



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 4, Article Number: 1A0112

ENGINEERING SCIENCES

Received: August 2009

Accepted: October 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Serap Yanık

Fahri Birinci

General Directorate of Highways

serapyanik81@yahoo.com

Samsun-Turkey

PREFABRİK BETONARME PLAKLAR İLE ÇOK AMAÇLI KENTİÇİ YOL YAPIMI*

ÖZET

Bu çalışmada, cadde ve sokaklarda yer altı veya yer üstünden geçirilen su, kanalizasyon, doğalgaz, sulama suyu, elektrik ve telefon hatlarının yapım, değiştirme veya bakımlarına imkân sağlayacak yeni bir uygulamanın yapılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma, yerinde imal edilecek bir U kesitli betonarme yapı üzerine, yol enine kesitiyle 30° açı yapacak şekilde yerleştirilecek öngerilmeli prefabrik plak kullanılması esasına dayandırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda, bu tip bir sistemin üretilebilir ve kullanılabilir olduğu, amaçlanan hedefleri gerçekleştirebileceği, kullanım ömrü dikkate alındığında geleneksel sistemlere göre daha ekonomik olacağı, ancak prefabrik öngerilmeli eleman üretimi için daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Prefabrik Eleman, Öngerilemeli Eleman, Betonarme, Altyapı, SAP2000

MULTI-PURPOSE URBAN ROAD CONSTRUCTION WITH PREFABRICATED CONCRTE PLATE

ABSTRACT

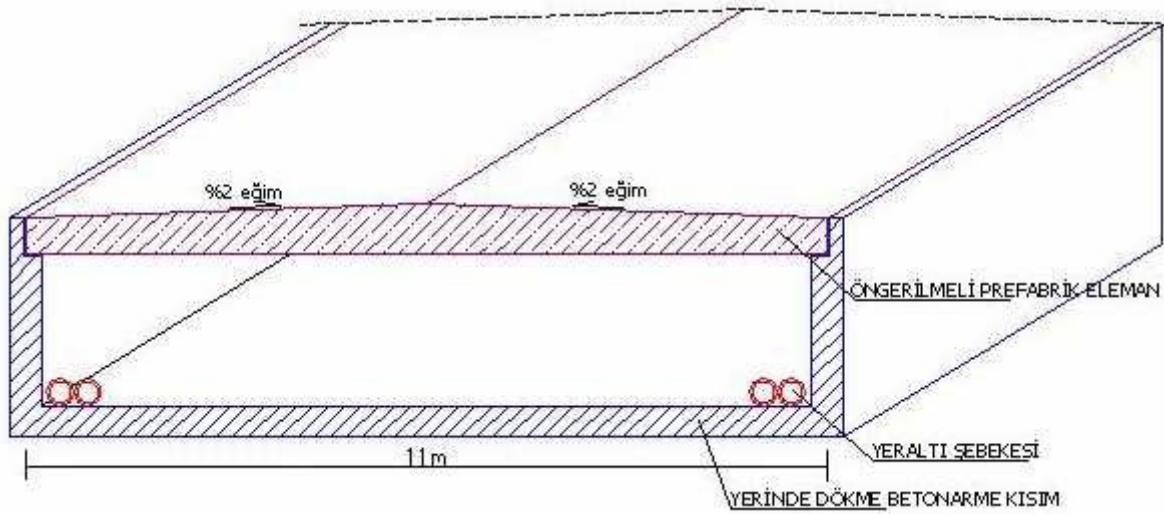
In this study, the construction was to bring a new system and protection of underground and surface water, natural gas, watering, electricity cables and phone lines on roads and streets. The study was used to place a prestressed prefabricated plate with a cross-section in a 30° angle on a reinforced concrete structure. After the researches which have been carried out, it has been found out that such a system was useable, could achieve the desired target, would be more economic with referenced to conventional system compared to lifetime but needs more detailed researches for prestressed prefabricated elemental production.

Keywords: Prefabricated Member, Prestressed Member, Reinforced Concrete, Infrastructure, SAP2000

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizde şehir içi yollar genellikle esnek üst yapı (asfalt) yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan yollarda; yeraltından geçirilen su, kanalizasyon, doğalgaz, sulama suyu, elektrik ve telefon hatları yol tabakasının hemen altına yerleştirilmektedir. Bu sayılan yer altı şebekelerinin yapım, değiştirme ve bakımları yüzünden yol üstyapısı zarar görmektedir. Bu ise; yol yapısının güvenliğini ve estetiğini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca yolun kullanılan ömrü boyunca gerçekleşen maliyetini artırmaktadır.

