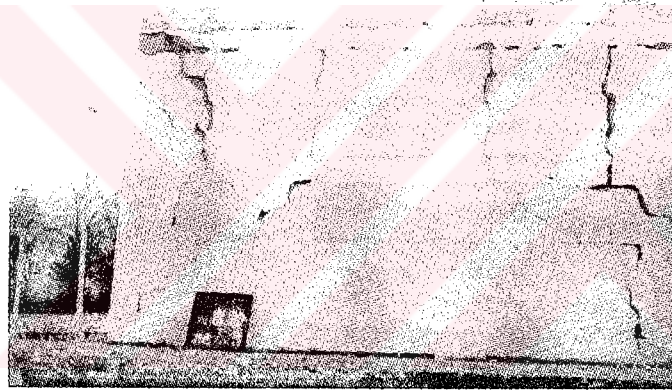
Şekil 4.11. Kuzey cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü



Şekil 4.12. Güney cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü

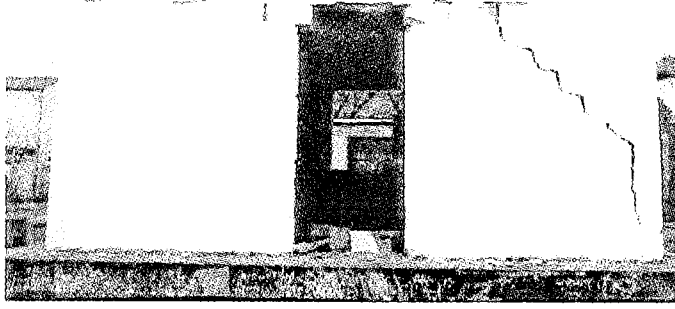


Şekil 4.13. Doğu cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü

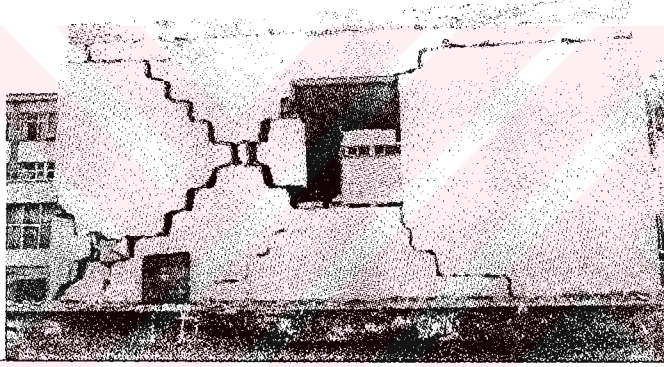


Şekil 4.14. Batı cephesinin 9. yükleme sonrası görüntüsü

10. yükleme sonrası özellikle sarsmanın verildiği batı cephesinde dönme gözlenmiş, buna bağlı olarak da doğu ve batı cephelerinde oluşan çatlaklar 2.5 cm mertebesine ulaşmıştır. Yine dönme nedeniyle kuzey cephesinin sarsma tarafında yeni ve büyük bir çatlak oluşmuş, ayrılma 3.5 cm mertebesinde gözlenmiştir. Güney cephesinde ise ikinci bir kesme çatlak gözlenmiş, ayrılmalar 5 cm mertebesinde oluşmuştur (Şekil 4.15, 4.16, 4.17 ve 4.18).



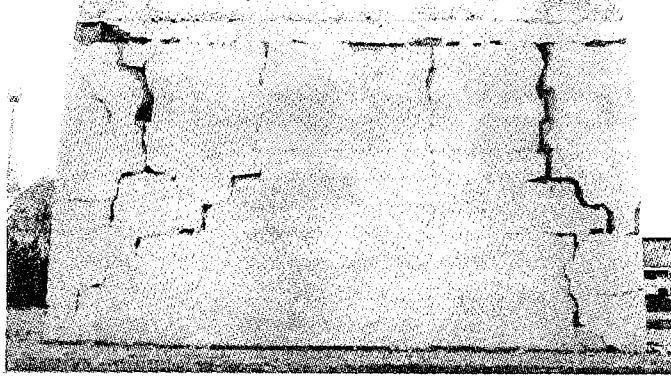
Şekil 4.15. Kuzey cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü



Şekil 4.16. Güney cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü

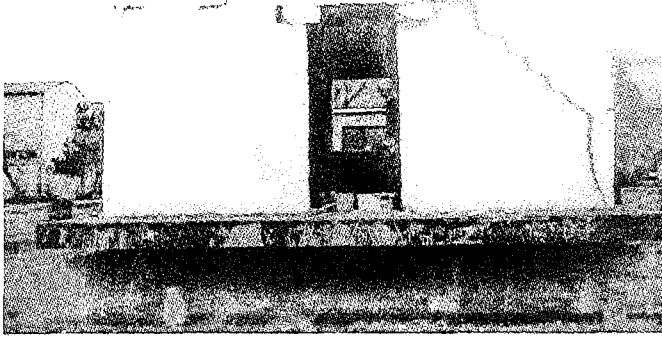


Şekil 4.17. Doğu cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü



Şekil 4.18. Batı cephesinin 10. yükleme sonrası görüntüsü

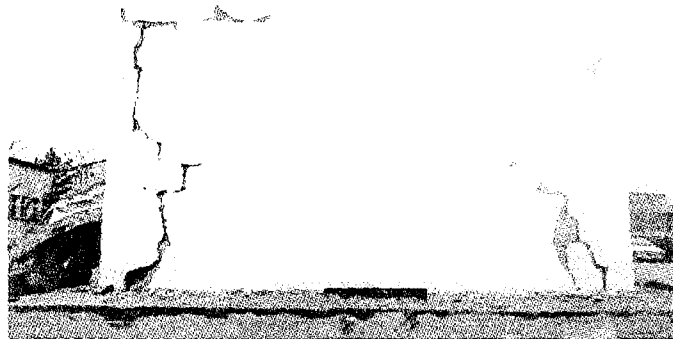
11. sarsmadan sonra yapı formunu koruyarak ayakta kalmış, ancak batı cephesinde elemanlar arasında 5 cm'ye varan ayrılmalar ve hatılın altındaki bimsblokta ezilme, doğu cephesinde 3 cm'ye varan ayrılmalar ve kılcal çatlaklar, pencere boşluğunun bulunduğu güney cephesinde pencere kenarındaki elemanlar arasında 10 cm'ye varan ayrılma ve dönme, hatıl altlarında 3-5 cm'lik çatlaklar ve kılcal çatlaklar, kapı boşluğunun bulunduğu kuzey cephesinde 10 cm'ye varan kayma, 7-8 cm'lik açılma ve sıva düşmeleri tespit edilmiştir. Özellikle pencere boşluklarının daha küçük olduğu güney cephesinin kapı boşluğunun bulunduğu kuzey cephesine göre, daha çok rijit olması nedeniyle burulma etkisi oluşmuş, güney cephede daha büyük hasar olmuş ve bloklar arası ayrılma ve dönmeler daha büyük olmuştur (Şekil 4.19, 4.20, 4.21 ve 4.22). Şekil 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26'da deney yapısının 11. yüklemeden sonra hasar durumlarının şematik gösterimi verilmektedir.



