

Yapı Dinamiği Deneylerinin İnşaat Mühendisliği Eğitimindeki Rolü: Küçük Ölçekli Yapı Modellerinin Sarsma Masası İle Test Edilmesi

H.Özkaynak, A.Elif Özsoy

Beykent Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

hasanozkaynak@beykent.edu.tr, elifozbay@beykent.edu.tr

Özet

İnşaat mühendisliği uygulamalı bilimler arasında önemli bir yere sahiptir. Yapı tasarımı konularını içeren ve yapı dinamiğinin temel kavramlarını pekiştirilmesini hedefleyen uygulamalı derslerin inşaat mühendisliği eğitimindeki önemi yüksektir. Bu kapsamında, öğrencilerinin, temel düzeyde küçük ölçekli deneylerle yapı davranışını algılayabilmelerinin sağlanması son derece faydalıdır. Bu deneyler sayesinde öğrenci edindiği teorik bilgilerini, hesap ve tasarım esaslı derslerden edindiği bilgiler ile sentezleme şansına sahip olmaktadır. Bu çalışmada, taşıyıcı sistem tasarımı ve yapıların dinamik davranışının algılanması konuları, balsa ağacı ile imal edilmiş olan bina maketleri üzerinde yapılan dinamik deneyler ile irdelenmiştir. İnşaat Mühendisliği Tasarım Projesi dersi kapsamında üretilen bina maketleri, küçük ölçekli sarsma masasında test edilmiştir. Bu deneylerde kullanılan sarsma masasının tasarımı ve imalatı da öğrenciler tarafından gerçekleştirilmiştir. Üretilen sarsma masasına yerleştirilen yapı modeli, harmonik harekete maruz bırakılmıştır. Bu deneyler, yapının doğal titreşim periyodu hakkında öğrencilere gözlem ve yaklaşık hesap yapma olanağı sağlamıştır. Harmonik hareketinin frekansı kademeli olarak artırılarak, çok katlı yapı maketinde yatay yerdeğiştirmeleri saniyede 50 resim kaydetme kapasiteli bir kamera ile elde edilmiştir. Yapıya ait test sonuçları, öğrenciler tarafından gerçekleştirilen sayısal model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sayesinde inşaat mühendisliği öğrencileri, yapısal analiz, taşıyıcı sistem tasarımı ve yapı dinamiği temel kavramları ile ilgili birtakım donanımına sahip olmaları sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sarsma Masası, Model Deneyler, Yapı Dinamiği, Taşıyıcı Sistem Tasarımı.

1. Giriş

Mühendislik, ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.) tarafından “Matematik ve doğa bilimleri alanlarında çalışma, deneyim ve uygulama yolu ile kazanılan bilgileri akıllıca kullanarak, doğanın kuvvetleri ve maddelerini insanoğlu yararına sunmak üzere ekonomik olan yöntemler geliştiren bir meslek” olarak tanımlanmıştır [1]. Aynı zamanda “değişkenlerinin tümü bilinmeyen ya da ölçülemeyen çok seçenekli durumlarda insanlık yararına optimum çözüme ulaşma” mühendisliğin temel hedefidir [2-4]. İnşaat mühendisi adayının gelişen teknolojiye ayak uydurabilmesi ve bunun için gerekli alt yapının eğitim sırasında sağlanması gerekir. Zira, mühendisten gerçek hayatta eğitimi boyunca oluşturduğu altyapısını

kullanarak bazı karmaşık mühendislik problemlerini basitleştirmesi ve en uygun maliyetle çözüm geliştirebilmesi beklenir. Bunların yanı sıra, bir mühendisin meslek hayatı boyunca teknolojiye yenilikleri izleyebilmesi ve kendini yenileyebilmesi; mesleki birikimini insanlığın yararına kullanacak etik sorumluluğa sahip olması gereklidir. Çağımızda inşaat mühendisi aynı zamanda doğal afetlerin ve kazalarının etkilerini azaltmak için yöntemler geliştirilmesinde ve risk yönetiminde karar verici olarak görev almalıdır [5]. Günümüzde inşaat mühendislerinin bilgi, beceri ve davranış açısından belirtilen niteliklere sahip olmaları için inşaat mühendisliği eğitim programlarında kalitenin belirli bir düzeyde olması gereklidir.