Bu çalışmada, öngerilmeli prefabrik elemanlarla yol yapısı oluşturularak, betonarme U kesitli bir platforma monte edilecek bir sistem tasarlanmıştır (Şekil 1). Yer altı şebekeleri; betonarme U kesitin en altına yerleştirilerek yol yapısından bağımsız bir hale getirilmesi amaçlanmıştır. Böylece yer altı şebekelerinde yapılacak bakım ve iyileştirmelerden yol yapısının zarar görmemesi sağlanmış olacaktır. Ayrıca maliyet açısından da kazanç sağlanıp sağlanamayacağı araştırılmıştır.



Şekil 1. Sistemin üç boyutlu görünüşü
(Figure 1. Three-dimensional view of the system)

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışma ile kentsel yapılaşmanın artması sonucu ortaya çıkan yer altı ve yer üstünde bulunan her türlü enerji hatlarının yol yapısına ve trafik akışına verdiği zararları ortadan kaldırmak hedeflenmiştir. Ayrıca daha hızlı yol yapımı sağlanması, yol standardının ve konforunun artırılması, yol bakım ve kazı işleri sorunlarının ortadan kaldırılması ve şehir içi otopark ve sığınma sorunlarının azaltılması gibi katkıları da bulunmaktadır. Araştırma sonucunda; hedefler açısından gerçekleştirilebileceği ve şehir içi trafiğine büyük katkı sağlanacağı görülmüştür.

3. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

3.1. Materyal (Material)

Çalışmanın materyalini kentsel alt yapı hatlarının (içme ve kullanma suyu, atık su, doğal gaz, elektrik ve telefon hattı vb.) inşasında kullanılan U kesitli öngerilmeli betonarme prefabrik model bir plak oluşturmaktadır. Öngerilmeli betonarme plak kullanılmasının sebebi; yüksek kaliteli çelik ve betonun beraber kullanılmasıyla ağırlığın azaltılarak büyük açıklıkların ekonomik olarak geçilebilmesini sağlaması, kesitin bütün yüksekliğinin çalışmasını sağlayarak narin ve cazip elemanlar yapmayı sağlaması ve iç kuvvetlerin istenilen durumda olmasını sağlayarak sehimleri

istenilen mertebede tutabilmeyi ve çatlama durumuna hâkim olabilmeyi sağlamasıdır [1].

3.2. Metot (Method)

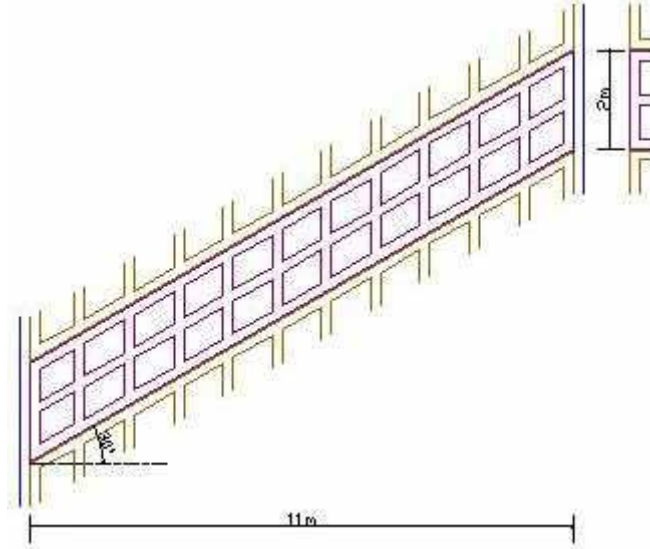
Sistemin modellenmesinde ve analizinde SAP2000 programı kullanılmıştır. Çünkü SAP2000 programı sonlu elemanlar metodunu kullandığı için daha hassas sonuçlar vermekte ve uluslar arası geçerliliği olan bir yazılım özelliği taşımaktadır. Sistemin çözümlemesinde sonlu elemanlar metodu dikkate alınmıştır.

