ABS YAPI ELEMANLARI SAN. TİC. LTD. ŞTİ.

Tarafından Geliştirilen "ABS Kör Kalıp Plus Sistemi"ne Ait

PLASTİK KÖR KALIPLAR HAKKINDA

T E K N İ K R A P O R

Bu rapor İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği uyarınca hazırlanmıştır.

Hazırlayanlar:

Doç.Dr. Beyza TAŞKIN **Dr.Öğr.Üyesi Burcu GÜNEŞ**

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Betonarme Yapılar ve Yapı Statiği Çalışma Grupları Öğretim Üyeleri

Haziran 2018

Sn. **ABS Yapı Elemanları San.Tic.LTD.Şti.**'nin Bilgilerine

İlgi: 18.05.2018 tarihli ve 409861 kayıt numaralı başvurunuz.

1. KONU

ABS Yapı Elemanları San.Tic.LTD.Şti, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Dekanlığı'na müracaat ederek, geliştirmiş oldukları *"ABS Kör Kalıp Plus Sistemi"*ne ait plastik kör kalıpların uygulamadaki kapasite ve davranışlarını değerlendiren teknik bir raporun düzenlenmesini talep etmiştir.

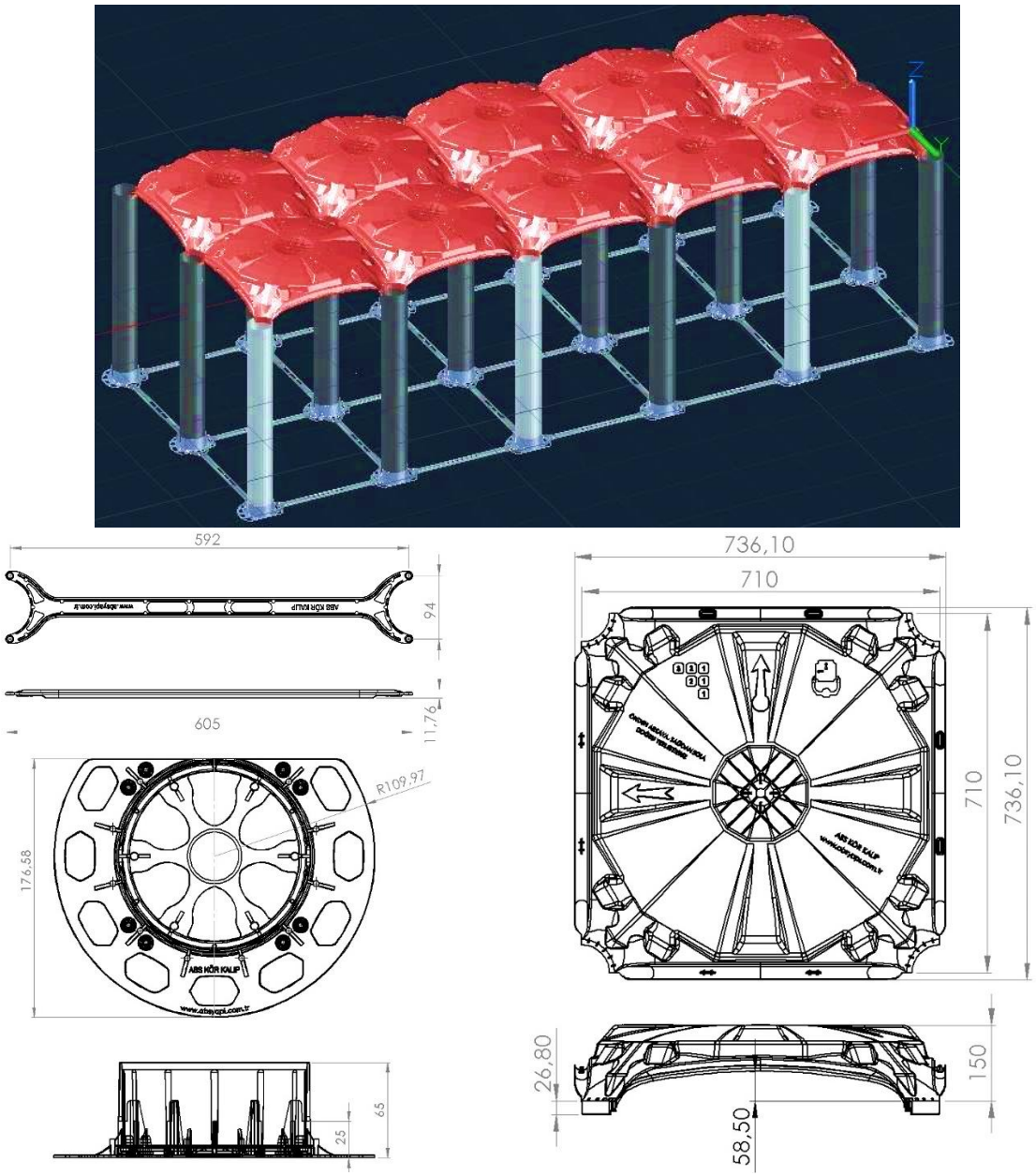
Bu rapor, İTÜ İnşaat Fakültesi Dekanlığı'nın **18.05.2018** tarih ve **409861** nolu onayı doğrultusunda tarafımıza sunulan dokümanlar dikkate alınarak hazırlanmıştır.

2. PLASTİK KÖR KALIBIN ÖZELLİKLERİ

Tek sefer kullanım özelliğine sahip yerli üretim ABS Kör Kalıp Plus Sistemi Şekil 1'de verilen ana parçalardan ibaret olup, yükseltilmiş döşemeler; rampalar; basamaklı yüzeyler; yeraltı depolama tankları; erişilebilir özellikli galeriler ve havalandırma boşlukları benzeri sistemlerin inşasında kullanılmaktadır. Şekilde görüldüğü üzere sistemde eksenler polivinil klorür (PVC) malzemeden üretilen tüp *(daire enkesitli)* şeklindeki düşey taşıyıcıların *(kolon)* kılavuzlar üzerinde sabitlenmesi ile oluşturulmakta ve her dört kolon üzerine ise ¼ daire çevresini kaplayacak şekilde polipropilen (PP) malzemeden üretilen plastik kör kalıp kubbesi mesnetlendirilmektedir.

Plastik kör kalıp planda boyutları 710mm×710mm; yüksekliği ise 150mm olan kubbe türü ve sistemin ana unsuru olan parçasıdır. Kemerli yapısı ve kare geometrisi sayesinde kalıp üzerinde teşkil edilecek döşeme yüklerinin dengeli ve simetrik bir şekilde kolonlara aktarmaktadır. 125mm standart çapa sahip kolonlar üzerine her bir kubbe ¼ çember uzunluğunda oturmakta ve dolayısıyla her bir kolonun üst ucunda dört adet kubbe mesnetlenmektedir. Kubbenin geometrisi gereği mesnet bölgesi ve civarında *"kolon başlığı"* oluşmakta ve bu durum özellikle zımbalama yüklerinin karşılanmasında önemli katkı sağlamaktadır. Standart kılavuz uygulaması ile kolonların ve buna bağlı olarak her iki doğrultuda sistem genelinin eksenlerden sapma olasılığının önüne geçilmektedir.

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587



Şekil 1: ABS Kör Kalıp Plus Sistemi'ne ait elemanlar: 3D görünüm (üst); kılavuz ve taban (sol); kubbe plan ve kesiti (sağ)

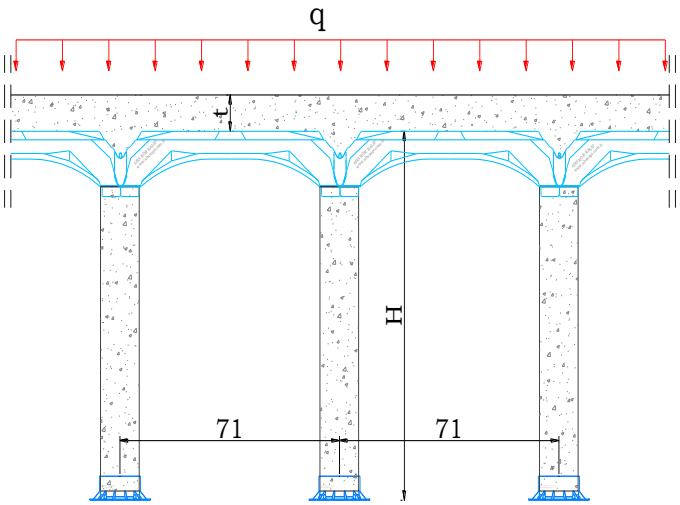
ABS Kör Kalıp Plus Sistemi, uygulanacağı yere bağlı olarak önceden dökülen grobeton, radye plağı vb. üzerine öncelikle taban ve kılavuzların monte edilmesi ve bu kılavuzların üzerlerine kolonları oluşturacak plastik tüplerin montajı ile başlamaktadır. Plastik tüpler, yukarıda da ifade edildiği üzere **125mm** sabit çapa sahiptir. Boyları ise uygulamadaki ihtiyaca göre şantiye ortamında kesilerek ayarlanabilmektedir. Standart üretilmiş hali ise 3000mm dir. Tüplerin montajı sonrası kubbeler de yerleştirilmek suretiyle sistemin kurulumu tamamlanmaktadır. Sonrasında ise uygulanacak döşeme kalınlığına; hareketli yüklere ve sistem yüksekliğine bağlı olarak hesaplanan donatılar yerleştirilmekte ve beton dökümüne hazır hale gelinmektedir.

