

TABLALI KİRİŞSİZ DÖŞEMELERİN İRDELENMESİ

A. S. Erdoğan

*Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Şanlıurfa 63300, Türkiye*

N. Kaya

*Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Şanlıurfa 63300, Türkiye*

M. A. Gürel

*Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Şanlıurfa 63300, Türkiye*

ÖZET: Bu çalışmada kirişsiz döşeme tiplerinden başlıklı olanlar dışındakiler sayısal örneklerle açıklanmıştır. Kirişsiz plak, tablalı kirişsiz ve sürekli tablalı kirişsiz döşeme tiplerinin zımbalama ve kullanılabilirlik (sehim) kontrolleri ön plana alınarak yapılan karşılaştırmalarda kirişsiz plak döşemenin 6m serbest açıklık veya 35m²'ye kadar kolon yük alanı için optimum olduğu belirlenmiştir. Daha büyük alanlar için tablalı kirişsiz veya sürekli tablalı kirişsiz döşeme tipleri uygulanmalıdır. Sürekli tablalı tip, tekil tablalı tipe göre döşeme sisteminin yatay rijitliği ve moment kapasitesi bakımından daha üstündür.

Anahtar Kelimeler: Kirişsiz plak döşeme, tablalı kirişsiz döşeme, sürekli tablalı kirişsiz döşeme, zımbalama dayanımı.

ABSTRACT: In this study, the flat slab types, except the ones resting on columns with capitals, have been analysed with numerical examples. In the comparisons made for punching strength and serviceability (displacement) controls of the flat slab, flat slab with tray and that with continuous tray, it was determined that flat slab was optimum for the net spans up to 6 m or for the column load area up to 35 m². For greater areas, flat slab with tray or flat slab with continuous tray should be applied. Flat slab with continuous tray type was superior to flat slab with single tray type with respect to lateral stiffness and moment capacity of the slab system.

Giriş

TS 500 (2000)'e göre; kirişsiz olarak doğrudan doğruya kolon veya perdelere oturan ve bunlarla eğilmeye dayanıklı birleşimi sağlanmış iki doğrultuda donatılı sürekli plaklar **kirişsiz döşeme** olarak adlandırılır. Kirişsiz döşemelerde döşeme yükü, kirişli ve dışlı döşemelerdekine aksine döşemeye mesnetlik yapan kiriş yerine doğrudan kolonlara aktarılır. Kirişsiz döşemeler 5 sınıfa ayrılabilir.

1. Kirişsiz plak döşeme

2. Başlıklı kirişsiz döşeme (Mantar döşeme)
3. Tablalı kirişsiz döşeme
4. Tablalı başlıklı kirişsiz döşeme
5. Sürekli tablalı kirişsiz döşeme