4. YAPILAN ÇALIŞMA (CASE STUDY)

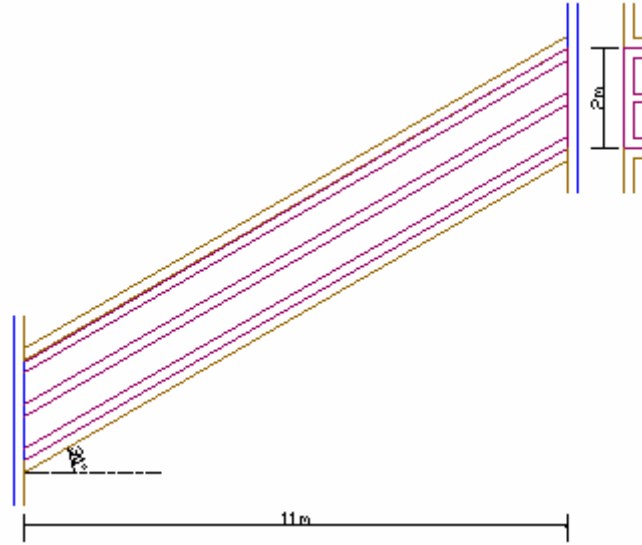
Sistemin modellenmesi, yapılan çözümleme ve elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesinden oluşan çalışma aşağıda ayrı başlıklar halinde verilmiştir. 2010 yılı rayiç bedelleriyle elde edilen maliyet hesap sonuçları gerekli karşılaştırmalar ayrıca verilmiştir [2].

4.1. Sistemin Modellenmesi (System Modeling)

Sistem; kirişli ve kirişsiz olmak üzere iki tip olarak tasarlanmıştır. Kirişli sistem kendi içinde boyuna kirişli-enine kirişsiz ve hem boyuna hem enine kirişli olmak üzere iki tip olarak alınmıştır. Denenen kirişsiz sistem güvenlik, ekonomi ve bağlantı detaylarındaki zorluklar nedeniyle uygun bulunmamıştır. Bu yüzden boyuna kirişli-enine kirişsiz ve hem boyuna hem enine kirişli sistemlerin modellenmesi incelenmiştir (Şekil 2 ve 3).

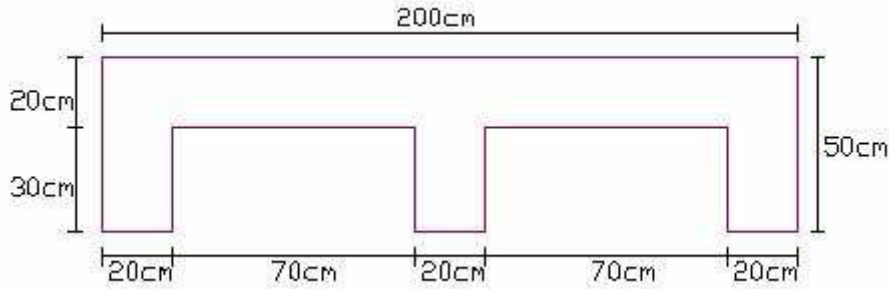


Şekil 2. Hem boyuna hem enine kirişli sistemin planı
(Figure 2. Plan of both longitudinal and transverse with beam system)



Şekil 3. Boyuna kirişli enine kirişsiz sistemin planı
(Figure 3. Plan of longitudinal with beam and transverse without beam system)

Yol genişliği şehir içi yol boyutlarına uygun olarak 11m olarak belirlenmiştir (Şekil 4) [3].



Şekil 4. Enine kesit
(Figure 4. Crosscut)

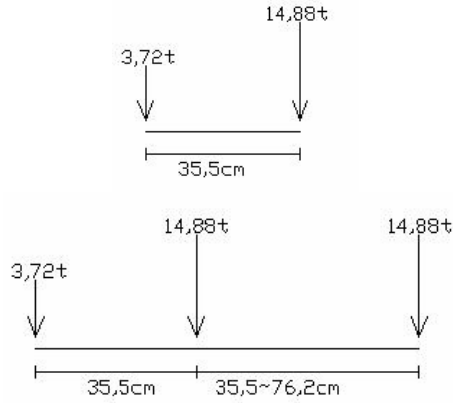
İlk olarak malzeme özellikleri belirlenmiştir. Kullanılacak beton kalitesi güvenli olması için C50 olarak saptanmıştır. C50 betonun malzeme özellikleri olan $E_s=365000$ MPa, $\nu=0.2$, $f_c'=3333$, $f_s=36500$, $f_{ys}=36500$ değerleri kullanılmıştır [4].

