

KÜÇÜK TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ VE YAPILARIN OLASI DEPREM DAVRANIŞLARI

MICROTREMOR MEASUREMENTS AND POSSIBLE EARTHQUAKE RESPONSE OF EXISTING STRUCTURES

Ercan YÜKSEL¹, Alper İLKİ¹, Shin KOYAMA² ve Faruk KARADOĞAN¹

SUMMARY

There are too many weakly reinforced and poorly constructed residential buildings with relatively low safety margins against earthquakes in and around big cities. They are mostly skeletal structures at the very beginning of their lives. However gradually they start to become more integrated with their non-structural elements like partitioning walls. They start to have some structural alterations in time as well, and start to accumulate plastic deformations due to several reasons such as earthquakes etc. Safety factors against earthquake of those structures are unknown. Measuring microtremors, an attempt has been presented in this study to identify the lateral load resisting structural system which consists of the skeletal frame and load bearing partitioning walls. After having defined the mechanical model by means of microtremor measurements this will be used later on to predict the possible load carrying capacities and the collapse mechanism of the complex structures.

ÖZET

Çevremizde, depreme karşı göstereceği davranışı belirsiz olan pek çok yapı bulunmaktadır. Bu yapıların mevcut deprem güvenliklerinin tanımında güçlükler vardır. Bu çalışmada, betonarme-yığıma arası karma bir davranışta bulunması beklenen az katlı yapıların gerçeğe yakın mekanik modellerinin kurulabilmesi amacıyla, küçük titreşim ölçümlerine dayalı bir yol üzerinde durulmakta, uygulamada karşı karşıya kalınan bazı yapısal hataların depremdeki yapı davranışına etkileri irdelenmekte ve 1995 Deprem Yönetmeliği Taslağı açısından bazı karşılaştırmalara yer verilmektedir.

GİRİŞ

Başlangıçta belirlenmiş işlevleri üstlenmek üzere, bazı yapısal özelliklerle tasarlanan herhangi bir yapı, öngörülen ömrü içerisinde tasarım aşamasındaki özelliklerinden giderek uzaklaşır. Bu olgunun başlangıcı inşaat aşamasına kadar iner. Ulaşılması düşünülen beton basınç dayanımı ile elastisite modülüne yapının her köşesinde ulaşabilmenin güçlüğü, beton üzerinde sonradan ortaya çıkan etkiler, zaman içerisinde zemin koşullarının değişebilmesi, yer sarsıntılarının yapıda bıraktığı

¹ İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Maslak, İstanbul

² Dr., Building Research Institute, Tsukuba, Japonya

simetrik olmayan kalıcı şekildeğiştirmeler, işlev değişikliklerinin yapısal etkileri, hep bu anlamda değerlendirilebilecek etkenlerdir. Bunlara bağlı olarak da yapının depreme karşı davranışını belirleyen kütle ve rijitlik özellikleri başlangıçtakilerden uzaklaşabilir. Bu açıdan yapı sistemlerinin bütününe yönelik önemli elastik karakteristiklerden, serbest titreşim mod ve periyodları ile sönüm oranlarının yapının ömrü içinde, ölçümlerle saptanması önemli olmaktadır. Kurulacak teorik modellerin, deneysel sonuçlara ulaşılacak biçimdeki değişikliklerle, yapının mevcut özelliklerini yansıtır duruma getirilmesi ve bu yolla yapının olası göçme yükleri ile göçme modları ve göçme güvenliklerine varılması mümkün görünmektedir.

Çok karşılaşılan bina türü yapılar üzerinde gerçekleştirilen küçük titreşim ölçümlerine dayanılarak yapılan bu yöndeki bir denemeye aşağıda yer verilmektedir.

DENEY DÜZENİ VE KAYITLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapıda çeşitli nedenlerden kaynaklanabilen yatay yada düşey yöndeki çok küçük titreşimler - microtremor - özel titreşim ölçerler -seismometer- yardımıyla , ivme, hız ya da yerdeğiştirme türünden olmak üzere kaydedilebilmektedir. Kullanılan titreşim ölçerlerin genlik sınırları 0.005-3000 mikrondur. Daha güvenilir sonuç verdikleri periyod sınırları 0.01 sn ve 5 sn. ile belirlenmektedir. Titreşim ölçerden gelen analog hız sinyalleri, gerilim düşürücüden - attenuater - geçirilirken istenirse yerdeğiştirme ve ivmeye dönüştürülebilmektedir. Bu analog sinyallerin sayısal büyüklüklere çevrilip saklanması ya da ekrandan izlenmesi olanağı vardır. Disket aracılığı ile kişisel bilgisayara taşınan kayıtlar özel bir bilgisayar programıyla ikili sayı düzeninden onlu sayı düzenine aktarılıp ASCII modunda saklanır, gerilimden gerçek büyüklüğe çevrilir ve aşağıda özetlenen algoritma esas alınarak işlenir.

