

Tarih/No: 16.03.2018 / 371280

EKOPLAK Polimer İnşaat Kalıbı Teknik Özellikleri Hakkında



TEKNİK RAPOR

Verilen kurum
ABS Yapı Elemanları Sanayi Ticaret Ltd. Şti.

I.T.U.
İNŞAAT FAKÜLTESİ
Tarih: 05 Nisan 2013
No. : 371280

Bu rapor, İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği uyarınca hazırlanmıştır.

Hazırlayanlar:

Doç. Dr. Beyza Taşkın

Dr. Oğuz Güneş

İTÜ İnşaat Fakültesi Betonarme ve Yapı Malzemesi Çalışma Grubu Öğretim Üyeleri

Mart 2018

EKOPLAK Polimer İnşaat Kalıbı Teknik Özellikleri Hakkında Teknik Rapor

İçindekiler

Özet	3
1. Giriş.....	4
2. Kapsam	4
3. Ürün Hakkında Genel Bilgi.....	4
4. Deneysel Çalışmalar	5
4.1 Yoğunluk Ölçümleri	5
4.2 Yumuşama ve Erime Sıcaklıkları	5
4.3 Çekme Deneyleri	6
4.4 Eğilme Deneyleri.....	7
4.5 Darbe Deneyleri.....	9
4.6 Mekanik Özelliklerin Karakteristik Değerleri.....	10
5. Panellerin Kalıp Tasarım Klavuzu.....	11
5.1 Döşeme ve Duvarlarda Sehim Sınırları	11
5.2 Tasarım Yükleri ve Yük Kombinasyonları.....	12
5.3 Panellerin Döşeme Kalıbı Olarak Kullanımı	15
5.4 Panellerin Duvar Kalıbı Olarak Kullanımı.....	18
6. Sonuç	18
Kaynaklar	20

EK-A: Yatay Kullanım - Tek Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Güçlü Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

EK-B: Yatay Kullanım - Tek Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Zayıf Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

EK-C: Yatay Kullanım - Çok Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Güçlü Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

EK-D: Yatay Kullanım - Çok Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Zayıf Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

EK-E: Düşey Kullanım - Çok Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Güçlü Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

EK-F: Düşey Kullanım - Çok Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Zayıf Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

Özet

Bu raporda ABS Yapı Elemanları San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından pazarlaması yapılan ikinci nesil polimer inşaat kalıbı EKOPLAK ürününe ait çeşitli fiziksel ve mekanik özellikler deneysel çalışmalarla belirlenmiş ve ürünün beton kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik klavuz tasarım bilgileri sunulmuştur.

18 mm nominal kalınlığa sahip panellerin birim ağırlığı 10.4 kg/m^2 , panel malzemesinin özgül ağırlığı ise 1.267 olarak ölçülmüştür.

Diferansiyel Taramalı Kalorimetri yöntemiyle panel malzemesinin yumuşama ve erime sıcaklıkları sırasıyla 68°C ve 170°C olarak belirlenmiştir.

Panellerin mekanik özelliklerinin tutarlı olarak boyuna yönde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle mesnetler arasında panelin boyuna yönde yerleştirilmesi ve bu yolla güçlü kesitin eğilme etkilerine maruz bırakılması önem arz etmektedir. Bununla birlikte örneğin mesnet aralıklarının 40 cm ve beton yüksekliğinin 30 cm olduğu durum için 25°C sıcaklıkta panelin her iki yönde de sehim ve akma dayanımı şartlarını sağladığı görülmüştür.

15°C ortam sıcaklığı ve 40°C numune sıcaklığı şartlarında yapılan çekme ve eğilme deneylerinden elde edilen elastik ve dayanım özelliklerinin karakteristik değerleri hesaplanarak tablo halinde sunulmuştur. $15-40^\circ\text{C}$ arası sıcaklıklar için uygun değerlerin interpolasyon yoluyla hesaplanması mümkündür. Bu değerler dışındaki sıcaklıklar için ekstrapolasyon yapmaktan kaçınılmalı, bunun için üreticinin onayına başvurulmalıdır.

Çentiksiz numuneler üzerinde 15°C ortam sıcaklığında yapılan Charpy darbe deneylerinden elde edilen sonuçlar tablo halinde sunulmuştur.

Deneysel çalışmalarдан elde edilen karakteristik malzeme özellikleri kullanılarak DIN 18202:2013-04 standardında döşeme ve duvarlar için belirtilen sehim sınırları için EN 12812:2008 standardında belirtilen tasarım prensipleri doğrultusunda panellerin kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik klavuz tasarım bilgileri raporda bir örnek uygulama ile sunulmuştur. Düşey kalıp uygulamalarında taze betonun yatay basıncı DIN 18218:2010-01 standardında belirtilen ve raporda özetlenen yöntem kullanılarak hesaplanabilir. Tasarım yükleri hesaplandıktan sonra yapılacak tasarım kontrolleri yatay ve düşey kalıp uygulamaları için esasen aynıdır. Sunulan yöntem ve klavuz bilgiler kullanılarak belirli şartlarda yapılacak bir kalıp uygulaması için uygun mesnet aralığının belirlenmesi mümkündür.

Sıradışı uygulamalarda beton basıncının yüksek olduğu durumlarda panellerin iki kat olarak kullanılması mümkündür, ancak raporda belirtilen tasarım yöntemi kullanılırken dikkat edilmeli, üreticinin onayına başvurulmalıdır.

Sonuç olarak, EKOPLAK polimer panellerin temel fiziksel ve teknik özelliklerinin tipik beton kalıp uygulamaları için yeterli olduğu ve ilgili tasarım hesaplarının raporda sunulan prensipler ve yöntem uyarınca yapılabileceği değerlendirilmektedir. Tasarımda yardımcı olmak üzere panellerin yatay ve düşey kalıp uygulamalarında kullanımı için hazırlanan tablolar raporun ekinde sunulmuştur.

EKOPLAK Polimer İnşaat Kalıbı Teknik Özellikleri Hakkında Teknik Rapor

1. Giriş

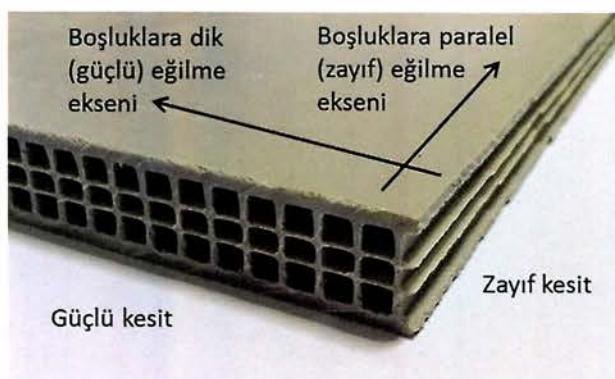
Bu raporda ABS Yapı Elemanları San. ve Tic. Ltd. Şti. adına Okan Cüntay tarafından yapılan 16/03/2018 tarihli ve 371280 numaralı talep üzerine adı geçen şirket tarafından pazarlanan ikinci nesil polimer inşaat kalıbı EKOPLAK ürününe ait çeşitli fiziksel ve mekanik özellikler belirlenmiş ve ürünün çeşitli kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik tasarım önerileri sunulmuştur. Bu rapor İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği uyarınca hazırlanmıştır.

2. Kapsam

Bu raporda özetlenen çalışmalar EKOPLAK boşluklu plastik levhaların inşaat kalıbı olarak kullanımına yönelik temel fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi ve ilgili tasarım önerilerinin oluşturulması ile sınırlı olup ilgili polimer malzeme ve plakanın her yönüyle detaylı karakterizasyonunu içermez. Plakaların üretildiği polipropilen malzemenin yumuşama ve erime sıcaklıklarının belirlenmesinin yanısıra plaka örneklerinden kesilen numuneler üzerinde yapılan çekme ve eğilme deneyleri 15 °C ve 40 °C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta gerçekleştirılmıştır. Buna ek olarak 15 °C'de darbe deneyleri yapılmıştır. Ürünün kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik sunulan tasarım önerilerinde deneySEL çalışmalarдан elde edilen eğilme dayanım ve rijitlikleri esas alınmıştır.

3. Ürün Hakkında Genel Bilgi

İnceleme konusu ürün polipropilen malzemeden üretilmiş boşluklu levha biçimindedir (Şekil 1). Ürün teknik foyünde nominal kalınlığı 18 mm, standart plaka boyutları 1220x2440x18 mm ve ortalama plaka ağırlığı 25 kg olarak verilmektedir.



Şekil 1. Ekoplak polipropilen boşluklu levha kesitleri

Betonarme yapı inşaatlarında geleneksek ahşap veya kontrplak kalıp levhalarına alternatif olarak geliştiren EKOPLAK levhanın avantajları arasında hafifliği, dayanımı, sertliği, darbe dayanımı ve aşınma direncinin yanısıra çok kez kullanılabilirliği, çevre şartlarına ve kimyasallara karşı dayanıklılığı ve kullanım kolaylığı sağlayan diğer özellikleri belirtilmektedir. Ürün broşüründe ürünün kalıp levhası olarak kullanımına yönelik bazı kılavuz bilgiler de bulunmaktadır.

4. Deneysel Çalışmalar

EKOPLAK boşluklu plastik levhaların beton kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik tasarım kılavuz bilgilerin oluşturulabilmesi için gerekli elastik ve dayanım özellikleri laboratuvar deneyslerinden elde edilmiştir. Bu amaçla aşağıdaki deneysler yapılmıştır.

- Panelin metrekare ağırlık ve panel malzemesinin yoğunluk ölçümleri.
- Paneli oluşturan polipropilen malzemenin yumuşama ve erime sıcaklıklarının belirlendiği DSC (Digital Scanning Calorimetry) deneysleri.
- Levhanın boşluklara dik (güçlü) ve boşluklara paralel (zayıf) kesitinde 15°C ve 40°C sıcaklıklarda çekme deneysleri.
- Levhanın boşluklara dik (güçlü) ve boşluklara paralel (zayıf) eğilme eksenleri etrafında 15°C ve 40°C sıcaklıklarda eğilme deneysleri.
- Levhanın düzlem içi ve düzlem dışı güçlü ve zayıf eksenleri etrafında 15°C sıcaklıkta darbe deneysleri.

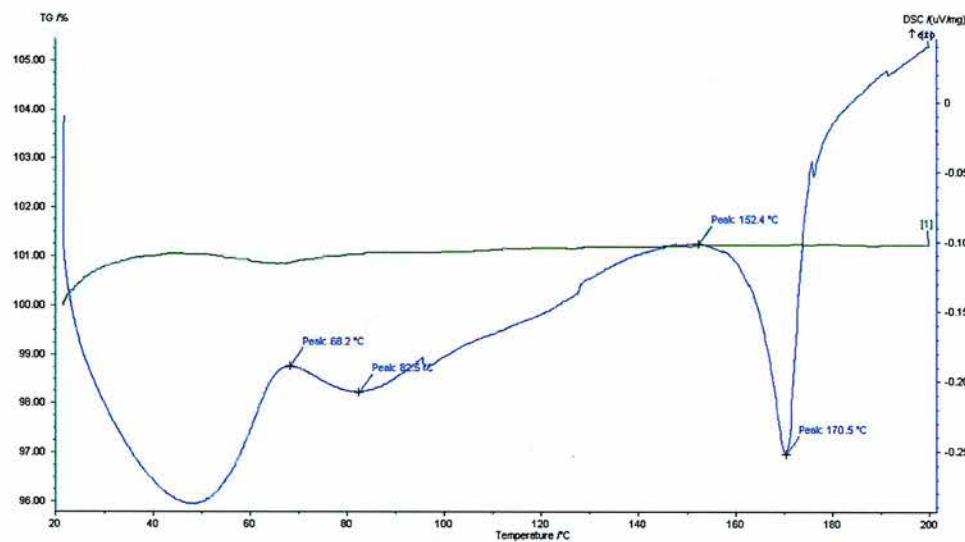
Bu deneyslerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

4.1 Yoğunluk Ölçümleri

Küçük boyutlu EKOPLAK numuneleri üzerinde yapılan ölçüler sonucunda boşluklu panellerin metrekare ağırlığı yaklaşık olarak 10.4 kg/m², su içinde tartım yoluyla belirlenen malzeme yoğunluğu ise 1267 kg/m³, dolayısıyla özgül ağırlığı 1.267 olarak belirlenmiştir.