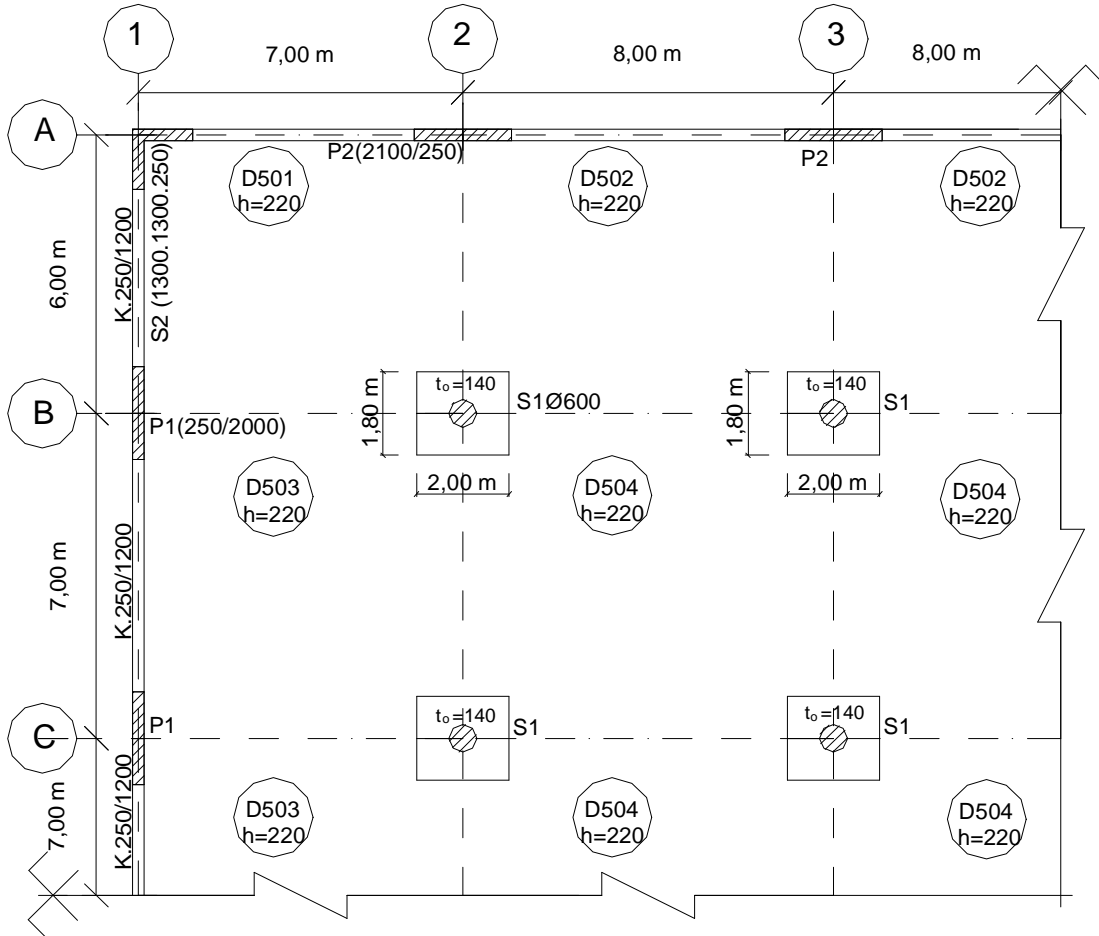
Bu çalışmada, kirişsiz plak döşeme, tekil tablalı kirişsiz döşeme ve sürekli tablalı kirişsiz döşemeler konstrüksiyon ve dizayn bakımından incelenecektir.

Kirişsiz Döşemelerin Hesap Yöntemleri:

Bu tür plakların hesabında “Eşdeğer Çerçeve Yöntemi”, ”Akma Çizgileri Yöntemi” v.b. yöntemler kullanılabilir gibi, açıklıkların birbirinden fazla farklı olmadığı veya daha kesin hesaba gerek duyulmadığı durumlarda, “Çerçeve Yöntemi” ve “Moment Katsayıları Yöntemi” kullanılabilir (TS 500, 2000). Bilgisayar programı olarak da STA4CAD ve SAP 2000 kullanılabilir.

Sayısal Örnekler: Aynı boyutlara sahip bir iş merkezinin kalıp planı tekil tablalı kirişsiz döşeme ve sürekli tablalı kirişsiz döşeme olarak boyutlandırılmış ve çözülmüştür. Aynı planın kirişsiz plak döşeme olarak yapılması halinde gerekli plak kalınlığı belirlenerek çözümler karşılaştırılmıştır.

1. Tablalı kirişsiz döşeme: $h = \frac{l_n}{35} = \frac{7,40}{35} = 21,14\text{m} \xrightarrow{\text{seç}} h=0,22\text{m}=220\text{mm}$ (TS500, 2000 Madde 11.4.2)

