

DÜŞEY YÜKLER ALTINDA HASAR GÖRMÜŞ BETONARME BİR YAPIDA GÜÇLENDİRME PROJESİ ÖRNEĞİ

Fatih ALTUN¹, H. Bekir KARA¹, Tefaruk HAKTANIR¹
D. Mehmet ÖZCAN², Okan KARAHAN¹, Zülküf KAYA¹

¹Erciyes Üniversitesi Müh. Fak. İnş. Müh. Bölümü 38039 KAYSERİ/TÜRKİYE

²Erciyes Üniversitesi Yozgat Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü YOZGAT/TÜRKİYE

Özet: Ülkemizdeki binaların büyük çoğunluğu zemin etüdü yapılmadan inşa edilmiş ve günümüzde de bu uygulama devam etmektedir. Yapıların projelendirilmesinde zemin – yapı etkileşiminin önemi özellikle yatay yükler etkisi altında ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde sık sık yaşanan deprem felaketleri ile meydana gelen can ve mal kaybının çok yüksek oluşu kurallara uygun olarak inşa edilmeyen betonarme yapıların çeşitli sebeplerle depreme vb. yatay yüklere karşı dayanıksız olabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada ise, inşaat sonrası işletmeye açılmadan çatlakların başladığı bir yapı için hazırlanmış olan güçlendirme projesi aşamaları verilmiştir. Düşey yükler altında hasar görmüş bu yapı için sırasıyla temel zemini özellikleri ile mevcut beton dayanımı ve donatı durumları belirlenmiştir. Bu veriler ışığında güçlendirme projesi hazırlanmış ve güçlendirme projesinin uygulamasında karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Güçlendirme projesi hazırlama çalışmasında, yapıda düşey yüklerin oluşturduğu farklı deplasmanları ve deformasyonları önlemek için, “temel takviyesi + kolon mantolama + perdeleme” sistemi ile 1998 tarihli yeni Deprem Yönetmeliğine tam uyumlu olacak biçimde depreme karşı da yapı dayanımını artıran bir çözüme gidilmiştir.

Anahtar kelimeler: Onarım, Mantolama, Güçlendirme, Beton Dayanımı.

A RETROFITTING DESIGN FOR A REINFORCED-CONCRETE STRUCTURE DAMAGED UNDER VERTICAL LOADS

Abstract: A major number of the buildings in our country have been constructed without a technically sufficient geotechnical investigation, and this attitude is still common for many prospective constructions. In designing of structures the importance of soil-structure interaction becomes especially apparent under lateral forces. The fact that the casualties and structural damages that have taken place in the recent earthquakes has disclosed that the reinforced concrete buildings not built in accordance with the codes may have weaknesses against such lateral forces as earthquakes. Aside from damages due to dynamic loading during earthquakes, in this study, the retrofitting and strengthening of a reinforced-concrete (RC) structure, which exhibited unacceptably large cracks all over even before opening to service immediately upon completion of its construction, is summarized. Firstly, a thorough geotechnical analysis comprising in-situ and laboratory tests is performed, followed by determining the class of the concrete from strength standpoint, and finally, the amount of reinforcement steel present in the load-carrying members is accurately estimated and compared with that in the project. The strengthening design is performed taking into account the evaluation of these investigations. In order to prevent possible excessive partial displacements, and to provide a reasonable distribution of stiffness while keeping the mass and stiffness centers close, foundation fortification followed by jacketing some columns, and forming new shear walls between suitably adjacent columns have been implemented, which rendered a reasonable increase in the overall stiffness and stability of the building in compliance with the new 1998 Earthquake Regulations of The Turkish Government.

Key words: Retrofitting of RC buildings, Jacketing, Strengthening, Concrete Strength.

1. Giriş

Yapının düşey yükler etkisi altındaki davranışında; zemin özellikleri, yapı-zemin etkileşimi, yapı ağırlığı, taşıyıcı

elemanların konumu ve boyutları gibi faktörlerin yanı sıra mimari tasarımın da önemli etkileri olmaktadır. Betonarme taşıyıcı elemanlarda bu nedenlere bağlı olarak düşey kuvvetlerin etkisi ile zeminde oluşan farklı oturmalar sonucu hafif, orta veya ağır hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu hasarların giderilmesi ve yapı güvenliğinin yeniden sağlanması için temel zemininin iyileştirilmesi, taşıyıcı elemanların onarım ve/veya güçlendirilmesi gerekli olmaktadır.

Güçlendirme çalışması, Türkiye Şeker Fabrikası A.Ş. Afyon Makine Fabrikası yemekhane binasında yapılmıştır. Yapı, zemin ve bir normal kattan oluşmaktadır. Zemin kat çok amaçlı depo, normal kat ise yemekhane olarak kullanılmak üzere inşa edilmiştir. Yapı oturma alanı 400 m² dir. Normal kat döşemesi, kenarlarda ve yapı içinde yer alan zemin kat betonarme kolonlarına taşıtılırken çatı kat döşemesi kaset döşeme olarak planlanmış ve sadece kenar kollarının devamı olan sisteme taşıtılmıştır. Yemekhane katının 400 m² alanlı açıklığı bu çözümle geçilmiştir. Bu nedenle özellikle dış kolon kesit tesirlerinin fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapı temel zemini olan “ Sarı renkli killi SİLT “ tabakası zamana bağlı deformasyon yapabilme özelliğine sahip olup taşıma gücü oldukça düşüktür. Seçilen tekil temel sistemi sonucunda, temel zemini özelliklerine ve düşey yüklere bağlı olarak oluşan farklı oturmalar nedeniyle, betonarme taşıyıcı elemanlarda hasar meydana gelmiştir.

Yapı ve temel zemini ile ilgili yerinde inceleme ve araştırmalar yapılarak yapı hasar noktaları ve zemin özellikleri tespit edilmiş, meydana gelen hasar nedenleri belirlenmiştir. Temel zemini için zemin iyileştirme ve yapı için güçlendirme projesi hazırlanmıştır.