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

3. PARAMETRİK ANALİZLER

ABS Kör Kalıp Plus Sistemi'nin düşey yükler etkisinde yapısal davranışını ve kapasite gereksinimlerini tespit etmek amacıyla bir dizi parametrik çözümleme yapılmıştır. Çözümlemelerde sistemin grobeton veya radye plağı üzerinde zemine oturtulması sonucu oluşacak ilave zemin gerilmeleri ile deprem yükleri etkisindeki davranış dikkate alınmamış; esas olarak belirli yükseklik, döşeme kalınlığı, hareketli yük miktarı ve donatı yerleşimi konfigürasyonları için tasarım ve güvenlik durumunu yansıtan kullanıcı yol haritası oluşturulmaya çalışılmıştır.

ABS Kör Kalıp Plus Sistemi'ne ait irdelenen konfigürasyonlar Şekil 2'de şematik olarak gösterilmekte olup, ele alınan sayısal değerler de ayrıca özetlenmektedir.



H *(cm)*	**t** *(cm)*	**q** *(kN/m²)*
50 100 150 200	5 10 15	5 10 20 50 H20-S16*
Donatı	***Donatı***	
- ϕ8 2ϕ8 ϕ10 2ϕ10	Q188/188 Q335/335	2×Q188/188 2×Q335/335

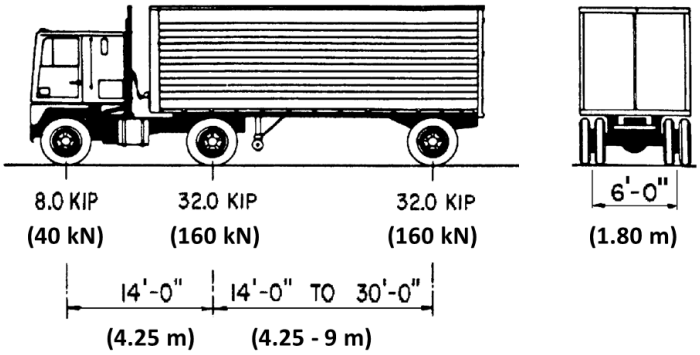
* H20-S16-44 kamyon tasarım yükü için ön aks 40 kN; orta ve arka akslar için 160 kN değerleri öngörülmüştür, **(Şekil 3)**. Aks ağırlıklarının %25'i düzeyinde frenleme kuvveti dikkate alınmıştır.

Şekil 2: Sistem alternatifleri ve parametrelere ait sayısal değerler

Ön tekerlek temas alanı = 25×25 cm²

Arka tekerlekler temas alanı = 50×25 cm²

Dinamik etkileri dikkate almak adına statik yükler %33 arttırılmıştır

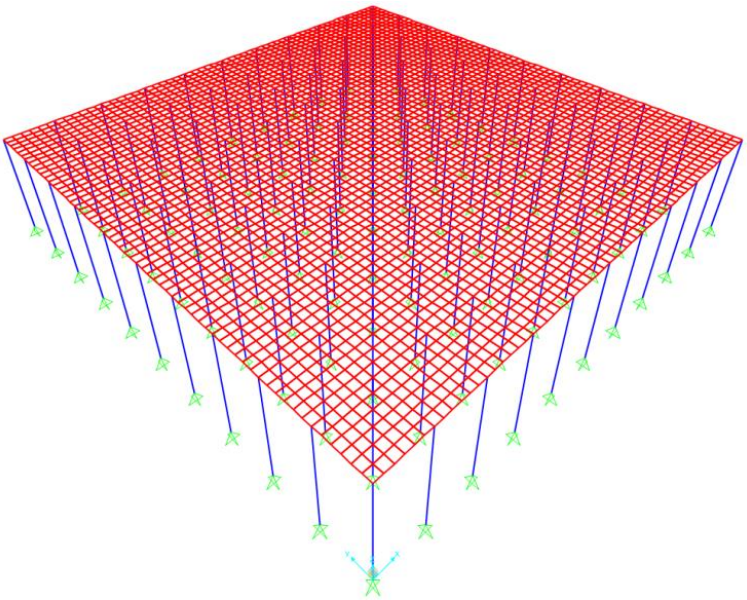


Şekil 3: Kamyon tasarım yükleri

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

3-a. Yapısal Modelleme

ABS Kör Kalıp Plus Sistemi ile düzenlenecek farklı konfigürasyona sahip sistemlerin düşey yükler etkisindeki davranışlarını belirleyebilmek amacıyla SAP2000 bilgisayar programı kullanılarak her iki plan doğrultusunda 10ar üniteden oluşan toplamda **7.1m×7.1m** ölçülerinde bir döşeme sistemi oluşturulmuştur. **C25** ve **C30** beton sınıfları için ayrı ayrı oluşturulan modellerde, Şekil 2'de verilen farklı yapısal parametreler de dikkate alınmak suretiyle toplam 375 model hazırlanmıştır. Şekil 4, örnek olması bakımından *C25* beton sınıfı ile hazırlanmış *H=150cm* sistem yüksekliği ve *t=10cm* döşeme kalınlığı için oluşturulan 3D analitik modeli göstermektedir. Sistemde kolonlar kılavuzlar üzerine serbestçe oturduğu için alt uçları mafsallı mesnet olarak tanımlanmış, her bir serbest döşeme gözü 6×6 sonlu elemana bölünmüştür.



Şekil 4: ABS Kör Kalıp Plus Sistemi SAP2000 bilgisayar programı analitik model örneği

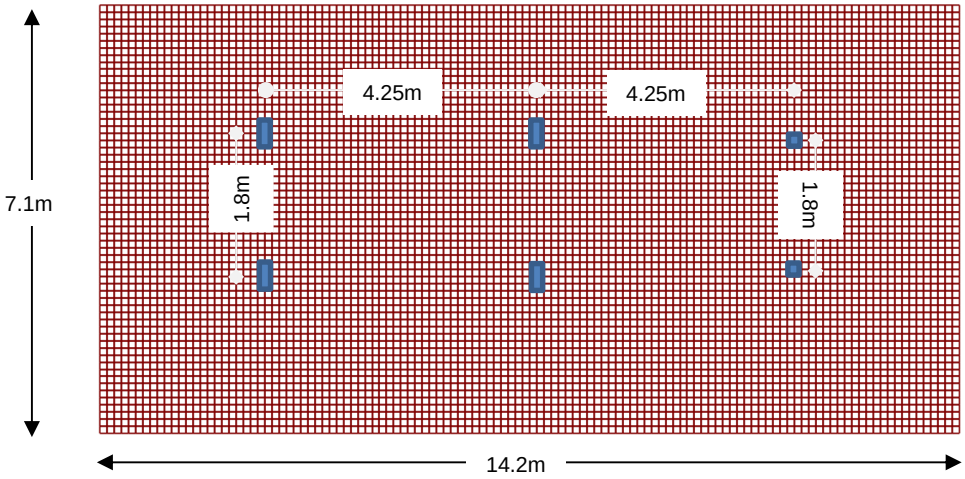
Sistemde sabit enkesit ölçülerine sahip ∅125mm çaplı kolonlar için birim boy ağırlığı, betonarme birim hacim ağırlığı γ_c**=25 kN/m³** alınmak suretiyle **0.307 kN/m/adet** hesaplanmaktadır. Dolayısıyla 50cm; 100cm; 150cm ve 200cm sistem yüksekliği için tek bir kolonun ağırlığı sırasıyla 0.153 kN; 0.307 kN; 0.460 kN ve 0.614 kN olmaktadır. Sistem geometrisinden yola çıkılarak kubbelerin arasında oluşan kemerler ile kolon üzerinde oluşan başlıkların zati ağırlıkları ise ≈**1.70 kN/m²** değerinde hesaplanmıştır. Bu standart yüklere 5cm döşeme kalınlığı için 1.25 kN/m²; 10cm döşeme kalınlığı için 2.50 kN/m² ve 15cm döşeme kalınlığı için 3.75 kN/m²; zati ağırlıklar eklenmek suretiyle, farklı döşeme kalınlıkları için sistem üzerine etkiyen sabit yükler *(g)* elde

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

edilmektedir. Yine Şekil 2'de verilen farklı hareketli yükler *(q)* göz önünde bulundurularak, toplam hesap yükü *(p)*, TS-500 esaslarınca aşağıdaki yük birleştirme kuralı dikkate alınarak hesaplanmıştır:

$$\mathbf{p = 1.4 \times g + 1.6 \times q}$$

Hareketli yükler arasından kamyon yüküne ait etkinin değerlendirilebilmesi amacıyla, kamyonu içine alacak boyutlarda daha uzun bir sistem ayrıca modellenmiş olup, oluşturulan bilgisayar modeli Şekil 5'de verilmektedir.