Titreşim ölçerlerden gelip her kanalda tutulmuş olan kayıtların dalga formu çizilir ve hepsi için en uygun olan bir çalışma aralığı belirlenir. Bu zaman aralığındaki veri sayısı, uygulanacak Hızlı Fourier Dönüşümü gereği ikinin kuvveti olmalıdır. Eğer göreceli değerlerle çalışılacaksa, ilgili titreşim ölçerlere karşı gelen kayıtların farkları alınır. Tüm kanallar için Hızlı Fourier Dönüşümü uygulanır. Daha sonra birinci aşamada, kritik bir kayıt için Güç Spektrumuna geçilir ve bu spektrum bir pencere yardımıyla yumuşatılır [1] . Yumuşatılmış Güç Spektrumunun tepe noktasına karşı gelen periyod değeri, yapının en büyük serbest titreşim periyoduna karşılık gelmektedir. Tepe noktası ve yakın civarındaki noktalar dikkate alınarak geçirilen ikinci derece eğrisinin katsayıları arasındaki ilişkiden de sönüm oranına geçilebilmektedir. İkinci aşamanın ilk adımı, seçilen iki kritik kanala ait Fourier Spektrumlarının oranlanması , oranın tepe noktasının belirlenmesi ve bu noktayı esas alan bir pencerenin hesaplanmasıdır. İkinci adımda, hesaplanan pencere tüm kanallara uygulanıp oluşan dalgalar Ters Hızlı Fourier Dönüşümüne tabi tutulur. Bulunan dalgalarındaki tepe noktalarından hareketle aranan titreşim mod şekli belirlenir.

ÖLÇÜMLERİN DOĞRULANMASI

Yapısal olmayan bölme duvarı gibi elemanları bulundurmayan binaların mekanik modelleri diğerlerine oranla daha kolay kurulabilmektedir. Böylelikle deneysel ve teorik çalışma sonuçlarının birbirleriyle karşılaştırılabilme şansları artmaktadır. Bu

amaçla İTÜ Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarının, bağımsız bir bölümü olan Yükleme Tüneli, örnek olarak alınmış ve kısa doğrultusundaki yatay titreşim periyodunun ölçülmesi ve hesaplanması için çalışılmıştır, (Şekil 1). Kalın yüklemeye döşemesi ve üzerindeki ağırlıklar katılarak toplam kütlelenin yığılı olduğu varsayımıyla hesap yapılmıştır. Hesaplanan ve ölçülen birinci titreşim moduna ait periyodlar sırasıyla 0.077 sn. ve 0.072 sn. dir.

Basit giriş biçiminde mesnetlendirilmiş boşluklu döşeme elemanların düzlemlerine dik doğrultudaki birinci moda ait serbest titreşim periyodları da aynı amaçla teorik ve deneysel olarak sırasıyla 0.096 sn.ve 0.086 sn. olarak bulunmuşlardır. Bu deneyler sırasında küçük titreşimlerin genliklerini ölçüm aletlerinin sınırlarına yaklaşır küçük zorlar verilmesi ve verilmemesi durumları da birbirleriyle karşılaştırılmış, önemli bir fark gözlenmemiştir.

KONUT TİPİ BİR BİNADA UYGULAMA

Çevremizde çok karşılaşılan tipteki, simetrik olmayan, altı katlı, yaklaşık 12 yıllık betonarme bir yapı, (Şekil 2) depreme karşı göstereceği olası davranış özelliklerinin kestirilmesi amacıyla incelemeye alınmıştır. Bu incelemenin başında, yapısal olmayan elemanların rijitlik katkılarıyla etkilenen mekanik modelin oluşturulabilmesi için küçük titreşim ölçümlerine başvurulmuştur.

Yapının Genel Durumu ve Malzeme Karakteristikleri

II. Derece deprem bölgesinde yer alan örnek binayı tanımak amacıyla çeşitli yerlerden beton karot numuneleri alınmış ve Schmidt çekici okumaları yapılmıştır. Numunelerin alınmasından hemen önce aynı yerde yapılan Schmidt çekici okumaları, numunelerden alınan basınç dayanımı sonuçlarıyla birlikte değerlendirilip doğrusal regresyon analizinden sonra tüm yapı için %95 olasılıkla $101.8 \pm 41.6 \text{ kg/cm}^2$ beton basınç dayanımına ulaşılmıştır. Benzer çalışmalar elastisite modülü için yürütülmüştür. Mevcut betonun elastisite modülü olarak 160000 kg/cm^2 değerinin kullanılabilceği kanaatine varılmıştır. Buna karşılık bina projesinde öngörölmüş olan değerler sırasıyla B160 (BS14) ve 265000 kg/cm^2 dir. Kullanılan beton çeliği ise STI (BÇI) dir. Çelik üzerinde deney yapılmamıştır.

Bodrum kat kolon kesitlerinde önemli ölçüde donatı eksikliği ve projeye göre olması gerekenden büyük pas payları ile karşılaşmıştır. Kolonlarda sünekliği artırıcı önlem alındığı görölmektedir.