Mühendislik eğitiminde akreditasyon, kalitenin güvencesi olmasının yanı sıra mesleki yeterlik ve eşdeğerliliğin de güvencesidir. MÜDEK, (Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği) mühendislik eğitim programları için akreditasyon, değerlendirme ve bilgilendirme çalışmaları yaparak ülkemizde mühendislik eğitiminin kalitesinin yükseltilmesine katkıda bulunmaktadır [6]. Programının değerlendirilmesi için başvuran kurum, MÜDEK tarafından tanımlanan değerlendirme ölçütlerini sağladığını somut olarak kanıtlamak zorundadır. Akreditasyon için inşaat mühendisliği disiplinine özgü tanımlanmış ölçütler; Akreditasyon sürecinde sözkonusu ölçütler arasında inşaat mühendisliği kapsamında; *“inşaat mühendisliğinin kabul görmüş temel alanlarının en az dördünde yeterlilik; inşaat mühendisliği temel alanlarının en az ikisinde laboratuvar deneyi yapabilme ve verileri yorumlayıp analiz edebilme becerisi; ders programında meslek eğitimiyle entegre biçimde yürütülen tasarım deneyimleri aracılığıyla kazanılmış inşaat mühendisliğinde tasarım becerisi; iş alma, pazarlık usulü ihale ya da kaliteye dayalı seçme süreçleri, bir projeyi tamamlamak için tasarımcı ve inşaatçıların nasıl etkileştikleri, yeterliliğin ve sürekli eğitimin önemi gibi mesleki uygulama meseleleri hakkında bilgi sahibi olma”* olarak belirtilmektedir [7]. Bu ölçütler arasından bir diğeri ise öğrencinin mezun oluncaya kadar kazanması gereken nitelikleri kapsayan program çıktılarıdır. Bu çıktıların, MÜDEK tarafından belirtilen 11 niteliği içerecek şekilde kurum tarafından tanımlanması gerekmektedir. Akreditasyon için başvuran mühendislik programları, mezuniyet aşamasına gelmiş olan öğrencilerin program çıktılarının tümüne sahip olduklarını kanıtlamalıdır. Program çıktılarının kapsamı gereken nitelikler arasında *“Karmaşık bir sistemi, süreci, cihazı veya ürünü gerçekçi kısıtlar ve koşullar altında, belirli gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlama becerisi”* ve bu tasarım sürecinde inşaat mühendisliği temel alanlarına özgü araştırma konularında *“deney tasarlama, deney yapma, veri toplama, sonuçları analiz etme ve yorumlama becerisi”* inşaat mühendisliği eğitim programının önemli bir aşamasını oluşturmaktadır [7]. Bu çalışmada, MÜDEK tarafından tanımlanan bazı yetilerin öğrencilere kazandırmak amacıyla inşaat mühendisliği dört yıllık öğretim programda yeralan *“İnşaat Mühendisliği Tasarım Projesi”* dersi kapsamında yürütülmüş bir tasarım süreci ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu proje kapsamında son sınıf öğrencileri, inşaat mühendisliği temel alanlarından yapı dinamiği konularında edindikleri bilgilerini kullanarak prototip maketler üzerinde küçük ölçekli dinamik deneyler gerçekleştirmişler ve çok katlı yapıların dinamik davranışını araştırmışlardır. Yapı maketleri, öğrenciler tarafından tasarlanıp üretilen küçük ölçekli sarsma masası ile test edilmiştir. Üretilen yapı maketlerinin dinamik davranış, sarsma masasının oluşturduğu harmonik hareket etkisi altında incelenmiştir [8-9].

2. İnşaat Mühendiliği Tasarım Projesi

Takım çalışması yapabilmek, edinilen mesleki bilgileri kullanmak, karmaşık bir mühendislik problemine çözüm geliştirerek sonuçlarını sözlü sunmak inşaat mühendisliği tasarım projesi dersinin temel amaçları arasında yer almaktadır. Dersle ait öğrenim çıktıları ve bu çıktıların hangi yöntemlerle sağlanabileceği Tablo 1.'de verilmiştir.