4.2 Yumuşama ve Erime Sıcaklıkları

EKOPLAK levhaların beton kalıp uygulamalarında değişik mevsim şartlarında kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) tekniği ile yapılan analizler sonucunda numunenin camsı geçiş (yumuşama) sıcaklığı 68 °C, erime sıcaklığı ise 170 °C olarak tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analiz sonuçları

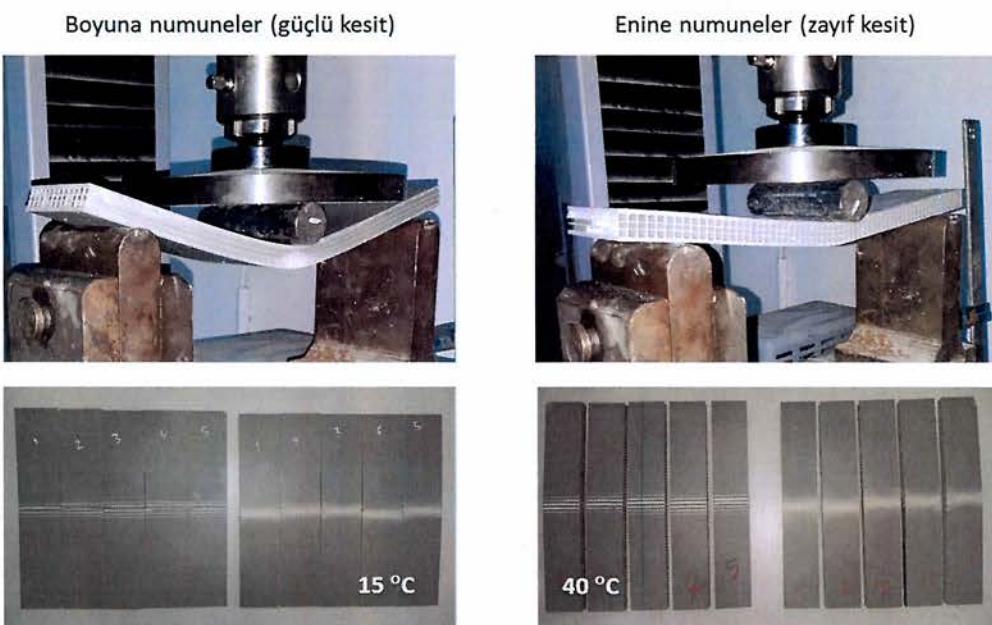
Tablo 1. Çekme deneylerinden elde edilen sonuçlar

Sıcaklık (°C)	Yön	Numune no	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Boy (mm)	Ölçüm boyu (mm)	Maks. Yük (N)	Maks. uzama (mm)	Elastisite modülü (MPa)	Akma dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Maks. birim uzama (%)
15	Boyuna	1	17.55	24.20	250	148	3939	8.08	1197	7.80	9.27	5.46
		2	17.57	23.95			4120	11.07	1202	8.17	9.79	7.48
		3	17.74	24.00			4593	10.08	1334	8.85	10.79	6.81
		4	17.56	24.05			4007	9.32	1124	7.99	9.49	6.30
		5	17.54	24.20			4066	13.13	1147	8.00	9.58	8.87
	Enine	1	17.70	24.12			2394	2.04	826	5.39	5.61	1.38
		2	17.69	23.85			2394	2.35	847	5.43	5.67	1.59
		3	17.63	23.80			2404	2.22	846	5.47	5.73	1.50
		4	17.68	24.00			2416	2.21	845	5.42	5.69	1.49
		5	17.67	23.70			2400	2.22	851	5.48	5.73	1.50
40	Boyuna	1	17.55	24.10	250	148	3820	14.33	978	7.14	9.03	9.68
		2	17.61	23.70			3483	9.54	854	6.72	8.35	6.45
		3	17.59	24.20			3501	16.83	826	6.57	8.22	11.37
		4	17.63	24.10			3577	18.28	826	6.42	8.42	12.35
		5	17.83	24.20			3988	22.98	948	7.24	9.24	15.53
	Enine	1	17.77	24.00			2069	2.77	604	4.49	4.85	1.87
		2	17.76	24.00			2100	2.98	607	4.53	4.98	2.01
		3	17.80	23.50			2085	2.79	630	4.58	4.97	1.88
		4	17.78	24.00			2125	3.18	620	4.58	5.01	2.15
		5	17.75	24.00			2117	3.13	637	4.62	5.05	2.12

Şekil 4 ve Tablo 1'den görülebileceği üzere inceleme konusu panelden alınan boyuna numunelerin elastik, dayanım ve deformasyon özellikleri beklentiği gibi enine numunelere oranla oldukça yüksektir.

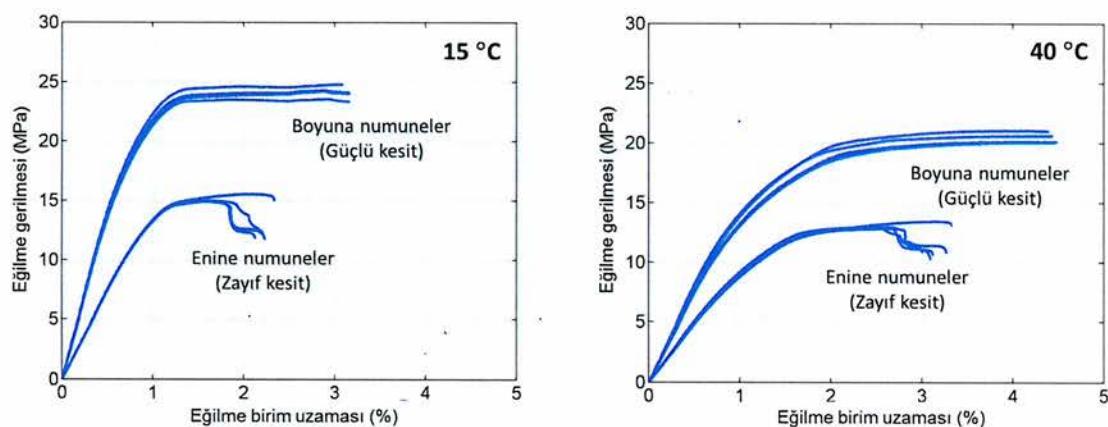
4.4 Eğilme Deneyleri

EKOPLAK panellerden alınan enine ve boyuna eğilme numuneleri üzerinde 15 °C ve 40°C sıcaklıkta ASTM D790-17 standarı uyarınca yapılan eğilme deneyleri Şekil 5'te gösterilmiş, deneylerden elde edilen eğilme gerilmesi – eğilme birim uzaması grafikleri Şekil 6'da verilmiş, deney sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir.



Şekil 5. 15 °C ve 40 °C sıcaklığında eğilme deneyine tabi tutulan enine ve boyuna numuneler

40°C sıcaklıkta yapıldığı belirtilen deneylerde numuneler üç gün süreyle 40°C ortamda bekletildikten sonra yalıtımlı kaplarda deney mahaline getirilip laboratuvar koşullarında deneye tabi tutulmuştur. Numunelerin boyutları ve eğilme açılığı Tablo 2'de verilmiştir. Deney düzeneğinin deplasman sınırları nedeniyle boyuna numuneler dayanım değerine ulaştıktan sonra deneyler yaklaşık 25 mm deplasmanda sonlandırılmıştır. Bu nedenle Tablo 2'de numuneler için kırılma birim uzaması değil, dayanıma karşılık gelen eğilme birim uzaması verilmiştir. Boyuna numunelerde eğilme modülü 15 °C sıcaklık için 5 MPa ile 15 MPa gerilmeler arasında, 40 °C sıcaklık için ise 5 MPa ile 10 MPa gerilmeler arasında hesaplanmıştır (chord modulus). Enine numunelerde gerilme modülü 15 °C sıcaklık için 5 MPa ile 10 MPa gerilmeler arasında, 40 °C sıcaklık için ise 3 MPa ile 6 MPa gerilmeler arasında hesaplanmıştır. Bütün numuneler için akma dayanımı %0.2 ofset yöntemi ile hesaplanmıştır.



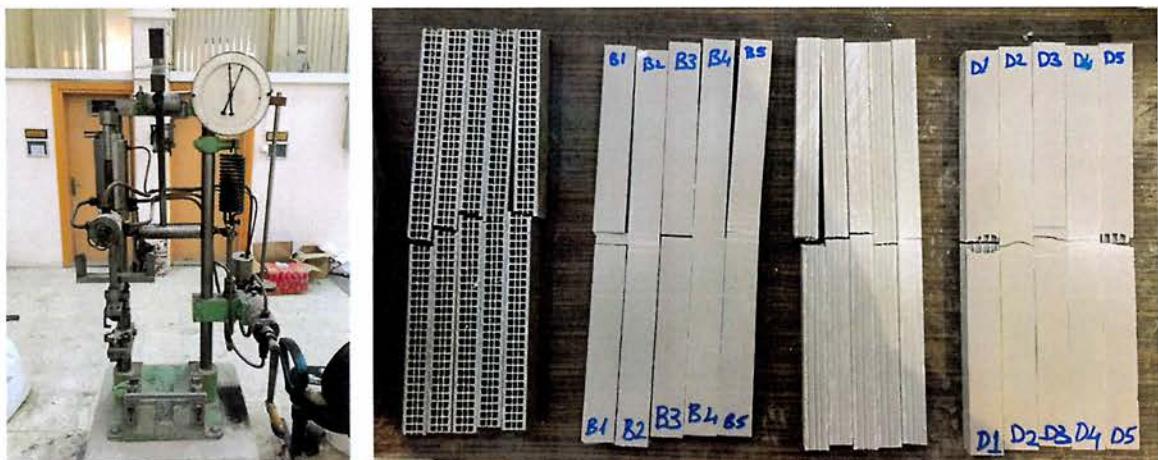
Şekil 6. Eğilme deneylerinden elde edilen gerilme-birim uzama grafikleri

Tablo 2. Eğilme deneylerinden elde edilen sonuçlar

Sıcaklık (°C)	Yön	Numune no	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Boy (mm)	Açıklık (mm)	Maks. Yük (N)	Maks. yükte deplasman (mm)	Eğilme Elastisite Modülü (MPa)	Eğilme akma dayanımı (MPa)	Eğilme dayanımı (MPa)	Dayanımda birim uzama (%)
15	Boyuna	1	17.53	71.67	350	290	1266	24.90	2800	22.26	25.01	3.11
		2	17.61	71.76			1255	22.70	2687	21.60	24.54	2.88
		3	17.58	71.53			1252	22.50	2743	21.77	24.64	2.82
		4	17.57	71.73			1216	22.80	2679	21.33	23.89	2.91
		5	17.60	71.31			1253	22.70	2703	21.70	24.68	2.86
	Enine	1	17.80	71.66			822	15.40	1474	14.61	15.74	2.07
		2	17.80	71.50			793	12.00	1479	14.39	15.24	1.55
		3	17.75	71.56			790	12.30	1476	14.54	15.25	1.56
		4	17.75	71.60			788	12.30	1476	14.43	15.19	1.56
		5	17.75	71.65			790	12.10	1466	14.50	15.22	1.53
40	Boyuna	1	17.60	71.80	350	290	1077	34.71	1612	15.34	21.06	4.36
		2	17.55	71.40			1034	34.64	1456	14.64	20.46	4.34
		3	17.56	71.60			1037	31.67	1486	14.82	20.43	3.97
		4	17.60	71.70			1051	34.19	1473	14.76	20.59	4.29
		5	17.56	71.80			1091	30.26	1545	15.52	21.44	3.79
	Enine	1	17.74	71.60			688	20.52	999	10.75	13.29	2.60
		2	17.80	71.80			718	24.52	955	10.68	13.72	3.11
		3	17.80	71.60			683	20.75	964	10.71	13.09	2.63
		4	17.76	71.70			688	19.63	1016	10.80	13.24	2.49
		5	17.76	71.40			687	19.15	999	10.81	13.27	2.43

4.5 Darbe Deneyleri

İnceleme konusu panellerin darbe dayanımı her ne kadar doğrudan bir tasarım parametresi olmasa da panelin darbe direnci hakkında fikir vermesi ve olaşı şartname değerleri ile uygunluk kontrolü açısından panelin düzlem içi ve düzlem dışı doğrultularında boyuna ve enine yönde numuneler hazırlanarak Charpy darbe deneyleri gerçekleştirılmıştır. Panelin boşluklu olması, asıl direncin panel kabuğu tarafından sağlanıyor olması ve deney sonuçlarının çözünürlüğü açısından numuneler çentiksiz olarak deneye tabi tutulmuştur. Charpy darbe deneyi cihazı ile panel düzlemine paralel ve dik doğrultuda kesilen enine ve boyuna numuneler Şekil 7'de gösterilmiş, deney sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Deney sonuçlarından görülebileceği üzere panelin darbe direnci bekleniği gibi düzlem dışı doğrultuda boyuna' (güçlü kesit) yönünde en yüksek, düzlem içi doğrultuda enine (zayıf kesit) yönde ise en düşüktür. Panellerin çentiksiz olarak deneye tabi tutulması nedeniyle Tablo 3'te verilen standart sapmaların normalden yüksek çıkması beklenen bir durumdur ancak çentik açıldığı takdirde numunelerin fazlaca zayıflaması nedeniyle 'C' seti sonuçlarında görülene benzer çözünürlük sorunları kaçınılmaz olmaktadır.