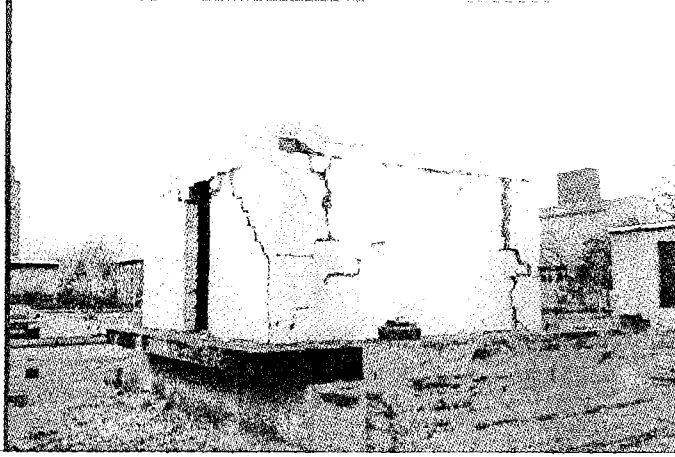
Şekil 4.19. Kuzey cephesinin 11. yükleme sonrası görüntüsü



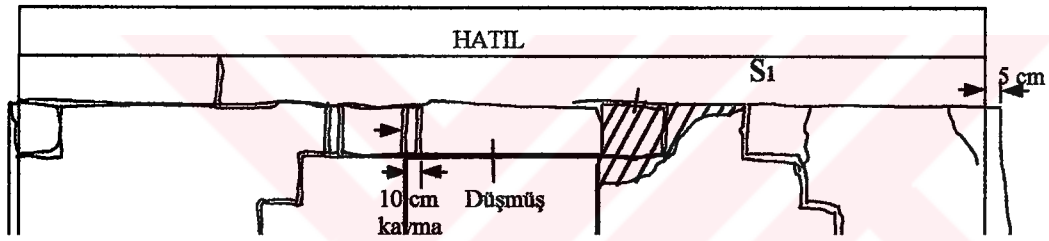
Şekil 4.20. Güney cephesinin 11. yükleme sonrası görüntüsü