2. Amaç

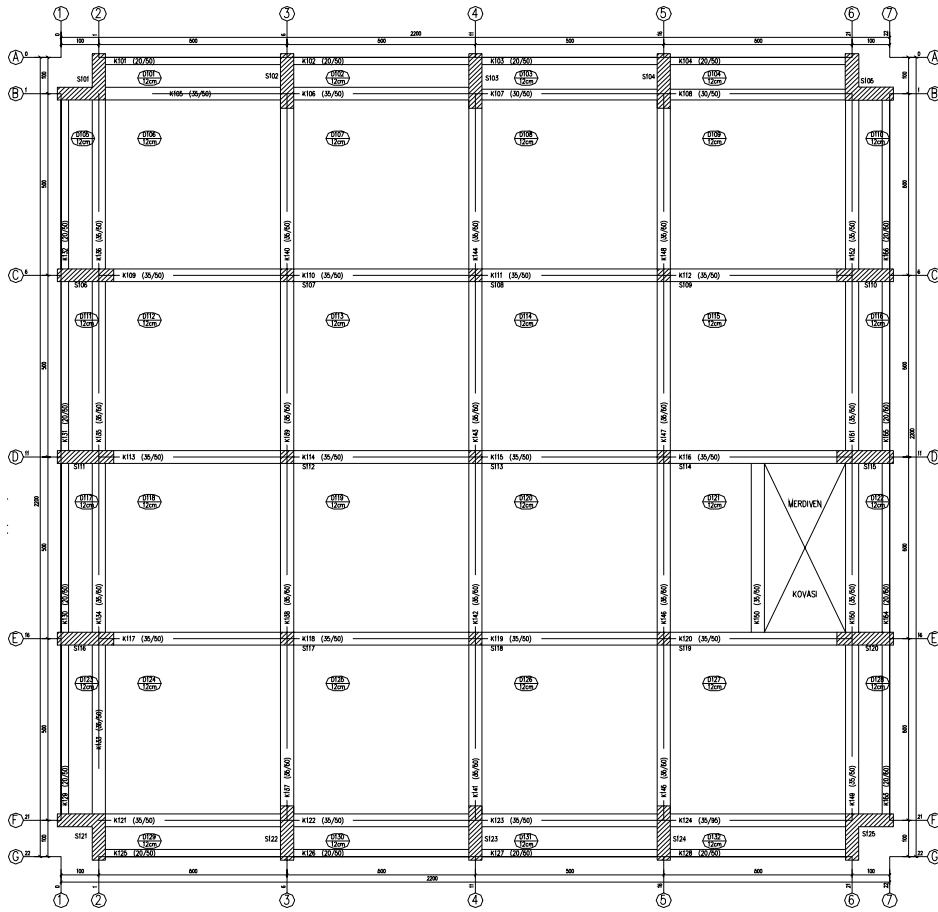
Taşıma gücü düşük ve zamana bağlı oturmalar yapabilen zeminlerde uygun olmayan temel sistemi seçilmesi sonucu düşey yükler etkisi altında betonarme karkas yapıların temellerinde ve taşıyıcı elemanlarında farklı oturmaların yol açtığı yapısal hasarlar meydana gelmektedir. Yapı güvenliğini yeniden sağlamak için tüm sistemin ve hasar görmüş elemanların onarılması ve güçlendirilmesi gerekebilmektedir.

Bu çalışmada genel olarak zemin iyileştirme, betonarme karkas yapının onarımı ve düşey yüklere dayanıklılığının artırılması ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Hasarların ve oluşum nedenlerinin belirlenmesi ilk adım olarak verilecektir. Yerinde yapılacak bu çalışmada dikkat edilmesi gereken konular açıklanacak, projeye uygunluk, beton kalitesinin tayini ve donatı miktarının belirlenmesi, düşey yükler altında yapı davranışına etki eden yerel zemin koşullarının yerinde yapılacak çalışmalarla gerçekçi olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Tüm sistemin güvenilirliğini sağlamak için yetersiz elemanları da kapsayan güçlendirme sisteminin belirlenmesi çalışmaları yapılacaktır. Mevcut yapı kullanım amacı, mimari özellikleri ve güçlendirme sisteminin yapılabilirliği ön plana çıkartılarak güçlendirme sistemi seçilmesi ve dikkat edilmesi gerekli hususların açıklanması amaçlanmıştır.

3. Hasar Belirleme Çalışmaları

Yapı için mevcut zemin kat kalıp planı Şekil 1 'de verilmiştir. Zemin katta kolon, kiriş ebatları ve aks ölçüsü rölevesi mevcut proje ile uyşmaktadır.