Öğrenme Kazanımları / Hedefleri	Öğretim Yöntemleri	Ölçme Yöntemleri
1. Çalışma konusu önerir. 1.1. Bilimsel çalışmaları takip eder. 1.2. Literatür taraması yapar. 1.3. Özel alanların zorluğu-kolaylığını yargılar. 1.4. Gerçekçi kısıtlar altında, bir dönemde tamamlayabileceği bir konu önerisi yapar.	3, 8, 10, 14, 15, 16	C, J
2. Çalışma konusunu analiz eder. 2.1. Konu ile ilgili önceden yapılmış çalışmaları derinlemesine araştırır. 2.2. Konuyu analiz eder. 2.3. Çalışmayı gerçekçi parçalara böler. 2.4. Kısıtları belirler.	3, 8, 10, 14, 15, 16	C, J
3. Sorumluluk alarak planlama yapar. 3.1. Kullanılacak araçları – yöntemleri seçer. 3.2. Çalışmayı detaylandırır. 3.3. Zamana dayalı iş takvimi yapar. 3.4. Kullanılacak kaynakları planlar. 3.5. Kontrol aşamalarını planlar.	14, 15, 16	C, J
4. Çalışma bileşenleri gerçekler. 4.1. Çalışmanın her kontrol noktasının zamanında tamamlanmasında sorumluluk alır. 4.2. Takım çalışması yapılıyorsa, koordinasyonunu sağlar.	14, 15, 16	C, J
5. Eleştirel düşünür. 5.1. Kısıtların değişmesi durumunda, yeni çözümler önerir. 5.2. Her aşamada düzeltici yaklaşımlar geliştirir. 5.3. Çalışma sonuçlarını değerlendirir. 5.4. Aynı çalışmayı daha sonra tekrar yapacaklar için öneriler yapar. 5.5. Çalışmanın insan sağlığı, refahı ve çevreye olan etkilerini değerlendirir.	14	C, J
6. Çalışmasını profesyonel-etik açıdan değerlendirir. 6.1. Çalışmasını mesleki etik değerler açısından değerlendirir. 6.2. Çalışmanın çevre ve canlılar üzerindeki olası kötü etkilerini değerlendirir. 6.3. Çalışmayı sürdürülebilirlik açısından değerlendirir (uygun ise).	14	C, J
7. Çalışma bütçesi hazırlar. 7.1. Eşdeğer bir çalışmanın gerçekçi kısıtlar altında maliyetini belirler.	14	C, J
8. Çalışmasını yönergeye uygun yazar. 8.1. Çalışma aşamalarına ilişkin raporları hazırlar. 8.2. Raporları birleştirerek sonuçlandırır.	14	C, J
9. Çalışmasını sözlü sunar. 9.1. Slayt gösterisi hazırlar. 9.2. Çalışmasını sözlü sunar. 9.3. Çalışma konusundaki sorulara detaylı sözlü yanıt verir.	14	C, J

Tablo 1. İnşaat Mühendisliğinde Tasarım Projesi öğrenim çıktıları[10]

Ölçme Yöntemleri (Kisaltmalar): (A)Sınav, (B)Kısa Sınav, (C)Jüri /Kurul Sınavı, (D)Ödev, (E) Rapor, (F)Araştırma Makalesi, (G)Sunum, (H)Portfolyo, (I)Uygulamalı Beceri Gösterimi, (J) Proje İzleme, (K)Grup Projesi İzleme, (L)Tez İzleme, (M)Devam

Öğretim Yöntemleri (Kisaltmalar): (1)Anlatım, (2)Soru - Cevap, (3)Tartışma, (4)Alıştırma ve Uygulama, (5)Gösteri, (6)Gösterip Yaptırma, (7)Rol Oynama, (8)Grup Çalışması, (9)Benzetim, (10)Beyin Fırtınası, (11)Altı Şapka, (12)Örnek Olay, (13)Deney / Labaratuvar / Atölye / Alan Uygulaması / Staj, (14)Bireysel Çalışma, (15)Problem Çözme, (16)Proje Temelli Öğrenme