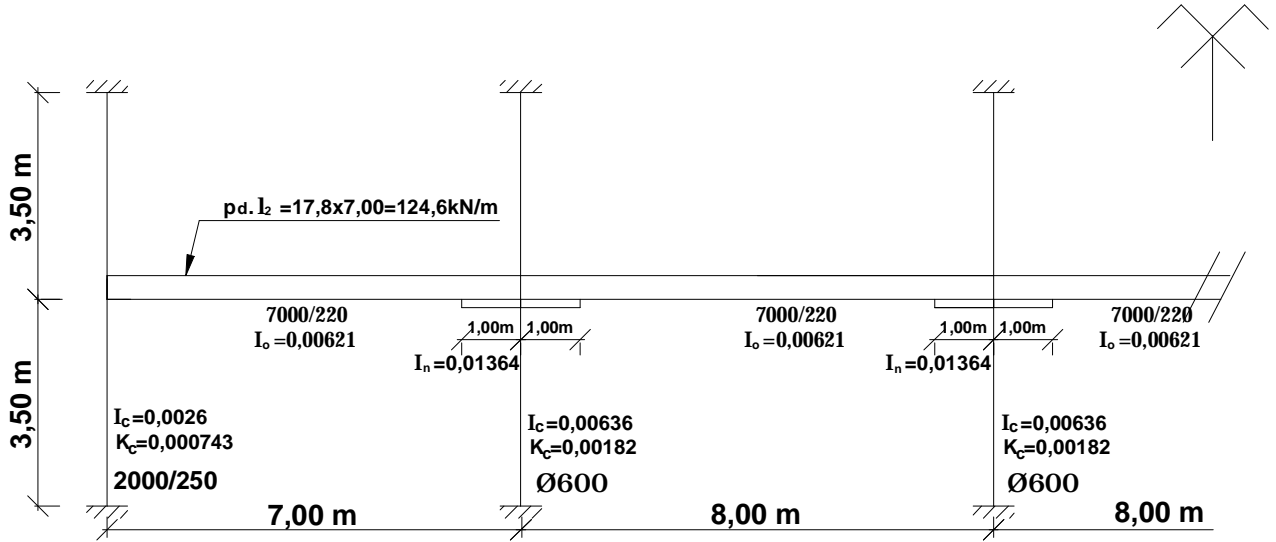


Bilinenler: C25-S420 Bina: Bodrum+7 Kat
 $H_k = 3,50 \text{ m}$ $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$ Kaplama+sıva = $1,50 \text{ kN/m}^2$

Yük Analizi:

Plak $0,22 \times 25 = 5,50 \text{ kN/m}^2$
 Kapl.+sıva $= 1,50 \text{ "}$
 $g_o = 7,00 \text{ "}$ } $p_d = 1,4 \times 7,00 + 1,6 \times 5,00 = 17,8 \text{ kN/m}^2$

C AKSI KOLON ŞERİDİ



$$n = \frac{I_o}{I_n} = \frac{62,1}{136,4} = 0,46 \quad \lambda = 0,14 \quad n = 0,46 \quad \lambda = 0,125 \quad n = 0,46 \quad \lambda = 0,125$$

c_1	c_2	0.33263		0.26891	0.27428	0.27428	0.27428
c_3			0.16144			0.15822	0.15822
a_1	a_2	0.0414		0.0394	0.03959	0.03959	0.03959
c		9,4100	0.06338	11,6400	10,6031	0.05020	10,6031
K_i		9,4100	$\leftarrow 0.4853$	11,6400	10,6031	$\leftarrow 0.5769$	10,6031
μ_{21}			$\leftarrow 0.6003$			$\leftarrow 0.5769$	
μ_{12}			$\leftarrow 0.6003$			$\leftarrow 0.5769$	
K_i^r, ρ		9,4100	$\rho = 0,8870$	8,3467	10,6031	$\rho = 0,9361$	9,9256
k_i		0,388		0,151	0,192		0,176
μ_i^r			$\leftarrow 0.335$			$\leftarrow 0.498$	

k, μ^r	0,388	$\leftarrow 0.335$	0,151	0,192	$\leftarrow 0.498$	0,176	0,177	$\leftarrow 0.501$
		$\leftarrow 0.6003$			$\leftarrow 0.5769$			$\leftarrow 0.5769$
M	460		-619	284,7		-284,7	730	
	-178,5	\rightarrow	-107,2					
			66,7	84,8	\rightarrow	48,9	53,0	\leftarrow
	25,4	\leftarrow	9,0	-48	\leftarrow	-96,3	-96,9	\rightarrow
	-306,9		-650,5	-321,5		-332,1	-686,1	
			$M_o^o = 763,2$				$M_o^o = 996,8$	
			$M_{ort} = -478,7$				$M_{ort} = -686,4$	
			$\Delta V^2/2q = 9,7$				$\Delta V^2/2q = -$	
			$M_{max1} = 294,2$				$M_{max1} = 310,4$	
$\tau_{max} M$	-278,6		-735	-773		-642,6		

$-\max M$			-643,9		-780,1	-782,4	
$\pm\max M$	-84,2		-359,7	-692,2	(+309,1)	-683,1	-328,6

