

Taşıma Gücü Zayıf Zeminde İnşa Edilmiş Betonarme Bir Binanın Performans Analizi

¹Tuncay KAP, ²Ercan ÖZGAN, ³Metin Mevlüt UZUNOĞLU

¹Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 81010, Düzce, Türkiye

²Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 81600, Düzce, Türkiye

³Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce, Türkiye
e-mail: tuncaykap@duzce.edu.tr

Özet

Ülkemizin yaşanan depremler sonucunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları içeren yönetmelik ve standartlarda değişiklikler yaparak Depreme dayanıklı yapılar inşa edilmesini hedeflemektedir. Bu kapsamda 2007 yılında "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar" yönetmeliğini yayınlamıştır. Yönetmelikte, mevcut binaların zemin özelliklerinin nasıl belirleneceği belirtilmiştir. Bu kapsamda, zemin grupları taşıma gücü açısından en yüksekten en düşüğe doğru A, B, C, D olarak tanımlanmıştır. Yerel zemin sınıfları ise zeminin en üst tabaka kalınlığı ve zemin grubuna göre Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak tanımlanmıştır. Yönetmeliğe göre mevcut ya da yeni yapılacak binalarda zemin etüt raporlarının düzenlenmesi istenmektedir. Bu çalışmada, 1999 Düzce depremlerine maruz kalmış ve taşıma gücü zayıf bir zemin üzerine inşa edilmiş bir okul binasının performans analizi yapılmıştır. Binasındaki taşıyıcı elemanların kapasitelerinin belirlenmesi ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için eleman detayları, boyutları, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Binanın içinde ve dışında temel muayene çukurları açılarak temel şekli ve boyutları belirlenmiştir. Zeminin mühendislik özelliklerini belirlemek için jeofizik ölçümlerle birlikte 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Alınan numuneler üzerinde deneyler yapılmış, zeminin "D grubu ve Z4 zemin sınıfında" taşıma gücü bir zemin olduğu belirlenmiştir. Yapının taşıyıcı elemanlarında donatı tespiti, pas payı durumu ve donatı çapları belirlenmiş ve beton karot numuneleri alınmıştır. Binanın mimari projeleri çizilmiş ve elde edilen verilerle binanın 2007 yönetmeliğine göre "STA4-V13.1" paket programı ile performans analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Betonarme, Zemin, Performans Analizi

Performance Analysis of a Reinforced Concrete Building Buildded on the Weak Carry Bearing Capacity Soil

Abstract- As a result of the earthquakes, the Ministry of Environment and Urbanization has made amendments to the regulations for the Design and Construction Rules of Constructions. It aimed to build earthquake-resistant buildings. In this context, the Ministry of Environment and Urbanism recently published the regulation "Principles on Buildings to be Made in Earthquake Regions" in 2007. The regulation specifies how the soil properties of existing buildings will be determined. In this context, the soil groups are defined as A, B, C, D from the highest to the lowest in terms of load-bearing capacity. Local soil classes are defined as Z1, Z2, Z3 and Z4 according to the top layer thickness and ground group of the ground. According to the regulation, it is requested to prepare the soil evaluation reports in existing or new buildings. In this study, a performance analysis of a school building which was exposed to 1999 Duzce earthquakes and constructed on a soil with low bearing capacity, was carried out.

The details of the elements, dimensions, bearing system geometry and material properties have been examined in detail to determine the capacities of the bearing elements in the building and to evaluate the earthquake resistance. Inspection pits were opened inside and outside the building to determine the

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: caglar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955752

basic shape and dimensions. Three drilling wells were opened with geophysical measurements to determine the engineering properties of the soil. Experiments have been carried out on the receiving samples and it has been determined that the soil has a weak bearing capacity in "D group and Z4 soil class". Reinforcement fixation-condition and reinforcement diameters were determined and concrete core samples were taken in the bearing elements of building. The architectural projects of the building have been drawn and using the obtained data, the building's compliance with the 2007 regulations was analyzed and evaluated by STA4-V13.1 package program.

Key Words: Earthquake, Reinforcement, Soil, Analysis of performance

1. Giriş

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Yönetmeliği'nin (Yönetmelik) 7. Bölümündeki konular Deprem Yönetmeliği kapsamına ilk kez 2007 yılında alınmıştır. Bu bölümde mevcut bir binanın deprem performansının değerlendirilmesine yönelik olarak yapılan işlemler ele alınmaktadır. Bu işlemler mevcut bir binanın durumunu saptamak için gerekli olan saha incelemelerinin yapılması, performans hedeflerinin belirlenmesi, hesap yönteminin seçimi ve uygulanmasından oluşur. Yönetmeliğin 6. Bölümünde Deprem bölgelerinde yapılacak yeni binalar ile deprem performansı değerlendirilecek veya güçlendirilecek mevcut binalarda zemin koşullarının belirlenmesi ayrıntılı olarak belirtilmektedir. Yönetmeliğin 7. Bölümünde deprem performansı yetersiz olan binaların güçlendirilmesi ile ilgili hususlar tanımlanmaktadır. Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı, "tanımlanan deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu" olarak tanımlanmaktadır. Mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın mevcut durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir. Bu amaçla inceleme yapılacak binadan toplanacak yapısal sistem özellikleri, boyutlar, malzeme ve detaylarla ilgili bilgilerin kapsamı ve zemin parametreleri yönetmelikte ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Zemin koşulları ile ilgili hususlar yönetmeliğin 6. Bölümünde ifade edilmiştir. Buna göre zemin etüt raporunda zeminin grupları ve yerel zemin sınıfları açık olarak belirtilecektir. Söz konusu zemin grupları ve yerel zemin sınıfları da aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (Tablo1 ve Tablo2).