Yapısal olarak binada önemli bir hasar bulunmadığı söylenebilir. Ancak bazı konsolların zaman içinde artan sehimlerine uyamayan gevrek tuğla duvarlarda çatlaklar gözlenmektedir.

Yapılan Küçük Titreşim Ölçümleri

İncelenen bina birbirine dik doğrultularda yatay yük taşıyıcı çerçeveler ve deprem yönetmeliğine göre perde tanımına giren küçük perdelerle, asansör kovası civarındaki küçük bir perde grubunu içermektedir. Binanın kat geometrisi ana çizgileriyle (Şekil 2) de yer almaktadır. Yapı yüksekliğince devam eden, yatay yük taşıyıcı düşey elemanlar ölçekli olarak aynı şekilde verilmişlerdir. Bina içine ve dışına yerleştirilen titreşim ölçerlerin konumları da aynı şekil üzerinde işaretlenmiştir. Bina dışına yerleştirilen yatay titreşim ölçer göreceli büyüklüklere ulaşmak amacıyla

kullanılmaktadır. Aletler, simetrik olmayan bu yapının genel olarak burulmalı eğilme titreşimlerini yakalayabilecek biçimde yerleştirilmiştir. Birbirine dik iki yönde titreşim kayıtları alınmış ve ayrı ayrı değerlendirilerek ; i-burulmalı eğilme, ii-iki yöndeki burulmasız eğilme, iii-burulma titreşimlerine ait birinci modların periyodlarına ulaşılmıştır. Bunlara ek olarak iki doğrultudaki birinci titreşim mod biçimlerine, sönüm oranları ile altıncı ve dördüncü katlardaki dönme merkezlerinin koordinatlarına ulaşılmıştır.

Mekanik Modelin Oluşturulması

Kurulan mekanik modelde, yapı üç boyutlu olarak gözönüne alınmış ve mevcut bölme duvarları bir çift sanal çapraz çubukla idealleştirilmiştir. Döşemelerinin düzlemleri içinde sonsuz rijit alındığı bu model kurulurken çeşitli yaklaşımlar yapıldığı ve yapının da bilinmeyen bazı özellikler taşıyabileceği açıktır.

Küçük titreşim ölçümlerinden üretilen bilginin güvenilirliği ölçüsünde, duvarları temsil eden sanal çubukların sistemin yatay rijitliklerine katkıları değiştirilmek suretiyle, kurulan mekanik modelin ölçümlerle aynı titreşim karakteristiklerini, özellikle periyodlarını vermesi sağlanabilmektedir. Böyle bir işlem diğer bilinmeyen bazı etkenleri de dolaylı yolla gözönüne alabilme özelliği taşımaktadır. Ayrıca bir doğrultuda yapılan titreşim ölçümleriyle mekanik model sonuçlarını bağdaştıran sanal eleman rijitliklerinin , diğer yönde kullanılması ve ölçüm sonuçlarıyla teorik sonuçların karşılaştırılması doğrulayıcı olabilmektedir. Bu işlemler sırasında, yapısal olmayan bölme duvarlarının yatay rijitliklerinin sistem yatay rijitliklerine katkıları tüm katlarda aynı sayılmış ve karşılaştırmada periyodların benzerliği esas alınarak, mod şekillerinin benzeme zorunluğu üzerinde durulmamıştır. Deneysel ve teorik periyod eşitliğini sağlayan sanal çapraz kesit yüksekliği yaklaşık olarak kat yüksekliğinin yarısı kadar çıkmıştır. Duvarlar için kullanılan elastisite modülü ise 60000 kg/cm² dir [2]. Kullanılan mekanik modelde, boşluklu bölme duvarları yarı rijitlikle temsil edilmiş, büyük boşluklu bölme duvarları yok sayılmıştır.

Teorik hesaplarda SAP90 programı kullanılmıştır,[3].

Yatay Yük Taşıyabilme Sınırı ve Olası Göçme Biçimi

Gözönüne alınmış bulunan bina hernekadar bir betonarme karkas bina ise de mevcut ve beklenen davranışı buna uygun görünmemektedir. Bu konuda bir sonuca varabilmek üzere, önce binanın betonarme karkas bir yapı olarak yatay yük taşıyabilme sınırı ve olası göçme biçimi üzerinde, sonra da bölme duvarlarıyla birlikte nasıl bir davranış göstereceği üzerinde durulacaktır.

Betonarme Karkas Bir Yapı olarak Bina

Proje ve mevcut durum esas alındığında, betonarme karkas bir sistem olarak binanın X ve Y yönlerindeki kesme kuvveti taşıma kapasiteleri, betonun karşılayacağı kesme kuvvetinin gözönüne alınıp alınmaması hallerine göre Tablo 1 de topluca verilmektedir. 1975 Deprem Yönetmeliğinde verilen ve 1995 Deprem Yönetmelik Taslağında öngörülen katsayılarla hesaplanan deprem yükleri ve karşılıklı oranları Tablo 2 de yer almaktadır. Bunlar binanın depreme karşı güvenliği ve yeni öngörülen yük artımları konusunda fikir veren yaklaşık değerlerdir. Gerçek güvenlik katsayıları için yük ve zaman artımları ile özellikle malzeme yönünden doğrusal olmayan bir

hesaplamanın gerekli olduğu bilinmektedir. Böyle bir çalışma bu yazının kapsamı dışında tutulmakla birlikte, böyle bir çalışmaya esas olacak mekanik model ve göçme modları üzerinde durulmaktadır.