Şekil 5: Kamyon etkilerini incelemek amacıyla oluşturulan analitik model

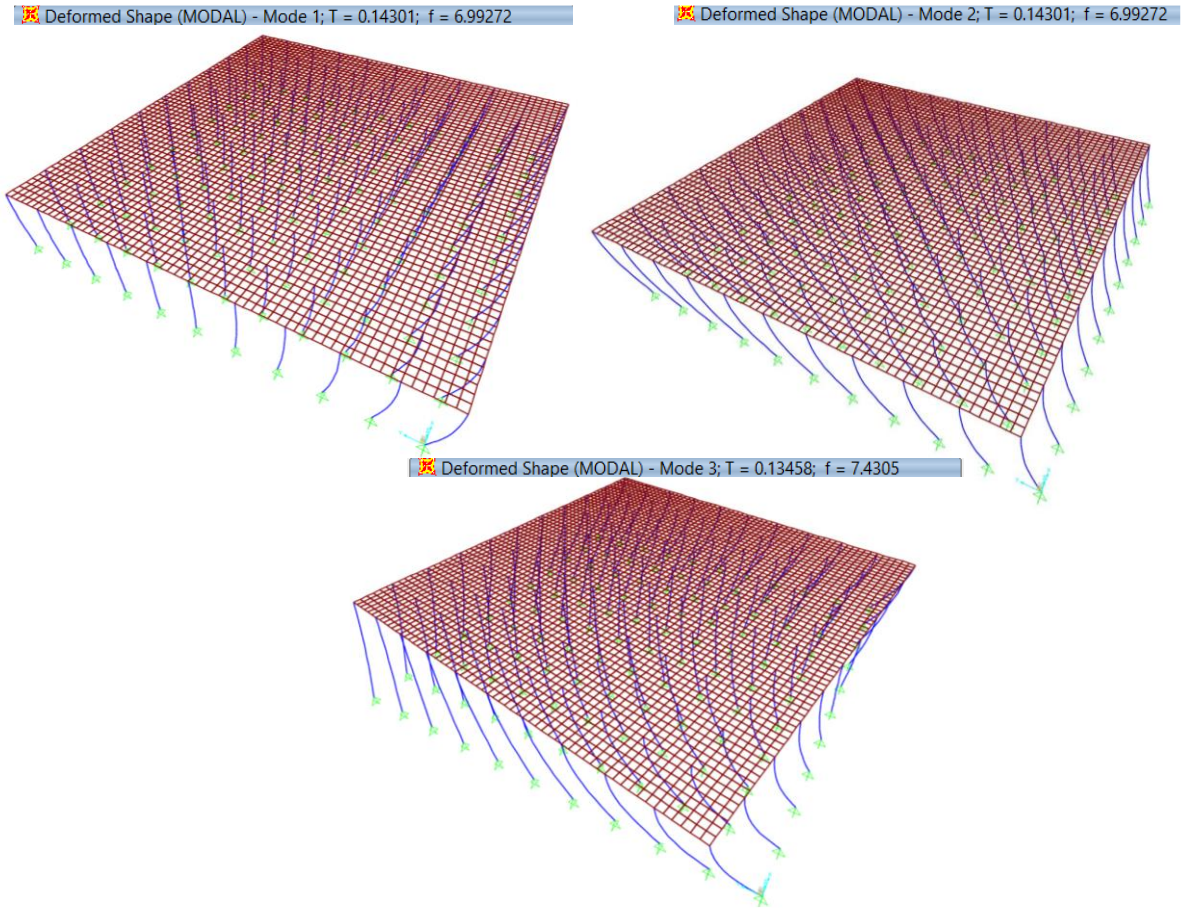
3-b. Yapısal Çözümlemeler

İlk aşamada her bir konfigürasyon için döşeme üzerinde ilave olarak etkiyecek hareketli yükler dikkate alınmadan kendi öz kütlesi ile sistemin modal analizi yapılarak ilk üç titreşim modu incelenmiştir. Sistemin simetrik olması nedeniyle T_{1x}, ve T_{2y} periyotları birbirleri ile eşit süreye sahip ilk iki sıradaki ötelenme periyotları; $T_{3\theta}$ ise burulma moduna ait üçüncü periyot olmak kaydıyla her bir konfigürasyon için hesaplanan periyotlar Tablo 1'de; C25 betonu, H=150cm yükseklik ve t=10cm döşeme kalınlığı için ele alınan örnek model modal davranış görselleri ise Şekil 6'da verilmektedir.

Tablo 1: Analitik Modellere Ait İlk Üç Titreşim Periyodu

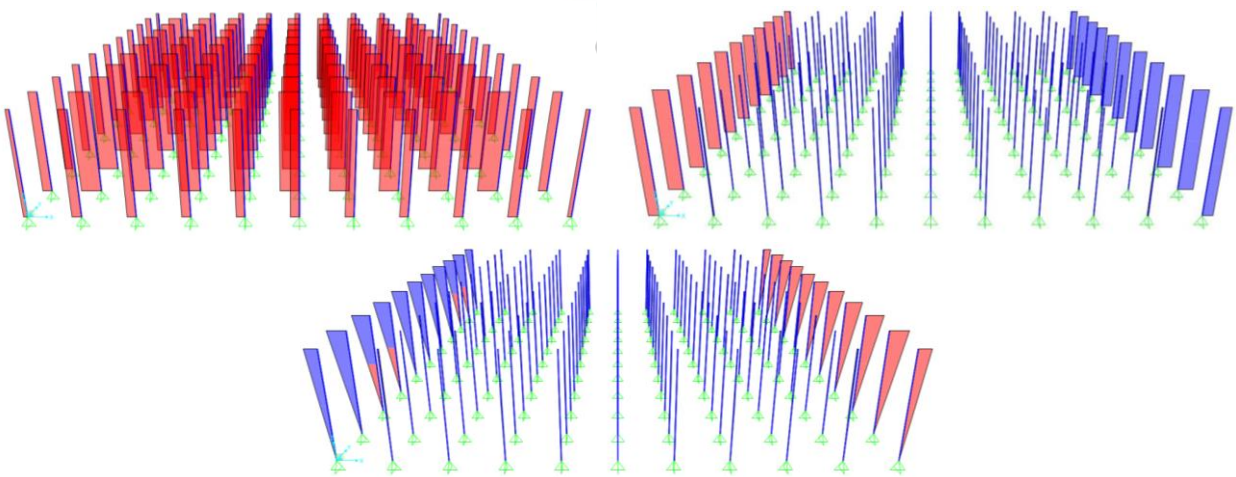
	C25 Betonu											
	H=50cm			H=100cm			H=150cm			H=200cm		
	t=5cm	t=10cm	t=15cm	t=5cm	t=10cm	t=15cm	t=5cm	t=10cm	t=15cm	t=5cm	t=10cm	t=15cm
T_1, T_2 (s)	0.033	0.029	0.032	0.081	0.078	0.088	0.141	0.143	0.164	0.214	0.223	0.256
T_3 (s)	0.033	0.027	0.029	0.080	0.073	0.082	0.140	0.135	0.152	0.212	0.210	0.238
	C30 Betonu											
T_1, T_2 (s)	0.033	0.028	0.032	0.079	0.077	0.088	0.139	0.143	0.164	0.212	0.223	0.256
T_3 (s)	0.033	0.027	0.029	0.078	0.073	0.082	0.137	0.134	0.152	0.209	0.210	0.238