Tablo 1. Zemin Grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Batma Drenaj (kPa)	Kayma Değeri Hz (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayıklanmış sağlam çakıllıtaçlı kayalar, sert çirimsiz tortul kayalar... 2. Çökelti kumu, çakıl... 3. Sert kil ve siltli kil...	— ≥ 50 ≥ 32	— 85-100 —	> 1000 — > 100	> 1000 > 700 > 700
(D)	1. DRC ve benzeri gibi geoteknik özellikli kayalar, siltli çirimsiz tortul kayalar, topraklı çirimsiz tortul kayalar... 2. Silt kumu, çakıl... 3. Çökelti kumu ve siltli kil...	— 30-50 16-32	— 65-85 —	500-1000 — 200-400	700-1000 100-700 300-700
(C)	1. Yumuşak siltli çirimsiz tortul kayalar ve çirimsiz tortul kayalar... 2. Orta siltli kumu, çakıl... 3. Kuru kil ve siltli kil...	— 10-30 8-16	— 35-65 —	< 500 — 100-200	400-700 300-400 200-400
(Z)	1. Yumuşak siltli çirimsiz tortul kayalar ve çirimsiz tortul kayalar... 2. Gevrek kumu... 3. Yumuşak kil, siltli kil...	— < 10 < 8	— < 35 —	— < 100 —	< 200 < 200 < 200

Tablo 2. Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Zemin etüt raporundan elde edilen veriler ışığında binanın malzeme bilgileri kullanılarak yapısal modeli oluşturulur ve deprem etkileri altında elemanlarda meydana gelecek iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler hesaplanır [1]. Mevcut binalarda alt yapının durumu üst yapıdan farklı değildir. Temellerdeki betonların ayrıştığı, bağ kirişlerinin yeterli olmadığı, donatıların korozyona uğradığı, ilk yapım sırasında yeteri kadar temel alanının yapılmadığı anlaşılmıştır [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

2. Materials and Method

Çalışma kapsamında Yeni Taşköprü okul binasında sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesi, deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Okul binasının taban alanı 614,50 m² olup yapı, zemin ve normal kattan oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yeni Taşköprü İlk Okulu giriş cephe görüntüsü

Zemin Etüt Raporundan Okul binasının dış tarafında ve içinde açılan muayene çukurlarından temel derinliği $D_f=1.30$ m ve temel genişliği $B=1.80$ m olarak ölçülmüştür. Zemin Etüt Raporunda, incelenen binanın zemininde 2 adet 13,5 m ve 1 adette 15,0 m derinlikte olmak üzere toplam 3 adet sondaj yapılmıştır.

3. Bulgular

İncelenen binanın taşıyıcı sistemi betonarme karkas olup binada yapılan röleve çalışmalarından sonra kat planları çizilmiştir. Binanın içinde ve dışında zemin muayene çukurları açılarak temel yapısı, temel özellikleri ve yer altı su seviyesi gibi parametreler belirlenmiştir. Yapının temel özelliklerinin belirlenebilmesi amacı ile binanın içinden ve dışından temel çukurları açılarak temelin boyutları, temel derinliği ve temel şekli belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Binanın dışından ve içinden açılan temel çukurları

Yapılan sondajlarda her 1.5 m’de bir SPT deneyi yapılmış ve 1.0 m ile 2.0 m arasındaki derinliklerden UD numuneleri alınmıştır. Sondaj çalışmalarında yer altı su seviyesinin 3.0 m olduğu belirtilmiştir. SPT deney sonuçları incelendiğinde; SK2 ve SK3 kuyularında SPT değerlerinin 12,5 m’ ye kadar SK1 kuyusunda ise SPT değerlerinin 15,0 m’ ye kadar ölçülebildiği anlaşılmıştır. Zemin etüt raporuna göre SK1 kuyusunda 15,0 m derinlik boyunca ortalama SPT-N₆₀ değerinin 14, SK2 kuyusunda 13,5 m derinlik boyunca ortalama SPT-N₆₀ değerinin 9 ve SK3 kuyusunda 13,5 m derinlik boyunca ortalama SPT-N₆₀ değerinin de 11 olduğu görülmüştür. Temel derinliğinin $D_f=1.30$ m ve temel genişliğinin $B=1.80$ m olduğu dikkate alındığında incelenen zemin için anlamlı derinlik $H=D_f+2B$ ’ den 4.90 m olarak hesaplanmıştır. Bu durumda SPT-N₆₀ değerleri olarak 4,90 ya da 5,0 m derinlik içindeki SPT-N₆₀ değerlerinin ortalaması alınarak zemin emniyet gerilmesi hesaplanabilir.