Öncelikle üst yapının boyuna kirişlerinin oluşturulmasıyla başlanmıştır. Kirişler "area" olarak iki boyutlu tanımlandıktan sonra "extrude" komutuyla üç boyutlu "solid" elemanlara dönüştürülmüştür [5]. Kirişler "mesh" komutuyla sonlu elemanlara ayrılmıştır. Daha sonra her bir kirişe öngerilme verebilmek için "tendon" ve öngerilme adıyla yük durumları tanımlanmıştır. Sonlu elemanlara ayrılan kirişlere iki ucu arasında 93 t'luk öngerilme kuvveti tanımlanmıştır [6].

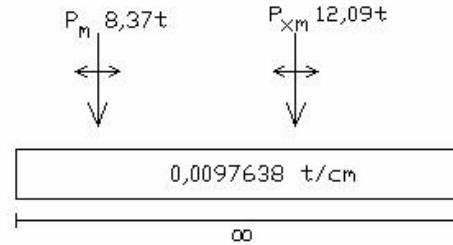
Üst yapının boyuna kirişlerinden sonra üst plağı yine "area-extrude" şeklinde tanımlanıp kirişlere uygun şekilde sonlu elemanlara ayrılmıştır.

Üst yapının oturacağı yerinde oluşturulacak U kesitli betonarme yapı oluşturulduktan sonra yine sonlu elemanlara bölünmüştür (mesh).

Sistem yol olarak kullanılacağı için araç yüklemesi yapılması gerekmektedir. En elverişsiz yük durumu olarak aşağıdaki yüklemeye seçilmiştir (Şekil 5 ve 6) [7].



Şekil 5. HS20-44 Araç tipi yükü (Kamyon) [7]
(Figure 5. HS20-44 Type of vehicle Load (Truck) [7])



Şekil 6. H20-44L ve HS20-44L Çizgi yükleri [7]
(Figure 6. H20-44L and HS20-44L Line loads [7])

Yapıya araç yüklemesi yapılmasında, öncelikle şeritlerin geçeceği hatlar belirlenmiştir. Bunun için yolun ortasına ağırlığı ve rijitliği ihmal edilebilir bir kiriş tanımlanmıştır. Daha sonra belirlenmiş araç tipleri ve bu şeritler üzerine yük olarak yüklenmiştir [8]. Analizde araç yüklemesi hareketli yük kategorisi olarak belirlenmiştir. Böylece sistem analize hazırlanmıştır.

4.2. Analiz Sonuçları (Analysis Results)

Sistem, yukarıda belirtildiği gibi iki tip olarak tasarlanıp analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda sistemlerin yüzey gerilmelerinin sonuçları incelenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Boyuna kirişli enine kirişsiz ve hem boyuna hem enine kirişli sistemin orta ve uç bölgelerindeki gerilme değerleri [9]
(Table 1. Stress values of longitudinal with beam and transverse without beam and both longitudinal and transverse with beam system in middle and end regions [9])