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587



Şekil 6: Örnek sisteme ait ilk üç mod şekli

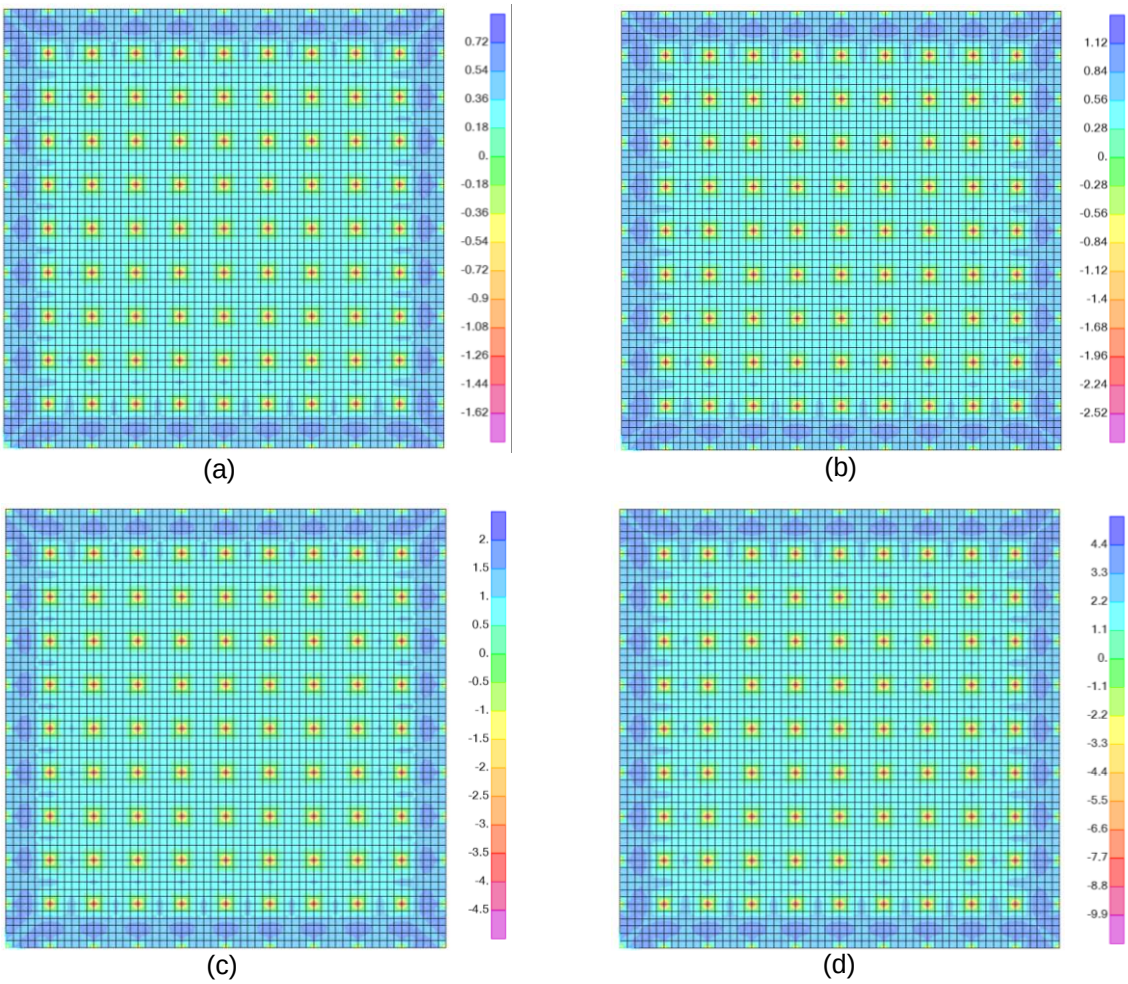
Analizlerin ikinci aşamasında yükseltilmiş döşemelerin üzerine düzgün yayılı hareketli yüklerin etkimesi sonucu döşemelerde ve kolonlarda oluşan iç kuvvetler, hesap yükleri göz önünde bulundurularak her bir konfigürasyon için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Şekil 7'de örnek sistem üzerinde **q=20 kN/m²**'lik bir hareketli yük olması durumuna ait kolon iç kuvvetleri verilmiştir.



Şekil 7: p=37.88 kN/m² hesap yükü etkisinde örnek sistem kolonlarının iç kuvvetleri: eksenel kuvvet $\mathbf{N_d}$ (üst-sol), kesme kuvveti $\mathbf{V_d}$ (üst-sağ) ve eğilme momenti $\mathbf{M_d}$ (alt)

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

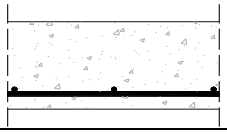
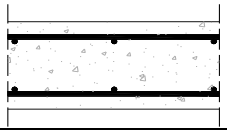
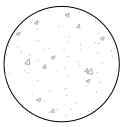
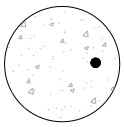
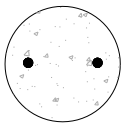
Aynı örnek sistemin q=5 kN/m² (a); q=10 kN/m² (b); q=20 kN/m² (c) ve q=50 kN/m² (d) hareketli yükler etkisinde döşemelerinde oluşan eğilme momentlerinin değişimleri ise Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 8: Örnek sistem döşemelerinin farklı hareketli yükler etkisinde eğilme momentleri

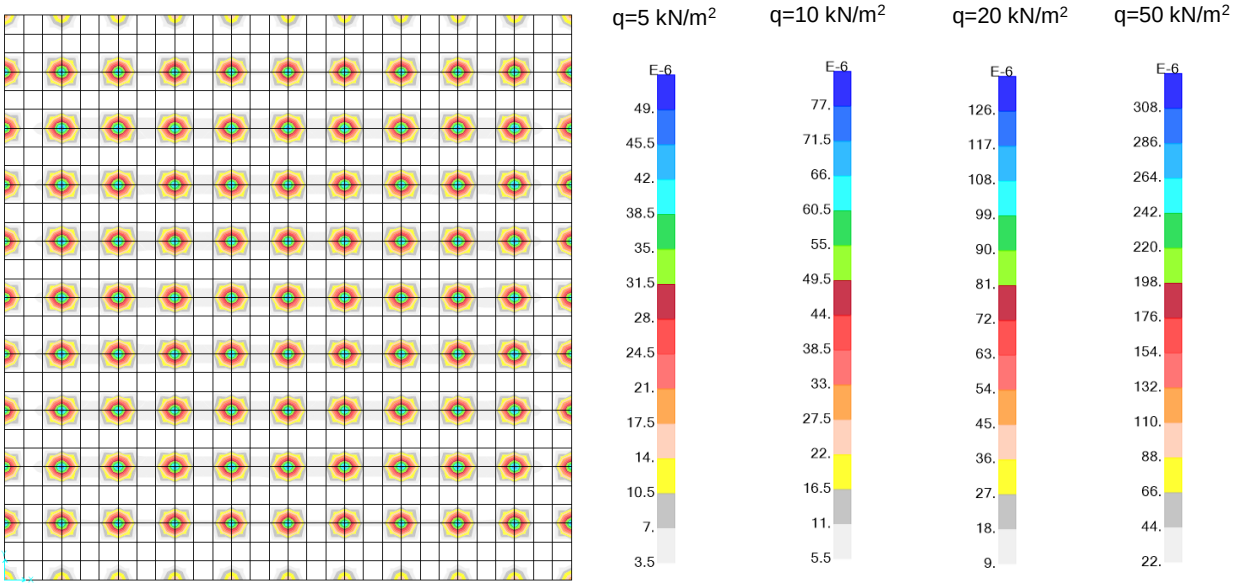
Tüm alternatif sistemler için benzer analizler tamamlandıktan sonra betonarme kesit tasarımına geçilmiştir. Eleman bazında uygulamada kullanılması öngörülen alternatif donatılar ve yerleşimleri Tablo 2'de özetlenmektedir.