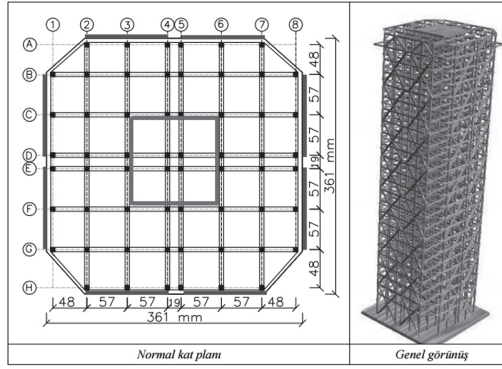
Bu süreçte öğrenciden proje kapsamında deney tasarlayabilmeleri, veri toplayabilmeleri, sonuçları analiz ederek tasarladıkları sistemi analitik olarak modelleyebilmeleri beklenir. Dersin yürütücüsü, projenin gerçekçi kısıtlar altında bir sistem tasarımı içermesini dikkate alarak konu önermesi ve belirlemesi için öğrenciyi yönlendirir. MÜDEK'e göre gerçekçi kısıtlar, *“mühendislik tasarımında, ekonomi, çevre sorunları, sürdürülebilirlik, üretilebilirlik, etik, sağlık, güvenlik, sosyal ve politik sorunlar”* olarak tanımlanmıştır [7].

Önerilen konudan bağımsız olarak, ders boyunca kullanılan ölçme/değerlendirme yöntemleri sırası ile proje izleme, rapor ve nihai projenin sunulduğu jüri sınavıdır. Bu derste, konu önerisi için beyin fırtınası, iş bölümü ve iş planının oluşturulması için grup çalışması, dersin yürütücüsü ve grup elemanları ile soru-cevap ve tartışma, iş bölümü sonrasında iş planına uygun bireysel çalışma, atölye ve deneysel çalışma, deneysel çalışmanın doğrulanması için modelleme etkin olarak kullanılan öğretim yöntemleridir.

1.1 Taşıyıcı Sistem Tasarımı Üzerine Bir Çalışma

2.1.1. Maket Tasarımı ve İmalatı

Öntasarımı aşamasında, İstanbul Maslak semtinde çok katlı bir ticari ofis binası olarak planlanan yapının taşıyıcı sistemi için bir model önerilmiştir. Model önerisinde ekonomik fayda/maliyet oranını yüksek tutmak amacıyla bazı optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapının deprem davranışının iyileştirilmesi ve deprem sırasında katların yatay yer değiştirmelerini sınırlandırmak amacı ile cephede çapraz bağlantı elemanları kullanılmıştır. Bina maketine kat ağırlıklarını temsil eden sabit yükler eklenmiştir. Yapı modeli planda sekizgen geometriye sahip olup düşey taşıyıcı elemanlar rijitlik merkezi ve yapı ağırlık merkezi ile çıkışacak şekilde ortogonal akslara simetrik olarak dağıtılmıştır. Yapının planda orta aksları arasındaki 19 mm mesafe, kat kütlelerinin bina merkezine uygun biçimde yerleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Şekil 1.'de yapı genel görünüşü ve kat planı yer almaktadır. Maketlerinin yatay rijitliğini artırmak amacıyla yapı cephesinde oluşturulan çapraz konumlu balsa bağlantı elemanları kullanılmıştır.



Şekil 1. Yapı kat planı ve genel görünüş

Yapının genel fiziksel boyutları için en uygun olduğu düşünülen değerler; yapının ağırlığı, kiralabilir alan, arsa bedeli, deprem performansı ve binanın nihai yıllık kazancını maksimize edecek şekilde hesaplanmıştır. Tablo 2.'de fiziksel boyutlar ve genel özellikler yer almaktadır.

Tablo 2. Yapı maketi fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
En × Boy	361 mm × 361 mm
Normal kat yüksekliği	50 mm
Kiriş açıklığı	57 mm
Toplam yapı yüksekliği	1250 mm
Oturum alanı	139,129 mm ²
Toplam kiralabilir alan	2,978,250 mm ²
Toplam kat sayısı	24

Yapının toplam ağırlığı, yapı elemanlarının metrajı sonucunda 1.375 kg olarak hesaplanmıştır. Yapı modelinde deprem davranışının iyileştirilmesi amacıyla yatay yerdeğiştirme önleyici ve yapının genel sönümünü artırıcı yapı elemanları önerilmiştir. Bu yapı elemanları, bina genelinde her 3 katı birbirine bağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Yapının yatay dayanım ve rijitliğini artırmak amacıyla yapı cephesinde çapraz konumlu 6×6 mm boyutlarında balsa bağlantı elemanları kullanılmıştır. Yapının deprem sırasında enerji sönümlemesini sağlamak amacıyla orta çekirdek bölgesine düşey düzlemde çapraz olarak konumlandırılmış para lastikleri, kolon uçlarına yerleştirilen toplu iğnelerle sabitlenmiştir. Çapraz bağlantı elemanların ve sönümleyici lastiklerin ön uygulama detayları görülmektedir.