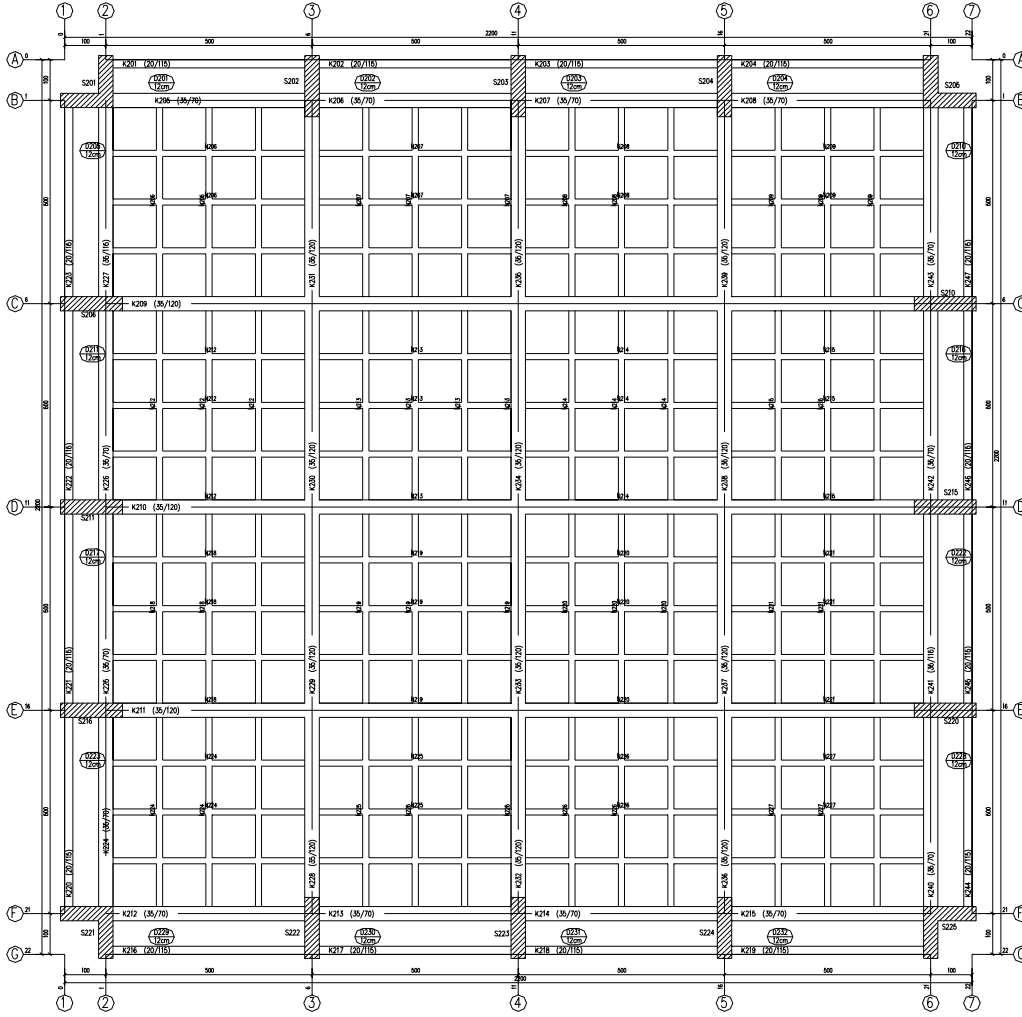
Kiriş ve kolon enine donatıları projede minimum $\phi 8/20$ iken daha seyrek olarak konulduğu tespit edilmiştir (1). Plan üzerinde D-D aksındaki S112 ve S114 kolonlarında kesmeden dolayı kolon uç kısımlarında ezilmeler meydana gelmiştir. Ayrıca S107, S108, S109, S117, S118 ve S119 kolonlarında küçük boyutta çatlaklar gözlenmiştir.



Şekil 1. Mevcut yapı zemin kat kalıp planı

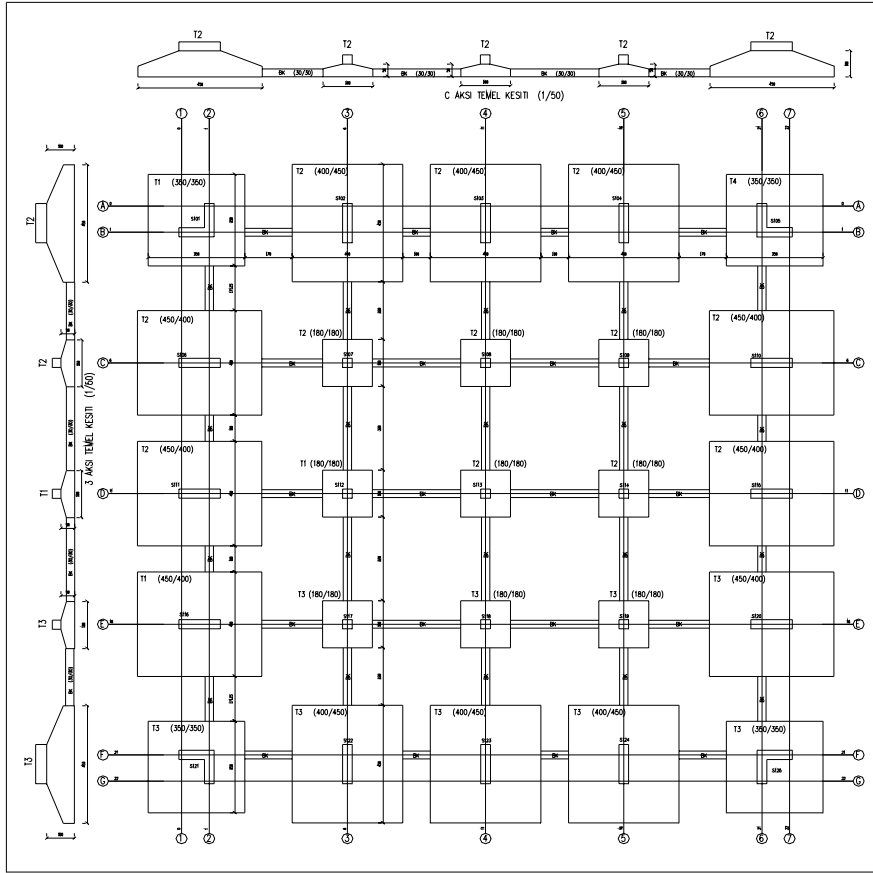
Zeminde meydana gelen farklı oturmalardan dolayı zemin kat kirişlerinde hasarlar meydana gelmiştir. Kiriş hasarlarının sayısı ve çatlak genişliği, kolon hasarlarına göre çok daha fazladır. Kiriş hasarları zemin kat kalıp planında (Şekil 1) de K115, K116, K138, K139, K140, K146, K147 ve K148 kirişlerinde kesme ve eğilme çatlakları olarak meydana gelmiştir. Bunun dışındaki kiriş hasarları kılcal çatlak seviyesinde kalmıştır. Ayrıca düğüm noktalarında enine donatı sıklaştırmasının yapı genelinde yapılmadığı da gözlenmiştir.