Ayrıntılı olarak incelenen kolonlara örnek olmak üzere seçilen S23 kolonunun, moment taşıma kapasitesine ulaşmadan kesme kuvveti kapasitesinin aşılacağı Tablo 3 deki sayılardan izlenebilmektedir. Bu sonuç diğer elemanlar için de böyledir. Dolayısıyla bu örnekte göçmenin büyük olasılıkla kolonların kesilmesi biçiminde gerçekleşeceği beklenmektedir. Aynı tabloda bu elemanın, duvarların dikkate alınması ve alınmaması hallerinde alacağı kesme kuvvetleri de gösterilmiştir.

Betonarme-Yığma Karışımı Karma Bir Yapı Olarak Bina

Tek yönlü yükler etkisindeki çimento ve melez harçlı tuğla duvarların iki eksenli yüklenme altındaki davranışlarının deneysel olarak incelenmesinden ortaya çıkan bazı sonuçlar (Şekil 3) deki diyagramda özetlenmektedir, [2].

Betonarme karkas bir binada; başlangıçta hiç düşey yük almayan bölme duvarlarının, kirişlerin sehimi artıp sarktukça yük almaya başlayacağı ancak özel durumlar dışında bu yükten doğan normal gerilmelerin çok artmayacağı düşünülebilir. Bu gerilmelerin bir yere kadar artışlarının, duvarların kayma mukavemetini artıracağına dikkat edilmelidir, (Şekil 3). Ayrıca geçmiş deprem hasarları incelendiğinde, gevrek olan bu duvarların kayma kırılmasına uğradığı, çapraz çatlakların ortaya çıkmasından anlaşılmaktadır.

İncelenmekte olan bina betonarme-yığma karışımı karma bir yapı olarak değerlendirilmek istendiğinde, sünek olmamaları nedeniyle önce duvarların çalışmaya başlayacağı, çerçevelerin kütle olarak devrede olduğu ancak yatay rijitlik katkısı açısından devrede olmayacağı düşünülebilir. Dolayısıyla ilk andaki yatay yük çekme ve taşıma özellikleri daha çok bölme duvarlarıyla ilgili olacaktır. Normal gerilmelerin sıfır kabul edildiği bir durumdaki kayma gerilmeleri sınır değeriyle çalışarak ve mevcut çift taraflı sıvanın etkisini, bir anlamda, yaklaşık olarak gözönünde tutmak üzere çimento harçlı duvar için önerilen σ - τ bağıntısı esas alındığında, yani $\tau_{max}=5.14$ kg/cm² değeri kullanıldığında, X ve Y yönlerindeki kesme kuvveti taşıyabilme sınırları Tablo 1 de verilen mertebelere gelmektedir. Bu değerler 1975 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan deprem yükleri ile karşılaştırıldıklarında sırasıyla 3.4 ve 3.3 değerlerine ulaşılmaktadır. Bunlar, karma davranış gösteren bir yapının ilk anda sahip olabileceği güvenlik konusunda fikir verecek yaklaşık sayılardır. Bu duvarlar devreden çıktuktan sonra yapı, daha uzun periyodlu, muhtemelen daha az deprem yükü çeken, Tablo 5, çıplak betonarme bölümün deprem güvenliğine sahip olacaktır. Bölme duvarları ve betonarme bölümün görelî kat yerdeğiştirmeleri esas alınarak tanımlanacak süneklik oranları eşit olmadıkça, bölme duvarlarının kesme kuvveti kapasiteleri ile yatay yük taşıyıcı betonarme elemanların kesme kuvveti kapasitelerinden toplayarak yararlanmak mümkün olmayacaktır. Yatay rijitliklerinin fazla sünekliklerinin de az olması nedeniyle, bölme duvarları depremin ilk aşamasında devreye girecek betonarme bölümler yedek eleman olarak sonradan çalışmaya başlayacaklardır. Dolayısıyla karma bir yapıda göçme modu, birinci aşamada duvarların ikinci aşamada ise betonarme bölümün göçme modu olacaktır. Betonarme bölümlerin yatay rijitlik olarak gözönüne alınmadığı duruma ait titreşim karakteristikleri de aynı mekanik modelden bulunarak karşılaştırmalara katılmıştır.