Yapının 2007 yönetmeliğine uygunluğunun analiz edilebilmesi için yönetmelik kapsamında betonarme elemanlardan beton karot numuneler alınmıştır. Binadan 2007 Yönetmeliğine göre temelden ve her kattan 3’er adet olmak üzere toplam 15 adet karot numune alınmıştır. Karot numuneler TS-EN 12504-1, TS EN 12390-3 standartlarına göre alınmış olup, hesaplamalar TS EN 13791 standardına göre yapılmıştır. Deneyler sonucu elde edilen beton basınç dayanımları aşağıda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Karot numunelerin basınç dayanımları

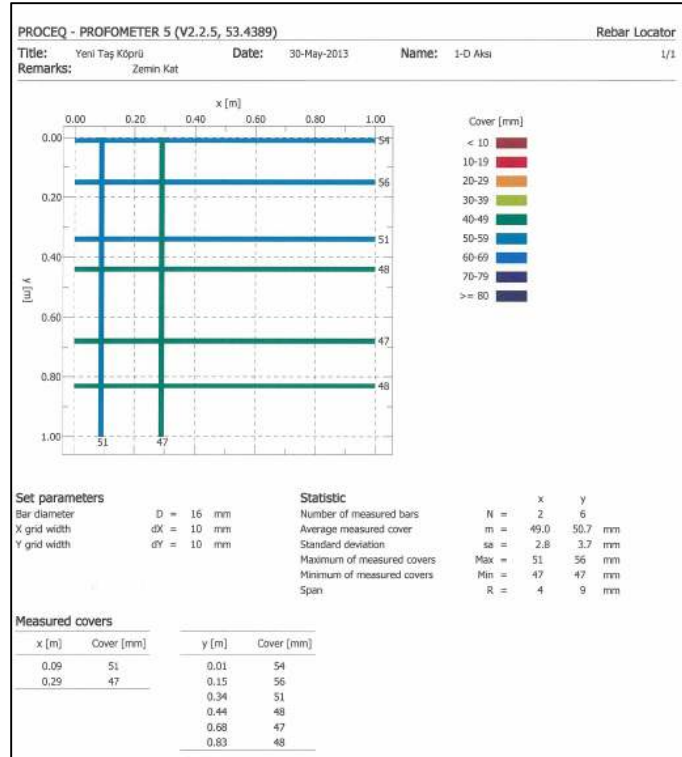
Numune No	Alındığı yer	Basınç değeri N/mm ²
1	Zemin Kat Kolon 1	21,22
2	Zemin Kat Kolon 1	15,06
3	Zemin Kat Kolon 1	13,30
4	1. Kat Kolon1	34,43
5	2. Kat Kolon1	21,13
6	3. Kat Kolon1	25,57

Binanın betonarme taşıyıcı elemanlardaki donatı sayısı ve donatı çaplarının belirlenebilmesi amacıyla bu elemanların yüzeyinde sıyırma işlemleri yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kolonlarda ve kirişlerde sıyırma işlemi yapılması.

Sıyırma yapılmayan kolon, kiriş, perde gibi betonarme elemanlardaki donatıların sayısı ve çaplarının tespiti amacıyla da donatı tespit cihazları ile donatı tespitleri yapılarak incelenen yapının malzeme özellikleri belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Binanın Zemin Katından Profometer Cihazı ile Donatı Tespiti

İncelenen yapının tüm katlarında sıyırma yapılan betonarme elemanlardaki donatılar tespit edilerek tablo haline getirilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Katlara Göre Sıyırma Yapılan Betonarme Elemanlar ve Donatı Durumları

DONATI SIYIRMA TESPİT FORMU												
Okulun Adı / Binası			YENİ TAŞ KÖPRÜ İÖÖ									
Tarih			26..06..2013									
Yapım şekli			Betonarme Karkas			<input type="checkbox"/>			Betonarme Yığma			
Kat sayısı			Bodrum : X			Zemin : 1			Normal : 1		Çatı K : yok	
S N	Elemanın adı	Eleman Türü	Pas payı mm	Esas Donatı		Esas Donatı		Etriye / Dağıtma Donatısı		Sıklaştırma	Filiz	Korozyon
				Çap mm	Adet	Çap mm	Aralık cm	Çap mm	Aralık cm			
1. Kat												
1	2-D	P	30			18	16	10	20			
2	2-C	P	35			16	19	8	21			
3	4-C	K	30	16	3			8	18			
4	2-B	K	55	16	3			10	17			
5	5-D	K	40	16	3			10	20			
6	6-C	K	45	16	3			10	21			var
7	7-D	K	55	16	3			8	18			
8	10-D	P	40			12	10	10	19			
9	10-C	P	40			12	18	10	19			
Zemin Kat												
10	1-2-D	P	25			10	28	10	30			
11	2-C	K	35	14	3			8	17			
12	2-B	K	35	16	3			8	20			
13	4-C	K	25	16	3			8	17			
14	5-D	K	50	16	3			8	17			
15	6-C	K	20	16	3			10	9			
16	7-D	K	30	16	3			8	15			var
17	9-D	K	30	16	3			8	10			
18	10-C	P	10			14	21	10	10			