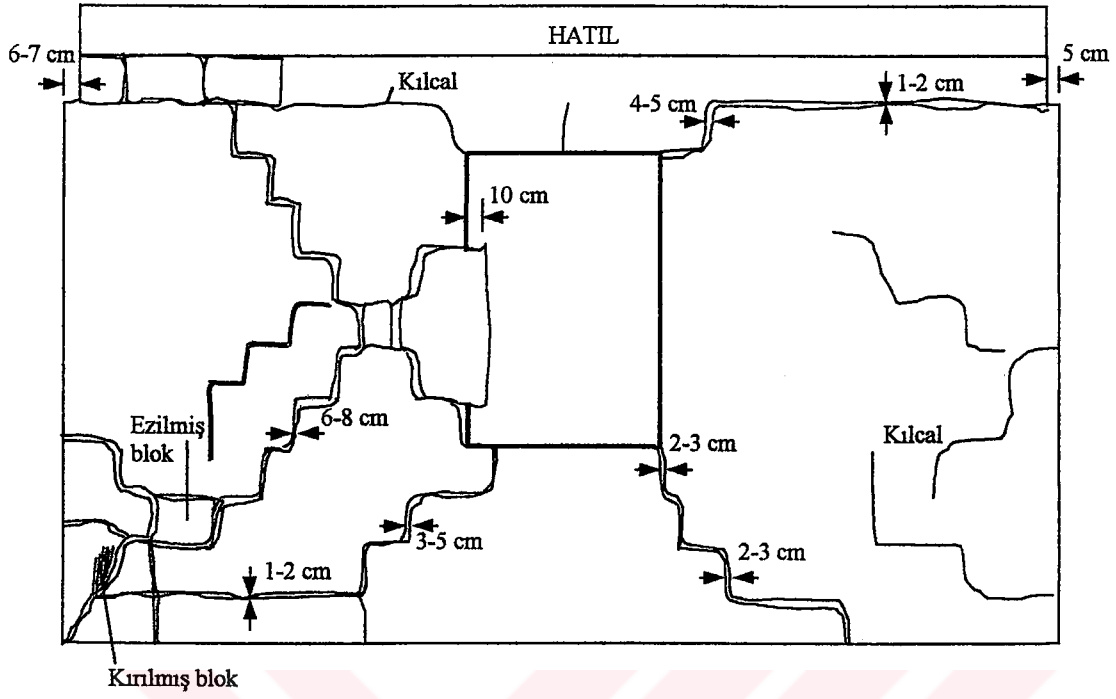


Şekil 4.21. Doğu cephesinin 11. yükleme sonrası görüntüsü

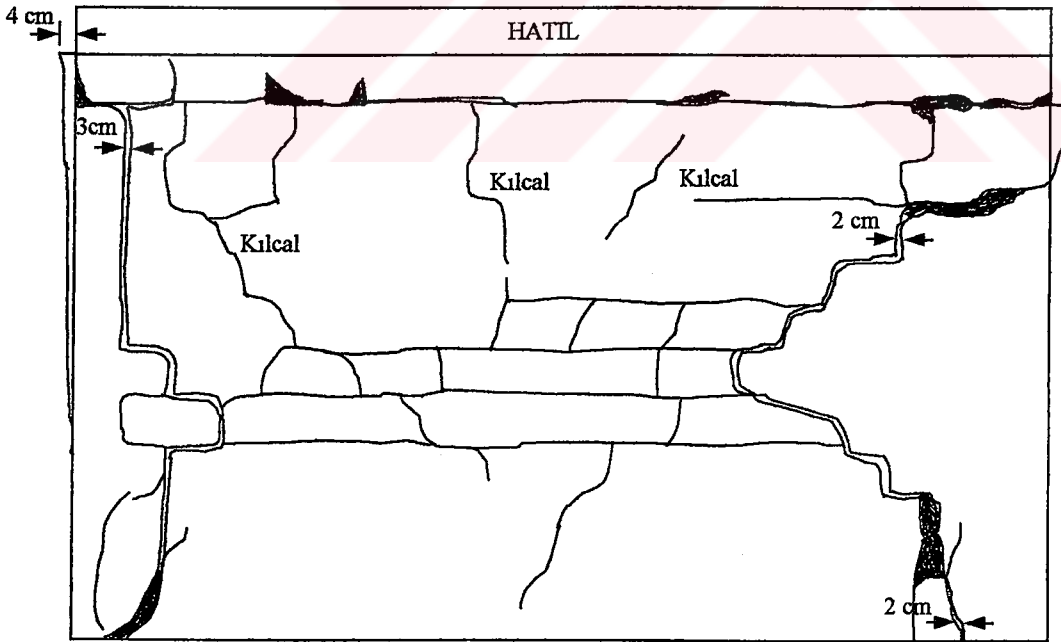


Şekil 4.22. Batı ve Kuzey cephelerinin 11. yükleme sonrası görüntüsü

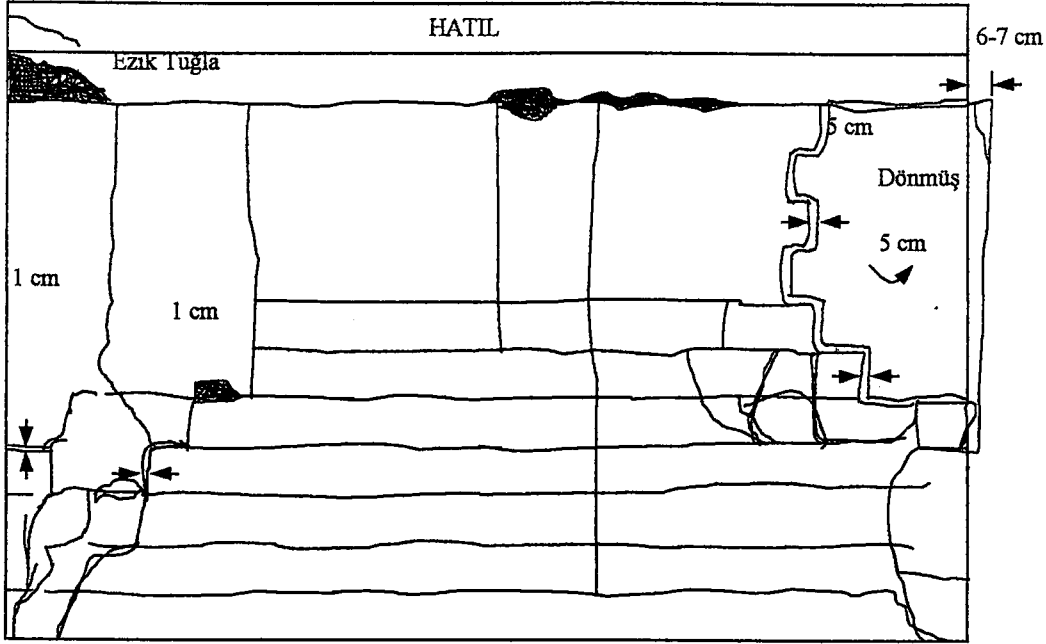




Şekil 4.24. Güney cephesinin 11. yüklemeden sonra şematik gösterimi



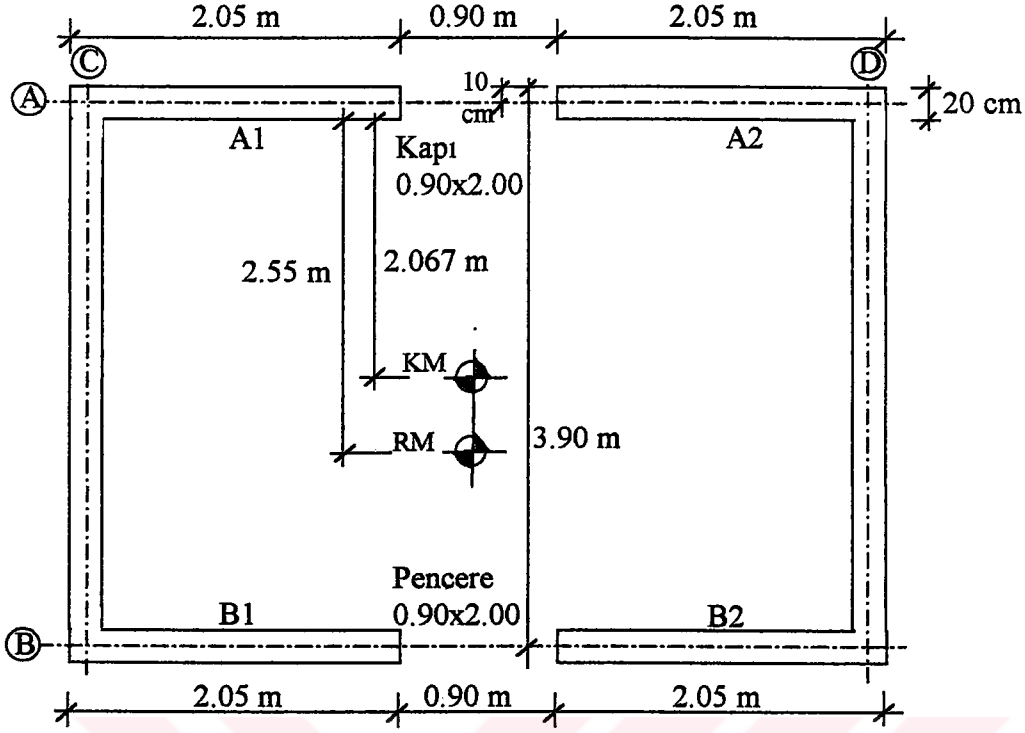
Şekil 4.25. Doğu cephesinin 11. yüklemeden sonra şematik gösterimi



Şekil 4.26. Batı cephesinin 11. yüklemenden sonra şematik gösterimi

4.4. Duvarlarda Oluşan Kayma Gerilmeleri Hesabı

Deney yapısında her bir sarsmada, sarsma yönündeki duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri hesaplanmıştır. Kayma gerilmelerinin sarsma yönündeki duvarlar tarafında kesme rijitliklerine göre taşındığı, bu rijitliğin ise dolu duvar parçalarının alan ve yüksekliğine bağlı olduğu ve pencereless taraftaki dolu duvarların yüksekliklerinin daha az olması nedeni ile daha rijit olacakları, bunun ise deney yapısında burulma etkileri oluşturacağı yaklaşımı yapılmıştır. Yapının yatay kuvvetleri duvarlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtabilen bir betonarme çatı tabliyesi bulunduğu ve duvar serbest yüksekliğinin, taban döşemesinden tavan altına, 2.60 m.ye göre hesap yapılmıştır. Bu hesap için önce yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi hesaplanmış, burulma etkisi incelenmiştir. Yapıdaki dolu duvar bölümlerinin relatif rijitlikleri, duvarların yatay kuvvetler altında kesme deformasyonu yapmasına göre hesaplanmıştır. Bir diğer deyişle duvarlara yatay yükler kesme rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılmıştır. Depremlerde ülkemizdeki yığma yapıların duvarlarında hep kesme çatlağı ve kırılması olduğu için bu yaklaşım gerçekçidir (Bayülke, 1992).



Şekil 4.27. Deney yapısında aksların yeri

Dolu bir duvar parçasının kesme etkisi altında rijitliği aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır:

$$D_x = \frac{A.G}{\alpha.H}$$

Burada A duvar parçasının en kesit alanı, G duvar kayma modülü, H iki boşluk arasındaki duvar yüksekliği, eğer duvarda boşluk yoksa serbest yükseklik alınır. α ise duvarın biçimine bağlı bir katsayıdır. Yapıdaki bütün duvarlar, aynı malzemeden yapıldığı için kayma modülü bütün duvarlar için aynı olacaktır rijitlik,

$$D_x / G = \frac{A}{\alpha.H}$$

olarak alınabilir. α ise bir başka duvarla kesişmeyen, dikdörtgen kesitli duvar parçaları için 1.5, diğer cins L, T gibi kanatları olan duvarlar için 1.0 alınacaktır. Buradaki duvarlar için α sabit alınacaktır. Yani bütün dolu duvar parçaları için aynı değer alınacağından kesme rijitliği A/H olarak ifade edilecektir. Çizelge 4.4'de yatay yönde ve Çizelge 4.5'de de düşey yönde kesme rijitliği (D_x ve D_y) ve relatif rijitliklerin hesabı verilmektedir.

Çizelge 4.4. Yatay yönde relatif rijitliğin hesaplanması

Aks No.	Uzunluk (m)	En (m)	Alan A (m ²)	Yükseklik H (m)	D _x = A/H (m)	Relatif Rijitlik (%)
A1	2.05	0.20	0.41	2.00	0.205	17.8
A2	2.05	0.20	0.41	2.00	0.205	17.8
B1	2.05	0.20	0.41	1.10	0.372	32.2
B2	2.05	0.20	0.41	1.10	0.372	32.2

$$\Sigma D_x = 1.154 \text{ m}$$

Çizelge 4.5. Düşey yönde relatif rijitliğin hesaplanması

Aks No.	Uzunluk (m)	En (m)	Alan A (m ²)	Yükseklik H (m)	D _y = A/H (m)	Relatif Rijitlik (%)
C	4.00	0.20	0.8	2.60	0.31	50
D	4.00	0.20	0.8	2.60	0.31	50

$$\Sigma D_y = 0.62 \text{ m}$$

Çizelge 4.6 ve 4.7'de sırasıyla yatay ve düşey yönde rijitlik merkezinin hesabı yapılmıştır. y : Aksın yatay eksenenden uzaklığı, x : Aksın düşey eksenenden uzaklığı.