Normal kat kalıp planı Şekil 2 'de gösterilmiştir. Bu katta kolon ve kiriş hasarları bulunmayıp sadece birkaç kolon-kiriş düğüm noktasında kılcal çatlaklar oluşmuştur. Betonarme yapı çerçevesi bir sistem olarak imal edilmiştir. Yapı için verilen kalıp planlarına göre planda x-x ve y-y yönünde aks sürekliliği mevcuttur. Bina x-x ve y-y yönünde simetrik. Ancak zemin katta mevcut olan iç bölge kolonları normal katta devam ettirilmemiştir. Bu yük dağılımı açısından önemlidir.



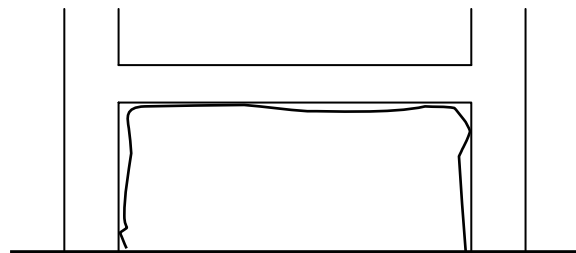
Şekil 2. Mevcut yapı normal kat kalıp planı

Yapı temel sistemi, tekil temel ile oluşturulmuş ve bağ kirişleri ile birbirlerine Şekil 3 de verildiği gibi bağlanmıştır. Zemin emniyet gerilmesi mevcut hesaplarda $\sigma_{z,em} = 20 \text{ t/m}^2$ olarak alındığı, ayrıca bir zemin etüdü yapılmadığı belirlenmiştir. Yapı yüzeyinde iki katta devam eden düşey duvar çatlakları tespit edilmiştir. Bu çatlakların zemindeki kısmı çökmelere bağlı olarak geliştiği tahmin edilmektedir (2).



Şekil 3. Mevcut yapı temel sistemi planı

Zemin katta Şekil 4 'de verilen iç duvar hasarları mevcuttur. Duvarlarda yatay ve düşey çatlaklar meydana gelmiştir. Yatay çatlaklar örgü yüksekliğince ve bütün duvar uzunluğunca dağılmıştır. Düşey çatlaklar ise, boşluk üstleri ve boşluk altlarında duvar yüksekliğince devam etmiştir. Binada genel hasar değerlendirilmesi yapıldığında orta hasarlı olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. Çerçeve hareketine bağlı dolgu duvar hasarı

4. Zemin Araştırmaları

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğünün Afyon Makina Fabrikasında bulunan Yemekhane Binası ile ilgili olarak yapılan zemin araştırmaları aşağıda özetlenmiştir.

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Afyon Makina Fabrikası içerisinde araştırmaya konu olan binanın temel zeminini karakterize edecek noktalarda; 14.00 m. derinliğinde SK1 sondajı, 14.50 m. derinliğinde SK2 sondajı, 12.50 m.

derinliğinde SK3 sondajı yapılmıştır. Yapılan sondajlarda yeraltı suyuna rastlanılmamış olup gözlenen zemin profili aşağıda özetlenmiştir.

0.00 - 0.30 m.	Bitkisel Toprak
0.30 - 3.00 m.	Sarı Renkli Killi Silt
3.00 - 8.50 m.	Kahverengi az Kumlu Killi Silt
8.50 -14.00 m.	Az Çakıllı Kumlu Kahverengi Kil
14.00 -14.50 m.	Çakıllı Killi Kum

Yapılan sondajlar sırasında örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri alınmış olup ayrıca Standart Penetrasyon Testleri (SPT) yapılmıştır. Yapılmış olan Standart Penetrasyon Deney sonuçları toplu halde aşağıda Tablo 1 de özetlenmiştir.

Tablo 1. Penetrasyon Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	SPT	N ₃₀	Kıvam	Ser. Basınç Mukavemeti q _u (kg/cm ²)	Sıklık	Relatif Sıklık (Dr)
SK1	2.50 - 3.00	5 - 8 - 9	17	Çok Katı	2.00 - 4.00		
	8.00 - 8.50	3 - 6 - 8	14	Katı	1.00 - 2.00		
	10.00 - 10.50	7 - 8 - 8	16	Çok Katı	2.00 - 4.00		
	13.50 - 14.00	7 - 8 - 8	16	Çok Katı	2.00 - 4.00		
SK2	3.00 - 3.50	4 - 5 - 4	9			Gevşek	0.15 - 0.35
	9.50 - 10.00	4 - 5 - 7	12	Katı	1.00 - 2.00		
	14.00 - 14.50	15-14-15	29			Orta	0.35 - 0.65
SK3	3.20 - 3.70	2 - 2 - 3	5	Orta	0.50 - 1.00		
	7.00 - 7.20	7 - 6 - 6	12			Orta	0.35 - 0.65
	7.20 - 7.50	7 - 6 - 6	12	Katı	1.00 - 2.00		
	12.00 - 12.25	10-14-17	31			Sıkı	0.65 - 0.85
	12.25 - 12.50	10-14-17	31	Sert	> 4.00		

Zemin penetrometre aleti ve laboratuvar tipi Vane aleti ile sondajlardan alınan örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde ölçümler alınmış olup elde edilen değerler Tablo 2 de özetlenmiştir.

Tablo 2. Numune Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m.)	Ort. Düşey Basınç Değeri (kg/cm ²)	Kayma Muk. Değeri (kg/cm ²)
SK3	2.70 - 3.20	1.33	0.25

Araziden alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarında gerekli görülen deneyler yapılmış olup sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Araziden alınan zemin numuneleri üzerinde piknometre deneyleri yapılmış olup temel zemini olan **Sarı Renkli Killi Silt** dane birim hacim ağırlığı, $\gamma_s = 2.62 \text{ gr/cm}^3$ bulunmuştur.

Yapılan sondajlar sırasında alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde dane dağılımını belirlemek amacı ile granülometri deneyleri yapılmış olup deney sonuçları Tablo 3 de özetlenmiştir.