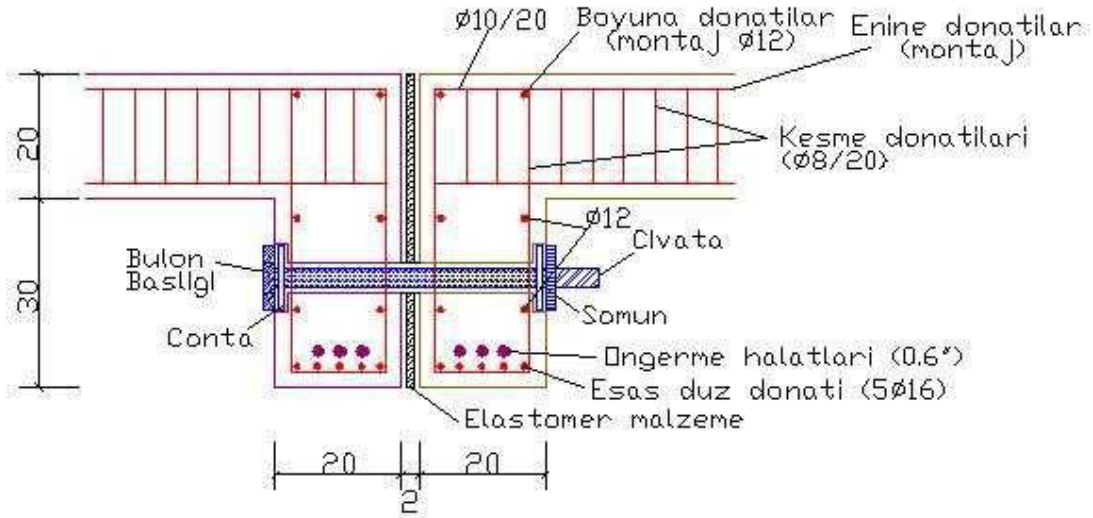
	Boyuna Kirişli Enine Kirişsiz				Hem Boyuna Hem Enine Kirişli			
	Plak		Kiriş		Plak		Kiriş	
	Ortada	Uçlarda	Ortada	Uçlarda	Ortada	Uçlarda	Ortada	Uçlarda
	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²
S11	-48	46	46	-48	-45	45	45	-45
	-32	37	32	-32	-30	30	30	-30
S12	-135	45	45	-180	-120	40	40	-120
	-91	90	90	-135	-80	80	80	-80
S13	0	0	0	0	0	0	0	0
S22	-40	45	45	-135	-40	40	40	-80
	0	90	90	-90	0	80	80	-40
S23	0	0	0	0	0	0	0	0
S33	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablodan da görüldüğü üzere uçlarda, mesnet bölgesine göre çok fazla olmamakla beraber daha büyük değerler meydana gelmektedir. Orta kısımda da gerilmeler yüksek olmakla beraber öngerilmenin etkisiyle aşırı olabilecek zorlanmalar önlenmiştir.

Kirişli sistem; özellikle orta kısımda kirişsiz sisteme göre daha az zorlanmaktadır. Bu fark yaklaşık %6 civarındadır. Bunun nedeni; enine kirişler bir ağ örgüsü oluşturarak yükü çok daha iyi karşılamasıdır. Ancak boyuna kirişli enine kirişsiz sistemle, hem boyuna hem enine kirişli sistem arasındaki gerilme farkı çok yüksek mertebelerde değildir.

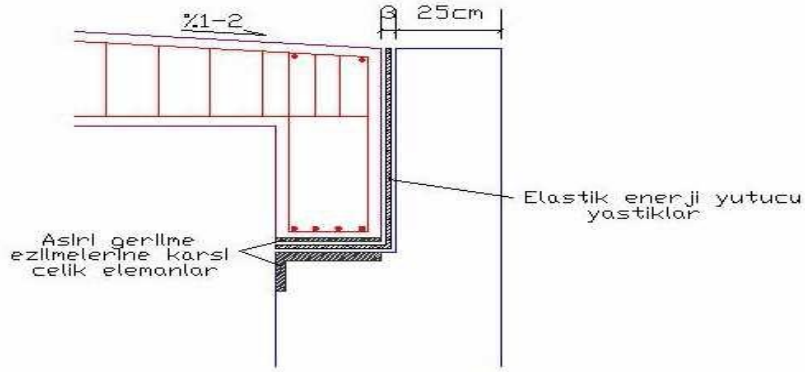
4.3. Önerilen Sistem Detayları (Details Proposed System)

Sistem detaylarında en çok üzerinde düşünülmesi gereken kısım iki plak arası birleşimdir. Çünkü projedeki amaçlardan biri de yapıdaki herhangi bir plakta bozulma olduğu zaman plağı diğer elemanlara zarar vermeden sistemden ayırıp yerine yenisini koymaktır. Bunun için yan yana gelen plakların komşu kirişleri bulonlarla birbirine bağlanmıştır. Araya elastomer malzeme konularak birleşim bölgelerine gelecek aşırı zorlanma ve ezilmeler önlenmiştir (Şekil 7) [10].



Şekil 7. İki plak arası birleşim detayı [11]'dan uyarlanarak]
(Figure 7. Between two plates of the connection (Adapted form from [11]))

Plağın yerinde hazırlanan U kesitli betonarme yapıya oturma detayı da oldukça önemlidir. Çünkü plağa yük geldikçe U kesitli betonarme yapıya oturduğu kısımlarda daha çok zorlanmalar, ezilmeler meydana gelmektedir. Bu tip yapılarda bu kısımlara zorlanmalar ve ezilmelere karşı çelik elemanlar kullanılır. Ancak bu durum; çelik levhaların araç hareketleri nedeniyle birbirine çarparak rahatsız edici ses çıkarma olasılığı nedeniyle, yolun konforunu olumsuz yönde etkileyebilecektir. Bunu önlemek için araya hem enerji hem ses yutucu elastomer mesnetler konulması uygun bulunmuştur (Şekil 8) [10].