Çizelge 4.6. Yatay yönde rijitlik merkezinin hesabı

Aks No.	y (m)	D _x (m)	y . D _x	y ² . D _x
A1	0.10	0.205	0.021	0.0021
A2	0.10	0.205	0.021	0.0021
B1	3.90	0.372	1.45	5.67
B2	3.90	0.372	1.45	5.67

$$\Sigma D_x = 1.154 \text{ m} \quad \Sigma (y \cdot D_x) = 2.94 \quad \Sigma (y^2 \cdot D_x) = 11.344$$

Rijitlik merkezinin yatay eksenenden uzaklığı (y₀):

$$y_0 = \Sigma (y \cdot D_x) / \Sigma D_x = 2.94 / 1.154 = 2.55 \text{ m}$$

Çizelge 4.7. Düşey yönde rijitlik merkezinin hesabı

Aks No.	x (m)	D _y (m)	x. D _y	x ² . D _y
C	0.10	0.31	0.031	0.0031
D	4.90	0.31	1.519	7.44
$\Sigma D_y = 0.62 \text{ m}$ $\Sigma(x.D_y) = 1.55$ $\Sigma(x^2.D_y) = 7.443$				

Rijitlik merkezinin düşey eksenden uzaklığı (x_0):

$$x_0 = \Sigma(x.D_y) / \Sigma D_y = 1.55 / 0.62 = 2.5 \text{ m}$$

Kütle Merkezinin Hesabı (KM):

$$\text{A- Duvarı } [2.60 \times 5.00 - (2.0 \times 0.90)] \times 0.20 = 2.24 \text{ m}^3$$

$$\text{B- Duvarı } [2.60 \times 5.00 - (1.1 \times 0.90)] \times 0.20 = 2.40 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam} = 4.64 \text{ m}^3$$

A- Aksının y ekseninden uzaklığı = 0.10 m

B- Aksının y ekseninden uzaklığı = 3.90 m

$$\text{Kütle merkezi: } [(2.24 \times 0.10) + (2.40 \times 3.90)] / 4.64 = 2.067 \text{ m}$$

Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe (e);

$$e = 2.067 - 2.55 = -0.48 \text{ m}$$

Yapının burulma rijitliği (I_0):

$$I_{y_0} = \Sigma(y^2.D_x) - y_0^2 . \Sigma D_x = 11.344 - 2.55^2 \times 1.154 = 3.82$$

$$I_{x_0} = \Sigma(x^2.D_y) - x_0^2 . \Sigma D_y = 7.443 - 2.5^2 \times 0.62 = 3.57$$

$$I_0 = I_{x_0} + I_{y_0} = 3.82 + 3.57 = 7.39$$

F: Yapıya gelen deprem kuvveti

Burulma momenti:

$$(2.55 - 2.067) \times F = 0.48 \times F$$

Çizelge 4.8'de yatay yönde her bir duvara gelecek deprem yükünün hesabı yapılmıştır.

Çizelge 4.8. Yatay yönde her bir duvara gelecek deprem yükü (F)

Aks No.	$\bar{y} = y_0 - y$	Dx (m)	$(Dx/\Sigma Dx) \times F$	$\bar{y} \times Dx$	$(0.48 \times F/I_0) \times Dx$	ΣF
A1	2.45	0.205	0.178F	0.5023	0.0133F	0.19
A2	2.45	0.205	0.178F	0.5023	0.0133F	0.19
B1	1.35	0.372	0.322F	0.5022	0.0242F	0.35
B2	1.35	0.372	0.322F	0.5022	0.0242F	0.35

Bu hesaplara göre her bir yükleme aşamasında duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri Çizelge 4.9 ve 4.10'da verilmektedir.

Çizelge 4.9. Her bir yükleme aşamasında A1-A2 duvarlarında oluşan kayma gerilmeleri

Yükleme No.	F (ton)	0.19xF (ton)	Alanı (m ²)	Kayma Gerilmesi (kgf/cm ²)
1	7.82	1.49	0.41	0.36
2	12.56	2.39	0.41	0.58
3	17.17	3.26	0.41	0.80
4	16.70	3.17	0.41	0.77
5	17.02	3.23	0.41	0.79
6	20.83	3.96	0.41	0.97
7	14.63	2.78	0.41	0.68
8	12.09	2.30	0.41	0.56
9	9.86	1.87	0.41	0.46
10	8.27	1.57	0.41	0.38
11	7.32	1.39	0.41	0.39

Çizelge 4.10. Her bir yükleme aşamasında B1-B2 duvarlarında oluşan kayma gerilmeleri

Yükleme No.	F (ton)	0.35xF (ton)	Alanı (m ²)	Kayma Gerilmesi (kgf/cm ²)
1	7.82	2.74	0.41	0.67
2	12.56	4.44	0.41	1.08
3	17.17	6.01	0.41	1.49
4	16.70	5.85	0.41	1.43
5	17.02	5.96	0.41	1.45
6	20.83	7.29	0.41	1.78
7	14.63	5.12	0.41	1.25
8	12.09	4.23	0.41	1.03
9	9.86	3.45	0.41	0.84
10	8.27	2.89	0.41	0.70
11	7.32	2.56	0.41	0.62

Yapılan deneyde sarsma yönünde pencereyi taraftaki duvarlarda 1.78 kg/cm^2 kadar kayma gerilmelerine ulaşılmıştır. Bu taraftaki duvarlarda hasar daha büyük olmuştur. Kapılı taraftaki duvarlarda kayma gerilmeleri 1.00 kg/cm^2 kadar olmuştur. Bu gerilmeler oldukça yüksektir. Kayma gerilmesi kullanılan harcın çekme dayanımına bağlıdır. Kullanılan harcın basınç dayanımı 30 kg/cm^2 olarak ölçülmüştür.

Daha önce yapılmış değişik düşey delik oranlı ve harç dayanımlı tuğla yığma yapı deneylerinden elde edilmiş kesme dayanımı / harç eğik çekme dayanımı sayıları 0.067 ile 0.314 arasında değişmektedir. Bu deneyde elde edilen en büyük kayma gerilmesi harcın eğilmeden çekme dayanımına bölünmesi sonucunda elde edilen sayı $1.78 \text{ kg/cm}^2 / 9 \text{ kg/cm}^2 = 0.198$ olmaktadır. Bu açıdan bakıldığı zaman deney yapısının kesme dayanımı ortalama bir değerdedir.

5. SONUÇLAR

Yapılan deneylerden, bimsbloktan yapılmış yığma yapıların yatay dinamik yükler altındaki davranışları hakkında önemli bilgiler edinilmiştir. Yapıların, kesme kuvveti taşıma gücü üzerinde etkili olan faktörler arasında, bimsblokların basınç dayanımı ve delik oranları bulunmaktadır. Bimsblokların boşlukları arasına bir miktar harç girerek, küçük bir harç kamasının oluşması ile yapının yatay yüklere karşı dayanımı artmaktadır. Yığma duvarlar, harç ile blok arasındaki aderans giderildikten sonra sürtünme ile yatay yükleri taşımaktadırlar.

Daha önce yapılmış değişik düşey delik oranlı ve harç dayanımlı tuğla yığma yapı deneylerinden elde edilen kesme dayanımı / harç eğik çekme dayanımı oranı, bu deneyde elde edilen değer ile karşılaştırıldığı zaman daha önce elde edilen alt ve üst sınır değerler arasında kaldığı görülmektedir.

Bu deneyde kullanılan bimsblok, betonarme yapılarda dolgu duvarı olarak kullanılmak amacı ile üretilen bir malzemedir. Bu malzeme kullanılarak yapılmış betonarme yapı dolgu duvarlarının gerek harcı ve gerekse duvar iççiliği, bu deneydeki duvarların yapıldığı gibi yapılması durumunda, blokların arasına kalın harç tabakası konulması ve üst bloğa bastırılınca harçtan bir kesme kamasının oluşması durumunda, bimsblok dolgu duvarların betonarme yapıların yatay yükler altındaki davranışına olumlu katkıları olabileceği izlenimi elde edilmiştir. Dolgu duvar yapının yatay rijitliğini artıracak, duvar çatlayıncaya kadar yatay yük taşımaya katkıda bulunacak ve betonarme düşey elemanlarda hasar nedeni ile olabilecek düşey yük taşıma gücü kaybı durumunda düşey yük taşımaya katkıda bulunabilecektir.