İRDELEME VE KARŞILAŞTIRMALAR

Gerek eski deprem yönetmeliklerinin öngördüğü düşük deprem kuvvetlerine göre boyutlandırılmış binalar, gerekse beton basınç dayanımları ve elastisite modülleri düşük, elemanlarının boyuna ve enine donatıları az, temel boyutları küçük tutulmuş binalar, hep depreme karşı davranışları belirsizleşmiş yapılardır. Ancak bu olumsuzlukların hoş görülmesi mümkün olmamakla birlikte, yapı davranışına olan etkilerinin yönleri ve mertebeleri üzerinde düşünmenin, onarım ve güçlendirmenin ilk adımı olarak belli bir önemi bulunmaktadır.

Beton Basınç Dayanımlarının Bir Ölçüde Düşük Olması

Beton basınç dayanımında öngörülen düzeye ulaşılammış olmanın kesit taşıma kapasitelerine aynı ölçekte yansımadağı bilinmekte ve (Şekil 4) deki 1 ve 4 nolu eğrilerin, özellikle dengeli donatı altındaki bölümlerinin karşılaştırılmasından da bu durum bir kez daha gözlenmektedir. Bu eğriler, örnek yapının donatı oranı öngörülenden %50 az ve beton basınç dayanımı %27 düşük S23 kolonu için çizilmiştir.

Kolonlardaki Boyuna ve Enine Donatıların Düşük Olması

Kolonlardaki boyuna donatı miktarının taşıma kapasiteleri üzerindeki etkisi seçilen örnek için hazırlanan (Şekil 4) deki 1 ve 2 nolu eğrilerin karşılaştırılmasından da görüleceğı gibi önemlidir. Ancak %50 kadar az boyuna donatı kullanılmış ve %33 oranında minimum kolon donatısının altına inilmiş olmasına karşın, karşılıklı etki diyagramındaki A noktası 1975 Deprem Yönetmeliğı esas alındığında 1E yüklemesindeki iç kuvvet durumuna, B1,B2,B3 noktaları da 1995 Deprem Yönetmeliğı Taslağındaki davranış katsayısının 8,6,4 değerleri için hesaplanan deprem yüklemesi durumuna karşılık gelmektedir.

Kalıp işçiliğı, beton kalitesi ve miktarı değışmeden, boyuna donatı oranının 1975 Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü en yüksek düzeye , 0,03, çıkarılması halindeki karşılıklı etki diyagramı (Şekil 4) deki 3 nolu eğri ile verilmektedir. S23 kolonu için gerekli olmamakla birlikte, elde edilen bu eğri ile B noktaları karşılaştırıldığında deprem güvenliğinin önemli ölçüde artırılmasına karşın maliyetteki artış küçük bir miktar donatı artışı ile sınırlı kalmaktadır. Bunun kaba inşaatın küçük bir oranı olacağını kestirmek güç değıldir. Boyuna donatının azalmış olması elemanlardaki kesit yada açısıl sünekliğı azaltacaktır. Enine donatının da azalması aynı olumsuz sonucu artırıcı bir özelliktir. Ayrıca bunun kolon kesme kuvveti taşıma kapasitesine etkisi büyük olmaktadır. İzlenen kolonda enine donatının azalması, kesme kuvveti taşıma kapasitesini %20 oranında azaltmıştır. Benzer durum zayıf eksen etrafındaki taşıma kapasitelerini ifade eden ince çizgilerle çizilmiş karşılıklı etki diyagramlarının karşılaştırılmasından da gözlenmektedir, (Şekil 4).

Beton Elastisite Modülünün Düşük Çıkması

Beton basınç dayanımının düşük olması ile bağlantılı olan bu sonuç kolon boy kısaltmalarının artması, kiriş sehimlerinin yükselmesi, betonarme bölümde yatay rijitliklerin azalması serbest titreşim periyodlarının uzaması ve yönetmeliklere göre de

deprem yüklerinin azalması sonucunu doğurmakta, mod şekilleri üzerinde etkili olmamaktadır, Tablo 4.

Temel Boyutlarının Küçük Seçilmiş Olması

Bu durum zemin gerilmelerinde , temel dönmelerinde ve dolayısıyla periyotlarda artışa neden olurken, temelin kendi güvenliğinde düşme nedenidir. Ancak yine çoğu kez deprem yüklerinin azalması anlamı taşır.

1995 Deprem Yönetmeliği Taslağı Açısından Bazı Karşılaştırmalar

Zemin koşullarına bağlı olarak, birinci titreşim moduna ait periyotları 0.3-0.9 sn. arasında olan yapıların deprem hesabına esas olacak yatay yüklerini, yeni deprem yönetmeliği taslağı eskisine oranla arttırmaktadır. Bu yük artışının iç kuvvet ve maliyete etkisi ne mertebededir ? Aynı taslakta öngörülen yaklaşık periyod ve mod şekilleri, incelenen yapınkilerle ne ölçüde uyumludur ? Aşağıdaki karşılaştırmalar bu sorulara basit birer örnek yanıt getirmektedir, genelleştirilmeden incelenmelidir.