Şekil 7. Charpy darbe deneyi cihazı ve numune setleri

Tablo 3. Darbe deneyi sonuçları

Numune no	Darbe Dayanımı (Joule/m ²)			
	Düzlem içi		Düzlem Dışı	
	Güçlü kesit	Zayıf kesit	Güçlü kesit	Zayıf kesit
1	7.0	2.0	11.0	5.2
2	7.1	2.0	8.1	5.0
3	8.1	2.0	9.0	5.1
4	11.0	2.0	10.6	4.9
5	14.0	2.0	11.0	5.6
Ortalama	9.44	2.00	9.94	5.16
Standart sapma	3.02	0.00	1.32	0.27

4.6 Mekanik Özelliklerin Karakteristik Değerleri

Önceki bölümlerde sunulan deney sonuçları arasından EKOPLAK panellerin beton kalıbı olarak kullanımı için tasarımda gerekli olabilecek özelliklerin karakteristik değerleri Tablo 4'te sunulmuştur. 15 °C ve 40 °C sıcaklık için verilen karakteristik değerleri ara sıcaklık değerleri için interpolasyon yoluyla hesaplanabilir. Belirtilen aralık dışındaki sıcaklıklar için ekstrapolasyon yapmaktan kaçınılmalı, bunun için üreticinin onayı alınmalıdır.

Tablo 4'te verilen karakteristik değerler, Tablo 1 ve 2'de verilen ilgili değerlerin ortamala ve standart sapmaları hesaplandıktan sonra numune sayısının 5 olması nedeniyle *t*-dağılımı kullanılıp serbestlik derecesi 5 alınarak %90 güvenlik seviyesi için aşağıdaki denklem yoluyla hesaplanmıştır.

$$\text{Karakteristik değer} = \text{Ortalama} - 1.476 \times \text{Standart sapma}$$

Tablo 4. EKOPLAK mekanik özellikleri karakteristik değerleri

			Ortalama	Standart sapma	Karakteristik değer
Boyuna numuneler (Güçlü kesit)	Çekme	Elastisite modülü (MPa)	15 °C 40 °C	1201 886	81 72
		Akma dayanımı (MPa)	15 °C 40 °C	8.2 6.8	0.41 0.36
		Dayanım (MPa)	15 °C 40 °C	9.8 8.7	0.59 0.51
		Kopma birim uzaması (%)	15 °C 40 °C	7.0 11.1	1.29 3.35
		Elastisite modülü (GPa)	15 °C 40 °C	2723 1514	50 64
	Eğilme	Akma dayanımı (MPa)	15 °C 40 °C	21.7 15.0	0.34 0.39
		Dayanım (MPa)	15 °C 40 °C	24.6 20.8	0.41 0.44
		Dayanımda birim uzama (%)	15 °C 40 °C	2.9 4.1	0.11 0.26
		Elastisite Modülü (MPa)	15 °C 40 °C	843 619	10 14
		Akma dayanımı (MPa)	15 °C 40 °C	5.4 4.6	0.04 0.05
Erine numuneler (Zayıf kesit)	Çekme	Dayanım (MPa)	15 °C 40 °C	5.7 5.0	0.05 0.08
		Kopma birim uzaması (%)	15 °C 40 °C	1.5 2.0	0.08 0.13
		Elastisite modülü (MPa)	15 °C 40 °C	1474 986	5 26
		Akma dayanımı (MPa)	15 °C 40 °C	14.5 10.7	0.09 0.06
		Dayanım (MPa)	15 °C 40 °C	15.3 13.3	0.23 0.24
	Eğilme	Dayanımda birim uzama (%)	15 °C 40 °C	1.7 2.7	0.23 0.27
		Elastisite modülü (MPa)	15 °C 40 °C	1467 948	14.4 10.7
		Akma dayanımı (MPa)	15 °C 40 °C	15.0 13.0	15.0 13.0
		Dayanım (MPa)	15 °C 40 °C	1.3 2.3	1.3 2.3

5. Panellerin Kalıp Tasarım Kılavuzu

Teknik özellikleri ve tasarım değerleri önceki bölümlerde verilen EKOPLAK panellerin yatayda ve düşeyde kalıp paneli olarak kullanımına yönelik kılavuz bilgiler bu bölümde verilmiştir.

5.1 Döşeme ve Duvarlarda Sehim Sınırları

DIN 18202:2013-04 standardında binaların döşeme ve duvar yüzeylerinde farklı açıklıklar için belirtilen sehim sınırları Şekil 8'de verilmiştir. Farklı döşeme ve duvar grupları için belirtilen bu sehim sınırları EKOPLAK panellerin kullanılacağı tipik açıklık sınırları için Tablo 5'te verilmiştir.

Table 3 — Permitted flatness deviations

Column	Reference	Permitted position deviations, in mm, for distances between measuring points, in m, up to				
		0,1	1 ^a	4 ^a	10 ^a	15 ^{ab}
1	unfinished upper surfaces of floors, subfloors and concrete bases	10	15	20	25	30
2a	unfinished upper surfaces of floors or base slabs (e.g. to receive bonded, unbonded or floating screed, industrial floors, tile and slab flooring in mortar bed)	5	8	12	15	20
2b	finished upper surfaces of floors or base slabs for minor purposes (e.g. in storerooms, basements or monolithic concrete floors)	5	8	12	15	20
3	finished floors (e.g. screed as wearing courses or screed to receive flooring, flooring including tiled, trowelled or bonded floorings)	2	4	10	12	15
4	as for Group 3, but subject to more stringent requirements (e.g. self-leveling compounds)	1	3	9	12	15
5	unfinished walls and unfinished ceilings	5	10	15	25	30
6	finished walls and soffits (e.g. plastered walls, wall claddings and linings, suspended ceilings)	3	5	10	20	25
7	as for Group 6, but subject to more stringent requirements	2	3	8	15	20

^a Intermediate values shall be taken from Figures 5 and 6, and shall be given to the nearest mm.
^b The values in Column 6 also apply to distances between measuring points of over 15 m.

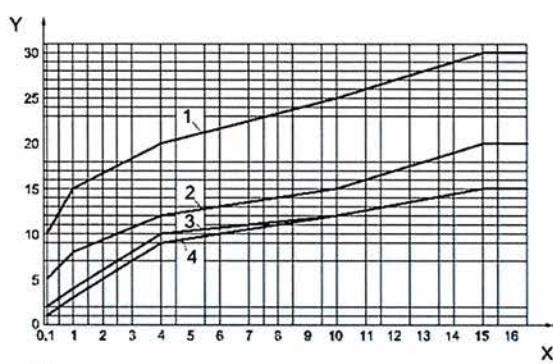


Figure 5 — Permitted flatness deviations for upper surfaces of floors and screeds (groups from Table 3)

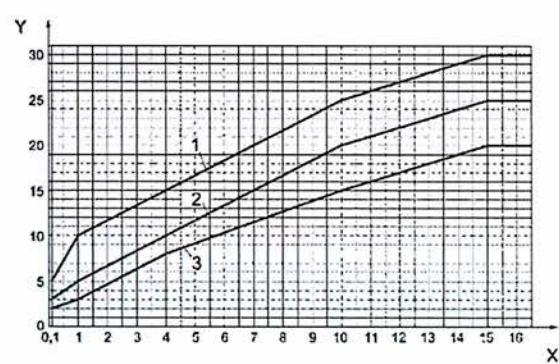


Figure 6 — Permitted flatness deviations for wall surfaces and soffits (groups from Table 3)

Şekil 7. DIN 18202'de döşeme ve duvarlar için belirtilen sehim sınırları

Tablo 5. Döşeme ve duvar grupları için sehim sınırları (DIN 18202)

Grup	Açıklama	Açıklık, L (m) için sehim sınırı, δ_m (mm)	
		0.1	1
1	Kaba döşeme üst yüzeyleri, kaplama altı yüzeyler ve beton zeminler	10	15
2a	Kaba döşeme üst yüzeyleri, kaplama altı yüzeyler ve beton zeminler (örn. yapışmalı/yapışmasız kaplama, üzeren şap uygulanacak yüzeyler, endüstriyel zeminler, harçla seramik ve mozaik kaplanan döşemeler)	5	8
2b	İkincil kullanım amaçlı bitirilmiş döşeme üst yüzeyleri veya beton zeminler (örn. ardiye, bodrum veya kaplamasız döşemeler)	5	8
3	Kaplama döşemeler (örn. giydirmeye yüzeyler, seramik kaplanan döşemeler, yapıştırma yüzeyleri)	2	4
4	Grup 3 benzeri fakat daha düşük sehim istenen durumlar (örn. kendinden yerleşen yüzey kaplamaları)	1	3
5	Kaba duvar ve tavan yüzeyleri	5	10
6	Bitirilmiş duvar yüzeyleri ve alt yüzeyler (örn. sıvı duvarlar, kaplanmış duvarlar, asma tavanlar)	3	5
7	Grup 6 benzeri fakat daha küçük sehim istenen durumlar	2	3

5.2 Tasarım Yükleri ve Yük Kombinasyonları

EN 12812:2008 standarı uyarınca kalıp iskelesi yapılarında dikkate alınması gereken yükler ve yük kombinasyonları Tablo 6'da verilmiştir. Esasen bu standart özel olarak kalıp tasarımını kurallarını içermemekle birlikte kalıba etkiyen sabit ve hareketli yüklerin yanısıra ilgili güvenlik katsayılarını sağlaması bakımından kullanıma elverişlidir. Kalıp ve iskele tasarımında bütün yüklerin ve yükleme durumlarının dikkate alınması gerekli olmakla birlikte, inceleme konusu EKOPLAK panellerinin kalıp amaçlı kullanımı ile ilgili olarak sadece Q_1 , Q_2 ve Q_4 yük etkilerinin geçerli olduğu varsayılmıştır.

Q_1 yük etkisi panelin kendi ağırlığı olup önceki bölümlerde belirtildiği üzere 10.4 kg/m^2 'dir.

Q_2 yük etkisi kalıp tarafından taşınması gereken inşaat ve malzeme yüklerinin yanısıra çalışma alanlarında operasyonel hareketli yükleri içermektedir. Donatılı taze betonun düşey yük etkisi 2500 kg/m^3 (25 kN/m^3) olarak verilmiştir. Kalıp üzerinde herhangi bir malzeme depolanması durumunda malzemenin hesaplanmış ağırlığı veya 1.5 kN/m^2 değerinin büyük olanının düzgün yayılı yük olarak etkililmesi gerekmektedir. Bunun yanısıra yatay kalıp uygulamalarında kalıp üzerinde yapılacak çalışmalar nedeniyle uygulanacak hareketli yük değeri en az 0.75 kN/m^2 olarak verilmiştir. Ayrıca kalıp üzerinde kar ve buzlanma olması ve yük etkisinin 0.75 kN/m^2 değerini aşması durumunda hesaba katılması gereği belirtilmektedir.