KAYNAKLAR

1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 85s. Ankara.
- Bayülke, N., 1978. Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, 148s. Ankara.
- Bayülke, N., 1986. Kırsal Konutların Deprem Davranışlarının Çıkarılmasında Kullanılacak Basit Bir Sarsma Tablası. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Bülteni, No:92, 202-210s. Ankara.
- Bayülke, N., 1986. Shaking Table Tests of Two Hollow Concrete Block Masonry Model Houses. Middle East and Mediterranean Regional Conference, 285-300, Ankara.
- Bayülke, N., Doğan, A., Hürata, A., 1986. Ankara İmar Limited Sirketin Üretilen "Çimger" Yapı Sistemi ile Yapılmış Bir Model Yapının Sarsma Tablası Deneyi Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 46s. Ankara.
- Bayülke, N., Hürata, A., Doğan, A., 1989. Düşey Delikli Taşıyıcı Tuğladan Yapılmış Yığma Yapıların Sarsma Tablası Deneyleri Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 76s. Ankara.
- Bayülke, N., 1990. Onarılmış Tuğla Yığma Yapı Sarsma Tablası Deneyi Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 47s. Ankara.
- Bayülke, N., 1990. Kerpiç Yapı Sarsma Tablası Deney Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 42s. Ankara.
- Bayülke, N., 1992. Gazbeton Blok Yığma Yapı Sarsma Tablası Deneyi Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 58s. Ankara.
- Bayülke, N., 1992. Yığma Yapılar. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 184s. Ankara.
- Bayülke, N., İnan, E., Doğan, A., Hürata, A., 1993. Impulse Table Tests of Single Story Buildings. Comprehensive Approach to Earthquake Disaster Mitigation, 183-211.

- Bayülke, N., Doğan, A., Yazar, E., 1996. %35 Düşey Delik Oranlı Taşıyıcı Tuğladan Yapılmış Yığma Yapının Sarsma Tablası Deneyi Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 38s. Ankara.
- Bayülke, N., 1998a. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27, 245s. İzmir.
- Bayülke, N., 1998b. Çimentoş Gazbeton Tarafından Geliştirilmiş Yapı Sisteminin Sarsma Tablası Deneyi Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 39s. Ankara.
- Benedetti, D., Carydis, P., Pezzoli, P., 1998. Shaking Table Tests on 24 Simple Masonry Buildings. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, (27), 67-90.
- Blondet, M., Esparza, C., 1988. Analysis of Shaking Table-Structure Interaction Effects During Seismic Simulation Tests. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, (16), 473-490.
- Carydis, P., G., Mouzakis, H., P., Taflambas, J., M., Vougioukas, E., A., 1992. Response of Infilled Frames with Brickwalls to Earthquake Motions. *Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, 5, 2829-2834, Spain.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 1993. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Sema Matbaacılık, 318s. İstanbul.
- Çankıran, O., 1998. Pomza Agregalı Hafif Betonun Mekanik Özellikleri ve Kimyasal Katkılarla Dayanımının Artırılması. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, Isparta.
- Çankıran, O., Serin, G., Sancak, E., 1998. Pomza Taşı Hammaddesinin Kullanıldığı Sektörler. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1), 59-67, Isparta.
1984. Deprem. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı Malzemesi ve Deprem Araştırma Genel Müdürlüğü, 40s. Ankara.
- Ghalandarzadeh, A., Towhata, I., Orita, T., Yun, F., 1998. Shaking Table Tests On Seismic Behavior of Quay Walls Subjected to Backfill Liquefaction. *Geotechnical Special Publication*, (2), 1045-1056, USA.
- Gündüz, L., Saruışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998. Pomza Teknolojisi Cilt I, 285s. Isparta.
- Gündüz, L., Saruışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998. Pomza Teknolojisi Cilt II, 203s. Isparta.

- Hiraishi, H., Nakata, S., Kitagawa, Y., Kaminosono, T., 1985. Static Tests on Shear Walls And Beam-Column Assemblies and Study on Correlation Between Shaking Table Tests and Pseudo-Dynamic Tests. Publication SP American Concrete Institute, 11-48, USA.
- İnangu, A., Kırbaş, H., 1999. Anadolu Levhası Üzerinde Kütahya'nın Deprem Tehlikesi. S.D.Ü. X. Mühendislik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı I, 279-293, Isparta.
- Mengi, Y., McNiven, H.,D., Tanrikulu, A., K., 1991. Model For Nonlinear Eathquake Analysis Of Unreinforced Brick Masonry Buildings. Computers and Structures, 41(4), 801-812.
- Pampal, S., 1999. Depremler. Alfa Basım Yayım Dağıtım, 283s. İstanbul.
- Paulson, T.,J., Abrams, D.,P., Mayes, R.,L., 1991. Shaking Table Study of Base İsolation for Masonry Buildings. Journal of Structural Engineering, 117(11), 3315-3336, USA.
- Polat, C., 1994. Birinci Derece Deprem Bölgelerindeki Betonarme Yapılar İçin Tasarım Kuralları. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 78s, Elazığ.
- Seo, J.,M., Choi, İ.,K., Lee, J.,R., 1999. Experimental Study on The Aseismic Capacity of a Wooden House Using Shaking Table. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, (28), 1143-1162.
- Sucuoğlu, H., 1996. Yapılarda Deprem Kuvvetlerinin Oluşması. Deprem ve Sonrası. (Karaesmen, E., -eds.), 26-41, Türkiye Müteahhitler Birliği, Ankara.
- Tomazevic, M., Klemenc, I., 1997. Verification of Seismic Resistance of Confined Masonry Buildings. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, (26), 1073-1088.
- Tolles, E., L., Krawinkler, H., 1986. Performance Evaluation of Adobe Houses Through Small-Scale Model Tests on Shake Table. Middle East and Mediterranean Regional Conference, 313-332, Ankara.
- TS 2823, 1986. Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3114, 1990. Beton Basınç Mukavemeti Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuna, M., E., 1991. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım İlkeleri. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 89s. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Özlem GENÇER

Doğum Yeri : Antalya

Doğum Yılı : 1977

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1990-1994 Antalya İnşaat Teknik Lisesi

Lisans : 1994-1998 S.D.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü

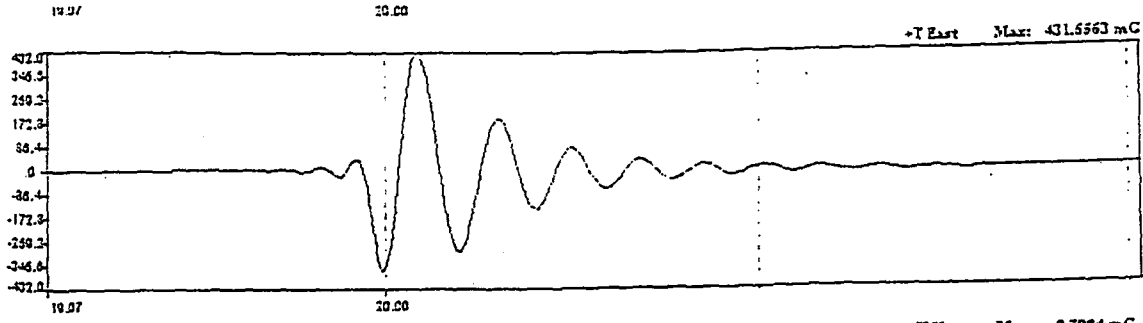
Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

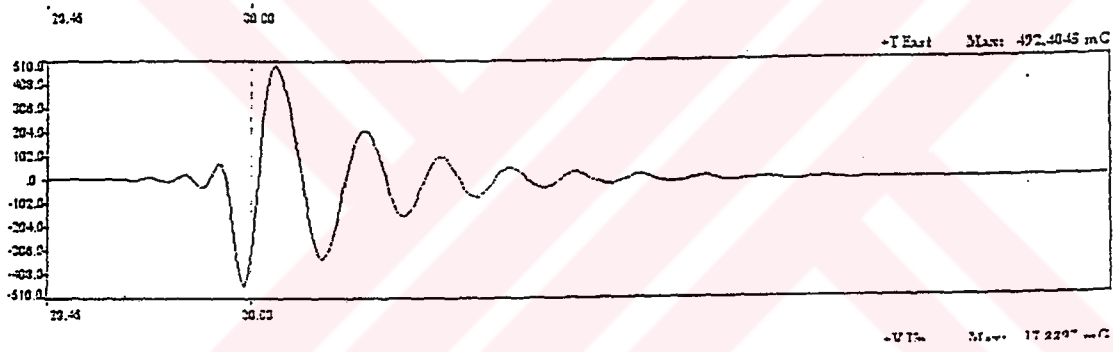
1998- S.D.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı.