Tablo 2: Sistemde Sıklıkla Uygulaması Öngörülen Donatı Alternatifleri

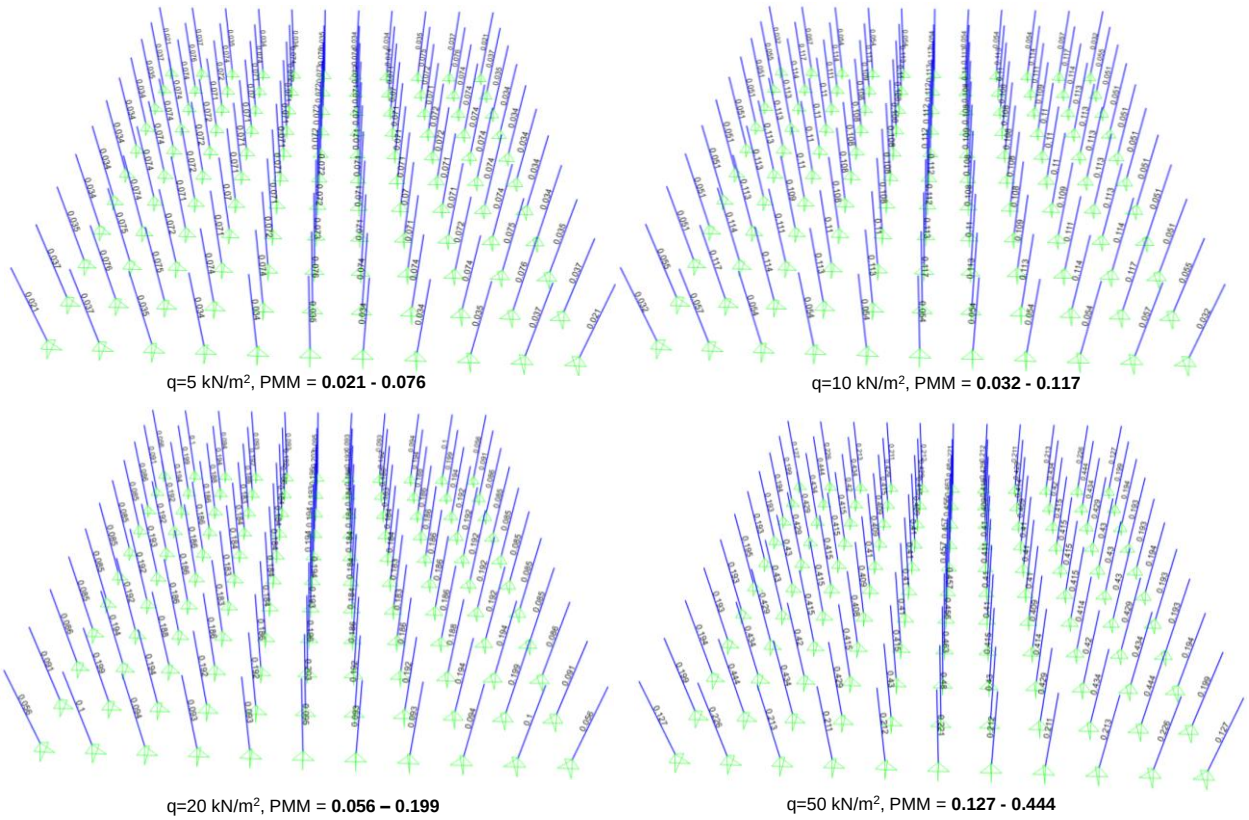
Döşeme			
	Q188/188 veya **Q335/335**	**2×Q188/188** veya **2×Q335/335**	
Kolon			
	Donatısız	**ϕ8** veya **ϕ10**	**2ϕ8** veya **2ϕ10**

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

Tablo 1'de verilen sistem konfigürasyonları ile Tablo 2'de özetlenen farklı donatı düzenleri için yapısal çözümlemeler ve elemanların kapasiteleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yukarıda örnek olarak ele alınan sistem boyutları için döşemelere gereken donatı alanları **q=5~50 kN/m²** hareketli yük düzeyleri için Şekil 9'da; kolonlarda **2ϕ10** donatı bulunması kabulüyle taşıma kapasitesi oranları ise Şekil 10'da gösterilmektedir.



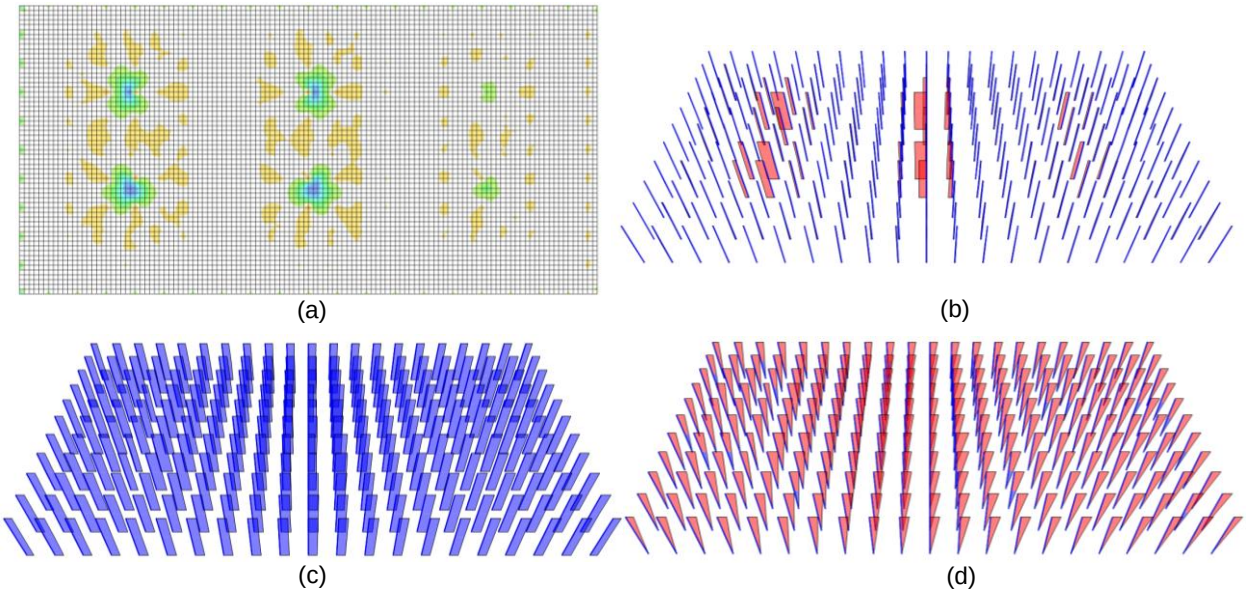
Şekil 9: Örnek sistem için farklı hareketli yükler altında gereken donatı alanları (mm²)



Şekil 10: Örnek sistem için farklı hareketli yükler etkisinde kolon kapasite oranları

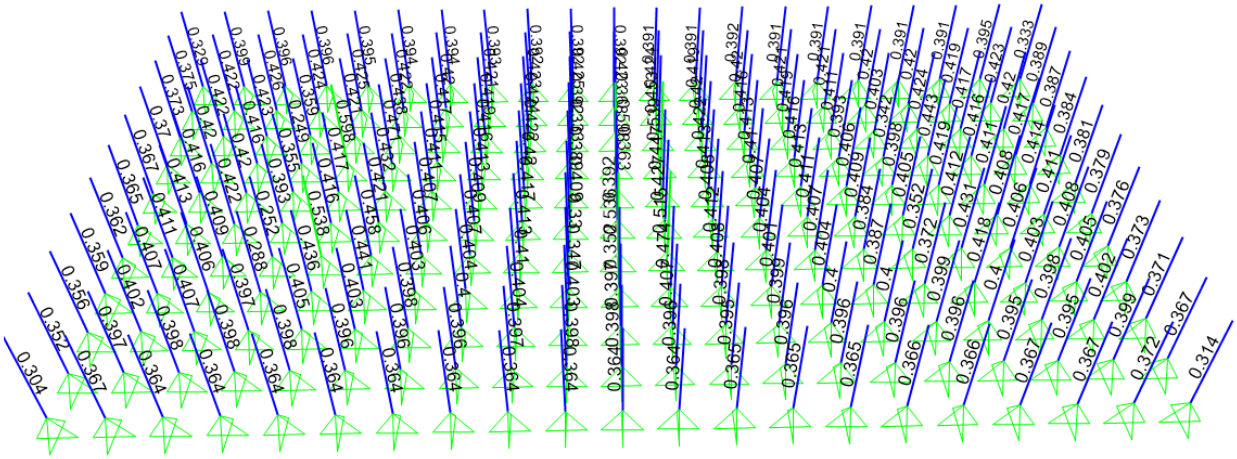
İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

Tüm sistem konfigürasyonları ve alternatif donatı düzenleri için benzer analizler yinelendikten sonra kamyon yüklemesi için oluşturulan model kullanılarak çözümlemeler yapılmıştır. Şekil 5'deki analitik modelde görülen sistem üzerinde *p* hesap yükleri etkisinde oluşan döşeme en büyük eğilme momentleri (a); kolon eksenel kuvvetleri (b); kesme kuvvetleri (c) ve eğilme momentleri (d) Şekil 11'de sunulmaktadır.