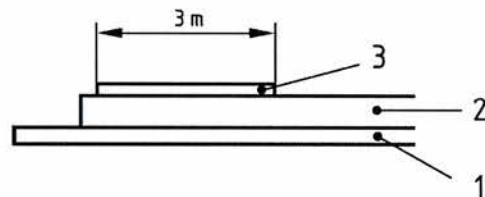
Tablo 6. Yük kombinasyon katsayıları (EN 12812:2008)

Etki	Etki türü	Kombinasyon katsayıları			
		1. Yükleme Durumu	2. Yükleme Durumu	3. Yükleme Durumu	4. Yükleme Durumu
Doğrudan etkiler					
Q_1	Sabit etkiler	1.0	1.0	1.0	1.0
Q_2	Değişken kalıcı düşey etkiler	0	1.0	1.0	1.0
Q_3	Değişken kalıcı yatay etkiler	0	1.0	1.0	0
Q_4	Değişken geçici etkiler	0	1.0	0	0
Q_5	Maksimum rüzgar	1.0	0	1.0	0
	Olağan rüzgar	0	1.0	0	0.0
Q_6	Akan su etkileri	0.7	0.7	0.7	0.7
Q_7	Sismik etkiler	0	0	0	1.0
Dolaylı etkiler					
$Q_{8,j}$	Sıcaklık	0	1.0	1.0	1.0
	Oturma		0	1.0	1.0
	Öngerme		0	1.0	1.0
Q_9	Diğer yük etkileri	0	1.0	1.0	1.0

Q_4 değişken geçici yük etkisi beton dökümü uygulamalarında dökümden kaynaklı yiğilmaları ve yatay beton basıncını dikkate almaktadır. Taze beton dökümü yapılan durumlarda Q_2 yük etkisinde belirtilen 0.75 kN/m^2 hareketli yüze ilave olarak taze beton ağırlığının %10'u oranında bir hareketli yük kabulu yapılmaktadır. Bu hareketli yükün en küçük değeri 0.75 kN/m^2 , en yüksek değeri ise 1.75 kN/m^2 olarak belirtilmektedir. Bu ilave yükün Şekil 8'de görüldüğü gibi $3\text{m} \times 3\text{m}$ bir alanda uygulanması öngörmektedir.



a) Cross section during concreting



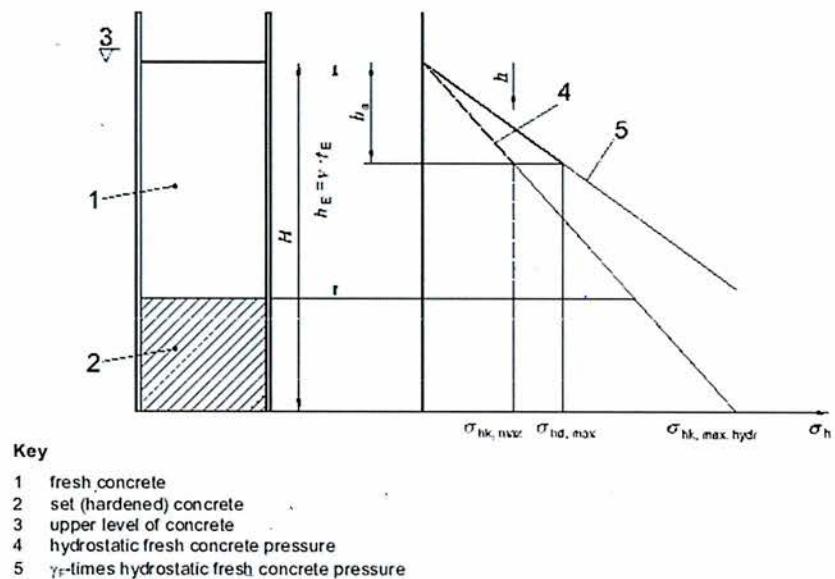
b) Loading diagram

Key

- 1 access areas: minimum live loading class 1 of EN 12811-1
- 2 loading from the weight of concrete to be supported
- 3 surcharge allowance for heaping during placing concrete

Şekil 8. Taze beton dökümünde dikkate alınan tasarım yükleri (EN 12812:2008)

Yine Q_4 değişken geçici yük etkisi kapsamında dikkate alınmak üzere taze betonun kalıp üzerinde yaptığı basınç hesabı DIN 18218:2010-1 standarı uyarınca yapılabilir. Bu standarda göre düşey kalıp içerisinde hızıyla üstten dökülen taze betonun kalıba yaptığı basıncın yükseklikle değişimi Şekil 9'de gösterilmiştir. Taze betonun yatay basıncı çimento ve katkı tipinden priz süresi ve ortam sıcaklığına kadar birçok parametreyle ilişkilidir.



Şekil 9. Düşey kalıp yüksekliği boyunca taze beton basıncı değişimi (DIN 18218:2010-01)

Farklı kıvam sınıfındaki taze betonların döküm hızı ve priz sürelerine bağlı olarak uygulayacakları yatay basıncın en yüksek değerleri Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7. Maksimum taze beton basıncı karakteristik değerleri (DIN 18218:2010-01)

	1	2
1	Consistency class	Maximum lateral fresh concrete pressure when placed in opposite direction to the rise in level (from above) $\sigma_{\text{lk,max}}$ kN/m ²
2	F1	$(5 \cdot v + 21) \cdot KI \geq 25$
3	F2	$(10 \cdot v + 19) \cdot KI \geq 25$
4	F3	$(14 \cdot v + 18) \cdot KI \geq 25$
5	F4	$(17 \cdot v + 17) \cdot KI \geq 25$
6	F5	$25 + 30 \cdot v \cdot KI \geq 30$
7	F6	$25 + 38 \cdot v \cdot KI \geq 30$
8	SCC	$25 + 33 \cdot v \cdot KI \geq 30$

Tablo 8. Priz süresine bağlı KI katsayıları

	1	2	3	4	5
1	Consistency class	Factors KI			
2		End of setting $t_E = 5 \text{ h}$	End of setting $t_E = 10 \text{ h}$	End of setting $t_E = 20 \text{ h}$	General ^b
3	F1 ^a	1,0	1,15	1,45	$1 + 0,03 \cdot (t_E - 5)$
4	F2 ^a	1,0	1,25	1,80	$1 + 0,053 \cdot (t_E - 5)$
5	F3 ^a	1,0	1,40	2,15	$1 + 0,077 \cdot (t_E - 5)$
6	F4 ^a	1,0	1,70	3,10	$1 + 0,14 \cdot (t_E - 5)$
7	F5, F6, SCC	1,0	2,00	4,00	$t_E / 5$

^a Applies for concreting sections of a height H up to 10 m.
^b Applies for $5 \text{ h} \leq t_E \leq 20 \text{ h}$; t_E in h.

Şekil 9 ve Tablo 7 ve 8'den elde edilen en yüksek taze beton basıncı değeri karakteristik değeri vermektedir. Düşey kalının yüksekliğine bağlı olarak tepe noktasından $h_e = vt_e$ bağıntısıyla hesaplanan yükseklik boyunca hidrostatik olarak artmaktadır, bu yükseklikten itibaren σ_{hd} değerinde sabitlenmektedir.

Yukarıda açıklanan yük etkilerinin karakteristik değerleri hesaplandıktan sonra kalının dayanım ve sehim kontrolleri EN 12812:2008 standarı uyarınca aşağıdaki limit durumları için yapılabilir:

- Taşıma gücü limit durumu: → Dayanım kontrolleri
- Kullanılabilirlik limit durumu: → Sehim kontrolleri

Dayanım kontrollerinin yapıldığı taşıma gücü limit durumunda tasarım değerleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır (EN 12812:2008):

$$Q_{d,i} = \gamma_{F,i} \times \Psi_i \times Q_{k,i}$$

Burada, $Q_{d,i}$ yük etkisinin tasarım değeri, Ψ_i Tablo 6'da verilen kombinasyon katsayısı ve $\gamma_{F,i}$ büyütme katsayısının değeri kalıcı yük etkileri (Q_1) için 1.35, diğer yük etkileri için 1.50'dir.

Yük etkilerinin yanısıra ilgili malzeme direncinin tasarım değeri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$R_{d,i} = \frac{R_{k,i}}{\gamma_{m,i}}$$

Burada $\gamma_{m,i}$ değeri başka bir değer belirtilmemiği takdirde 1.1 alınabilir.

Sehim kontrollerinin yapıldığı kullanılabılırlik limit durumunda $\gamma_{F,i}$ ve $\gamma_{m,i}$ katsayıları 1.0 alınabilir.

5.3 Panellerin Döşeme Kalıbı Olarak Kullanımı

Yukarıda verilen bilgiler ışığında EKOPLAK panellerin döşeme kalıbı olarak kullanımı için tasarım aşağıdaki gibi yapılabilir.

Varsayılan Tasarım Parametreleri:

Tablo 5'te Grup 3 döşeme

Döşeme kalınlığı: 30 cm

Mesnet açıklığı: 40 cm

Ortam sıcaklığı: 25 °C

Yük Etkileri:

Q ₁ :	1 metre genişlik için panel ağırlığı = 10.4 kg/m ² /m =	0.104	kN/m ² /m
Q ₂ :	1 metre genişlik için taze betonarme ağırlığı = Operasyonel hareketli yük =	25x0.3=7.5 0.75	kN/m ² /m kN/m ² /m
Q ₄ :	Taze betonun %10'u kadar hareketli yük = (minimum 0.75; maksimum 1.75 kN/m ²)	0.1x25x0.3= 0.75	kN/m ² /m

Tablo 6'da ikinci yükleme durumunun elverişsiz olacağı öngörüsüyle tasarım yükü aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

Taşıma gücü limit durumu için:

$$\text{Tasarım yükü: } Q_d = w_d = 1.35(1)(0.104) + 1.5(1)(7.5 + 0.75 + 0.75) = 13.64 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

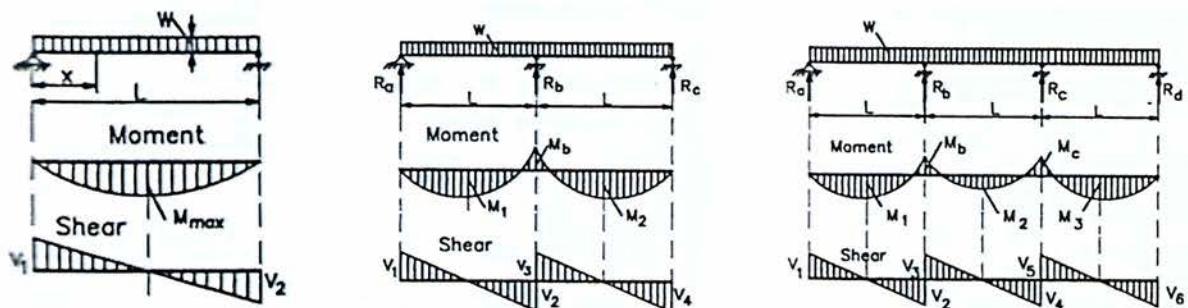
Kullanılabilirlik limit durumu için:

$$\text{Servis yükü: } Q_s = w_s = (1)(1)(0.104) + (1)(1)(7.5 + 0.75 + 0.75) = 9.10 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

Maksimum tasarım ve servis momenti Şekil 10'da gösterilen tek ve çok açıklıklı eğilme elemanlarının zorlanmaları dikkate alınarak panelin en az iki açıklıklı olacağı varsayımla aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\text{Tasarım momenti: } M_d = (13.64)(0.4^2)/8 = 0.273 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Servis momenti: } M_s = (9.10)(0.4^2)/8 = 0.182 \text{ kNm/m}$$



EKOPLAK Eğilmede Elastisite Modülü ve Akma Dayanımı:

Eğilme modülü:

Boyuna yönde: E_{fb} (15°C) = 2649 MPa E_{fb} (40°C) = 1420 MPa
İnterpolasyon yoluyla: E_{fb} (25°C) = 2157 MPa

Enine yönde: E_{fe} (15°C) = 1467 MPa E_{fe} (40°C) = 948 MPa
İnterpolasyon yoluyla: E_{fe} (25°C) = 1259 MPa

Eğilme akma dayanımı:

Boyuna yönde: σ_{yb} (15°C) = 21.1 MPa σ_{yb} (40°C) = 14.4 MPa
İnterpolasyon yoluyla: σ_{yb} (25°C) = 18.42 MPa
Akma dayanımı tasarım değeri: σ_{ybd} (25°C) = 18.42/1.1 = 16.75 MPa

Enine yönde: σ_{ye} (15°C) = 14.4 MPa σ_{ye} (40°C) = 10.7 MPa
İnterpolasyon yoluyla: σ_{ye} (25°C) = 12.92 MPa
Akma dayanımı tasarım değeri: σ_{ye} (25°C) = 12.92/1.1 = 11.75 MPa

Sehim Sınırı:

Tablo 5'te Grup 3 döşeme için verilen değerlerden interpolasyon yoluyla

$$\delta_{lim} = 2 + (40 - 10)(4 - 2)/(100 - 10) = 2.67 \text{ mm}$$

Dayanım Kontrolü:

Taşıma gücü limit durumu için tasarım momenti etkisinde panelde oluşan eğilme gerilmesi:

$$\sigma_f = \frac{M_d}{S} = \frac{M_d}{bh^2/6} = \frac{0.273 \times 10^6}{1000(18^2)/6} = 5.06 \text{ MPa}$$

Tasarım yükleri etkisinde panelde oluşan eğilme gerilmesi panelin boyuna ve enine yönü sırasıyla 16.75 MPa ve 11.75 MPa olarak hesaplanan akma dayanımı tasarım değerlerinin oldukça altındadır. Dolayısıyla panel akma dayanımı sınır şartını sağlamaktadır.