Binanın inşa edildiği zeminin yatak katsayısı (k) 696 t/m³ ve zemin emniyet gerilmesi de (q_{em}) 0,58 kg/cm²'dir. SK-1, SK-2 ve SK3 sondaj kuyularında 5 m derinlik boyunca hesaplanan en düşük ortalama SPT-N₆₀ değeri SK-1 kuyusunda 7 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda incelenen okul binasının zeminin 2007 yönetmeliğinde tanımlanan zemin sınıflarından "D" zemin grubunda ve Z4 yerel zemin sınıfı olduğu söylenebilir. Bu durumda zeminin izin verilebilir taşıma gücü değeri güvenlik katsayısı G_s=3 alınır aşağıdaki yaklaşımlara göre hesaplanabilir. Hesaplamalarda yapının temel genişliği B>1,22 olarak dikkate alınmıştır. Temel derinliği D_f=1.30 m, Temel genişliği B=1.80 m, ve k_d=1+0.33(D/B) için; İzin verilebilir taşıma gücü değerleri farklı yaklaşımlar için hesaplanmıştır. Buna göre;

Meyerhof (1956)'ye göre;

$$q_a = 8N[(B+0.305)/B]^2 x k_d \quad \text{buradan}$$

$$q_a = 93,68 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ve} \quad q_{em} = 31,2 \text{ kN/m}^2 \quad \text{olarak ya da} \quad q_{em} = 0.31 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$

Bowles (1988)'e göre;

$$q_a = 12.5xN[(B+0.305)/B]^2 x k_d \quad \text{buradan}$$

$$q_a = 146,37 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ve} \quad q_{em} = 48,79 \text{ kN/m}^2 \quad \text{olarak ve} \quad q_{em} = 0.49 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$

Terzaghi ve Peck (1967)'ye göre;

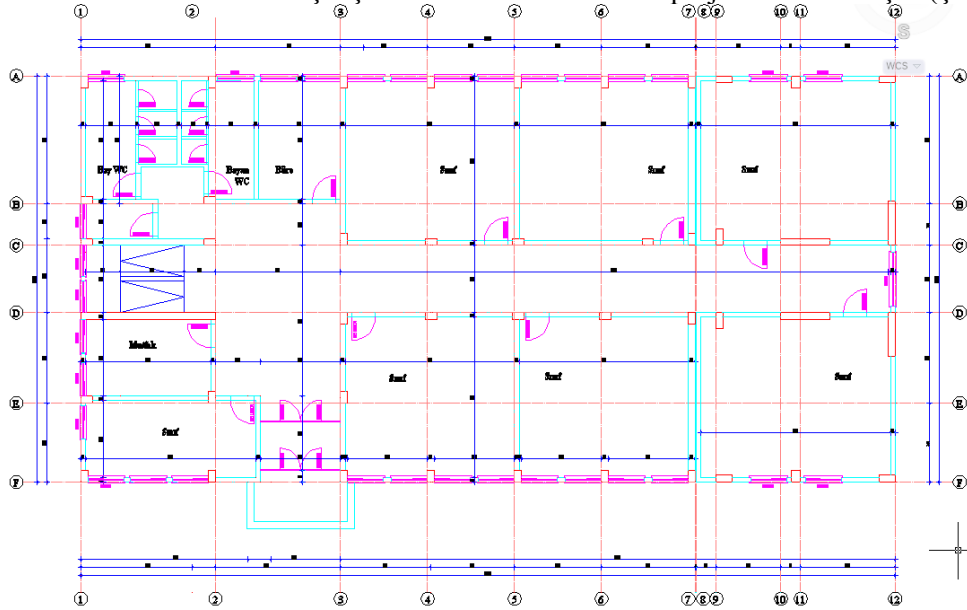
$$q_a = N/0.08[(B+0.3)/B]^2 x k_d \quad \text{buradan}$$

$$q_a = 146,26 \text{ kN/m}^2 \quad \text{ve} \quad q_{em} = 48,75 \text{ kN/m}^2 \quad \text{olarak ve} \quad q_{em} = 0.49 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$

Yukarıdaki hesaplamalar dikkate alındığında incelenen okul binasının zemin yatak katsayısı Bowles 1988' göre $K_s=400 \times q_a$ dan $k_s=370 \text{ kN/m}^3$ ile 588 kN/m^3 olarak hesaplanabilir.

İncelenen zeminin sismik verileri dikkate alınarak zeminin emniyet gerilmeleri ve taşıma gücü değerleri, temel genişlikleri ile temel derinliğine bağlı olarak değerlendirildiğinde;