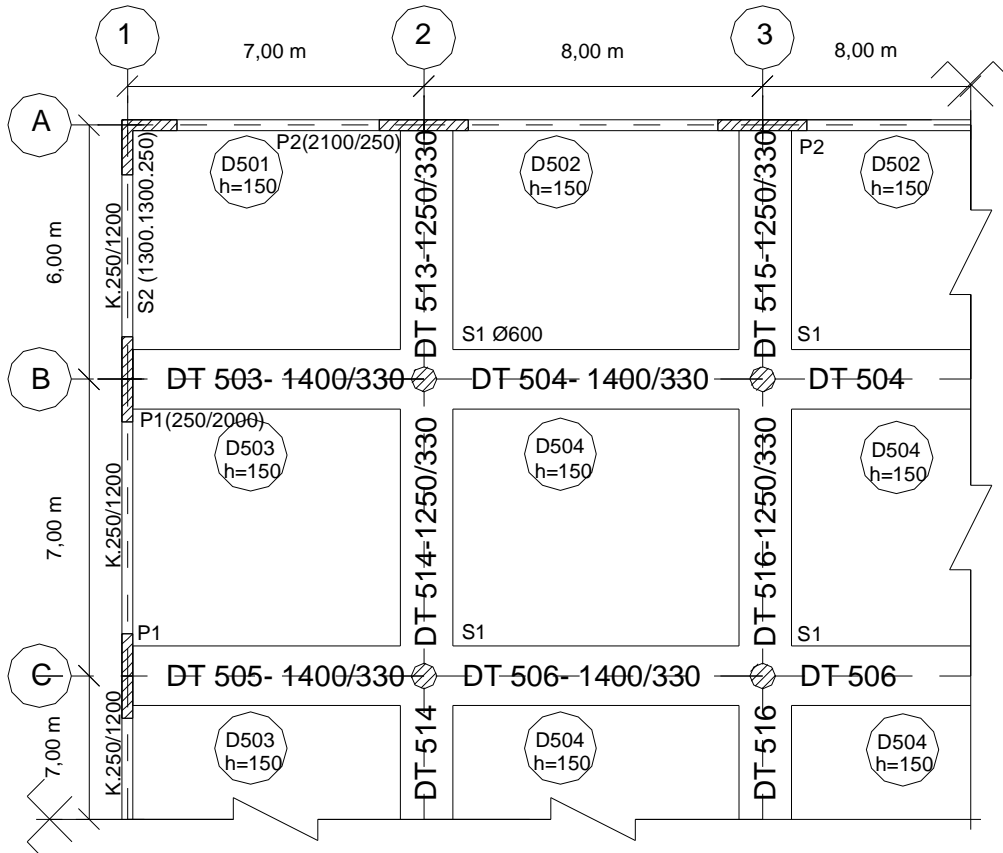
C AKSI KOLON ŞERİDİ:

$\pm\max M_{kesin}$	-306,9	(294,2)	-735	-773	(309,1)	-780,1	-782,4	(310,4)
çarpan	0.60/1,80	0.60/1,80		0.75/1,80	0.60/1,80		0.75/1,80	0.60/1,80
$\pm\max M_d$	-102,3	(98,1)		-322,1	(103)		-326	(103,5)
kesit	1,00/0,19	1,00/0,19		1,00/0,33	1,00/0,19		1,00/0,33	1,00/0,19
m_{11d}	2840	2720		2960	2855		3000	2870
k_s	3,12	3,08		3,12	3,12		3,12	3,12
A_{s1}	1680	1590		3050	1690		3080	1700
Seç A_{s1} (mm^2/m)	$\Phi 16/250p$	$\Phi 16/250p$ $\Phi 16/250$		$\Phi 16/250p$ $\Phi 16/230p$	$\Phi 16/230p$ $\Phi 16/230$		$\Phi 16/230p$ $\Phi 16/230p$	$\Phi 16/230p$ $\Phi 16/230$
ilave	$\Phi 16/220$			$\Phi 16/140$			$\Phi 16/150$	