Sehim Kontrolü:

Kullanılabilirlik limit durumu için

Panelin mesnetler arasında boyuna yerleştirilmesi durumunda sehim değeri:

$$\delta_{maks} = \frac{1}{145} \frac{wL^4}{EI} = \frac{1}{145} \frac{9.10(400^4)}{2157[\frac{1}{12}1000(18^3)]} = 1.53 \text{ mm} < 2.67 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Panelin mesnetler arasında enine yerleştirilmesi durumunda sehim değeri:

$$\delta_{maks} = \frac{1}{145} \frac{wL^4}{EI} = \frac{1}{145} \frac{9.10(400^4)}{1259[\frac{1}{12}1000(18^3)]} = 2.62 \text{ mm} < 2.67 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Panel her iki yönde de sehim şartını sağlamaktadır.

Yapılan dayanım ve sehim kontrolleri sonucunda yukarıda verilen örnek için 25°C sıcaklıkta panelin mesnetler arasında yerleştirilme yönünden bağımsız olarak sınır şartlarının sağlandığı görülmektedir. Ancak sehim kontrolü hesapları incelendiğinde panelin mesnetler arasında enine yönde yerleştirilmesi durumunda sehim sınırlarına yaklaştığı görülmektedir. Ortam sıcaklığı veya betonun hidrasyon ısısı nedeniyle panel sıcaklığının 26°C üzerine çıkması ve buna bağlı olarak enine yönde eğilme modülünün 1238 MPa sınırının altına düşmesi durumunda sehim sınırı aşmaktadır. Dolayısıyla panelin mesnetler arasında tutarlı olarak boyuna yönde yerleştirilmesine ve bu yolla güçlü kesitin eğilme etkilerine maruz bırakılmasına dikkat edilmeli, ayrıca panelin kalıp olarak kullanımı için tasarım hesaplarında sıcaklık değeri de dikkate alınmalıdır.

Yukarıda sunulan hesaplamalarda görüleceği üzere mekanik özelliklerin belirlenmesinde tasarım kolaylığı açısından panelin net kesit alanı veya atalet momenti değil, boşluklu toplam kesit dikkate alınmıştır. Tablo 4'te verilen malzeme özellikleri de hesaplanırken dolu kesit dikkate alındığı için elde edilen sonuçlar tutarlı olacaktır. Malzeme özelliklerinin çekme ve eğilme şartlarında farklı belirlenmesi bu yüzdendir. Her iki yönde panel kesitinin farklılık göstermemesi nedeniyle dolu kesit varsayımlı tasarım kolaylığı sağlamaktadır. Bu nedenle tasarım hesaplarında panel kesitinin dolu varsayılmaması uygun olacaktır.

Laboratuvar çalışmalarında panellerin kayma dayanımlarına ilişkin deneyler yapılamadığından kayma dayanımı kontrolleri yapılamamıştır. Diğer sınır şartlarına göre daha güvenli tarafta kalan kayma dayanımı kontrollerinin panelin yüksek beton basıncına maruz kaldığı olası durumlar için gerekli deneySEL araştırmalar yapılarak gerçekleştirilmesi uygun olacaktır.

Raporun sonundaki EKLER bölümünde $10\text{~}40\text{cm}$ arasında değişen kalınlığa sahip dösemeler için kalıp yüzeyi olarak EKOPLAK kullanımı durumunda, farklı mesnetlenme aralıklarında sehim eğrileri ve bunların güvenlik sınırları ile karşılaştırması $T=15^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklı beton uygulaması için verilmektedir.

5.4 Panellerin Duvar Kalıbı Olarak Kullanımı

EKOPLAK panellerinin düşey kalıp uygulamalarında kullanımı durumunda yapılacak sehim ve gerilme kontrolleri betonun yatay yönde basıncının hesaplanması haricinde esasen yatay kalıp uygulamalarından bir farklılık göstermemektedir. Düşey kalıp uygulamalarında doğal olarak ilave hareketli yük durumu geçerli değildir, buna karşın duvarın yüksekliği nedeniyle betonun yatay basıncı yüksek çıkabilecektir. Bununla birlikte kullanılan betonun özelliklerine bağlı olarak yatay basıncın belirli bir yükseklikte sabitlenmesi panel üzerindeki yük etkilerini ve zorlanmaları belirli ölçüde sınırlamaktadır. Bu nedenle yatay beton basıncının doğru olarak tahmini düşey kalıp uygulamalarının gereği gibi tasarımlı açısından oldukça önemlidir. DIN 18218:2010-01 standartında belirtilen yöntem kapsamında betonun döküm hızı ve priz süresi ayarlanmak suretiyle kalıplara gelen beton basıncının kabul edilebilir düzeyde tutulması da mümkündür.

Raporun sonundaki EKLER bölümünde 3m ve 5m yüksekliğe sahip perdeler için kalıp yüzeyi olarak EKOPLAK kullanımı durumunda, farklı boylama aralıklarında sehim eğrileri ve bunların güvenlik sınırları ile karşılaştırması $T=15^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklı ve plastik kıvamlı (K2) beton dökümünde $2\text{~}7\text{m/h}$ beton döküm hızları için verilmektedir.

6. Sonuç

Bu raporda EKOPLAK polimer panellerin beton kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik temel teknik özellikleri deneySEL çalışmalarla belirlenmiş ve tasarımla ilgili kılavuz bilgiler sunulmuştur.

18 mm nominal kalınlığa sahip panellerin birim ağırlığı 10.4 kg/m^2 , panel malzemesinin özgül ağırlığı ise 1.267 olarak ölçülmüştür.

Diferansiyel Taramalı Kalorimetri yöntemiyle panel malzemesinin yumuşama ve erime sıcaklıkları sırasıyla 68°C ve 170°C olarak belirlenmiştir.

Panellerin mekanik özelliklerinin tutarlı olarak boyuna yönde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle mesnetler arasında panelin boyuna yönde yerleştirilmesi ve bu yolla güçlü kesitin eğilme etkilerine maruz bırakılması önem arz etmektedir. Bununla birlikte örneğin mesnet aralıklarının 40 cm ve beton yüksekliğinin 30 cm olduğu durum için 25°C sıcaklıkta panelin her iki yönde de sehim ve akma dayanımı şartlarını sağladığı görülmüştür.

15°C ortam sıcaklığı ve 40°C numune sıcaklığı şartlarında yapılan çekme ve eğilme deneylerinden elde edilen elastik ve dayanım özelliklerinin karakteristik değerleri hesaplanarak tablo halinde sunulmuştur. $15\text{-}40^\circ\text{C}$ arası sıcaklıklar için uygun değerlerin interpolasyon yoluyla hesaplanması mümkündür. Bu değerler dışındaki sıcaklıklar için ekstrapolasyon yapmaktan kaçınılmalı, bunun için üreticinin onayına başvurulmalıdır.

Çentiksiz numuneler üzerinde 15°C ortam sıcaklığında yapılan Charpy darbe deneylerinden elde edilen sonuçlar tablo halinde sunulmuştur.

Deneysel çalışmalarдан elde edilen karakteristik malzeme özellikleri kullanılarak DIN 18202:2013-04 standardında döşeme ve duvarlar için belirtilen sehim sınırları için EN 12812:2008 standardında belirtilen tasarım prensipleri doğrultusunda panellerin kalıp uygulamalarında kullanımına yönelik kavuz tasarım bilgileri raporda bir örnek uygulama ile sunulmuştur. Düşey kalıp uygulamalarında taze betonun yatay basıncı DIN 18218:2010-01 standardında belirtilen ve raporda özetlenen yöntem kullanılarak hesaplanabilir. Tasarım yükleri hesaplandıktan sonra yapılacak tasarım kontrolleri yatay ve düşey kalıp uygulamaları için esasen aynıdır. Sunulan yöntem ve kavuz bilgiler kullanılarak belirli şartlarda yapılacak bir kalıp uygulaması için uygun mesnet aralığının belirlenmesi mümkündür.

Sıradışı uygulamalarda beton basıncının yüksek olduğu durumlarda panellerin iki kat olarak kullanılması mümkün değildir, ancak raporda belirtilen tasarım yöntemi kullanılırken dikkat edilmeli, üreticinin onayına başvurulmalıdır.

Deneysel çalışmalar ve tasarım uygulaması sonuçları doğrultusunda EKOPLAK polimer panellerin temel fiziksel ve teknik özelliklerinin tipik beton kalıp uygulamaları için yeterli olduğu ve ilgili tasarım hesaplarının raporda sunulan prensipler ve yöntem uyarınca yapılabileceği değerlendirilmektedir.

Durum saygılarımıza bilgilerinize sunulur.

Doç Dr. Beyza TAŞKIN

İTÜ İnşaat Fakültesi Betonarme ve Yapı Malzemesi Çalışma Grubu Öğretim Üyeleri
Mart 2018

Dr. Oğuz GÜNEŞ



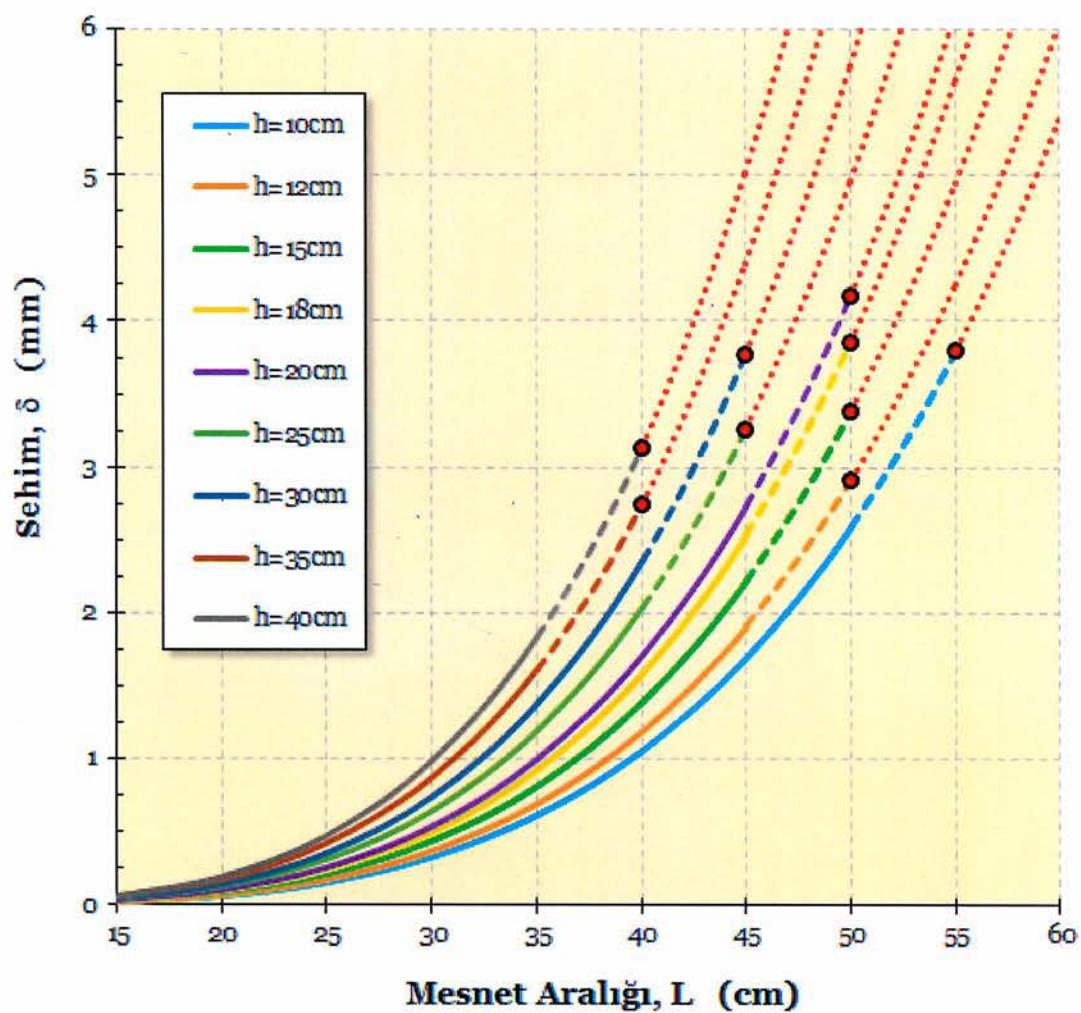
Kaynaklar

- ACI 347-04 (2004) Guide to Formwork for Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- ASTM D4101-14 (2014) Standard Specification for Polypropylene Injection and Extrusion Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D638-14 (2014) Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D790-17 (2017) Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- DIN 18202 (2013) Tolerances in building construction – Buildings, Deutsches Institut für Normung e.V., Germany.
- DIN 18218 (2010) Pressure of fresh concrete on vertical formwork, Deutsches Institut für Normung e.V., Germany.
- EN 12811-1 (2003) Temporary works equipment – Part 1: Scaffolds – Performance requirements and general design, CEN, Brussels.
- EN 12812 (2008) Falsework – Performance requirements and general design, CEN, Brussels.
- EN 1991-1-1 (2002) Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, Brussels.
- Hurd, M.K. (2005), Formwork for Concrete, 7th Ed., American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- Peurifoy, R.L. ve Oberlender, G.D. (2011) Formwork for Concrete Structures, 4th. Ed., Mc Graw Hill, New York, N.Y.