2.1.2. Projenin organizasyonu

İnşaat mühendisliği tasarım projesi dersi kapsamında, son sınıf öğrencileri taşıyıcı sistem tasarımı ve diğer mesleki derslerde edindikleri bilgilerini birleştirerek, mimari ve deprem performansı açısından uygun bir taşıyıcı sisteme sahip küçük ölçekli yapı modeli tasarlamışlardır. Taşıyıcı sistemin yapıların dinamik davranışı üzerindeki etkisini araştırmak için, üreti-

len bina maketleri küçük ölçekli sarsma masası ile test edilmiştir. Bu deneylerde kullanılan sarsma masasının tasarımı ve imalatı öğrenciler tarafından gerçekleştirilmiştir. Titreşim deneylerinde sarsma masasına sabitlenen bina maketi, harmonik olarak değişen hareket altında test edilmiştir. Deney süresince yapının hareketi yüksek hızlı bir kamera ile kaydedilmiştir. Deney sonuçları, yapının sayısal model sonuçları ile karşılaştırılmış ve bina modelinin dinamik davranışı tartışılmıştır.

Dersin başlangıcında, proje koordinatörü ilgi ve beceri alanlarına göre, proje gruplarını dört temel alanda görevlendirmiştir. Takım çalışması olarak yürütülen projenin temel çalışma alanları, yapısal tasarım, maket üretimi, sarsma masası üretimi ve deney yapma/veri toplama olarak belirlenmiştir. Takımlarının koordinasyonu proje yürütücüsü tarafından sağlanmıştır. Projenin organizasyonunda görev alan ekipler ve proje ekiplerinin sorumlulukları ve proje takvimi boyunca gerçekleştirdikleri aktiviteler Tablo 3.'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Projede tanımlanan aktiviteler takım üyeleri tarafından zaman kısıtları göz önünde bulundurularak planlanmıştır. Proje süresince inşaat mühendisliği öğrencilerinin söz konusu aktiviteleri başarı ile tamamlayarak takım içinde ve bireysel olarak çalışabilme becerilerini artırılması amaçlanmıştır.

Tablo 3. Projenin planlaması ve aktiviteler

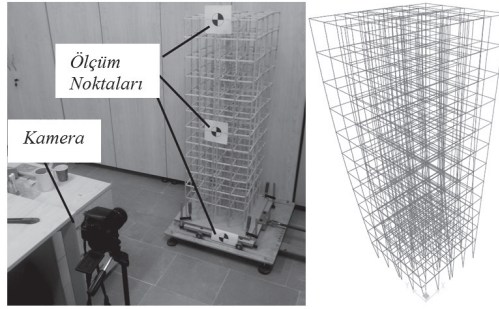
Ekipler	Görevler	Aktiviteler
Yapısal Tasarım Ekibi	Ön tasarım	1. Taşıyıcı sistem düzenlemesi 2. Mimari tasarım: plan ve kesit çizimleri 3. Maliyet hesabı
	Mimari tasarım	4. Malzeme seçimi 5. Fayda/maliyet hesabı: Kat planı ve kat adedinin maksimum kara göre optimizasyonu
	Planlama ve taşıyıcı sistem tasarımı	6. Binanın üç boyutlu sayısal modeli ve analizi 7. Binanın deprem performansının belirlenmesi 8. Taşıyıcı sistemin yatay rijitliğinin değerlendirilmesi 9. Maket imalatı için uygulama projelerinin üretilmesi: iki boyutlu ve üç boyutlu çizimler
Maket İmalatı Ekibi	Taşıyıcı elemanların üretimi	10. Pazar araştırması-malzeme temini 11. Malzeme metraji
	Bina maketinin imalatı	12. Taşıyıcı elemanların uygun boyutlarda kesimi 13. Bina maketinin üretimi
Sarsma Masası İmalatı Ekibi	Sarsma masası tasarımı	14. Fabrikada üretilen sarsma masaları ile ilgili teknik araştırma
	Cihazın parçalarının üretimi	15. Sarsma masası motorunun tasarımı ve üretimi 16. Sarsma tablasının üretimi
	Cihazın montajı	17. Cihazın parçalarının montajı
Deney Ekibi	Titreşim deneyini yapma	18. Deney düzeneğinin kurulması 19. Ölçüm cihazının montajı ve kalibrasyonu 20. Veri toplama/veri analizi