Şekil 8. Plağın yerinde imal edilen u kesite oturma detayı ([11]'dan uyarlanarak)
(Figure 8. Over the products of the u section of the seating details of plate (Adapted form from [11]))

5. 2010 YILI İÇİN MALİYET HESABI (COST CALCULATION FOR 2010 YEAR)

Tablo 2. 2010 yılı için sistemin maliyet hesabı (100 m için)
(Table 2. Cost calculation of system for 2010 year (For 100 m))

	Miktar Hesabı	Malzeme Hesabı	Maliyet Hesabı	Toplam
Beton	0.58 m ² *12 m	Çimento=6.96 m ³ *0.6 t/m	4.18 t*183 TL	765 TL
		Agrega=6.96 m ³ *0.4	2,784 m ³ *45.50 TL/m ³	126.67 TL
Demir	3*5*12 m*1.21 kg/m	1.013 kg*1.10 (zayı olma payı) [12]	1.115 kg*1.02 TL/kg	1,136.32 TL
	3*6*12 m*0.888 kg/m			
	3*61 ad.*1.5*0.888 kg/m			
	61 ad.*4.5*0.617 kg/m			
	11 ad.*28 m*0.617 kg/m			
Çelik Halat (0.6")	3*3*12 m*1.1 kg/m	118.8*1.15 (zayı olma payı)	1.37*1136 €*2 TL	3,112.64 TL
Elastomer Mesnet	3*(7*2*0.3) dm ³ *2 ad.	25.2 dm ³	25.2 dm ³ *12.62 \$*1.5 TL	477.04 TL
İşçilik			2054*3.41 TL	7,004.14 TL
Montaj				505 TL
Nakliye (L=100 km için)			6.96 m ³ *2.5 t/m ³ *31.56 TL/t	549.15 TL
Giderler			2054*0.13 TL	267.02 TL
Plak Maliyeti		ARA TOPLAM*1.25 (Mütehitlik Karı)		17,428.73 TL
U Kesitli BetonarmeYapı				87,170.25 TL
			GENEL TOPLAM	104,598.9 8 TL

Yerinde imal edilecek U Kesitli betonarme yapının (100 m için) yaklaşık maliyeti hesaplanırken kum-çakıl ve kazı malzemesi birim hacim ağırlığının 2 t/m³ olup 50 km taşındığı, çimento ve hazır betonun 20 km'den ve demirin 500 km'den getirildiği varsayılmıştır.

Klasik yöntemle (asfalt) 100 m yapılacak yolun 2010 yılı maliyeti (50 yıllık bakım masrafları ile) ise; yaklaşık 276.360,43 TL'dir [13].

Bu sonuçlardan görüldüğü gibi bu sistemin yapılması ilk başta büyük bir maliyet gerektirmektedir. Ancak 50 yıllık bir ömür göz önüne alındığında; geleneksel yöntemde yapılan rutin bakım ve onarımlar için yapılan harcamalarla karşılaştırıldığında tasarlanan sistem maliyetini telafi edebilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Şehir içi yollarda; geleneksel yöntemle yapıldığında çeşitli sebeplerle ve bazen belli periyotlarla bazen de zorunlu olarak düzeltmeler, bakımlar ve değişiklikler yüzünden yol yapısına zarar verilmektedir. Bunun yerine daha kullanışlı, daha ekonomik, daha güvenli bir yol yapısı yapımı araştırılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı öneriler aşağıda özetlenmiştir.