EK-A: Yatay Kullanım

Tek Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Güçlü Eksenin Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

Döşeme Beton Kalınlığı (cm)										Slab Concrete Thickness (cm)										
	10	12	15	18	20	25	30	35	40											
<i>Servis Yükü (kN/m²/m)</i>										<i>Service Load (kN/m²/m)</i>										
4.104	4.604	5.354	6.104	6.604	7.854	9.104	10.604	12.104												
<i>Tasarım Yükü (kN/m²/m)</i>										<i>Design Load (kN/m²/m)</i>										
6.1404	6.8904	8.0154	9.1404	9.8904	11.7654	13.6404	15.5154	17.3904												
EI = 1.287 kNm ²										T = 15°C										
Sehim (mm)										Deflection (mm)										Limit
Mesnet Aralığı (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	
Girder Spacing (cm)	0.021	0.024	0.027	0.031	0.034	0.040	0.047	0.054	0.062	0.070	0.078	0.086	0.094	0.102	0.110	0.118	0.126	0.134	0.142	
15	0.021	0.024	0.027	0.031	0.034	0.040	0.047	0.054	0.062	0.070	0.078	0.086	0.094	0.102	0.110	0.118	0.126	0.134	0.142	
20	0.066	0.075	0.087	0.099	0.107	0.127	0.147	0.172	0.196	0.222	0.233	0.244	0.2556	0.2667	0.2778	0.2889	0.2900	0.2911	0.2922	
25	0.162	0.182	0.212	0.241	0.261	0.310	0.360	0.419	0.478	0.537	0.596	0.655	0.714	0.773	0.832	0.891	0.950	1.009	1.068	
30	0.336	0.377	0.439	0.500	0.541	0.643	0.746	0.869	0.992	1.121	1.250	1.379	1.508	1.637	1.766	1.895	2.024	2.153	2.282	
35	0.623	0.699	0.813	0.926	1.002	1.192	1.382	1.609	1.837	2.056	2.285	2.504	2.723	2.942	3.161	3.380	3.609	3.828	4.047	
40	1.063	1.192	1.386	1.580	1.710	2.034	2.357	2.746	3.134	3.523	3.912	4.301	4.690	5.079	5.468	5.857	6.246	6.635	7.024	
45	1.702	1.909	2.220	2.532	2.739	3.257	3.776	4.398	5.020	5.539	6.058	6.577	7.096	7.615	8.134	8.653	9.172	9.691	10.210	
50	2.594	2.910	3.384	3.858	4.175	4.965	5.755	6.703	7.651	8.570	9.519	10.467	11.406	12.344	13.283	14.221	15.160	16.100	17.039	
55	3.798	4.261	4.955	5.649	6.112	7.269	8.426	9.814	11.202	12.571	13.939	15.307	16.675	18.043	19.411	20.779	22.147	23.515	24.883	
60	5.379	6.035	7.018	8.001	8.656	10.295	11.933	13.899	15.866	17.532	19.144	20.853	22.562	24.271	25.980	27.688	29.393	31.101	32.809	
65	7.409	8.312	9.666	11.020	11.923	14.180	16.436	19.144	21.853	23.522	25.230	26.939	28.647	30.356	32.064	33.773	35.481	37.189	38.897	
70	9.966	11.180	13.001	14.823	16.037	19.072	22.108	25.750	29.393	31.517	34.145	36.773	39.401	42.029	44.657	47.285	49.913	52.541	55.169	
75	13.133	14.733	17.133	19.534	21.134	25.134	29.134	33.934	38.734	41.567	44.395	47.223	50.051	52.879	55.707	58.535	61.363	64.191	66.919	
Gerilme (MPa)										Stress (MPa)										Limit
Mesnet Aralığı (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Girder Spacing (cm)	0.320	0.359	0.417	0.476	0.515	0.613	0.710	0.808	0.906	1.004	1.102	1.200	1.298	1.396	1.494	1.592	1.690	1.788	1.886	
15	0.320	0.359	0.417	0.476	0.515	0.613	0.710	0.808	0.906	1.004	1.102	1.200	1.298	1.396	1.494	1.592	1.690	1.788	1.886	
20	0.569	0.638	0.742	0.846	0.916	1.089	1.263	1.437	1.610	1.778	1.942	2.105	2.268	2.431	2.594	2.757	2.920	3.083	3.246	
25	0.888	0.997	1.160	1.322	1.431	1.702	1.973	2.245	2.516	2.778	3.049	3.321	3.593	3.865	4.137	4.409	4.681	4.953	5.225	
30	1.279	1.436	1.670	1.904	2.061	2.451	2.842	3.232	3.623	3.981	4.373	4.765	5.157	5.549	5.941	6.333	6.725	7.117	7.508	
35	1.741	1.954	2.273	2.592	2.805	3.336	3.868	4.400	4.931	5.354	5.776	6.208	6.640	7.072	7.504	7.936	8.368	8.800	9.231	
40	2.274	2.552	2.969	3.385	3.663	4.358	5.052	5.746	6.441	6.984	7.577	8.170	8.763	9.356	9.949	10.542	11.135	11.728	12.321	
45	2.878	3.230	3.757	4.285	4.636	5.515	6.394	7.273	8.152	8.935	9.714	10.493	11.272	12.051	12.830	13.609	14.388	15.167	15.946	
50	3.553	3.988	4.639	5.290	5.724	6.809	7.894	8.979	10.064	11.367	12.930	14.492	16.064	17.637	19.210	20.783	22.356	23.929	25.502	
55	4.300	4.825	5.613	6.400	6.926	8.239	9.551	10.864	12.177	13.671	15.144	16.617	18.090	19.463	20.836	22.209	23.582	24.955	26.328	
60	5.117	5.742	6.680	7.617	8.242	9.805	11.367	12.930	14.492	16.064	17.637	19.210	20.783	22.356	23.929	25.502	27.075	28.648	30.221	
65	6.005	6.739	7.839	8.939	9.673	11.507	13.340	15.174	17.008	18.571	20.234	21.897	23.560	25.223	26.886	28.559	30.221	31.894	33.567	
70	6.965	7.816	9.092	10.368	11.218	13.345	15.472	17.598	19.725	20.567	22.234	23.897	25.560	27.223	28.886	30.559	32.221	33.894	35.567	
75	7.995	8.972	10.437	11.902	12.878	15.320	17.761	20.202	22.644	21.567	23.234	24.897	26.560	28.223	29.886	31.559	33.221	34.894	36.567	

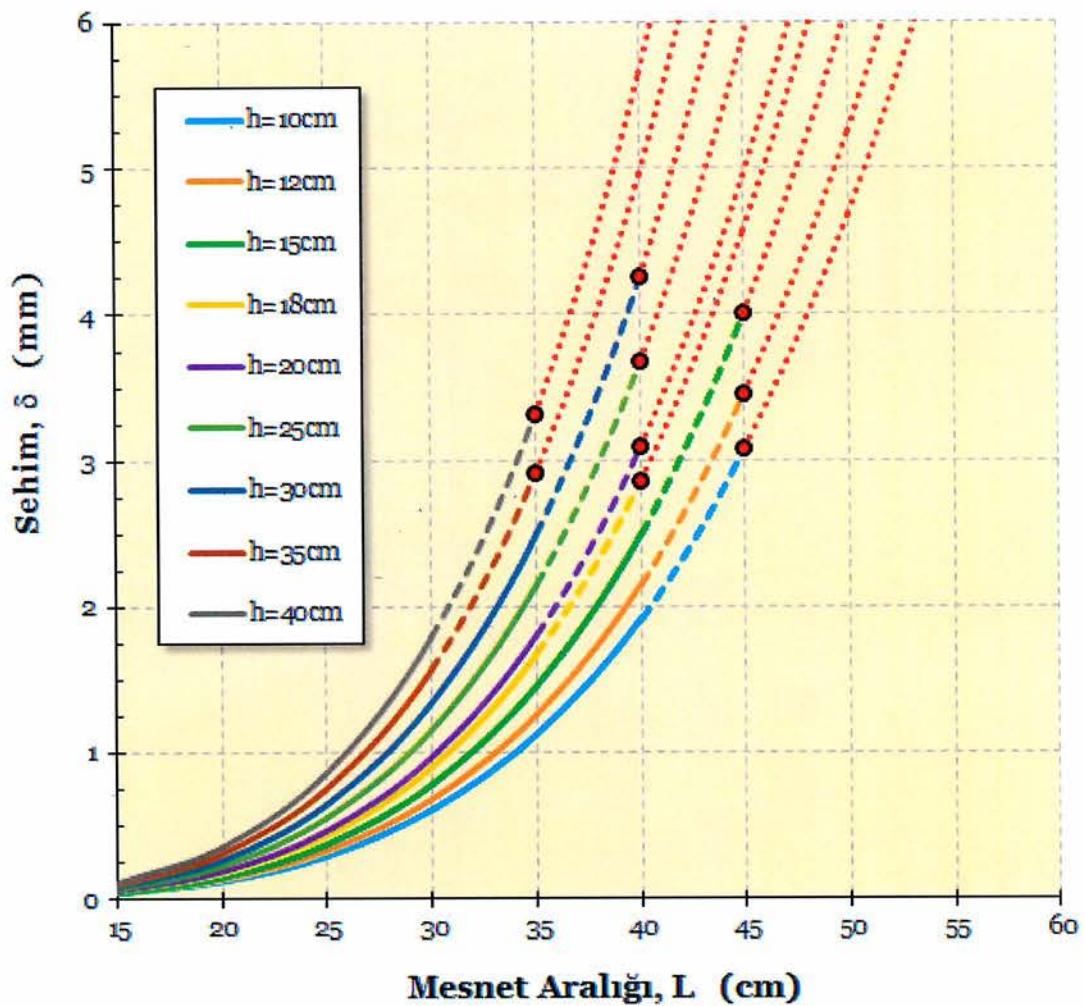


Şekil A. Tek açıklıklı uygulamada EKOPLAK güclü doğrultusu için sehim eğrileri

EK-B: Yatay Kullanım

Tek Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Zayıf Eksenin Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