Geliştirilen mekanik modelden yararlanarak, kütle sabit tutulmak koşulu ile, betonarme bölümün (BB), betonarme bölüm ve bölme duvarlarından oluşan karma yapının (KY) ve sadece bölme duvarlarının oluşturduğu sanal yapının (BD) normalize edilmiş birinci titreşim modları, küçük titreşim ölçümleriyle (KTÖ) elde edilen modla birlikte X ve Y yönleri için (Şekil 5) de verilmektedir. Ölçümle elde edilenlerde bazı aykırılıklar olmakla beraber, genel olarak bir uyum olduğu gözlenmektedir. Bu durumlara karşılık gelen periyotlar da aynı şekilde yer almaktadır.

1975 Deprem Yönetmelik Taslağının öngördüğü, yığma yapıları içeren yaklaşık $T_a=0.035H^{3/4}$ periyodu bu yapı için 0.3 sn.dir. Ölçülenle uyumlu olan öneri budur. Tk köşe periyoduna bağlı olarak tanımlanan Spektrum katsayıları , $2.5(T_k/T)^{0.8}$, Tablo 5 de görülmektedir. Tablonun son satırı bölme duvarları kalkmış yapının, betonarme bölümüne sağlam zeminlerde gelecek deprem yükünün, sadece davranış değişikliği nedeniyle, %46 oranında azalabileceğine işaret etmektedir.

SONUÇLAR

- 1.Küçük titreşim ölçümleri ile mevcut binaların; periyod, mod şekli, sönüm oranı gibi serbest titreşim karakteristikleri ve dönme merkezleri için yeter doğrulukla bilgi toplamak mümkündür. Ancak bunlar değerlendirilirken dikkatli olmak gerekmektedir. Çünkü bunlar depremin ilk anında geçerli değerler olabileceklerdir.
- 2.Küçük titreşim ölçümleri genellikle burulmalı eğilme titreşimlerine karşılık gelen karakteristikleri yakalamakla birlikte, aynı kayıtlardan yönlendirilmiş eğilme yada sadece burulma titreşim karakteristikleri de elde edilebilmektedir.
- 3.Beton kalitesinin öngörülenden düşük gerçekleşmesinin, özellikle normal kuvvetin küçük olduğu durumlarda, moment taşıma kapasiteleri üzerinde beklenildiği gibi çok önemli olumsuz etkileri yoktur.
- 4.Ölçümler ve hesaplar başka binalar ve özellikle yığma binalar için de yinelenmelidir.
- 5.İncelenen türdeki yapıların çoğunda deprem güvenliği azdır ve güçlendirilmeleri gerekir.
- 6.Yönetmeliklere uygun inşa edilmemiş betonarme karkas binalarda, bölme duvarlarının yatay ve düşey etkiler söz konusu olduğunda taşıyıcı sistemle birlikte

çalışacağını varsaymak özellikle ekonomik açıdan gerçekçi bir kabuldür. Zaman içerisinde taşıyıcılık işlevi üstlenmek durumuna giren bölme duvarlarının kaldırılması sakıncalar gösterir. Bu tür binaların güçlendirilmesinde bölme duvarlarını yok saymak yerine, bu duvarlardan yararlanarak hareket etmek uygun görünmektedir. Duvarların komşu mevcut taşıyıcılarla birleşik hareket edecek biçimde, donatı ve püskürtme betonla takviye edilmesi ve bunun temele kadar indirilmesi üzerinde; iki yönlü yükler etkisindeki davranışını tanımlama, sünekliğini belirleme, göçme biçimlerini saptama ve ayrıntıları geliştirme açısından durulmalıdır.

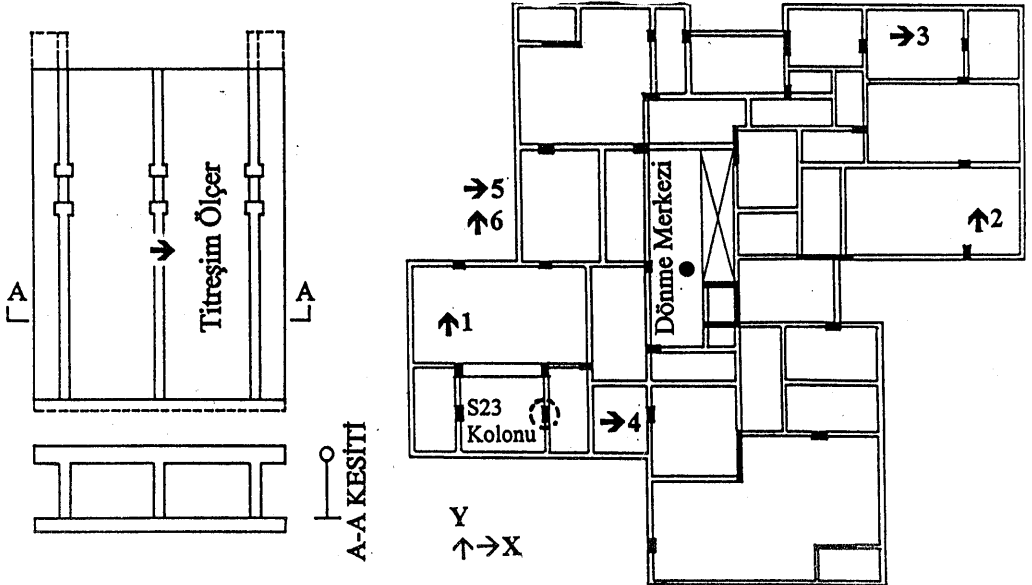
7. İncelenen türdeki yapıları, yaklaşık periyod hesapları için, yığma yapı gibi düşünmek ölçümlerle uyum içinde olacağı gibi yapıyı güçlendirme açısından da güvenli yönde olacaktır.