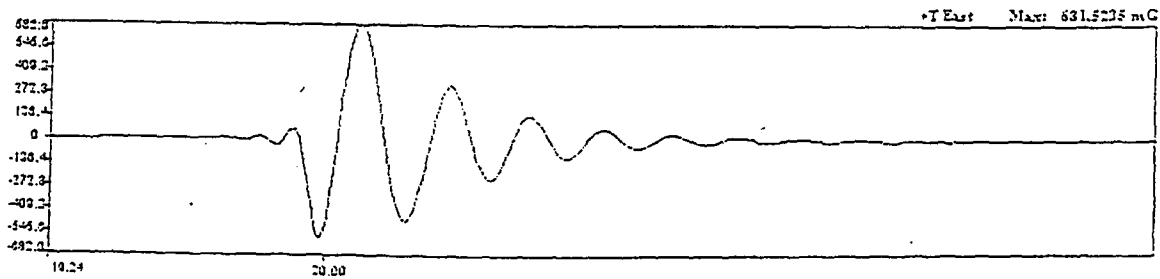
Sarsma Tablasında ve Yapıda Sarsma Yönünde Ölçülen İvmeler



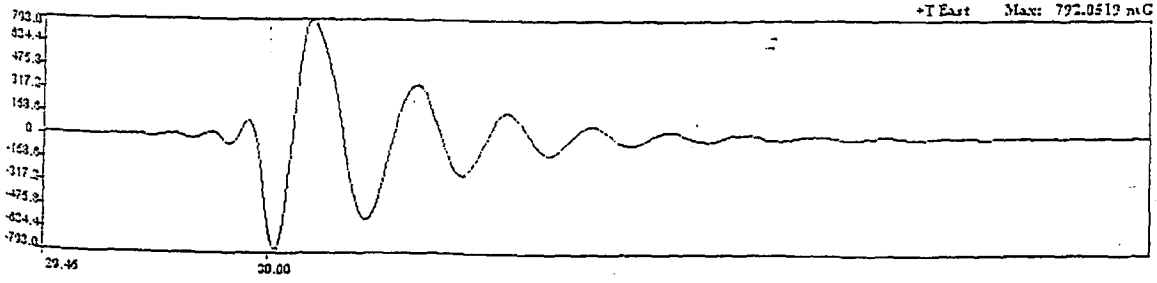
1. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



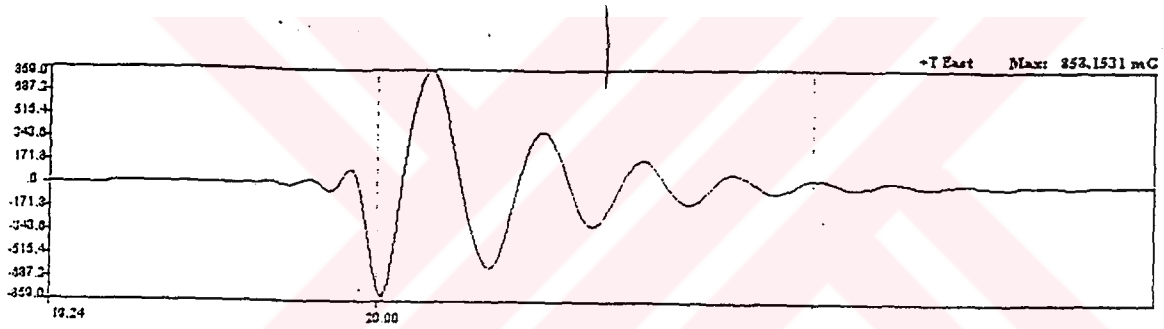
1. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



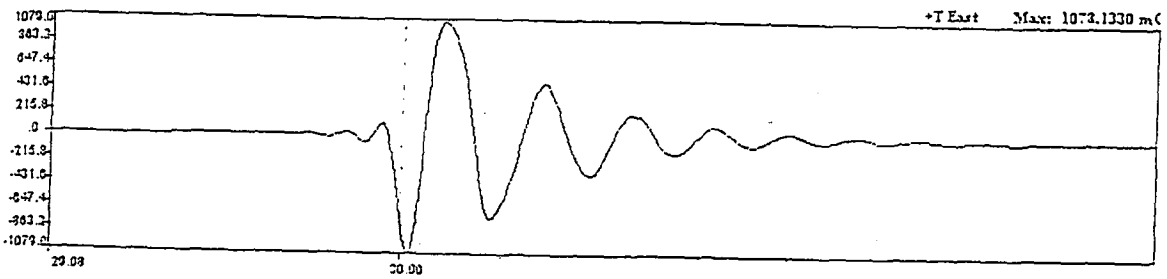
2. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



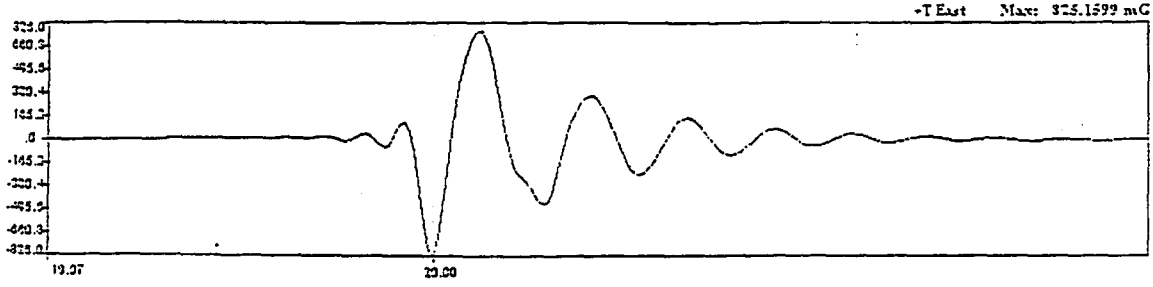
2. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



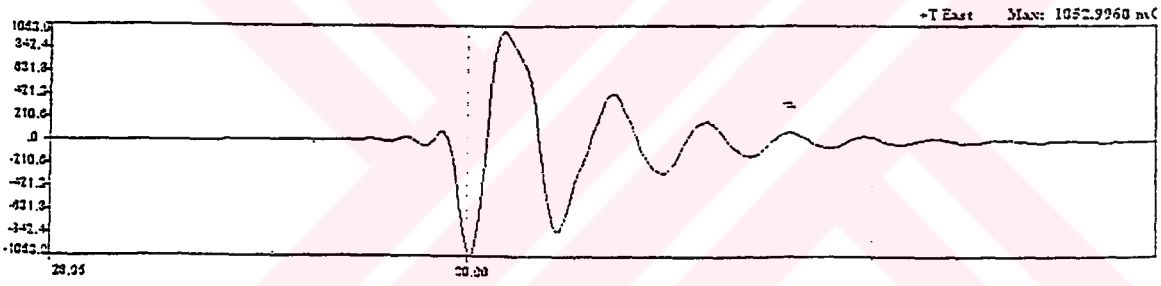
3. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



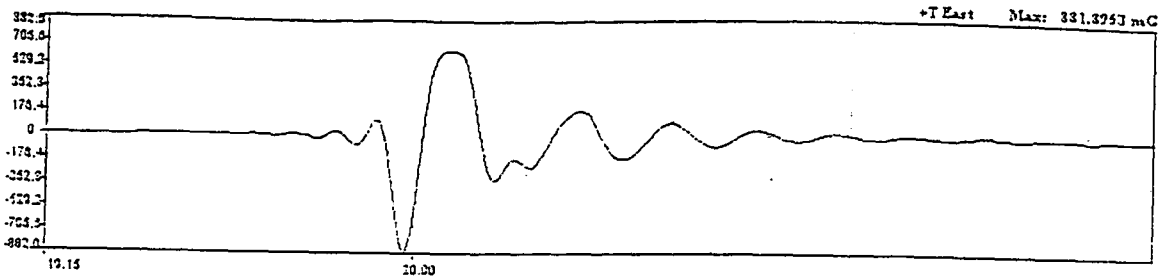
3. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