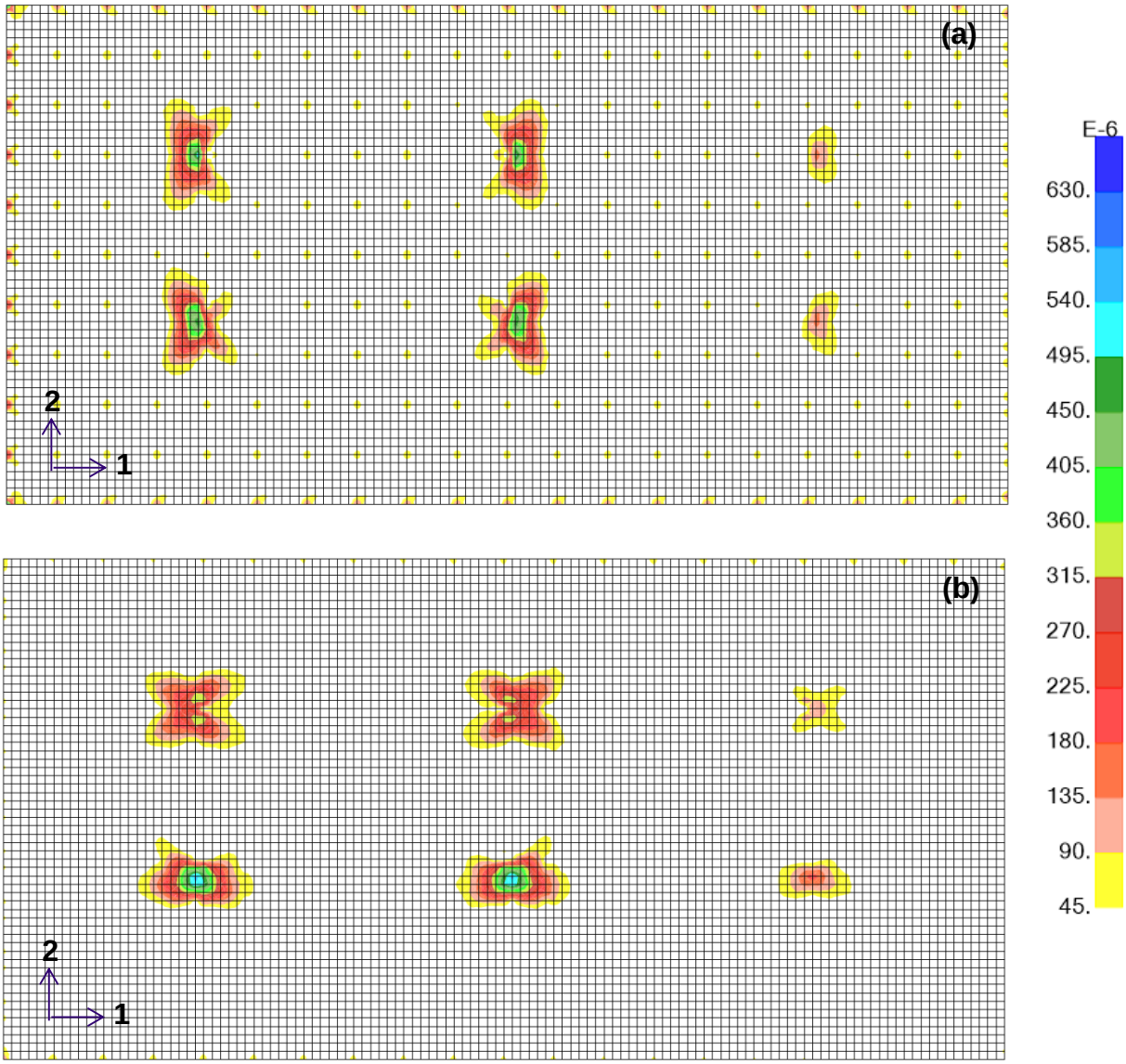
Şekil 11: Kamyon yükü etkisinde hesaplanan örnek sistem iç kuvvetleri

Her bir sistem konfigürasyonu için hareketli kamyon yükünün dikkate alınması sonucunda sisteme ait döşemelere ve kolonlara gereken donatılar tespit edilmiştir. Şekil 12 örnek sistemin iki doğrultuda bileşik eğilmeye maruz kalan kolonlarında 2ϕ10 donatı kullanılması durumuna ait kapasite oranlarını; Şekil 13 ise örnek sistem döşemeleri için 1-1 (a) ve 2-2 (b) eksenleri doğrultusunda gereken donatı alanlarını göstermektedir.



Şekil 12: Kamyon yükü altında 2ϕ10 donatılı kolonların kapasite oranları (eğik eğilme)

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587



Şekil 13: Kamyon yükü altında döşemelere her iki doğrultu için gereken donatı alanları

3-c. Yönetmelik Esaslarınca Yapısal Tasarım

Alternatif sistem uygulamaları için TS-500 gereği minimum ve maksimum çekme donatısı miktarları ile uygulamada sıklıkla kullanılan donatıların ne kadar bir iç kuvvet taşıdıkları incelenmiştir. Donatı alternatiflerinde esas olarak Tablo 2'de özetlenen donatı düzeninin yanı sıra, yüksek hareketli yükler ve sistem kurulum yüksekliği durumunda kullanılması gereken daha kalın çaplı Q377/377 ve Q524/524 hasır donatı uygulanması hususu da ayrıca ele alınmıştır. Döşemelerde pas payı kalınlığı d'=15mm alınmıştır. Tablo 3 ABS Kör Kalıp Plus Sistemi ile oluşturulan döşemelere ait bulguları ve **sistem yüksekliği *H*'dan bağımsız olarak** taşınabilecek en büyük ilave yük değerlerini; Tablo 4 ise sisteme ait kolonların kapasitelerini değerlendirmektedir.

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

Tablo 3: Döşemelerin Tasarım Alternatifleri ve Kapasiteleri

		DÖŞEME ÖZELLİKLERİ					
		t=5cm		t=10cm		t=15cm	
		C25	C30	C25	C30	C25	C30
mm^2/m	$A_{s,x} \cong A_{s,y}$ (min)	61.25	61.25	148.75	148.75	236.25	236.25
	$A_{s,x} \cong A_{s,y}$ (max)	444.44	523.16	1079.42	1270.57	1714.39	2017.97
Taşınabilecek Moment M_r (kNm/m)	Q188/188	2.63	2.66	6.71	6.75	$<A_{smin}$	$<A_{smin}$
	2×Q188/188	--*	--*	7.06	7.24	$<A_{smin}$	$<A_{smin}$
	Q335/335	4.35	4.47	11.63	11.76	18.91	19.04
	2×Q335/335	--*	--*	11.71	11.94	18.99	19.22
	Q377/377	4.79	4.95	12.98	13.14	21.18	21.34
	2×Q377/377	--*	--*	13.01	13.26	21.21	21.45
	Q524/524	$>A_{smax}$	$>A_{smax}$	17.53	17.84	28.92	29.23
	2×Q524/524	--*	--*	17.54	17.82	28.93	29.21
İzin Verilen İlave Yük Q_{max} (kN/m^2)	Q188/188	29.0	29.4	79.6	80.1	--	--
	2×Q188/188	--	--	83.9	86.2	--	--
	Q335/335	50.4	51.8	140.6	142.2	230.8	232.5
	2×Q335/335	--	--	141.6	144.4	231.9	234.7
	Q377/377	55.8	57.8	157.3	159.3	259.0	261.0
	2×Q377/377	--	--	157.7	160.8	259.4	262.4
	Q524/524	--	--	213.8	217.6	354.9	358.8
	2×Q524/524	--	--	213.9	217.3	355.1	358.6

t=5cm kalınlıklı döşemede çift sıra donatı kullanılması uygun değildir.

Tablo 4: Kolonlarda Donatı Alternatifleri ve Salt Eksenel Yük Taşıma Kapasiteleri

		C25				C30			
		N_r (kN)*	Q_{max} (kN/m^2)			N_r (kN)*	Q_{max} (kN/m^2)		
			t=5cm	t=10cm	t=15cm		t=5cm	t=10cm	t=15cm
H=50cm	Donatısız	177.33				208.62			
	ϕ8	184.08	98	98	102	220.89	98	98	102
	2×ϕ8	184.08	104	104	108	220.89	104	104	108
	ϕ10	184.08	98	98	102	220.89	98	98	102
	2×ϕ10	184.08	106	106	110	220.89	106	106	110
H=100cm	ϕ8	184.08	96	98	98	220.89	96	98	98
	2×ϕ8	184.08	100	102	104	220.89	100	102	104
	ϕ10	184.08	96	98	98	220.89	96	98	98
	2×ϕ10	184.08	102	104	104	220.89	102	104	104
H=150cm	ϕ8	184.08	86	86	86	220.89	86	86	86
	2×ϕ8	184.08	90	92	92	220.89	90	92	92
	ϕ10	184.08	86	86	86	220.89	86	86	86
	2×ϕ10	184.08	90	92	92	220.89	90	92	92
H=200cm	ϕ8	184.08	76	76	76	220.89	76	76	76
	2×ϕ8	184.08	78	78	76	220.89	78	78	76
	ϕ10	184.08	76	76	76	220.89	76	76	76
	2×ϕ10	184.08	78	78	76	220.89	78	78	76

Eksenel yük sınırı gevrek göçmeyi engellemek amacıyla TS-500'de verilen $0.60f_{ck}$ ile sınırlandırılmıştır.

Tablolardan anlaşılabileceği üzere beton sınıfının C25 veya C30 olması, döşemelerde eğilme momenti kapasitelerini ihmal edilecek düzeyde etkilemektedir. Kolonların taşıma kapasitelerinde ise gevrek göçmeyi engellemek adına uygulanan üst sınır dolayısıyla

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. **t=5cm** kalınlıklı döşeme uygulanması durumunda sistemin taşıyabileceği yükleri belirleyen döşemelerdeki eğilme etkisi ve uygulanan donatı; **t=10cm** kalınlıklı döşeme durumunda hem döşeme, hem de sistem yüksekliği ve kolon donatıları; **t=15cm** döşeme kalınlığı alternatifinde ise belirleyici olan parametrenin sistem yüksekliği ve kolon donatıları olduğu anlaşılmaktadır.