TEŞEKKÜR

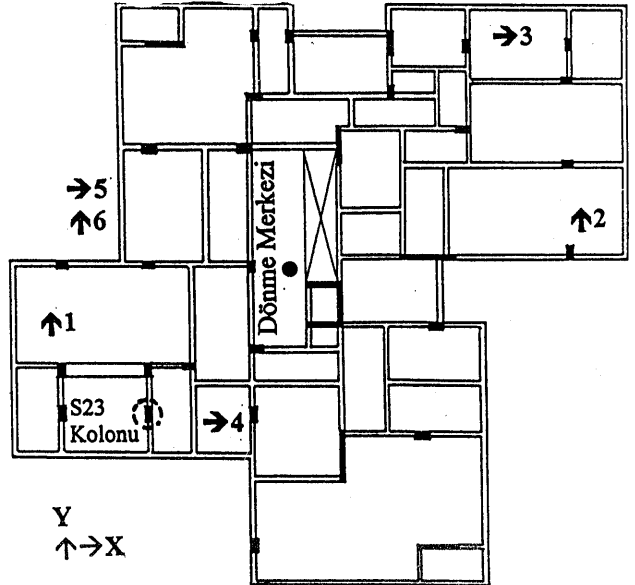
Serbest titreşim ölçümleri, Japan International Cooperation Agency (JICA) tarafından sağlanan aletler yardımıyla yapılmıştır. Araştırmacılar JICA'ya ve sağladığı program desteği için de Devlet Planlama Teşkilatına teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

1. Ohsaki Yorihiro, Türkçeye çeviren Muzaffer İpek, Deprem Dalgasının Spektral Analizine Giriş, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Ekim 1991 İstanbul,
2. Yorulmaz Müfit, Atan Yaşar, Tuğla Duvarların İki Eksenli Yükleme Altında Davranışları, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 1969.
3. SAP90, Wilson E., Habibullah A., Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Yapıların Statik ve Dinamik Analizini Yapan Bir Bilgisayar Programı



Şekil 1



Şekil 2

TABLO 1: Kesme Kuvveti Taşıma Sınırları

	X		Y	
	Vs	Vs+Vc	Vs	Vs+Vc
P	259.20	573.70	200.20	511.30
U	206.30	471.70	159.10	423.10
O	1.14	2.61	0.88	2.34
O	0.95	2.17	0.73	1.95
O	0.71	1.63	0.55	1.47
O	0.48	1.09	0.37	0.98
BD	616.80		586.0	

P: Proje

U: Uygulama

O: Oranlar

BD: Bölme Duvarları

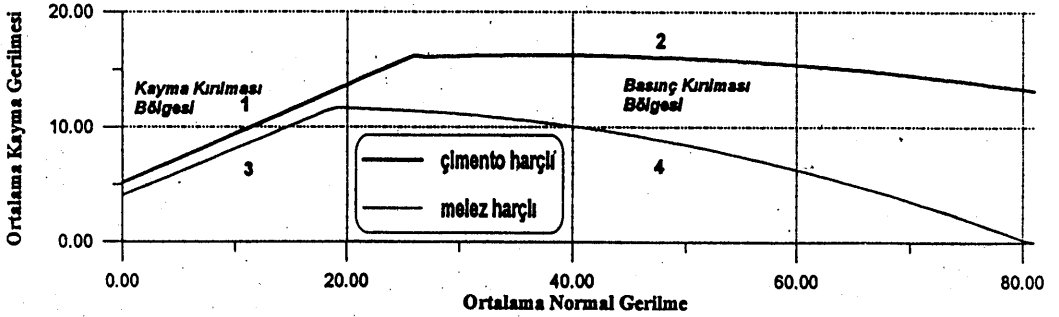
Vs/Vc: Tüm sistemde donatı/beton kaynaklı kesme kuvveti taşıma sınırları

TABLO 2 : II. Derece Deprem Bölgesi İçin Hesap Yükleri

C=0.064	1975			1995		
	R=8	R=6	R=4	R=8	R=6	R=4
180.50	216.60	288.80	433.20	1.00	1.20	1.60
0.83	1.00	1.30	2.00	0.83	0.75	1.00
0.63	0.75	1.00	1.50	0.42	0.50	0.67
1.00	1.20	1.60	2.40	0.83	1.00	1.30
0.83	1.00	1.30	2.00	0.63	0.75	1.00
0.63	0.75	1.00	1.50	0.42	0.50	0.67