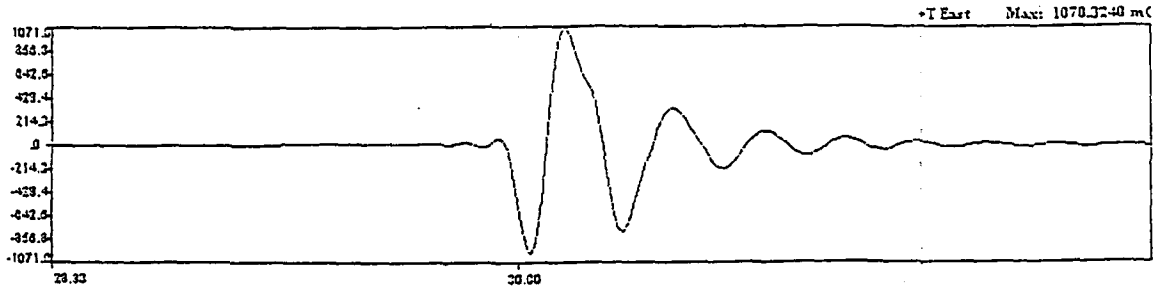
4. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



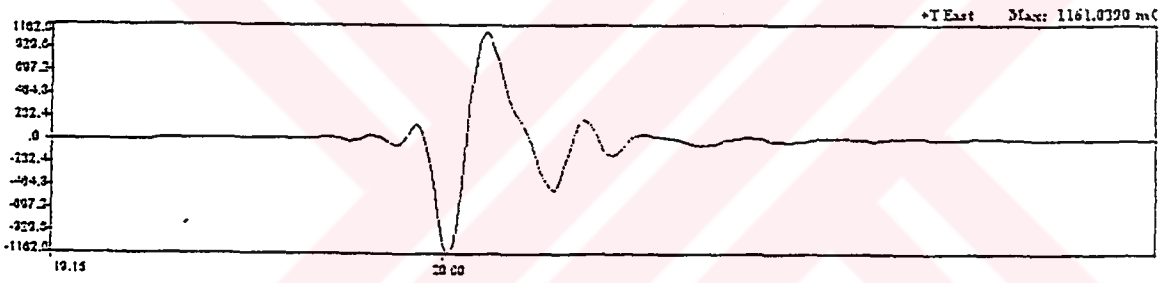
4. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



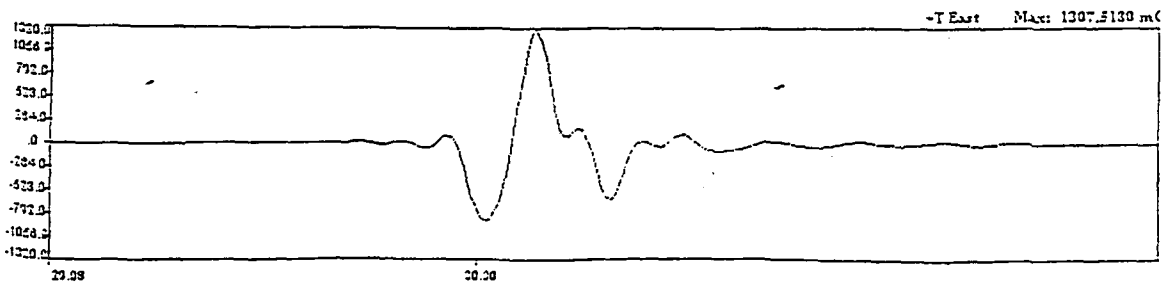
5. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



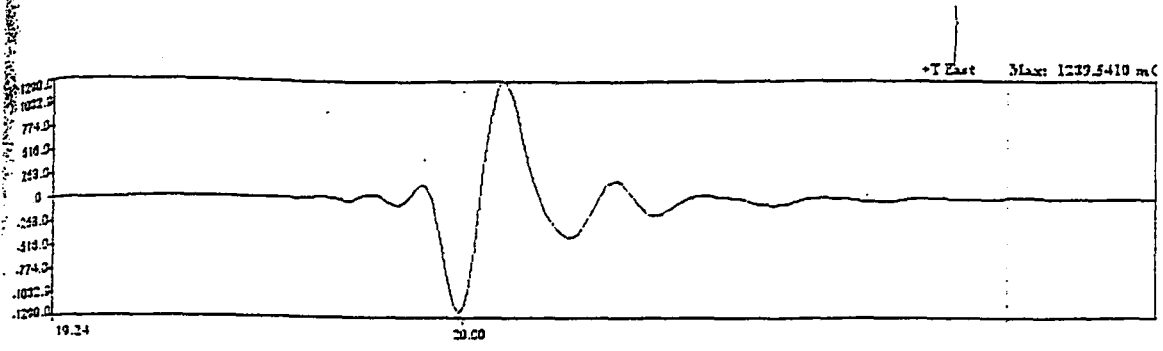
5. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



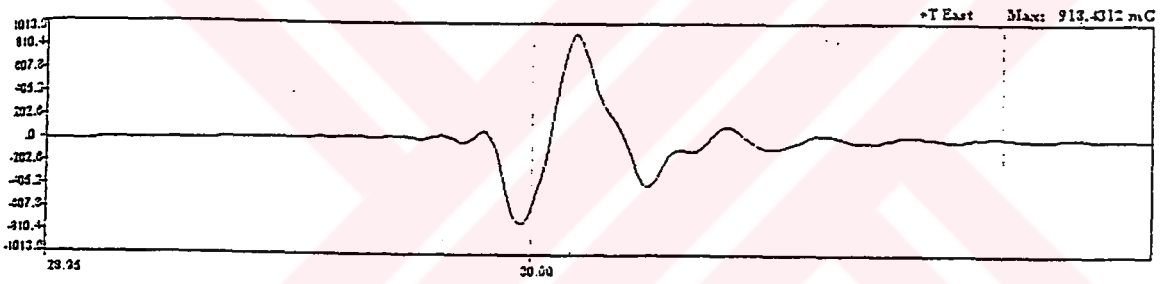
6. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



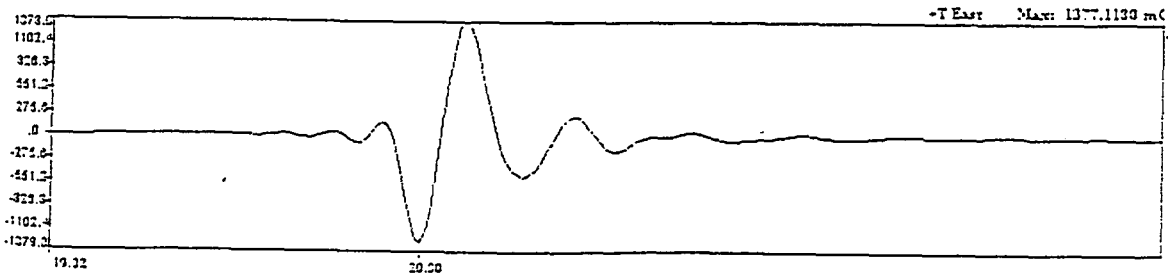
6. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