Döşemeler ve kolonların birlikte değerlendirilmesi sonucunda farklı konfigürasyonlar için Tablo 5'de özetlenen maksimum güvenlikli yüklerin aşılmaması gerekmektedir. C25 veya C30 beton kullanılması durumu ortak olarak ele alınmıştır.

Tablo 5: ABS Kör Kalıp Plus Sistemi İçin İzin Verilen Maksimum Yükler

İzin Verilen Maksimum Hareketli Yük Miktarı - q_{max} (kN/m^2)																				
H (cm)		**Kolon Donatıları**																		
200		2ϕ10	29	50	55	78	78	78	78	78	78	78	78	76	76	76	76	76	76
		2ϕ8	29	50	55	78	78	78	78	78	78	78	78	76	76	76	76	76	76
		ϕ10	29	50	55	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
		ϕ8	29	50	55	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
150		2ϕ10	29	50	55	79	83	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
		2ϕ8	29	50	55	79	83	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
		ϕ10	29	50	55	79	83	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
		ϕ8	29	50	55	79	83	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
100		2ϕ10	29	50	55	79	83	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
		2ϕ8	29	50	55	79	83	102	102	102	102	102	102	104	104	104	104	104	104
		ϕ10	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
		ϕ8	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
50		2ϕ10	29	50	55	79	83	106	106	106	106	106	106	110	110	110	110	110	110
		2ϕ8	29	50	55	79	83	104	104	104	104	104	104	108	108	108	108	108	108
		ϕ10	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	102	102	102	102	102	102
		ϕ8	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	102	102	102	102	102	102
		Donatısız	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		Döşeme Donatıları	Q188/188	Q335/335	Q377/377	Q188/188	2×Q188/188	Q335/335	2×Q335/335	Q377/377	2×Q377/377	Q524/524	2×Q524/524	Q335/335	2×Q335/335	Q377/377	2×Q377/377	Q524/524	2×Q524/524
		t (cm)	**5**			**10**								**15**					

C25 ve C30 beton sınıflarının her ikisi için de geçerlidir.

ABS Kör Kalıp Plus Sistemi için standart yükler dikkate alınarak farklı sistem konfigürasyonlarında kullanılması gereken donatı tablosu bu raporun sonunda **EK-1** olarak verilmektedir.

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

ABS Yapı Elemanları San. Tic. LTD. Şti. tarafından yerli üretim olarak geliştirilen ABS Kör Kalıp Plus Sistemi'ne ait plastik kör kalıp uygulaması, farklı yükleme, donatı ve yükseklik konfigürasyonları dikkate alınmak suretiyle analitik olarak incelenmiştir. Değerlendirmeler kalıp sistemi kullanılarak inşa edilecek **betonarme taşıyıcı sistem karakteristiklerini** kapsamakta olup, plastik malzemenin öz niteliklerini kapsamamaktadır.

Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- H>50cm olan sistem yükseklikleri için donatısız kolon uygulaması önerilmemektedir. H=50cm sistem yüksekliği ve donatısız kolon durumunda taşınabilecek en büyük hareketli yük miktarı döşeme kalınlığı ve donatısından bağımsız olarak 20 kN/m^2 ile sınırlandırılmalıdır.
- t=5cm döşeme kalınlığı için çift sıra döşeme donatısı uygulaması tavsiye edilmemektedir. Tek sıra hasır donatı alternatifleri için sistem genelinde taşınabilecek ilave yükler, sistem yüksekliği ve kolon donatılarına bağlı olarak 20~55 kN/m^2 arasında değişmektedir.
- t≥10cm döşeme kalınlığı durumlarında döşemelerde çift sıra donatı kullanılması mümkündür. Sistem yüksekliği ve kolon donatılarına bağlı olarak taşınabilecek hareketli yükler t=10cm döşeme durumu için 76~106 kN/m^2; t=15cm döşeme kalınlığı içinse 76~110 kN/m^2 arasında değişmektedir.

Sonuç olarak yukarıda verilen yükleme ve donatı detaylarına uyulması koşuluyla ABS Kör Kalıp Plus Sistemi ile inşa edilecek yükseltilmiş döşemelerin yerinde uygulanmasının teknik açıdan uygun olduğu görüş ve kanaatindeyiz.

Durum bilgilerinize saygılarımızla sunulur.

Doç.Dr. Beyza TAŞKIN **Dr.Öğr.Üyesi Burcu GÜNEŞ**

Haziran, 2018
İTÜ İNŞAAT FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

EK-1

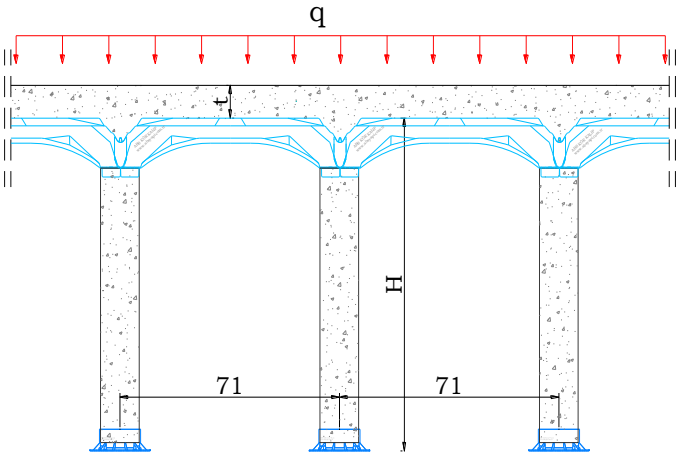
SEÇİLİ HAREKETLİ YÜKLER ALTINDA FARKLI SİSTEMLERE GEREKEN DONATI UYGULAMALARI

Beton Sınıfları: C25 / C30

HAREKETLİ YÜK (kN/m²)				5					10					20					50					Kamyon				
Döşeme Kalınlığı (cm)				5	10		15		5	10		15		5	10		15		5	10		15		5	10		15	
Döşeme Donatı Yerleşimi (15x15 cm aralık)				TEK Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra	TEK Sıra	ÇİFT Sıra
		Kolon Donatısı																										
Sistem Yüksekliği, H (cm)	50	Donatısız	Döşeme Donatısı	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q188/188	Q188/188					
		ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q188/188	Q188/188					
		ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q188/188	Q188/188		Q524/524	Q524/524	Q335/335	Q335/335
	100	ϕ8	Döşeme Donatısı	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		2ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		2ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335		Q524/524	Q524/524	Q335/335	Q335/335
	150	ϕ8	Döşeme Donatısı	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		2ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		2ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335		Q524/524	Q524/524	Q377/377	Q377/377
	200	ϕ8	Döşeme Donatısı	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		2ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
		2ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335		Q524/524	Q524/524	Q377/377	Q377/377

EK-2

ENGLISH VERSIONS OF DESIGN TABLES & SYSTEM PROPERTIES



H *(cm)*	**t** *(cm)*	**q** *(kN/m²)*
50 100 150 200	5 10 15	5 10 20 50 H20-S16*
Rebars	***Wire Mesh Bars***	
- ϕ8 2ϕ8 ϕ10 2ϕ10	Q188/188 Q335/335	2×Q188/188 2×Q335/335

* For H20-S16-44 truckload, 40 kN for the front wheels and 160 kN for middle and rear wheels are considered. The braking force is taken as 25% of the axle weights.