Tablo 3. Granülometri Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m.)	Çakıl %	Kum %	Silt + Kil %	c_u	c_c	USCS
SK1	2.50 - 3.00	0.38	4.51	95.11			ML
	8.00 - 8.50	4.92	26.38	68.70			ML
	10.00 - 10.50	7.49	37.33	55.18			CL
	13.50 - 14.00	0.83	37.74	61.43			CL
SK2	3.00 - 3.50	25.97	46.19	27.84	328.57	1.40	SC
	9.50 - 10.00	8.05	36.16	55.79			CL
	14.00 - 14.50	18.92	46.93	34.15	600.00	0.30	SC
SK3	3.20 - 3.70	0.55	26.65	72.80			CL
	7.00 - 7.20	46.27	32.17	21.56	833.0	1.33	GM
	7.20 - 7.50	6.11	36.25	57.64			ML
	12.00 - 12.25	30.06	48.33	21.61	160.0	3.91	SM
	12.25 - 12.50	6.20	36.96	56.84			CL

Sondajlar sırasında alınmış olan örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin su muhtevaları belirlenmiş olup temel taban kotu civarında su muhtevasının yüksek olduğu gözlenmiştir. Belirlenen su muhtevası değerleri % 17- 20 arasında değişmektedir. Alt tabakalarda ise su muhtevası % 8 – 10 değerlerine düşmektedir.

SK1, SK2 ve SK3 sondajlarında karşılaşılan kil numuneler üzerinde kıvam limit deneyleri yapılmış olup sonuçlar Tablo 4 de özetlenmiştir.

Tablo 4. Kıvam Limit Deney Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Su Muh. (w) %	Likit Limit (w_L)%	Plastik Limit (w_P) %	Plastisite İndisi (I_P)	Kıvam İndisi (I_C)	Likitlik İndisi (I_L)
SK1	10.00 - 10.50	8.00	31.00	9.00	22.00	1.05	- 0.05
	13.50 - 14.00	7.38	30.00	19.00	11.00	2.06	- 1.06
SK2	9.50 - 10.00	13.50	37.00	23.00	14.00	1.68	- 0.68
SK3	1.20 - 1.40	21.36	30.00	17.00	13.00	0.66	0.34
	3.20 - 3.70	21.36	30.00	17.00	13.00	0.66	0.34
	12.25 - 12.50	11.37	34.00	17.00	17.00	1.33	- 0.33

Yapılan sondajlardan alınan örselenmemiş zemin numunelerinin aşırı kumlu çıkması ve numune hazırlanamaması nedeni ile Konsolidasyon Deneyi yapılamamıştır. Yemekhane Binası temel zemini “ Sarı Renkli Killi Silt “ tabakası olup bunun altındaki tabakalaşma ise oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Yapı yüklerinden zemine aktarılan 1.0 kg/cm^2 yük değeri için hesaplarda kullanılacak güvenli hacimsel sıkışma katsayısı olarak $m_v = 1.00 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{kg}$ değeri alınabilir. Sıkışabilir kil tabakasında oluşabilecek oturma değerinin hesaplanmasında kil tabakası kalınlığı olarak 10.0 m. , efektif basınç artışı olarak emniyetli tarafta kalarak 1.00 kg/cm^2 alındığında oturma değerleri olarak yaklaşık 10 cm. bulunur. Temel altlarında yer alan sıkışabilir tabaka kalınlıklarının ve kolonlardan temellere aktarılan yüklerin farklı oluşları yapılarında farklı oturmalara yol açmıştır.

Yapılması önerilen radye temel takviyesi için taşıma gücü hesabı aşağıda yapılmıştır. Bu hesaplamada Terzaghi Formülü kullanılmış olup güvenlik sayısı olarak 3 (üç) değeri alınmıştır.

$$q_d = K_1 * c * N_c + \gamma_1 * D_f * N_q + K_2 * B * N_\gamma * \gamma_2$$

$$q_{emn} = 107.4 \text{ kN/m}^2$$

(1)

Yukarıda yapılan hesaplamaların sonucuna göre zemin emniyet gerilmesi değeri olarak 10 ton/m^2 alınabilir.

Afyon İli merkez bölgesi 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayı ile yürürlüğe giren T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre ikinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Bölge, etkin bir deprem merkezindedir. Ayrıca civarındaki etkin bölgelerin de tesiri altındadır. Bölgede meydana gelecek bir depremde, yer altı suyunun yüksekte bulunduğu ova kısmının diğer bölgelere göre, şiddet artırıcı bir rol oynayacağı bilinmelidir. Yapılacak olan statik hesaplarda 1. derece deprem bölgesi olarak alınması daha uygundur.

Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Genel Müdürlüğünün Afyon Makina Fabrikası Yemekhane Binası temel zemini Sarı Killi Silt tabakasıdır. Genel oluşum, tabakalaşma durumu, jeolojik yapılanma ve yeraltı su seviyesi durumları göz önüne alındığında temel zemini ve temel sistemi ile ilgili gerekli görülen sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

- a. Temel sistemi ve yapı ile ilgili kısımların hesaplarında kullanılacak olan zemin emniyet gerilmesi değeri olarak **10.0 ton/m²** alınabilir.
- b. Temel zemini ile ilgili diğer geoteknik parametreler için aşağıdaki değerler kullanılabilir.

Zemin Dane Birim Hacim Ağırlığı	: 2.62	ton/m ³
Zemin Tabii Birim Hacim Ağırlığı	: 1.80	ton/m ³
İçsel sürtünme açısı	: 15	derece
Kohezyon	: 2.0	ton/m ²
Zemin yatak katsayısı	: 1000	ton/m ³
Zemin Grubu	: C	
Yerel Zemin Sınıfı	: Z 3	
Spektrum Karakteristik Peryotları (T _A ,T _b)	: 0.15 - 0.60	
Etkin yer ivmesi Katsayısı (A ₀)	: 0.40	

- c. Temel takviyesinde oturmalara önlenmesi ve taşıma gücünün artırılması için tekil temeller birleştirilerek radye temele dönüştürülmesi uygun olacaktır.
- d. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş Genel Müdürlüğünün Afyon Makina Fabrikası Yemekhane Binasına yakın noktada açılmış olan derin kuyudan çıkarılan su etrafa yayılmadan **kaplamalı çevirme hendekleri** ile uzaklaştırılmalıdır.

5. Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

Beton kalitesinin belirlenmesi için rasgele kolonlardan bodrum ve zemin katta karot numuneler alınmıştır. Bu bölgelerde microcovermeter ile gerekli ultrason okumaları da yapılmıştır. Ayrıca rasgele seçilen kolonlardan her katta beton çekici ile testler yapılmıştır. Mevcut yapı için proje beton dayanımı B160 olarak seçilmiştir. Ancak, yapılan deneyler sonucunda beton dayanımı değeri 140 kg/cm² olarak bulunmuştur.

6. Güçlendirme Projesi Çalışmaları

Binalarda ortaya çıkan deprem kuvvetleri, yatay rijitliklerle karşılanması gereken dinamik bir etkidir. Depreme dayanıklı yapı yapmanın önemli aşamalarından birisi de sürekli ve düzenli yerleştirilmiş betonarme perdelerin bulunduğu taşıyıcı sistemlerin oluşturulmasıdır (3, 4, 5). Betonarme perdeler yapının yatay ötelenme rijitliğini artırır, depremin yol açtığı yatay ötelenme ve rölatif kat deplasman miktarını azaltır, deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını karşılayarak kolonlara etki eden yatay kesit tesirlerini azaltır. İyi tasarlanmış bir perde-çerçeve sisteminde deprem kuvvetleri perde ve çerçeveler tarafından bir etkileşim içerisinde taşınırlar.

Yapı malzeme özellikleri, hasarlar ve nedenleri, yerel zemin koşulları belirlendikten sonra ikinci aşama olan onarım ve güçlendirme projesinin hazırlanmasına geçilir. Bu aşamada öncelikle hasar görmüş elemanlar için lokal güçlendirmeler yapılır. Mevcut duruma ve hasar görmüş elemanların takviye haline göre sistem çözülür. Elde edilen statik sonuçlara göre, yetersiz kalan kesitler tespit edilir. Tüm sistemin güvenilirliğini sağlamak için yetersiz elemanları da kapsayan güçlendirme sisteminin belirlenmesi çalışmaları yapılır. Mevcut yapının kullanım amacı, mimari özellikleri ve güçlendirme sisteminin yapılabilişliği ön plana çıkartılarak güçlendirme sistemi seçilmelidir. Güçlendirme sistemi seçiminde; yerel zemin koşulları, mevcut ve güçlendirmede kullanılacak olan malzeme özellikleri, yapı için süneklik katsayısı, yapı önem katsayısı, zemin özelliklerine bağlı peryotlar, zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı parametreleri yeni deprem yönetmeliği ile yürürlükte olan diğer yönetmelik kurallarına uygun seçilmelidir.

Çözümde Sta4cad paket programı kullanılmıştır. Program; betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini, standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapmaktadır. Statik analizi rijit kat diyaframını dikkate alarak, her noktada 6 serbestlikli 3 boyutlu stiffness metodu ile çözmektedir. Program, 3 boyutlu çözüm yapar. Noktalarda 3 serbestlik, kat diyaframında 3 serbestlik olmak üzere her noktada 6 deplasmana göre denge denklemlerini kurmaktadır. Aynı şekilde modal analizde 3 boyutlu olarak yapılmaktadır.

Mevcut durum, imalatı yapılan projeye ve yerinde elde edilen röleve bilgilerine bağlı çözülmüştür. Çözümde beton çeliği mevcut projeden BÇI, beton dayanımı teknik rapordan 140 kg/cm^2 ve zemin emniyet gerilmesi 1.0 kg/cm^2 alınmıştır. Farklı güçlendirme sistemleri seçilerek tekrarlı analizler yapılmış olup, sonuçta en uygun olan güçlendirme projesi belirlenerek Şekil 5 'de kalıp planı verilmiştir.