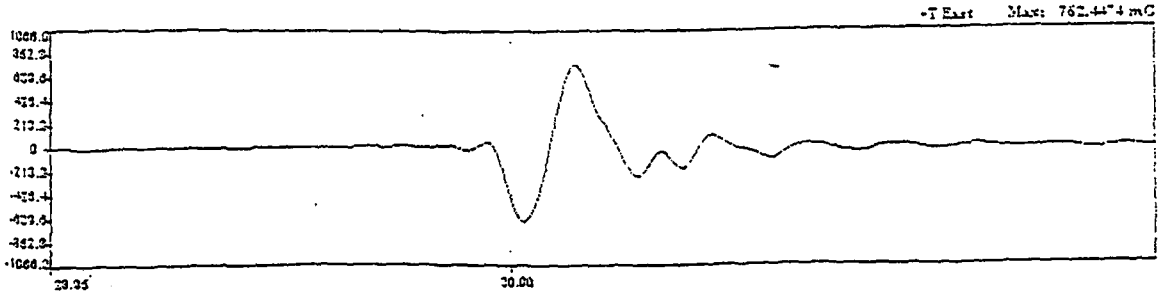
7. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



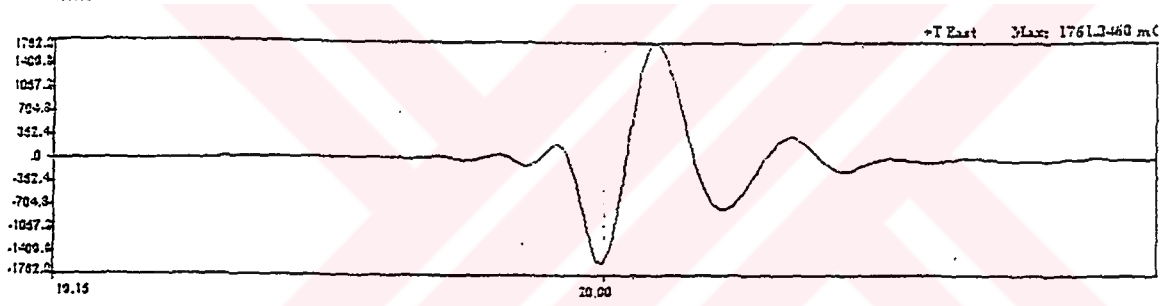
7. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



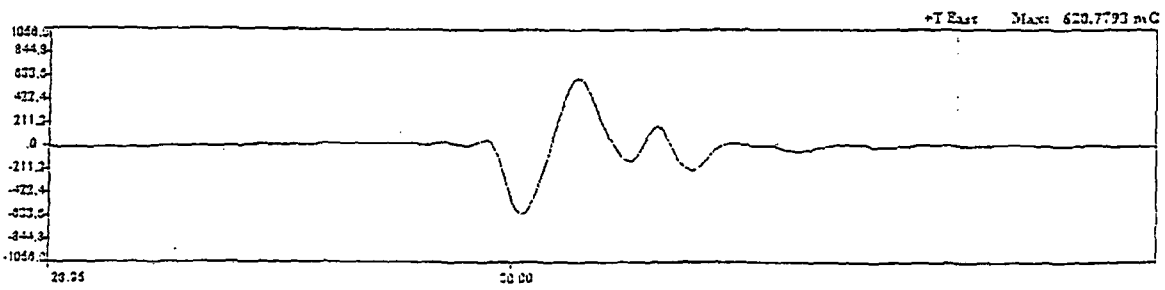
8. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



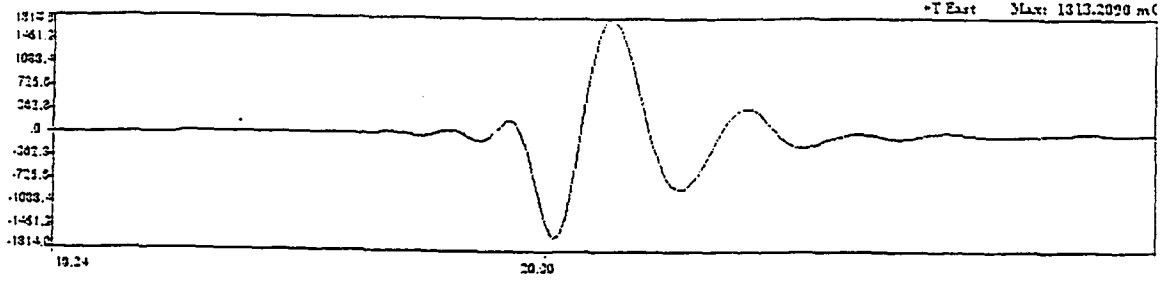
8. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



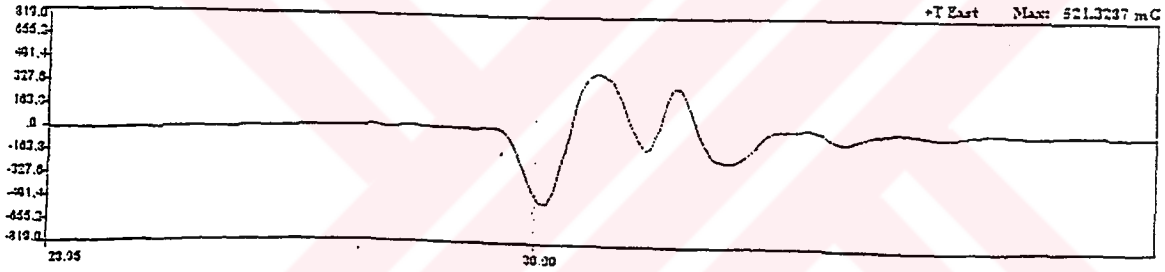
9. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



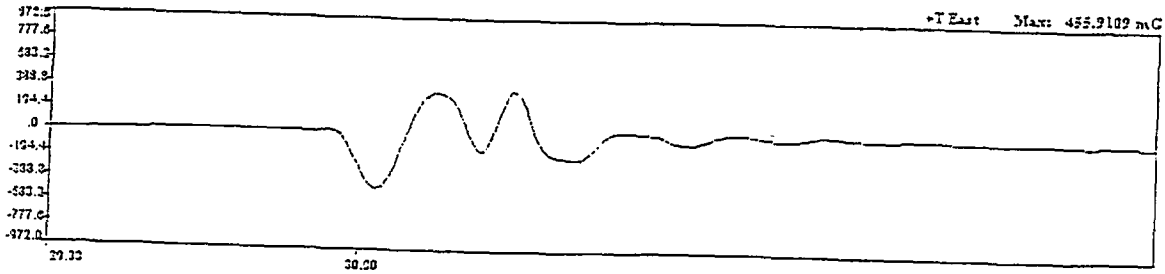
9. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



10. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



10. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı



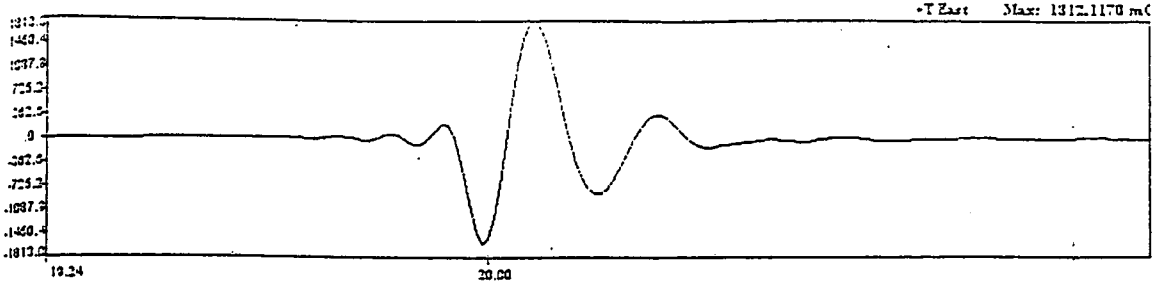
11. yükleme sonrasında sarsma yönünde tabla ivme kaydı



**POMZA KATKILI BİMSBETON BLOKLAR
İLE YAPILMIŞ YIĞMA YAPI ÜZERİNDE
DEPREM ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Özlem GENÇER

**Yüksek Lisans Tezi
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2000**



11. yükleme sonrasında sarsma yönünde yapı ivme kaydı