C AKSI AÇIKLIK ŞERİDİ

çarpan	0.40/5,20	0.40/5,20		0.25/5,20	0.40/5,20		0.25/5,20	0.40/5,20
$\pm\max M_d$	-23,6	(22,6)		-37,2	(23,8)		-37,6	(23,9)
kesit	1,00/0,19	"		"	"		"	"
m_{11d}	655	630		1030	660		1045	662
k_s	[20]	[20]		2,85	[20]		2,85	[20]
A_{s1}	380	380		558	380		564	380
Seç A_{s1} (mm^2/m)	$\Phi 8/260p$	$\Phi 8/260p$ $\Phi 8/260$		$\Phi 8/260p$ $\Phi 8/260p$	$\Phi 8/260p$ $\Phi 8/260$		$\Phi 8/260p$ $\Phi 8/260p$	$\Phi 8/260p$ $\Phi 8/260$
ilave	$\Phi 8/260$			$\Phi 8/290$			$\Phi 8/280$	

2.Sürekli tabanlı kırışsız döşeme:



Yük Analizi:

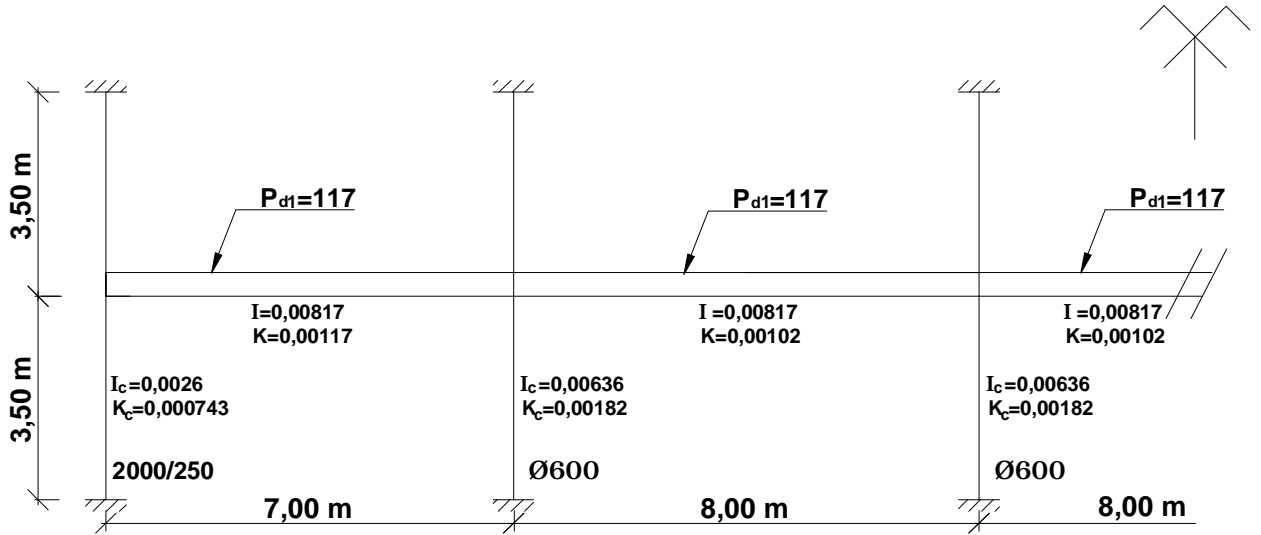
Plak	$0,15 \times 25 = 3,75 \text{ kN/m}^2$	} $\mathbf{p_d} = 1,4 \times 5,25 + 1,6 \times 5,00 = 15,4 \text{ kN/m}^2$
Kapl.+sıva	$= 1,50 \text{ "}$	
	$g_o = 5,25 \text{ "}$	

döşeme	$15,4 \times 7,00 = 107,8 \text{ kN/m}$
tabla	$1,40 \times 0,18 \times 35 = 8,82 \text{ kN/m}$

$$\mathbf{Pd_1} = 116,62 \approx 117 \text{ kN/m}$$

$\frac{b}{b_w} = \frac{7,00}{1,40} = 5,00$	} $\beta_c = 16,23$	$I = \frac{1,40 \times 0,33^3}{100} \times 16,23 = 81,7 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
$\frac{h}{h_k} = \frac{0,15}{0,33} = 0,45$		