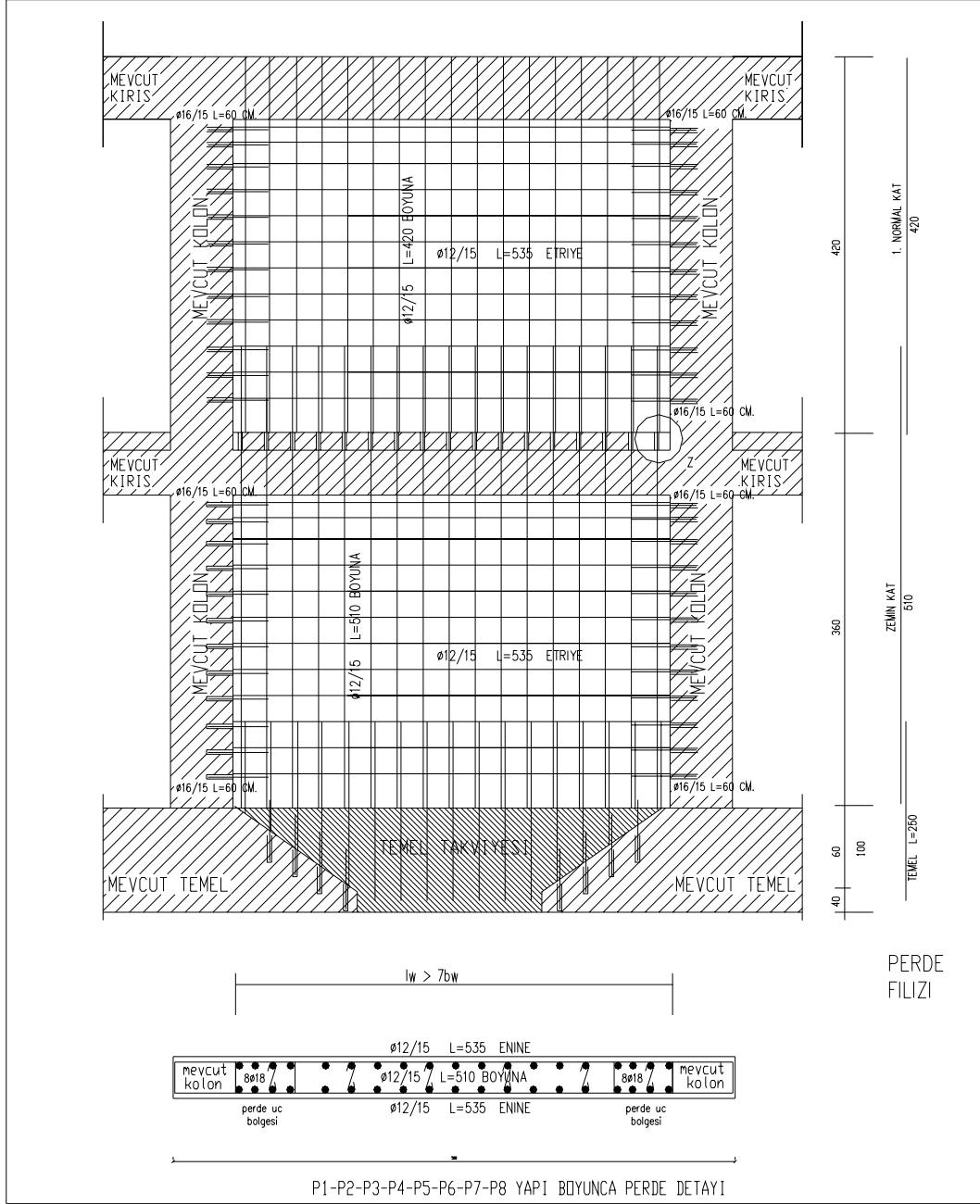
6.3 Betonarme Perde Takviyeleri

Betonarme perde takviyeleri yapı boyunca ve planda verilen yerlerde yapılacaktır. Takviye edilecek betonarme perdeler A-A aksındaki P1 ve P2, G-G aksındaki P7 ve P8, 1-1 aksındaki P3 ve P5, 7-7 aksındaki P4 ve P6 olup, Şekil 5 'de kalıp planında verilmiştir. Perde yerleri mimari kullanımı etkilemeyecek ve genişliği kat yüksekliğinden dolayı 30 cm olacak şekilde seçilmiştir. Perde imalatı ile ilgili detaylar Şekil 6 'da verilmiştir.

Perdeli sistem statik çözüm sonuçlarında yapı periyodu, rölatif kat deplasman parametreleri, ağırlık ve rijitlik merkezlerinin çakışması, gibi genel özelliklere dikkat edilmiştir. Seçilmiş olan perdeler hasarsız olan üst kat rijitliklerini artırmak amacıyla çatı katı döşemesine kadar devam ettirilmiştir.

Mevcut durum, imalatı yapılan projeye ve yerinde elde edilen röleve bilgilerine bağlı çözülmüştür. Çözümde beton çeliği mevcut projeden BÇI, beton mukavemeti teknik rapordan 140 kg/cm^2 ve zemin emniyet gerilmesi 1.0 kg/cm^2 alınmıştır. Mevcut çözümlerde; rölatif kat deplasmanı 0.0012, perde taban momentleri oranı x yönü 0.00 ve y yönü 0.00, ilk mod için yapı periyotları x yönü 0.284 sn. ve y yönü 0.269 sn., yapı kütle ve rijitlik merkezleri $x_g=11.02 \text{ m.}$, $x_r=11.03 \text{ m.}$, $y_g=11.03 \text{ m.}$, $y_r=10.97 \text{ m.}$ olarak hesaplanmıştır.

Hasarlı yapı için farklı güçlendirme sistemleri seçilerek tekrarlı analizler yapılmış olup en uygun güçlendirme projesi belirlenmiştir. Güçlendirme projesi yapı süneklik katsayısı karma yapı olarak çözülmüş ve yapı için; rölatif kat deplasmanı 0.0001, perde taban momentleri oranı x yönü 0.49 ve y yönü 0.49, ilk mod için yapı periyotları x yönü 0.088 sn. ve y yönü 0.087 sn., yapı kütle ve rijitlik merkezleri $x_g=11.03 \text{ m.}$, $x_r=11.00 \text{ m.}$, $y_g=11.01 \text{ m.}$, $y_r=11.00 \text{ m.}$ olarak hesaplanmıştır (7).