6.1 Sonuçlar (Conslusions)

- Hem boyuna hem enine kirişli sistem, boyuna kirişli enine kirişsiz sisteme göre daha az zorlanmaktadır. Ancak boyuna kirişli enine kirişsiz sistem de kabul edilebilir değerler sunmaktadır. Bununla beraber hem boyuna hem enine kirişli sistem, boyuna kirişli enine kirişsiz sistemden daha fazla kiriş elemanı içerdiği için maliyeti daha yüksektir. Özellikle yol trafik kapasitesi düşük olan şehir içi yollarda boyuna kirişli-enine kirişsiz sistem en uygun sistem olarak belirlenmiştir.
- Plağın, betonarme U kesite oturduğu yerlerde kullanım yüklerinden dolayı ezilmeler meydana gelmektedir. Bu ezilmeleri önlemek için çelik levhalar kullanmak gereklidir.
- Yüksek elastik özelliğe sahip elemanların kullanılması ile uç kısımlarda ezilme, titreşim ve gürültü kirliliği oluşmayacak bir yol üst yapısı üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Önerilen sistemin yapılması, ilk yatırım maliyeti yüksek olmakla birlikte, kullanım ömrü dikkate alındığında oldukça ekonomik hale gelmektedir.
- Önerilen sistem, alt yapı sistemlerini yol üst yapısından bağımsız hale getirmektedir. Böylece, yer altındaki şebekelerinin düzeltme ve iyileştirme çalışmaları sırasında, yol trafiğe kapanmadan ve yol yapısı zarar görmeden yapılabilmesi hedefi gerçekleştirilmiştir. U Kesitin yüksekliğinin artırılması yoluyla şehir içi otopark sorununun çözümünde alternatif bir seçenek sunulmaktadır.
- Yolda her türlü nedenle yapılacak kazılar yüzünden düzgün olmayan asfalt tabakaları yapmaya gerek kalmayacaktır. Böylece yolun uzun süreli ve sürekli olarak güvenli ve estetik olması sağlanmış olacaktır.
- Yol yapısında meydana gelecek herhangi bir bozulmada hasarlı plak, birleşim yerindeki bulonlardan ayrılarak yerine aynı özellikte ve yapıda olan yenisini koymaya imkan verilmiş olacaktır. Böylece yollarda beton malzeme kullanılmasının, trafiğin kesintiye uğraması ve hemen kullanıma açılmama gibi olumsuz yönleri kısmen ortadan kalkacaktır.

6.2. Tartışma ve Öneriler (Discussion and Recommendations)

- Hiçbir sorun beklenmeyecek nitelikte bir eleman üretimi yapılabilmesi için daha ayrıntılı ve deneysel çalışmayla desteklenen çalışmalar gereklidir. Özellikle tamamen kirişsiz sistemle ilgili detaylı bir araştırma ve birleşim detayları konusunda uygun çözümler aranabilir.

- Kullanılabilir plak üretimi için deneme yolu üzerinde incelenmesi gereklidir.
- Yer altı şebekesi bakım ve iyileştirmeleri yüzünden yol yapısının zarar görmesini engellemek hem zaman hem güvenlik hem de maliyet açısından gereklidir.
- Yol yapısıyla yer altı şebekelerinin arasındaki galeri boşluğundan faydalanarak alt kısım otopark olarak kullanılabilir. Böylece ekonomik açıdan da kazanç sağlanabilir.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma 19 Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Özden, K., Trupia, A.T., Eren, İ. ve Öztürk, T., (1998). Öngerilmeli Beton, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
2. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2010 yılı Birim Fiyat Listesi, Ankara
3. Karayolları Geometrik Standartları, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara
4. TS 498/Kasım 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
5. Özmen, G., Onakdoğan, E. ve Darılmaz, K., Örneklerle SAP2000, İstanbul
6. SAP2000, v10, (2006), Computer and Structure Inc, Example I Öngerilmeli Betonarme Kiriş, ABD
7. SAP2000, v10, (2006), Bridge Analysis Standart Vehicle Data Form, Computer and Structure Inc, ABD
8. SAP2000, v10, (2006), Computer and Structure Inc, Example R Hareketli Yük Katarlı Köprü, ABD
9. Yanık, S., Betonarme U Kesitli Sistemde Monte Edilecek Kirişli ve Kirişsiz Öngerilmeli Prefabrik Eleman Tasarımı, OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Samsun
10. FKK Güney Oto Lastik Takoz Sanayi ve Ticaret A.S., 2006, Elastomer Köprü Mesnetleri Broşürü, Samsun
11. Birinci, F., (2006). Yerinde İmal Edilecek U Kesit Üzerine Öngerilmeli Hazır Plaklar Konularak İmal Edilecek Betonarme Çok Amaçlı Şehir İçi Yol Yapımı, OMÜ MF-043 Araştırma Projesi Raporu, Samsun
12. Ersoy, U., Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara
13. Karayolları Genel Müdürlüğü Stratejik Planlama Şubesi Müdürlüğü, Karayolları Planlama Bilgileri, Ankara