DT 505-506- (1400/330)



k	0,441 →	0,201	0,175 →	0,180	0,180 →
M_g	186,4	186,4	243,4	243,4	243,4
M_{pd}	478	(239)	478	624	(312)
M_n	23,6	17,0	105,4	34,3	20,2
		63,3		22,6	38,3
SM	501,6	583,4	658,3	662,3	658,3
M_{de}	-221,2	15,1	-13,1	-0,7	0,7
±_{max}M_d	(-)280,4	(319,3)	(-)598,5	(-)645,2	(354,8)
çarpın	0,60	0,60	0,75	0,60	0,75
M_d	-168,2	(191,6)	-483,9	(212,9)	-496,2
kesit	1,40/0,30	"	"	"	"
m_{11d}	1335	1520	3840	1690	3940
k_s	2,89	2,91	3,29	2,93	3,29
A_s	1620	1860	5310	2080	5440
Seç A_s	m.7Φ16 p.5Φ16	10Φ16(5p)	m.7Φ16 p.5Φ16 p.5Φ16	11Φ16(5p) m.7Φ16 p.5Φ16 p.5Φ16	11Φ16(5p)
ilave	(-)		10Φ16	10Φ16	

C AKSI AÇIKLIK SERİDİ:

$\pm_{\max} M_d$	(-280,4	(319,3)	(-598,5	(-645,2	(354,8)	(-661,6	(-659	(352,4)
çarpın	0.40/5,60	0.40/5,60		0.25/5,60	0.40/5,60	0.25/5,60		0.40/5,60
M_d	-20,0	22,8		-28,8	25,3	-29,5		25,2
kesit	1,00/0,13	“		“	“	“		“
m_{11d}	1185	1350		1710	1500	1745		1495
k_s	2,87	2,89		2,95	2,91	2,95		2,91
A_{s1}	4420	5070		6540	5660	6690		5640
Seç A_{s1}	$\Phi 10/310p$	$\Phi 10/310p$		$\Phi 10/310p$	$\Phi 12/400p$	$\Phi 12/400p$		$\Phi 12/400p$
		$\Phi 10/310$		$\Phi 12/400p$	$\Phi 12/400$	$\Phi 12/400p$		$\Phi 12/400$
ilave	$\Phi 10/400$			$\Phi 10/500$		$\Phi 10/500$		

3.Kirişsiz Plak Döşeme; Eğer aynı kalıp planı kirişsiz plak döşeme olarak projelendirilseydi, plak kalınlığı olarak

$$h = \frac{l}{30} = \frac{0,80}{30} = 0,27m = 270mm$$

bulunmuş olacaktı. Bu kalınlık dikkate alınarak C3 kolonunda zımbalama kontrolü yapılırsa aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

$$\left. \begin{aligned} h &= 270 \text{ mm} , \quad d = 240 \text{ mm} , \quad p_d = 19,6 \text{ kN/m}^2 \\ V_{pr} &= \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d = 0,91 \cdot 1200 \cdot 2,64 \cdot 0,24 = 692 \text{ kN} \\ N_{d1} &= p_d \cdot a_{ort} \cdot b_{ort} = 19,6 \cdot 7,00 \cdot 8,00 = 1098 \text{ kN} \end{aligned} \right\} \text{ yetersiz}$$

Hesap zımbalama dayanımının %50 fazlasının zımbalama donatısı tarafından karşılandığı kabul edilirse;

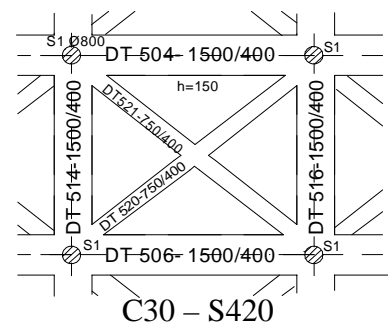
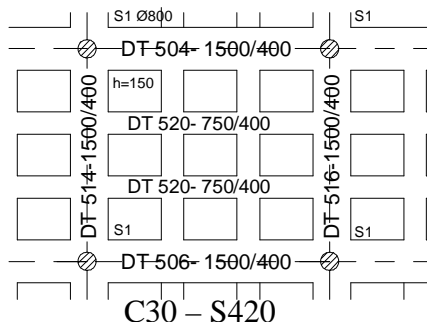
$$V_{pr}^* = 1,5 \cdot V_{pr} = 1,5 \cdot 692 = 1038 \text{ kN- yetersiz.}$$

Seç $h = 300mm$ $V_{pr} = 805 \text{ kN}$, $V_{pr}^* \cong 1,5 \cdot V_{pr} = 1200 \text{ kN}$ bu da zımbalama donatısı kullanmak şartıyla yeterli olmaktadır. Kalınlığın 250 mm'den fazla olması durumunda binanın zati ağırlıkları artacağından bu durum deprem açısından sakıncalıdır.