2.1.3. Deneysel çalışma

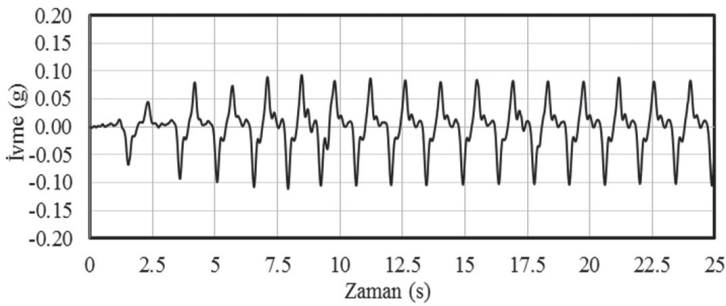
Bu çalışmada üretilen sarsma masası, 50cmx50cm boyutlarındaki ahşap plaka, plakanın tek doğrultuda hareketini sağlayan şaft ve şafta bağlı olan motor ünitesinden meydana gelmektedir (Şekil 4). Sarsma masası, üzerine sabitlenen bina maketine istenen yerdeğiştirme genliğinde ve titreşim frekansında harmonik olarak değişen yer hareketi uygulamaktadır. Motora bağlı olan kontrol cihazı hareketin frekansını göstermektedir. Yerdeğiştirme genliği motora bağlı olan kasnak vasıtası ile ayarlanabilmektedir. Tablanın bağlı olduğu motor, bina maketine 0-6 Hz arasında değişen frekanslarda hareket sağlayabilmektedir.

Titreşim deneyi sırasında, Şekil 4.'de görünen ölçüm noktalarının hareketleri saniyede 50 kare çekim yapabilen bir kamera ile kaydedilmiştir. Referans noktalarına ait görüntü kaydı MATLAB [11] programında geliştirilen bir yazılım ile işlenerek yapının zamana bağlı yatay yerdeğiştirme cevabı elde edilmiştir. Yapının yatay hareketi en üst kat, orta kat ve taban plakası seviyelerinde belirlenen ölçüm noktalarında incelenmiştir. Yapının üç boyutlu analizi SAP 2000 [13] programı ile yapılmıştır (Şekil 4.).

Şekil 4. Deney düzeneği genel görünümü

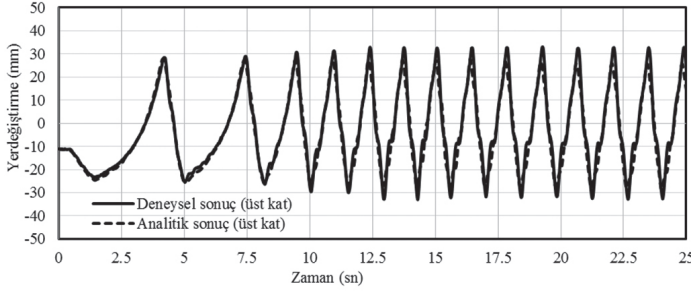


Üst kat ve taban seviyesindeki ivme değerleri zaman tanım alanında *merkezi sonlu farklar yöntemi* [12] kullanılarak hesaplanmıştır. Deney verilerin işlenmesi sonucunda taban seviyesinde elde edilen ivmenin zaman bağlı değişimi Şekil 5.'de gösterilmektedir. Sarsma masasının bina maketine uyguladığı maksimum ivme değeri 1.08 m/s^2 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. Taban seviyesinden elde edilen ivme kaydı

Yapının matematik modeli zaman tanım alanında doğrusal dinamik analiz yöntemi ile çözümlenmiştir. Dinamik analizde taban seviyesi ölçümlerinden elde edilen ivme değerleri kullanılmıştır. Deney ölçümlerinden hesaplanan makete ait yerdeğiştirme cevabı, yapının matematik modeli ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. DeneySEL ve analitik sonuçlar arasında yeterli düzeyde yakınsaklık sağlanmıştır.