		Döşeme Beton Kalınlığı (cm)									Slab Concrete Thickness (cm)						
		10	12	15	18	20	25	30	35	40							
		Servis Yükü (kN/m ² /m)									Service Load (kN/m ² /m)						
		4.104	4.604	5.354	6.104	6.604	7.854	9.104	10.604	12.104							
		Tasarım Yükü (kN/m ² /m)									Design Load (kN/m ² /m)						
		6.1404	6.8904	8.0154	9.1404	9.8904	11.7654	13.6404	15.5154	17.3904							
		EI = 0.713 kNm ²									T = 15°C						
		Sehim (mm)									Deflection (mm)				Limit		
Mesnet Aralığı (cm)	15	0.038	0.043	0.050	0.056	0.061	0.073	0.084	0.098	0.112	2.111						
	20	0.120	0.135	0.156	0.178	0.193	0.230	0.266	0.310	0.354	2.222						
	25	0.293	0.328	0.382	0.435	0.471	0.560	0.649	0.756	0.863	2.333						
	30	0.607	0.681	0.792	0.903	0.977	1.162	1.347	1.569	1.791	2.444						
	35	1.125	1.262	1.467	1.673	1.810	2.152	2.495	2.906	3.317	2.556						
	40	1.919	2.153	2.503	2.854	3.088	3.672	4.256	4.958	5.659	2.667						
	45	3.073	3.448	4.010	4.571	4.946	5.882	6.818	7.941	9.065	2.778						
	50	4.684	5.255	6.111	6.967	7.538	8.965	10.392	12.104	13.816	2.889						
	55	6.859	7.694	8.947	10.201	11.036	13.125	15.214	17.721	20.228	3.000						
	60	9.714	10.897	12.672	14.447	15.631	18.590	21.548	25.098	28.649	3.111						
	65	13.379	15.009	17.454	19.899	21.529	25.605	29.680	34.570	39.460	3.222						
	70	17.996	20.188	23.477	26.766	28.958	34.439	39.921	46.498	53.075	3.333						
	75	23.715	26.604	30.938	35.272	38.161	45.385	52.608	61.276	69.943	3.444						
		Gerilme (MPa)									Stress (MPa)				Limit		
Mesnet Aralığı (cm)	15	0.320	0.359	0.417	0.476	0.515	0.613	0.710	0.808	0.906							
	20	0.569	0.638	0.742	0.846	0.916	1.089	1.263	1.437	1.610							
	25	0.888	0.997	1.160	1.322	1.431	1.702	1.973	2.245	2.516							
	30	1.279	1.436	1.670	1.904	2.061	2.451	2.842	3.232	3.623							
	35	1.741	1.954	2.273	2.592	2.805	3.336	3.868	4.400	4.931							
	40	2.274	2.552	2.969	3.385	3.663	4.358	5.052	5.746	6.441							
	45	2.878	3.230	3.757	4.285	4.636	5.515	6.394	7.273	8.152	13.09						
	50	3.553	3.988	4.639	5.290	5.724	6.809	7.894	8.979	10.064							
	55	4.300	4.825	5.613	6.400	6.926	8.239	9.551	10.864	12.177							
	60	5.117	5.742	6.680	7.617	8.242	9.805	11.367	12.930	14.492							
	65	6.005	6.739	7.839	8.939	9.673	11.507	13.340	15.174	17.008							
	70	6.965	7.816	9.092	10.368	11.218	13.345	15.472	17.598	19.725							
	75	7.995	8.972	10.437	11.902	12.878	15.320	17.761	20.202	22.644							

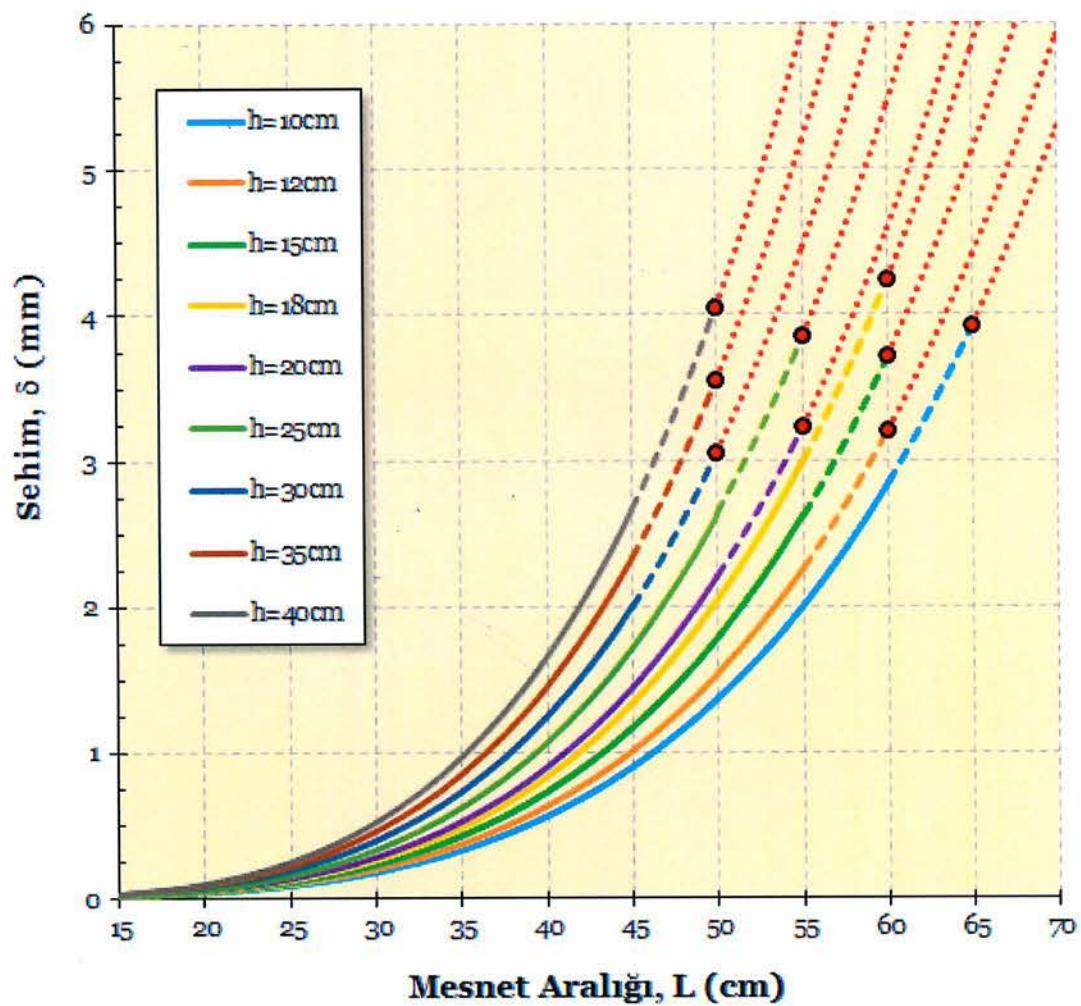


Şekil B. Tek açıklıklı uygulamada EKOPLAK zayıf doğrultusu için sehim eğrileri

EK-C: Yatay Kullanım

Çok Açıkkılık EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Güçlü Eksenin Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

Döşeme Beton Kalınlığı (cm)										Slab Concrete Thickness (cm)										
10	12	15	18	20	25	30	35	40	10	12	15	18	20	25	30	35	40			
<i>Servis Yükü (kN/m²/m)</i>										<i>Service Load (kN/m²/m)</i>										
4.104	4.604	5.354	6.104	6.604	7.854	9.104	10.604	12.104	10	12	15	18	20	25	30	35	40			
<i>Tasarım Yükü (kN/m²/m)</i>										<i>Design Load (kN/m²/m)</i>										
6.1404	6.8904	8.0154	9.1404	9.8904	11.7654	13.6404	15.5154	17.3904	10	12	15	18	20	25	30	35	40			
EI = 1.287 kNm ²										T = 15°C										
Sehim (mm)										Deflection (mm)										Limit
Mesnet Aralığı (cm)	Girder Spacing (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	2.111
Mesnet Aralığı (cm)	15	0.011	0.012	0.015	0.017	0.018	0.021	0.025	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.053	0.057	0.061	0.065	0.069	2.111
	20	0.035	0.039	0.046	0.052	0.057	0.067	0.078	0.091	0.104	0.117	0.130	0.143	0.156	0.169	0.182	0.195	0.208	2.222	
	25	0.086	0.096	0.112	0.128	0.138	0.164	0.191	0.222	0.253	0.284	0.315	0.346	0.377	0.408	0.439	0.469	0.499	2.333	
	30	0.178	0.200	0.232	0.265	0.287	0.341	0.395	0.460	0.525	0.590	0.655	0.720	0.785	0.850	0.915	0.980	1.045	2.444	
	35	0.330	0.370	0.430	0.491	0.531	0.631	0.732	0.852	0.973	1.092	1.211	1.330	1.449	1.568	1.687	1.806	1.925	2.556	
	40	0.563	0.631	0.734	0.837	0.906	1.077	1.248	1.454	1.660	1.868	2.076	2.282	2.488	2.694	2.899	3.095	3.291	2.667	
	45	0.902	1.011	1.176	1.341	1.451	1.725	2.000	2.329	2.659	2.937	3.256	3.575	3.894	4.213	4.532	4.851	5.170	2.778	
	50	1.374	1.541	1.793	2.044	2.211	2.630	3.048	3.550	4.052	4.463	5.198	5.933	6.667	7.401	8.135	8.869	9.603	2.889	
	55	2.012	2.257	2.624	2.992	3.237	3.850	4.463	5.198	5.933	6.667	7.401	8.135	8.869	9.603	10.337	11.071	11.805	3.000	
	60	2.849	3.196	3.717	4.238	4.585	5.453	6.320	7.362	8.403	9.246	10.180	11.114	12.046	12.978	13.910	14.842	15.774	3.111	
Mesnet Aralığı (cm)	65	3.924	4.403	5.120	5.837	6.315	7.510	8.706	10.140	11.574	12.917	14.241	15.568	16.891	18.215	19.539	20.862	22.186	3.222	
	70	5.279	5.922	6.886	7.851	8.494	10.102	11.709	13.639	15.568	17.412	19.246	21.079	22.913	24.747	26.581	28.415	29.249	3.333	
	75	6.956	7.804	9.075	10.346	11.193	13.312	15.431	17.973	20.516	22.459	24.393	26.326	28.260	30.194	32.128	34.062	34.995	3.444	
Gerilme (MPa)										Stress (MPa)										Limit
Mesnet Aralığı (cm)	Girder Spacing (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	19.18
Mesnet Aralığı (cm)	15	0.256	0.287	0.334	0.381	0.412	0.490	0.568	0.646	0.725	0.803	0.881	0.959	1.037	1.115	1.193	1.271	1.349	1.427	1.505
	20	0.455	0.510	0.594	0.677	0.733	0.872	1.010	1.149	1.288	1.426	1.594	1.762	1.930	2.108	2.276	2.444	2.612	2.780	2.948
	25	0.711	0.798	0.928	1.058	1.145	1.362	1.579	1.796	2.013	2.230	2.447	2.664	2.881	3.098	3.315	3.532	3.749	3.945	4.153
	30	1.023	1.148	1.336	1.523	1.648	1.961	2.273	2.586	2.898	3.106	3.423	3.740	4.057	4.374	4.691	5.008	5.325	5.643	5.951
	35	1.393	1.563	1.818	2.074	2.244	2.669	3.094	3.520	3.945	4.261	4.578	4.895	5.212	5.529	5.846	6.163	6.480	6.797	7.114
	40	1.819	2.042	2.375	2.708	2.930	3.486	4.042	4.597	5.153	5.590	6.026	6.462	6.908	7.344	7.780	8.216	8.652	9.088	9.514
	45	2.303	2.584	3.006	3.428	3.709	4.412	5.115	5.818	6.521	7.048	7.571	8.094	8.617	9.140	9.663	10.186	10.709	11.232	11.755
	50	2.843	3.190	3.711	4.232	4.579	5.447	6.315	7.183	8.051	8.918	9.786	10.654	11.522	12.390	13.258	14.126	15.004	15.872	16.740
	55	3.440	3.860	4.490	5.120	5.540	6.591	7.641	8.691	9.742	10.718	11.686	12.654	13.622	14.590	15.558	16.526	17.494	18.462	19.430
	60	4.094	4.594	5.344	6.094	6.594	7.844	9.094	10.344	11.594	12.944	14.294	15.644	17.094	18.444	19.794	21.144	22.494	23.844	25.194
	65	4.804	5.391	6.271	7.152	7.738	9.205	10.672	12.139	13.606	15.139	16.776	18.413	20.040	21.667	23.294	24.921	26.548	28.175	29.802
	70	5.572	6.252	7.273	8.294	8.975	10.676	12.377	14.079	15.780	17.479	19.273	21.067	22.861	24.655	26.449	28.243	30.037	31.831	33.625
	75	6.396	7.178	8.349	9.521	10.303	12.256	14.209	16.162	18.115	19.959	21.791	23.623	25.455	27.287	29.119	30.951	32.783	34.615	36.447