Fig. 2E: System configurations and numerical values of the characteristic parameters

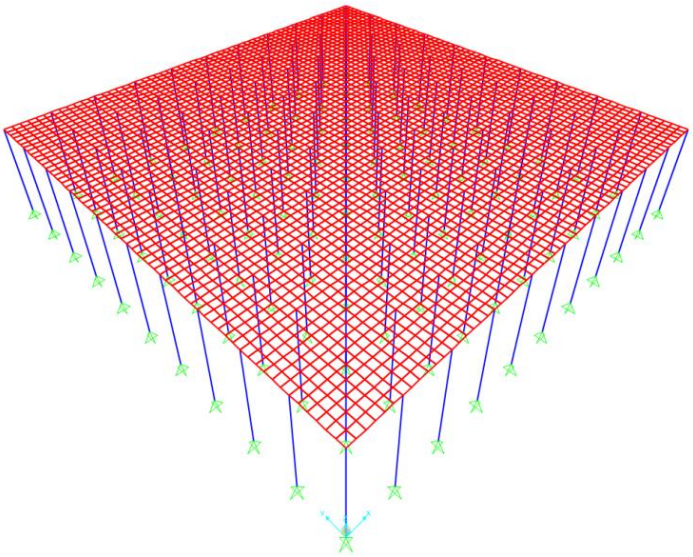


Fig. 4E: SAP2000 computer program model for *"ABS Kör Kalıp Plus Sistemi"*

Table 1E: First Three Vibration Modes of the Analytical Models

	Concrete Class C25											
	H=50cm			**H=100cm**			**H=150cm**			**H=200cm**		
	t=5cm	**t=10cm**	**t=15cm**	**t=5cm**	**t=10cm**	**t=15cm**	**t=5cm**	**t=10cm**	**t=15cm**	**t=5cm**	**t=10cm**	**t=15cm**
T_1, T_2 (s)	0.033	0.029	0.032	0.081	0.078	0.088	0.141	0.143	0.164	0.214	0.223	0.256
T_3 (s)	0.033	0.027	0.029	0.080	0.073	0.082	0.140	0.135	0.152	0.212	0.210	0.238
	Concrete Class C30											
T_1, T_2 (s)	0.033	0.028	0.032	0.079	0.077	0.088	0.139	0.143	0.164	0.212	0.223	0.256
T_3 (s)	0.033	0.027	0.029	0.078	0.073	0.082	0.137	0.134	0.152	0.209	0.210	0.238

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

Table 2E: Frequently Preferred Reinforcement Alternatives for System Members

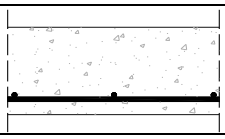
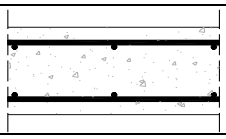
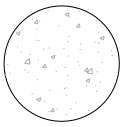
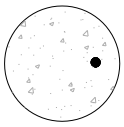
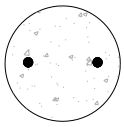
Slab			
	Q188/188 or **Q335/335**	**2×Q188/188** or **2×Q335/335**	
Pier			
	Without Reinforcement	**ϕ8** or **ϕ10**	**2ϕ8** or **2ϕ10**

Table 3E: Design Alternatives for Slabs and Their Capacities

		SLAB CHARACTERISTICS					
		t=5cm		**t=10cm**		**t=15cm**	
		C25	**C30**	**C25**	**C30**	**C25**	**C30**
mm²/m	$A_{s,x} \cong A_{s,y}$ (min)	61.25	61.25	148.75	148.75	236.25	236.25
	$A_{s,x} \cong A_{s,y}$ (max)	444.44	523.16	1079.42	1270.57	1714.39	2017.97
Moment Resistance M_r (kNm/m)	Q188/188	2.63	2.66	6.71	6.75	$<A_{smin}$	$<A_{smin}$
	2×Q188/188	--*	--*	7.06	7.24	$<A_{smin}$	$<A_{smin}$
	Q335/335	4.35	4.47	11.63	11.76	18.91	19.04
	2×Q335/335	--*	--*	11.71	11.94	18.99	19.22
	Q377/377	4.79	4.95	12.98	13.14	21.18	21.34
	2×Q377/377	--*	--*	13.01	13.26	21.21	21.45
	Q524/524	$>A_{smax}$	$>A_{smax}$	17.53	17.84	28.92	29.23
	2×Q524/524	--*	--*	17.54	17.82	28.93	29.21
Permitted Live Load Q_{max} (kN/m²)	Q188/188	29.0	29.4	79.6	80.1	--	--
	2×Q188/188	--	--	83.9	86.2	--	--
	Q335/335	50.4	51.8	140.6	142.2	230.8	232.5
	2×Q335/335	--	--	141.6	144.4	231.9	234.7
	Q377/377	55.8	57.8	157.3	159.3	259.0	261.0
	2×Q377/377	--	--	157.7	160.8	259.4	262.4
	Q524/524	--	--	213.8	217.6	354.9	358.8
	2×Q524/524	--	--	213.9	217.3	355.1	358.6

Double reinforcement is not permitted for the slab thickness of t=5cm

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

Table 4E: Rebar Alternatives for Piers; Pure Axial Force Resistance and Permitted Live Loads

		C25				C30			
		N_r (kN)*	Q_{max} (kN/m²)			N_r (kN)*	Q_{max} (kN/m²)		
			t=5cm	t=10cm	t=15cm		t=5cm	t=10cm	t=15cm
H=50cm	w/o Rebars	177.33				208.62			
	ϕ8	184.08	98	98	102	220.89	98	98	102
	2×ϕ8	184.08	104	104	108	220.89	104	104	108
	ϕ10	184.08	98	98	102	220.89	98	98	102
	2×ϕ10	184.08	106	106	110	220.89	106	106	110
H=100cm	ϕ8	184.08	96	98	98	220.89	96	98	98
	2×ϕ8	184.08	100	102	104	220.89	100	102	104
	ϕ10	184.08	96	98	98	220.89	96	98	98
	2×ϕ10	184.08	102	104	104	220.89	102	104	104
H=150cm	ϕ8	184.08	86	86	86	220.89	86	86	86
	2×ϕ8	184.08	90	92	92	220.89	90	92	92
	ϕ10	184.08	86	86	86	220.89	86	86	86
	2×ϕ10	184.08	90	92	92	220.89	90	92	92
H=200cm	ϕ8	184.08	76	76	76	220.89	76	76	76
	2×ϕ8	184.08	78	78	76	220.89	78	78	76
	ϕ10	184.08	76	76	76	220.89	76	76	76
	2×ϕ10	184.08	78	78	76	220.89	78	78	76

To prevent brittle collapse, axial force is limited by $0.60f_{ck}$ according to TS-500 code.

Table 5E: Maximum Permitted Live Loads for "ABS Kör Kalıp Plus Sistemi"

Maximum Permitted Live Loads - q_{max} (kN/m²)																			
H (cm)		Pier Reinforcement																	
200		2ϕ10	29	50	55	78	78	78	78	78	78	78	78	76	76	76	76	76	76
		2ϕ8	29	50	55	78	78	78	78	78	78	78	78	76	76	76	76	76	76
		ϕ10	29	50	55	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
		ϕ8	29	50	55	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
150		2ϕ10	29	50	55	79	83	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
		2ϕ8	29	50	55	79	83	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
		ϕ10	29	50	55	79	83	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
		ϕ8	29	50	55	79	83	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
100		2ϕ10	29	50	55	79	83	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
		2ϕ8	29	50	55	79	83	102	102	102	102	102	102	104	104	104	104	104	104
		ϕ10	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
		ϕ8	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
50		2ϕ10	29	50	55	79	83	106	106	106	106	106	106	110	110	110	110	110	110
		2ϕ8	29	50	55	79	83	104	104	104	104	104	104	108	108	108	108	108	108
		ϕ10	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	102	102	102	102	102	102
		ϕ8	29	50	55	79	83	98	98	98	98	98	98	102	102	102	102	102	102
		Donatısız	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		Slab Reinforcement	Q188/188	Q335/335	Q377/377	Q188/188	2×Q188/188	Q335/335	2×Q335/335	Q377/377	2×Q377/377	Q524/524	2×Q524/524	Q335/335	2×Q335/335	Q377/377	2×Q377/377	Q524/524	2×Q524/524
		t (cm)	5			10								15					

Applicable for both C25 and C30 concrete classes

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Maslak, 34469, İstanbul
Tel: (212)-285-3415 Faks: (212)-285-6587

REQUİRED AMOUNT OF REİNFORCEMENT UNDER SPECİFİC LİVE LOADS

Concrete Classes: C25 / C30

System Height, H (cm)	Pier Rebars	Slab Reinforcement	5					10					20					50					Design Truck				
		Slab Thickness (cm)	5	10		15		5	10		15		5	10		15		5	10		15		5	10		15	
		Slab Reinforcement (15x15 cm grid)	Single	Single	Double	Single	Double	Single	Single	Double	Single	Double	Single	Single	Double	Single	Double	Single	Single	Double	Single	Double	Single	Single	Double	Single	Double
50	w/o Rebar		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q188/188	Q188/188					
50	ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q188/188	Q188/188					
50	ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q188/188	Q188/188		Q524/524	Q524/524	Q335/335	Q335/335
100	ϕ8	Slab Reinforcement	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
100	2ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
100	ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
100	2ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335		Q524/524	Q524/524	Q335/335	Q335/335
150	ϕ8	Slab Reinforcement	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
150	2ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
150	ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
150	2ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335		Q524/524	Q524/524	Q377/377	Q377/377
200	ϕ8	Slab Reinforcement	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
200	2ϕ8		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
200	ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335					
200	2ϕ10		Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q335/335	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q377/377	Q188/188	Q188/188	Q188/188	Q188/188		Q335/335	Q335/335	Q335/335	Q335/335		Q524/524	Q524/524	Q377/377	Q377/377