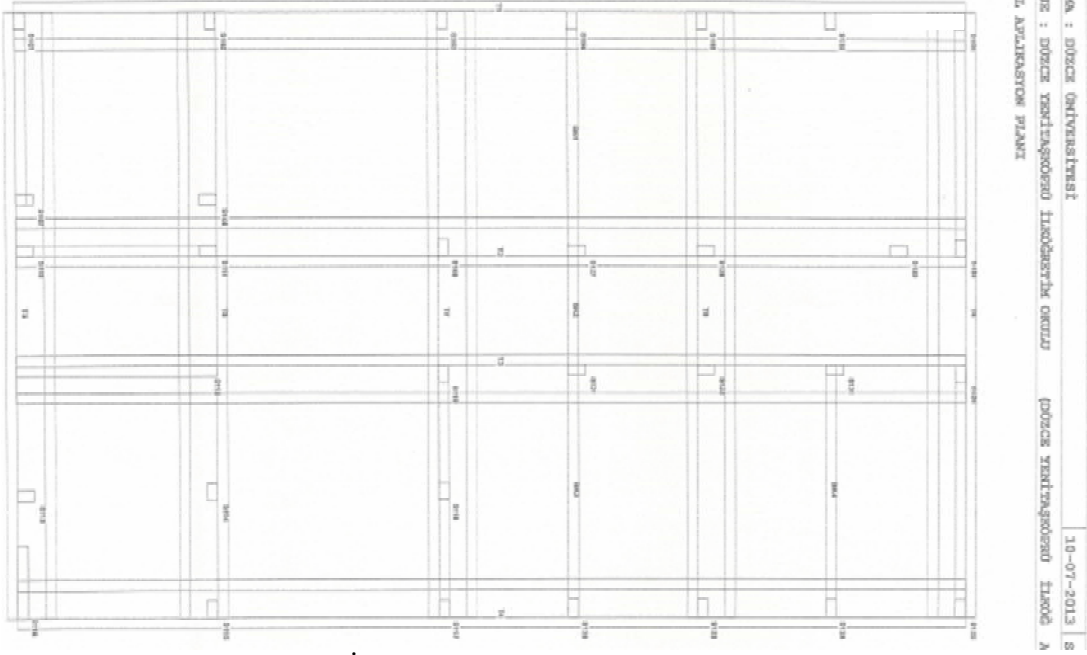
- Temel genişliği $1.2 \leq B \leq 3.0$ m için zemin emniyet gerilmesi değerinin 1. Tabaka için 2.78 m derinlikte 0.57 kg/cm^2 ile minimum değerde olduğu, 3.80 m derinlikte ise 0.59 kg/cm^2 ile maksimum olduğu, 2. Tabakada ise 2.78 m derinlikte 0.87 kg/cm^2 ile minimum değerde olduğu, 3.80 m derinlikte ise 0.90 kg/cm^2 ile maksimum değerde olduğu anlaşılmıştır.
- Jeofizik verilerinin sonuçlarına göre incelenen zeminin dinamik düşey yatak katsayısı 1. Tabaka için ortalama 764 t/m^3 hesaplanmış olup $k_o=500-1000 \text{ t/m}^3$ aralığında alınması önerilmiştir. 2. Tabaka için ise zeminin yatak katsayısı ortalama 1172 t/m^3 olarak hesaplanmış ve 2. Tabaka için $k_o=750-1500 \text{ t/m}^3$ aralığında alınması önerilmiştir. Zeminde meydana gelebilecek oturma miktarı ise jeofizik verilerine göre 1. Tabaka için max. 2.83 cm ve 2. Tabaka için ise max.0.93 cm olarak hesaplandığı ifade edilmiştir. Jeofizik verilerine bağlı olarak incelenen zeminin 1. Tabaka için tabaka kalınlığı ortalaması 3.37 m olup Zemin Grubu D, Yerel Zemin Sınıfı Z4 olarak, 2. Tabaka için ise Zemin Grubu C ve Yerel Zemin Sınıfının da Z4 olarak değerlendirildiği belirtilmiştir. Yapılan sondaj çalışmalarında ise Yeraltı Suyunun 3,0 m derinlikte olduğu ifade edilmiştir.
- Mekanik ve Sismik çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde sismik çalışma sonuçlarının da dikkate alınması gerektiği ve her ne kadar zemin emniyet gerilmesi için sismik ve mekanik deneylerin ortalaması alınarak $q_{em}=0.84 \text{ kg/cm}^2$ olarak alınması önerilmiş olsa da SPT- N_{60} deney sonuçları, Terzaghi taşıma gücü hesap sonuçları ve sismik analiz sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde güvenli bölgede kalmak amacıyla Zemin Emniyet Gerilmesinin $q_{em}=0.50 \text{ kg/cm}^2$ olarak alınmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.
- Zemin yatak katsayısı ise $k_s=500-1000 \text{ ton/m}^3$ arasında önerilmiş olmakla birlikte güvenli kısımda kalmak amacıyla zeminin yatak katsayısının 500 ton/m^3 olarak alınmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Zemin Etüt Raporunda, incelenen zeminin D Zemin Grubunda ve Z4 Yerel Zemin Sınıfında olduğu belirtilmiştir. Zeminin heterojen özellikte olması nedeniyle yerinde yapılacak başka incelemeler sonucunda belirlenecek değerlerde dikkate alınarak nihai karar verilebilir. Binanın zemin etüdü ve röleve çalışmaları sonucunda mimari projesi hazırlanmıştır (Şekil 5).