Şekil 7. Yerdeğiştirme analitik deneysel karşılaştırılması

3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, inşaat mühendisliği programında bulunan tasarım projesi dersi öğrenim çıktıları, ölçme yöntemleri ve öğrenim çıktılarının program çıktıları ile ilişkisi açısından bir değerlendirme yapılmıştır. Bu ders kapsamında “yapıların deprem etkisi altındaki davranışının küçük ölçekli yapısal titreşim deneyleri ile incelenmesi” konusunda yürütölmüş olan bir proje ele alınmıştır. Bu projede lisans öğrencileri tasarımı ve üretimi kendilerine ait olan küçük ölçekli yapı maketlerini üretilen sarsma masası ile test etmişlerdir. Bu çalışmanın sonunda öğrenciler, yapısal analiz, taşıyıcı sistem tasarımı ve yapı dinamiği temel kavramları bilgilerini kullanarak taşıyıcı sistem tasarımı, deney yapma, cihaz tasarımı ve üretimi, ölçüm sistemi geliştirme, veri toplama ve veri analizi konularında deneyim kazanmışlardır. Bu dersi başarı ile tamamlayan öğrenci, çok disiplinli çalışmalarda ekip olarak çalışabilme, takım çalışması içerisinde bireysel sorumluluk alma, iletişim kurma, sunum ve raporlama tekniklerini etkin şekilde kullanma, hayat boyu öğrenme, modern bilgi teknolojisi araçlarını kullanma ve alanındaki gelişimleri takip ederek kendini sürekli yenileme yetkinliklerini kazanmıştır.

Kaynaklar

- [1] <http://www.abet.org/>
- [2] Baran, T., Kahraman, S., Mühendislik Eğitiminde Yeni Yaklaşımlar, <http://ekutuphane.imo.org.tr/pdf/10172.pdf>
- [3] Mekik, C., Mühendislik Eğitiminin Mevcut ve Olması Gereken Durumu, Harita ve Kadastro Sektöründe Eğitimden Beklentiler Paneli, s.123-129, 22 Kasım 2000, Zonguldak.
- [4] İ. Türkmen, T. Geçkil, “İnşaat mühendisliği eğitimi ve akreditasyon süreci”, İnşaat Mühendisliği Eğitimi 2. Sempozyumu, 23 -24 Eylül 2011, Muğla Üniversitesi, Muğla.
- [5] <http://www.asce.org/vision2025/>

- [6] <http://www.mudek.org.tr/>
- [7] Mühendislik Lisans Programları Değerlendirme Ölçütleri (2.1-23.12.2014), MÜDEK, <http://www.mudek.org.tr/tr/belge/doc.shtm>
- [8] H.Özkaynak, A.Elif Özsoy, M.Şenturk, M. Çağlar “The Effect Of Small Scale Sliding Pendulum Isolator On A Small Scale Structure Made Up Of Balsa Wood” International Burdur Earthquake & Environment Symposium, 7 to 9 May 2015, Burdur-Turkey.
- [9] A.E.Özsoy, H.Özkaynak, N.M.Çağlar and M.Şentürk, “Educational experiments performed on a model structure made up of Balsa Wood” The International Conference on Civil and Environmental Engineering May 20 - 23, 2015 (ICOCEE 2015). Cappadocia, Nevsehir, Turkey.
- [10]<http://ebs.beykent.edu.tr/2013/TR/Akademik-Programlar/Lisans/941/949/950/Ders-Plani-ve-Yapisi/58200000001489>
- [11] MathWorks Inc. 2009. Matlab 7 Getting Started Guide, The MathWorks Inc., Natick, MA.
- [12] Mathews J. H. and Fink K.K., 2004, Numerical Methods Using Matlab, 4th Edition, Prentice-Hall Inc.
- [13] Computers and Structures. 2010; Inc., CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS and SAFE, Computer and Structures, Inc., Berkley, California