Sonuç

C20 beton sınıfı esas alınarak ve döşemenin hareketli yükü $5,0 \text{ kN/m}^2$ den büyük olmamak şartıyla yapılan yaklaşık çözümlerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Serbest açıklık 6 m'yi ve kolon yük alanı 35 m^2 'yi aşmamak şartıyla kirişsiz plak döşeme tasarımı optimum olmaktadır. Ancak bu değerlerin %10'a kadar aşılması durumunda da bu tip kullanılabilir.
- Serbest açıklığın 10 m'yi ve kolon yük alanının 100 m^2 'yi aştığı durumlarda sürekli tablalı kirişsiz döşemeler, orta şeritlerde ikişer tane tabla şerit ilavesiyle kaset görünümünde sürekli tablalı kirişsiz döşeme kullanılmalıdır. İkinci bir alternatifte planda köşegen doğrultusunda tablalı döşeme şeritleri eklenerek hem yatay yüklere karşı davranış iyileştirilebilir ve hem de sistemin sehim kontrolü iyileştirilmiş olur.



Referanslar

- Çakıroğlu, A., Çetmeli, E., 1974, Yapı Statiđi, İstanbul, Cilt I, Tablo 4B, 4D, 4E.
- TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Madde 11-Betonarme Döşeme Sistemleri*, s. 52-60.
- Ersoy, U., 1995, Betonarme Döşeme ve Temeller, *Çift Doğrultuda Çalışan Kirişsiz Plak Döşemeler*, İstanbul, Cilt II, s. 53-102.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2000, Betonarme Yapılar, *Kirişsiz Döşemeler*, İstanbul, s. 354-363.
- Erdoğan, A.S., Çıtıpıtıoğlu, E., 1975, Relatif Redör Metodu ve Katlanmış Plakların Hesabı (Yeterlilik Tezi), *Atalet Momenti Değişen Çubuk Sistemlerde Relatif Redör Metodu*, Elazığ D.M.M.A, s. 16-21.

DİKDÖRTGEN KESİTLERİN TAŞIMA GÜCÜNE GÖRE HESABI
(BÇ III = S 420 , f_{yd} = 365 MPa)