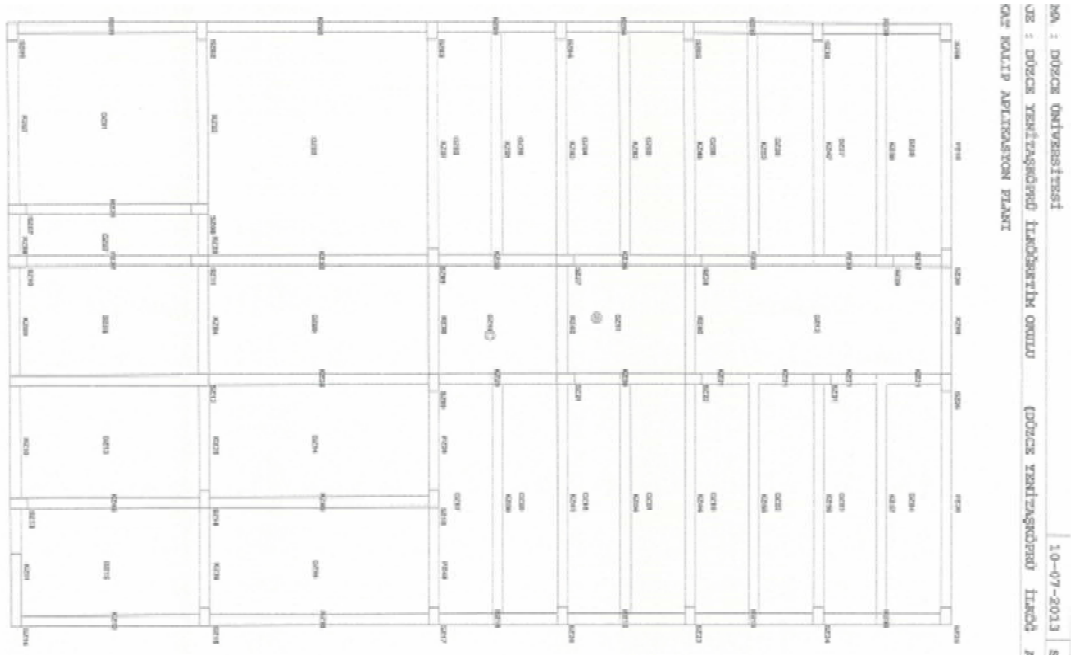
Şekil 5. İlkokul Binası Zemin Kat Planı

4. Performans Analizi

2007 Deprem yönetmeliği açısından Performans Analizi yapılan İlkokul Binasının Temel aplikasyon planı (Şekil 6) ve kalıp teçhizat planı örneği için 1. kata ait kalıp teçhizat planı aşağıda verilmiştir (Şekil 7).



Şekil 6. İlkokul Binasının Temel Aplikasyon Planı



Şekil 7. İlkokul Binasının 1. Kat Kalıp Teçhizat Planı

Binanın Performans analizleri yapılmış ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8).

DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE İLKOKUL BİNASI A BLOK (2007 PERFORMANS ANALİZİ)										SAYFA: 1		
KİRİŞ VE KOLON KAPASİTELERİNİN GÖRÜ YAPISI GÖÇME YÜKÜ												
KOLONLARIN KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : $M_{xk}=2734,37$ (tm) $M_{yk}=5203,01$ (tm)												
KOLONLARA BAĞLI KİRİŞ KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : $M_{xk}=952,71$ (tm) $M_{yk}=809,14$ (tm)												
$\sum M_{xk} > M_{yk} - M_{yk}$ KİRİŞ KAPASİTE MOMENTLERİ TOPLAMI : $M_{xk}=961,85$ (tm) $M_{yk}=809,14$ (tm)												
X YÖNÜ GÖÇME KAPASİTESİ : $P_x=353,75 \times (2734,37 + 961,85) / 1853,21 = 705,41$ (t)												
Y YÖNÜ GÖÇME KAPASİTESİ : $P_y=287,95 \times (5203,01 + 809,14) / 1503,75 = 1151,24$ (t)												
ZAYIF KAT GÖÇME KAPASİTESİ: $P_x=1807,29$ (t), $P_y=3246,9$ (t)												
Analiz sonuçlarındaki donatılara göre kapasite kontrol												
$V_{lx}=A.A_0.L.S(t).W=1415,02$ (t) $\{A=1,0\}$												
$V_{ly}=A.A_0.L.S(t).W=1151,78$ (t) $\{A=1,0\}$												
X YÖNÜ						Y YÖNÜ						
Kat. no	Kolon $\sum M_c$	Kiriş $\{M_{ci} \geq M_{bi}\} \sum M_{bi}$	Kapasite Vr	Kolon $\sum M_c$	Kiriş $\{M_{ci} \geq M_{bi}\} \sum M_{bi}$	Kapasite Vr						
2	2713,15	403,21	973,86	6150,28	334,83	2026,60						
1	2734,37	961,85	705,41	5203,01	809,14	1151,24						
$\{M_{ci} \geq M_{bi}\} \Rightarrow \sum M_{bi}$ Kiriş Plastik Mafsul Kontrolü												
KOLONLARIN KAPASİTE TABLOSU												
ÖLÇÜ BİLGİ DEREYİ KATSAYISI : 0,9												
KULLANILAN KOLON KESME KONTROLÜ : *												
SİYEMİSİ KESİTE GÖRE ANALİZ : ✓												
HAREKETLİ YÜK AZALTIMA GRANI : 0,6												
KİRİŞ DÜŞÜK YÜK MOMENT AZALTIMA GRANI : 0,85												
DONATI KESİTLERİNİN BOYU, KAPASİTE ÇARPMI : 1,0												
KOLON İNEN DİYFON DONATI GRANI : 0,01												
KOLON DONATI GERÇEKLEŞME GRANI : 1000												
KİRİŞ DONATI GERÇEKLEŞME GRANI : 1000												
KİRİŞLERİN KIRILYI HOLELİ KAPASİTE KONTROLÜ : ✓												
KOLONLARDA c HESAPLAMA YÖRÜMÜ : $r=M_x / [M_c - M_q]$												
KOLON KAPASİTE MOMENTİ EKİSMİS YÜKÜ : YAPIL KAPASİTE SİMLİNDAKİ İKİSMİS YÜK												
YAGARIM EPİSTROM ÇARPMI : 1,5 (Deprem ağırlama olasılığı, 50 yılda $\dot{a}2$)												
YAPIL LİNERİ KAPASİTE HESAPINDA $\beta=1$ ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.												
PERFORMANS KAPASİTE HESAPLARI, HAZIRLANAN DEĞERLERİNE GÖRE YAPILMIŞTIR. (f_{ck}, f_{yk})												
KOLON NO	BOYUT	KOLON DONATIISI	DONATI A_s (cm ²)	Nd	-X	Mr	Nd	+X	Mr	Nd	-Y	Mr
S201	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	12,89	5,33	-0,96	3,75	6,84	8,21	13,42	13,42	13,42
S202	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	36,25	7,58	45,19	8,15	45,72	13,42	13,42	13,42	13,42
S203	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	45,80	8,17	40,47	7,96	47,46	13,42	13,42	13,42	13,42
S204	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	34,23	7,45	34,05	7,49	40,14	13,42	13,42	13,42	13,42
S205	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	39,20	7,78	39,02	7,77	44,84	13,42	13,42	13,42	13,42
S206	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	8,22	3,89	19,80	6,12	10,45	8,96	13,42	13,42	13,42
S207	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	17,51	10,37	-1,54	6,52	42,74	8,02	13,42	13,42	13,42
S208	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	24,28	11,31	43,32	13,27	55,41	6,44	13,42	13,42	13,42
S209	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	55,63	8,44	58,12	8,51	67,39	14,59	13,42	13,42	13,42
S210	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	21,54	4,99	10,32	4,99	10,32	3,28	13,42	13,42	13,42
S211	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	26,31	11,52	10,22	8,99	2,11	6,10	13,42	13,42	13,42
S212	30x30	2x15e14 + 2x15e14 (govde)	58,48	98,23	591,43	83,38	556,72	81,17	27,34	13,42	13,42	13,42
S213	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	22,86	11,14	11,33	9,12	28,35	7,06	13,42	13,42	13,42
S214	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	47,22	8,21	47,66	8,22	46,41	13,58	13,42	13,42	13,42
S215	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	29,22	7,12	29,50	7,14	18,77	10,62	13,42	13,42	13,42
S216	30x210	2x9e14 + 2x15e14 (govde)	49,25	28,50	12,00	37,35	10,72	7,70	69,85	13,42	13,42	13,42
S217	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	16,06	5,69	4,74	4,40	8,32	8,47	13,42	13,42	13,42
S218	30x50	2x3e16 + 2x3e16 (govde)	32,15	2,35	8,11	13,42	9,22	7,62	15,54	13,42	13,42	13,42
S219	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	19,39	6,07	9,82	4,87	-2,07	6,41	13,42	13,42	13,42
S220	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	28,82	7,09	41,43	7,93	32,73	12,18	13,42	13,42	13,42
S221	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	36,50	12,87	44,12	13,32	41,53	7,94	13,42	13,42	13,42
S222	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	70,64	14,60	68,58	14,60	59,93	8,57	13,42	13,42	13,42
S223	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	43,70	8,08	40,62	7,87	37,46	12,67	13,42	13,42	13,42
S224	30x30	2x3e16 + 2x3e14 (govde)	29,31	54,11	10,54	45,62	10,28	45,44	19,20	13,42	13,42	13,42
S225	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	-1,74	3,66	19,42	6,00	8,99	8,65	13,42	13,42	13,42
S226	30x50	2x3e20 + 2x3e20 (govde)	50,24	8,40	12,53	28,14	13,71	3,83	22,36	13,42	13,42	13,42
S227	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	46,18	13,93	37,80	12,70	46,34	8,38	13,42	13,42	13,42
S228	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	2,49	7,37	26,67	11,56	20,79	6,23	13,42	13,42	13,42
S229	30x30	2x3e16 + 2x3e16 (govde)	24,12	35,93	16,44	-21,89	6,35	5,70	4,67	13,42	13,42	13,42
S230	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	-22,93	1,25	38,09	7,76	22,16	11,09	13,42	13,42	13,42
S231	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	30,36	11,94	30,56	11,96	31,90	7,30	13,42	13,42	13,42
S232	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	46,09	8,17	36,38	7,59	43,75	13,30	13,42	13,42	13,42
S233	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	5,58	4,53	-0,85	3,79	2,61	7,31	13,42	13,42	13,42
S234	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	14,99	5,61	19,95	6,18	10,59	10,59	13,42	13,42	13,42
S235	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	20,02	6,19	18,37	6,00	20,55	10,91	13,42	13,42	13,42
S236	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	18,92	5,98	18,37	6,00	19,75	10,74	13,42	13,42	13,42
S237	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	18,90	6,06	18,86	6,06	21,21	11,04	13,42	13,42	13,42
S238	30x50	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	8,22	3,91	9,41	4,97	4,88	7,76	13,42	13,42	13,42
S239	30x30	2x3e14 + 2x2e14 (govde)	15,39	6,60	8,11	-2,08	6,37	21,89	6,31	13,42	13,42	13,42