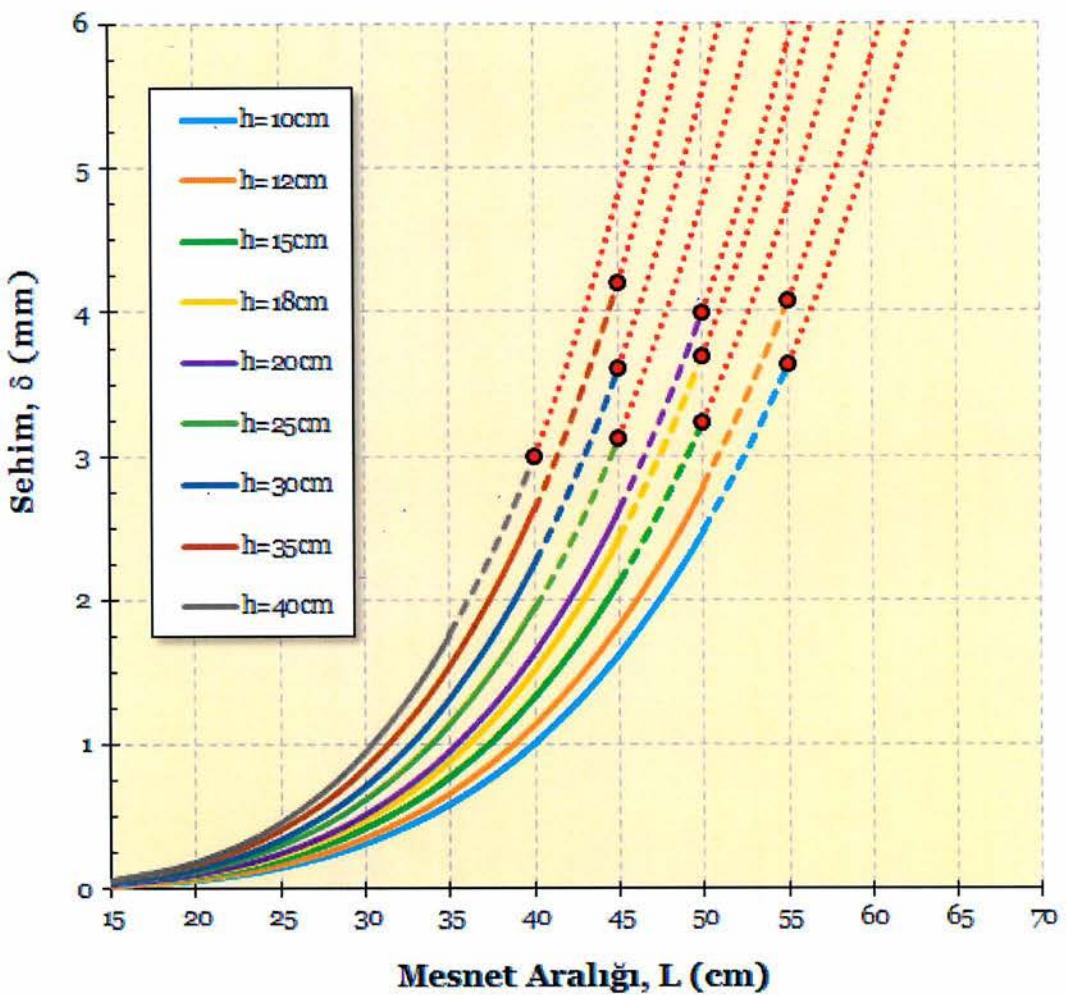


Şekil C. Çok açıklıklı uygulamada EKOPLAK güclü doğrultusu için sehim eğrileri

EK-D: Yatay Kullanım

Çok Açıkkılı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Zayıf Eksenin Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

Döşeme Beton Kalınlığı (cm)										Slab Concrete Thickness (cm)										
	10	12	15	18	20	25	30	35	40											
<i>Servis Yükü (kN/m²/m)</i>										<i>Service Load (kN/m²/m)</i>										
4.104	4.604	5.354	6.104	6.604	7.854	9.104	10.604	12.104												
<i>Tasarım Yükü (kN/m²/m)</i>										<i>Design Load (kN/m²/m)</i>										
6.1404	6.8904	8.0154	9.1404	9.8904	11.7654	13.6404	15.5154	17.3904												
EI = 0.713 kNm ²										T = 15°C										
Sehim (mm)										Deflection (mm)										Limit
Girdir Spacing (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75							
Mesnet Aralığı (cm)	0.020	0.023	0.026	0.030	0.032	0.038	0.045	0.052	0.059	0.111	0.222	0.333	0.444	0.556	0.667	0.778	0.889	0.997	2.111	
	0.064	0.071	0.083	0.094	0.102	0.122	0.141	0.164	0.187											
	0.155	0.174	0.202	0.231	0.250	0.297	0.344	0.401	0.457											
	0.322	0.361	0.419	0.478	0.517	0.615	0.713	0.831	0.948											
	0.596	0.668	0.777	0.886	0.959	1.140	1.322	1.539	1.757											
	1.016	1.140	1.326	1.512	1.635	1.945	2.254	2.626	2.997											
	1.628	1.826	2.124	2.421	2.620	3.115	3.611	4.206	4.801											
	2.481	2.783	3.237	3.690	3.993	4.748	5.504	6.411	7.318											
	3.633	4.075	4.739	5.403	5.846	6.952	8.058	9.386	10.714											
	5.145	5.772	6.712	7.652	8.279	9.846	11.413	13.294	15.174											
	7.086	7.950	9.245	10.540	11.403	13.562	15.720	18.310	20.900											
	9.532	10.693	12.435	14.177	15.338	18.241	21.144	24.628	28.112											
	12.561	14.091	16.387	18.682	20.212	24.038	27.864	32.455	37.046											
Gerilme (MPa)										Stress (MPa)										Limit
Mesnet Aralığı (cm)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75							
Girdir Spacing (cm)	0.256	0.287	0.334	0.381	0.412	0.490	0.568	0.646	0.725											
	0.455	0.510	0.594	0.677	0.733	0.872	1.010	1.149	1.288											
	0.711	0.798	0.928	1.058	1.145	1.362	1.579	1.796	2.013											
	1.023	1.148	1.336	1.523	1.648	1.961	2.273	2.586	2.898											
	1.393	1.563	1.818	2.074	2.244	2.669	3.094	3.520	3.945											
	1.819	2.042	2.375	2.708	2.930	3.486	4.042	4.597	5.153											
	2.303	2.584	3.006	3.428	3.709	4.412	5.115	5.818	6.521											13.09
	2.843	3.190	3.711	4.232	4.579	5.447	6.315	7.183	8.051											
	3.440	3.860	4.490	5.120	5.540	6.591	7.641	8.691	9.742											
	4.094	4.594	5.344	6.094	6.594	7.844	9.094	10.344	11.594											
	4.804	5.391	6.271	7.152	7.738	9.205	10.672	12.139	13.606											
	5.572	6.252	7.273	8.294	8.975	10.676	12.377	14.079	15.780											
	6.396	7.178	8.349	9.521	10.303	12.256	14.209	16.162	18.115											



Şekil D. Çok açılıklı uygulamada EKOPLAK zayıf doğrultusu için sehim eğrileri

EK-E: Düşey Kullanım

Çok Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Güçlü Ekseni Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

		Beton Döküm Hızı (m/h)						Limit
		2	3	4	5	6	7	
		Maks.Beton Basıncı (kN/m ²)						
		39.0	49.0	59.0	69.0	79.0	89.0	Kivam: K2
		EI =	1.287	kNm ²			T=15°C	
Boylama Aralığı (cm)		Sehim (mm)						
20		0.334	0.420	0.506	0.591	0.677	0.763	3.222
25		0.816	1.025	1.235	1.444	1.653	1.862	3.333
30		1.692	2.126	2.560	2.994	3.428	3.862	3.444
35		3.135	3.939	4.743	5.547	6.351	7.154	3.556
40		5.348	6.720	8.091	9.462	10.834	12.205	3.667
		Maks.Beton Basıncı (kN/m ²)						Kivam: K3
		46.0	60.0	74.0	88.0	102.0	116.0	
Boylama Aralığı (cm)		20	0.394	0.514	0.634	0.754	0.874	0.994
		25	0.963	1.256	1.548	1.841	2.134	2.427
		30	1.996	2.603	3.211	3.818	4.426	5.033
		35	3.698	4.823	5.949	7.074	8.199	9.325
		40	6.308	8.228	10.148	12.068	13.988	15.908
Boylama Aralığı (cm)		Gerilme (MPa)						Kivam: K2
20		4.333	5.444	6.556	7.667	8.778	9.889	
25		6.771	8.507	10.243	11.979	13.715	15.451	
30		9.750	12.250	14.750	17.250	19.750	22.250	
35		13.271	16.674	20.076	23.479	26.882	30.285	
40		17.333	21.778	26.222	30.667	35.111	39.556	
Boylama Aralığı (cm)		Gerilme (MPa)						Kivam: K3
20		5.111	6.667	8.222	9.778	11.333	12.889	
25		7.986	10.417	12.847	15.278	17.708	20.139	
30		11.500	15.000	18.500	22.000	25.500	29.000	
35		15.653	20.417	25.181	29.944	34.708	39.472	
40		20.444	26.667	32.889	39.111	45.333	51.556	19.18

Taze beton basınçları DIN-18218'e göre hesaplanmıştır.

Taze beton basınçları döküm yüksekliğinden bağımsızdır.

Duvarlarda maksimum basınç 80 kN/m²'yi aşmamalıdır.

Kolonlarda maksimum basınç 100 kN/m²'yi aşmamalıdır.



EK-F: Düşey Kullanım

Çok Açıklıklı EKOPLAK Kalıp Yüzeyinin Zayıf Eksenin Doğrultusunda Sehim ve Dayanım Tabloları

		Beton Döküm Hızı (m/h)						Kıvam: K2
		2	3	4	5	6	7	
		Maks.Beton Basıncı (kN/m ²)						
		39.0	49.0	59.0	69.0	79.0	89.0	T=15°C
		EI = 0.713 kNm ²						
		Sehim (mm)						Limit
Boylama Aralığı (cm)	20	0.604	0.758	0.913	1.068	1.223	1.377	3.222
	25	1.474	1.851	2.229	2.607	2.985	3.363	3.333
	30	3.056	3.839	4.623	5.406	6.190	6.973	3.444
	35	5.661	7.113	8.564	10.016	11.467	12.919	3.556
	40	9.658	12.134	14.610	17.087	19.563	22.039	3.667
		Maks.Beton Basıncı (kN/m ²)						Kıvam: K3
		46.0	60.0	74.0	88.0	102.0	116.0	
Boylama Aralığı (cm)	20	0.712	0.929	1.145	1.362	1.579	1.795	3.222
	25	1.738	2.267	2.796	3.325	3.854	4.383	3.333
	30	3.604	4.701	5.798	6.895	7.992	9.089	3.444
	35	6.677	8.709	10.742	12.774	14.806	16.838	3.556
	40	11.391	14.858	18.325	21.792	25.258	28.725	3.667
		Gerilme (MPa)						Kıvam: K2
Boylama Aralığı (cm)	20	4.333	5.444	6.556	7.667	8.778	9.889	
	25	6.771	8.507	10.243	11.979	13.715	15.451	
	30	9.750	12.250	14.750	17.250	19.750	22.250	
	35	13.271	16.674	20.076	23.479	26.882	30.285	
	40	17.333	21.778	26.222	30.667	35.111	39.556	
								Kıvam: K3
Boylama Aralığı (cm)	20	5.111	6.667	8.222	9.778	11.333	12.889	
	25	7.986	10.417	12.847	15.278	17.708	20.139	
	30	11.500	15.000	18.500	22.000	25.500	29.000	
	35	15.653	20.417	25.181	29.944	34.708	39.472	
	40	20.444	26.667	32.889	39.111	45.333	51.556	

Taze beton basınçları DIN-18218'e göre hesaplanmıştır.

Taze beton basınçları döküm yüksekligidinden bağımsızdır.

Duvarlarda maksimum basınç 80 kN/m²'yi aşmamalıdır.

Kolonlarda maksimum basınç 100 kN/m²'yi aşmamalıdır.