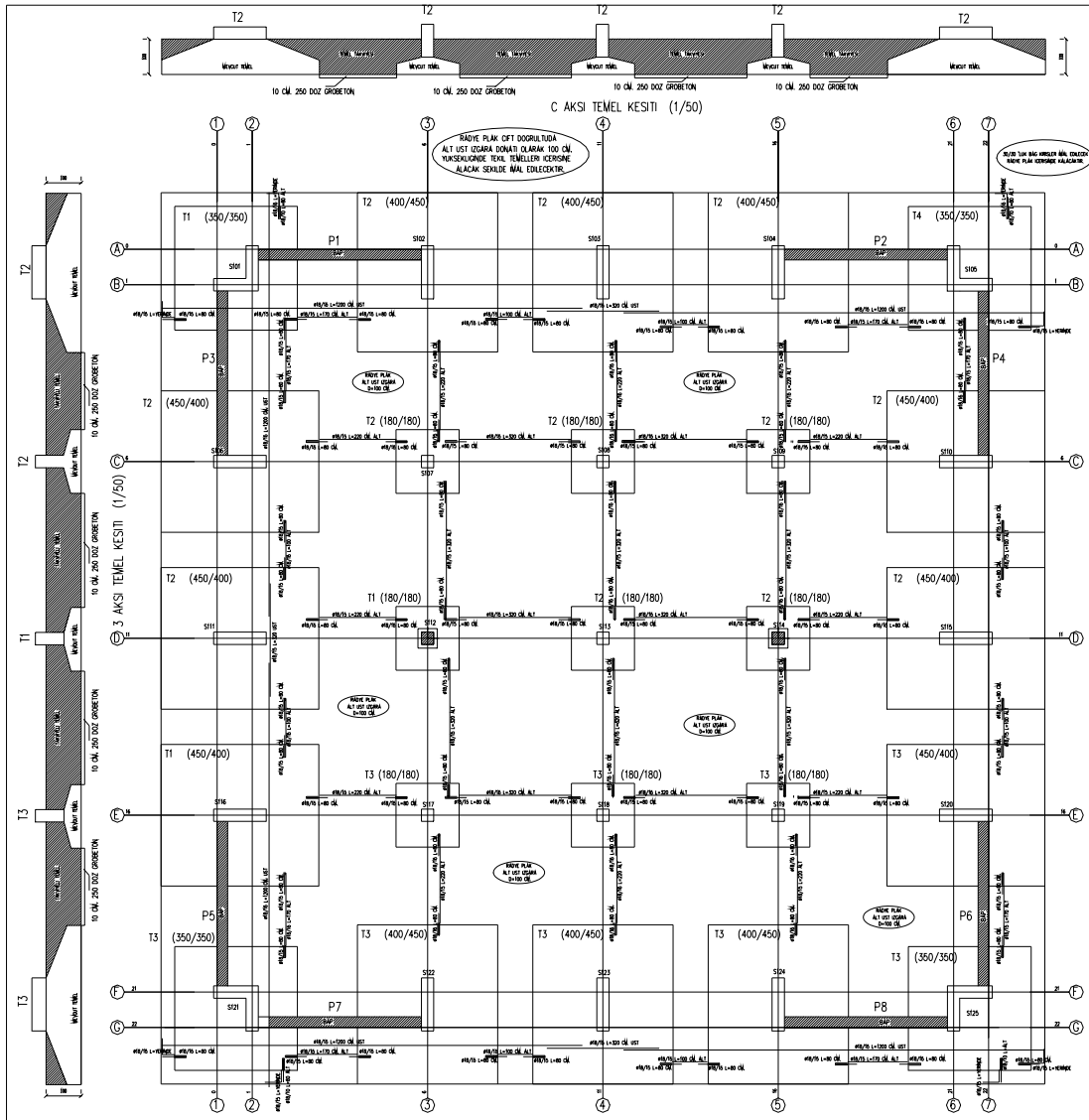


6.4 Temel takviyesi

Temel sisteminin güçlendirilmesi, yapılan kolon güçlendirmesinden dolayı temel gerilmelerinin artması ve üst yapıya ilave edilen betonarme perde elemanlara yeni temel sistemi gerekmesinden dolayı yapılmıştır.

Mevcut tekil temel boyutları yapılan analiz sonucunda yetersiz kalmıştır. Çekme gerilmelerinin karşılanabilmesi için temel boyutları artırılmıştır. Yapılan temel takviye çalışmaları altta ve üstte ızgara donatısı olacak şekilde

projelendirilmiştir. Yapı temel sisteminde önerilen güçlendirme çalışması Şekil 7 'de verilmiştir (7).



Şekil 7. Takiyeli yapı temel sistemi planı

7. Sonuç

Doğal felaketlerin en korkuncu olan deprem mühendislik yapıları üzerinde hasarlara yol açmaktadır. Bu hasarların yapı güvenliğini etkilemeyecek konumda onarılması, gerekli durumlarda tüm sistemin güçlendirilmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmaların projelendirilme ve uygulama aşamalarında, yürürlükte olan yönetmeliklere uygun olarak yapılması gerekmektedir. Yapılacak proje çalışmalarında mühendislik deneyimi ve malzeme bilgisi son derece önemlidir.

Yapılacak güçlendirme çalışmalarında düşey yükten dolayı hasar görmüş olsa dahi, yapıların tekrar depreme maruz kalacağı düşüncesi ile mevcut çerçeve sistem ile uyumlu betonarme perdeler önerilmelidir. Yapılacak proje çalışmalarında ise, perdeler mimari kullanımı fazla etkilemeyecek ve yapıda burulma kuvvetleri meydana getirmeyecek konumlarda yerleştirilmelidir.

Proje çalışmasının sağlıklı olması yerinde detay imalatlarının özelliklerine de bağlıdır. Onarım çalışmaları yönetmeliklere uygun ve bu konuda deneyimli kontrollüğün bilgisi dahilinde yapılmalıdır.

Kaynaklar

1. Türk Standartları, “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS500)”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
2. Eyyubov, C., Yılmaz, C., Altun, F., “Binaların Onarımı ve Depreme Dayanıklılığının Takviye Yöntemlerinin İncelenmesi”, İnşaat Mühendisliğindeki Gelişmeler III. Teknik Kongre, ODTÜ, Ankara, 1997.
3. Bayülke, N., “Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, 1995.
4. Tübitak, “Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi”, Kurs Notları, İMO, 1999.
5. Ersoy, U., “Repair and Strengthening of RC Structures”, International Symposium on Earthquake Disaster Prevention”, CENAPRED, Mexico City, 1992.
6. Altun, F., Kara, H.B., Yılmaz, C., “Betonarme Yapılarda Deprem Hasarlarının Belirlenmesi ve Onarım Güçlendirme Projesi Uygulama Örneği”, İnşaat Mühendisliğindeki Gelişmeler XVI. Teknik Kongre, ODTÜ, Ankara, 2001.
7. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Afyon Makina Fabrikası Yemekhane ve Ofis Binalarının Depreme Dayanıklılık Açısından Genel Değerlendirilmesi, Erciyes Üniversitesi Döner Sermayesi, Kayseri, Temmuz 2001.