Şekil 8. İlkokul Binasının Performans Analiz Sonuçları

5. Sonuç ve Tartışma

İlkokul binası; binanın mimari özellikleri, binada kullanılan beton ve donatı özellikleri, binanın temeli, statik özellikleri vb. açılardan çok yönlü olarak değerlendirilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğinin 3.2.5.1. maddesine göre “Deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C20’den daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz” denilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde söz konusu binanın beton basınç dayanımının yönetmelikte tanımlanan basınç dayanımı değerinin altında olduğu anlaşılmaktadır. İncelenen binada Zeminin Emniyetli Taşıma gücü değerinin emniyetli bölgede kalmak amacıyla $q_{em}=0.50$ kg/cm² olarak alınmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Zemin yatak katsayısı ise 500-

1000 ton/m³ önerilmiş olmakla birlikte güvenli kesimde kalabilmek amacıyla zeminin yatak katsayısının da 500 ton/m³ olarak alınmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Zemin Etüt Raporunda, incelenen binalarda zeminin; Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe göre D Zemin Grubunda ve Z4 Yerel Zemin Sınıfında olduğu belirtilmiş ancak zeminin heterojen özellikte olması da dikkate alınarak yerinde yapılacak başka incelemeler sonucunda belirlenecek değerlere göre nihai karar verilebileceği kanaatine varılmıştır. Yeni Taşköprü İlk Okulu Binasının 2007 Performans Analizi sonuçlarına göre güçlendirmenin gerekli olmadığı anlaşılmaktadır. Yeni Taşköprü İlk Okulu binasının zemininde 3,0 m derinlikte YSS olduğu zemin etüt raporundan anlaşılmakta olup yapılacak çalışmalarda sıvılaşma vb. özel durumlar açısından gerekli tedbirlerin alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] <https://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/guc.pdf>
- [2] http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/b1839dc54405b85_ek.pdf?dergi=139
- [3] STA4-V13.1 “Structural Analysis for Computer Aided Design” user guide.
- [4] <http://web.iku.edu.tr/~ecoskun/Guclendirme.pdf>
- [5] http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/pdf2015/TDMSK_162.pdf.
- [6] Arıkan, M., Sucuoğlu, H. ve Macit G. “Economic assesment of the seismic retrofitting of low-cost apartment buildings. Journal of Earthquake Engineering, , 9:4, 2005, p.p. 577-584.
- [7] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007.
- [8] Sucuoğlu, H. (2008). Mevcut Yapılarda Durum Saptaması, Bizim Büro Basımevi, Ankara, Türkiye.
- [9] Tankut, T., Ersoy, E., Özcebe, G. ve Canbay, E. (2008). Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi İçin Kullanılan Yöntemler (Kitapta Bölüm), Bizim Büro Basımevi, Ankara, Türkiye.
- [10] Ergün A., Kürklü G., Depremde bina performansının DBYBHY 2007’e göre doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesinde malzeme sınıfının değişiminin incelenmesi. Uluslararası Deprem ve Yapı Mühendisliğinde Gelişmeler Sempozyumu, 24-26 Ekim 2007, Isparta-Antalya, Türkiye, 576-586.
- [11] Ergün A., Kürklü G., Mevcut betonarme bir binanın DBYBHY 2007’e göre doğrusal elastik hesap yöntemleriyle değerlendirme ve güçlendirme uygulaması. Sempozyumu, 158- 163, 1-2 Ekim 2009, Sakarya.
- [12] [http://fenbildergi.aku.edu.tr/1202/025601\(1-11\)\(12-207\).pdf](http://fenbildergi.aku.edu.tr/1202/025601(1-11)(12-207).pdf)
- [13] Altun, Fatih Ve Kara, H.Bekir Ve Uncuoğlu, Erdal Ve Karahan, Okan, 2003, Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları ve Altı Katlı Bir Yapının Güçlendirme Çalışmaları, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 16(2) 309-318
- [14] Nuhoğlu, A., Arısoy, B., Taşçı R., (2009). İzmir’deki okulların yapısal özelliklerinin araştırılması ve deprem davranışlarının değerlendirilmesi, İzmir afet riskini azaltma sempozyumu, İzmir.
- [15] Mısır, S., Özçelik, Ö., ve Kahraman, S., (2009). Kolon-kiriş birleşimlerinin davranışlarının değerlendirilmesi ve konu üzerine yürütülen deneysel çalışmalar. İMO İzmir şubesi haber bülteni, Yıl: 24, Sayı: 146.
- [16] Kap Tuncay, Özgan Ercan, Uzunoglu Metin Mevlüt, (2017). Betonarme Bir Okul Binasının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Analizi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Yıl: 2017, Sayı: 1, Cilt: 6.