TABLO 3 : Bodrum Kat S23 Kolunu Kesme Kuvvetleri

	Tt Kesme Kuvveti Kapasitesi (TS500)				Tm= 2 Mp/h	
	Y		X		Y	X
	Vs	Vs+Vc	Vs	Vs+Vc		
P	7.50	18.10	2.70	13.00	40.10	13.50
U	5.60	14.00	1.80	8.80	22.80	9.60
BB	6.45		2.72			
KY	1.70		0.67			

BB : Betonarme Bölüm, KY : Betonarme Bölüm ve Bölme Duvarlardan Oluşan Karma Yapı
P: Proje U: Uygulama E1/E2 = 1600000/2615000 t/m2 (Beton Elastisite Modülleri) $b*d$ = Yatayda duvar kesit alanı , Q = Yatay kesme kuvveti , N = Düşey kuvvet , $\tau = Q/bd$, $\sigma = N/bd$ [kg/cm²]

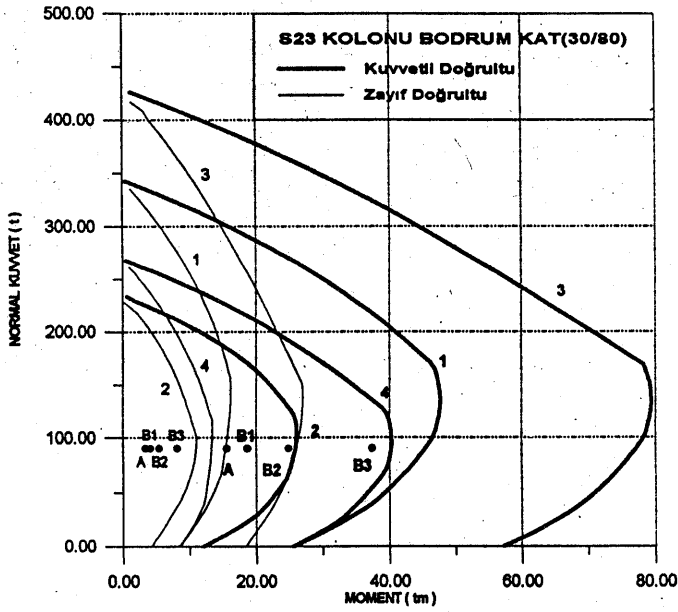
$$1. \quad \tau = 5.14 + 0.425\sigma$$

$$3. \quad \tau = 4.02 + 0.407\sigma$$

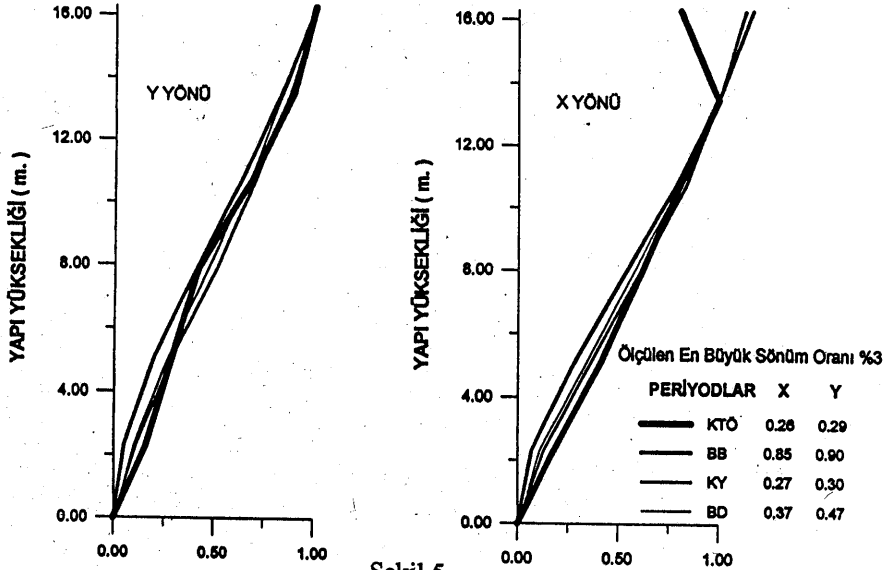
$$2. \quad \tau = 14.01 + 0.119\sigma - 0.0016\sigma^2$$

$$4. \quad \tau = 10.94 + 0.090\sigma - 0.0028\sigma^2$$

Şekil 3



Şekil 4



Şekil 5

TABLO 4 : Elastisite Modülü ve En Büyük Periyodlar

	Y	X
	E1/E2	E1/E2
BB	0.90/0.71	0.85/0.66
KY	0.30/0.28	0.27/0.25

Tablo 5 : Periyodlar ve Spektrum Katsayıları

Yapı	T (sn.)	S			
		0.9	Tk (sn.) 0.7	0.5	0.3
BB	0.79	2.50	2.28	1.73	1.15
KY	0.30	2.50			
Oran		1.00	0.90	0.69	0.46