TABLO.S420-B

HR. & FR.Ü.İNŞ.MÜH.BL.-2001

	C 25 (f _{cd} = 16,7 MPa)					C 30 (f _{cd} = 20 MPa)					C 35 (f _{cd} = 23,3 MPa)					
	β _t	k _a	ρ.10 ⁴	m ₁₁	k _s	k _a	ρ.10 ⁴	m ₁₁	k _s	β _t	k _a	ρ.10 ⁴	m ₁₁	k _s		
	.02	.032	12.5	449	2.85	.027	12.5	450	2.85	.01	.023	12.5	451	2.84	P _{per.göv.}	
	.02	.039	15	537	2.85	.032	15	539	2.85	.02	.028	15	540	2.84	P _{dal uzun}	
	.03	.051	20	711	2.85	.043	20	714	2.85	.02	.037	20	716	2.84	P _{tem.pab.}	
	.04	.064	25	883	2.85	.054	25	888	2.85	.03	.046	25	892	2.84	P _{dal kısa}	
	.04	.068	26.5	934	2.85	.060	28	991	2.85	.03	.055	30	1065	2.84	P _{hurdi}	
	.05	.077	30	1053	2.85	.064	30	1060	2.85	.04	.057	30.7	1089	2.84	P _{kiriş}	
	.05	.085	33	1153	2.86	.075	35	1230	2.85	.04	.065	35	1236	2.84		
	.06	.090	35	1220	2.87	.086	40	1397	2.86	.04	.071	38.4	1352	2.84	P _{k.üst}	
	.06	.102	40	1386	2.89	.097	45	1563	2.88	.05	.074	40	1406	2.84		
	.07	.116	45	1547	2.91	.107	50	1727	2.89	.06	.092	50	1741	2.87		
	.08	.129	50	1707	2.93	.118	55	1889	2.91	.06	.101	55	1906	2.89		
	.09	.141	55	1866	2.95	.129	60	2049	2.93	.07	.111	60	2068	2.90		
	.09	.154	60	2021	2.97	.140	65	2206	2.95	.07	.120	65	2230	2.91		
	.10	.167	65	2174	2.99	.150	70	2363	2.96	.08	.129	70	2390	2.93		
	.11	.180	70	2325	3.01	.161	75	2517	2.98	.08	.138	75	2549	2.94		
	.12	.193	75	2473	3.03	.172	80	2669	3.00	.09	.147	80	2705	2.96		
	.12	.206	80	2619	3.05	.183	85	2819	3.02	.10	.157	85	2859	2.97		
	.13	.219	85	2763	3.08	.193	90	2968	3.03	.10	.166	90	3012	2.99		
	.14	.231	90	2906	3.10	.204	95	3114	3.05	.11	.175	95	3164	3.00		
	.15	.244	95	3044	3.12	.215	100	3258	3.07	.11	.184	100	3314	3.02		
	.15	.257	100	3181	3.14	.236	110	3541	3.11	.12	.203	110	3607	3.05		
	.17	.283	110	3447	3.19	.258	120	3815	3.15	.13	.221	120	3896	3.08		
	.18	.309	120	3703	3.24	.279	130	4083	3.18	.14	.240	130	4176	3.11		
	.19	.334	130	3953	3.29	.301	140	4341	3.23	.15	.258	140	4451	3.15		
	.21	.360	140	4190	3.34	.322	150	4594	3.27	.16	.276	150	4719	3.18		
	.22	.386	150	4418	3.39	.343	160	4838	3.31	.17	.295	160	4979	3.21		
	.23	.411	160	4640	3.45	.365	170	5073	3.35	.18	.313	170	5234	3.25		
P _{uyum}	.24	.424	165	4746	3.48	.386	180	5302	3.39	.19	.332	180	5479	3.29		
	.25	.437	170	4849	3.51	.408	190	5520	3.44	.20	.350	190	5721	3.32	P _{uyum}	
P _{max}	.26	.455	177	4991	3.55	.429	200	5734	3.49	.21	.369	200	5953	3.36	P _{uyum}	
TS 500 (2000) ve Afet B.Y.Y.H.Y. (1998)'e uygun olarak yapılmıştır.	$\begin{Bmatrix} V_{cw} \\ V_c \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 984 \\ 624 \end{Bmatrix}$ $\begin{Bmatrix} V_{cr} \\ V_c^* \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 780 \\ 420 \end{Bmatrix}$ $\begin{Bmatrix} V_{ow} \\ V_{co} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 360 \\ 0 \end{Bmatrix}$ $V_d \leq \{ V_{cw}, V_{cr}, V_{ow} \}_{ise}$ $\phi \min A_{se1} = 9.9 b_w (S 420)$ $f_{ctd} = 1200 \text{ kPa}$					$\begin{Bmatrix} V_{cw} \\ V_c \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 1041 \\ 660 \end{Bmatrix}$ $\begin{Bmatrix} V_{cr} \\ V_c^* \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 826 \\ 445 \end{Bmatrix}$ $\begin{Bmatrix} V_{ow} \\ V_{co} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 381 \\ 0 \end{Bmatrix}$ $V_d \leq \{ V_{cw}, V_{cr}, V_{ow} \}_{ise}$ $\phi \min A_{se1} = 10.4 b_w (S 420)$ $f_{ctd} = 1270 \text{ kPa}$					$\begin{Bmatrix} V_{cw} \\ V_c \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 1148 \\ 728 \end{Bmatrix}$ $\begin{Bmatrix} V_{cr} \\ V_c^* \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 910 \\ 490 \end{Bmatrix}$ $\begin{Bmatrix} V_{ow} \\ V_{co} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 420 \\ 0 \end{Bmatrix}$ $V_d \leq \{ V_{cw}, V_{cr}, V_{ow} \}_{ise}$ $\phi \min A_{se1} = 11.5 b_w (S 420)$ $f_{ctd} = 1400 \text{ kPa}$					