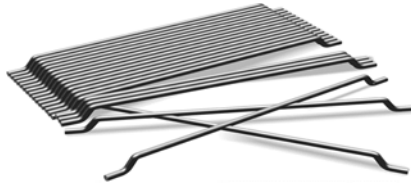


# ÇELİK TEL DONATILI ZEMİN BETONLARI

## TASARIM VE YAPIM İLKELERİ



### Dramix Çelik Telleri

İnş.Müh.Mehmet Yerlikaya  
Beksa Çelik Kord San ve Tic AS  
41310 Alikahya /İzmit  
Tel :0262 3647632  
mehmet.yerlikaya@bekaert.com

## **İÇİNDEKİLER :**

1-Giriş

2-Çelik Tel Donatılı Betonların (ÇTDB)Teknik Özellikleri

3- Teknik ve Ekonomik Avantajları

4- Elastik Zemine Oturan Plakların Dizaynı

5- Kür Süresince Oluşan Gerilmeler

6- Uygulamalar

6.1-Zemin Betonlarının İmalinde Temel Kavramlar

6.2-Standard Yaklaşımlar

6.2.1-Uzun Şerit Döküm

6.2.2-Geniş Şerit Döküm

6.2.3-Geniş Alanların Dökümü-Derzsiz Zemin Betonlar

7- Derzler

8 - Dizayn parametreleri

Bir Örnek Uygulama:Bauhaus/İstanbul

İlave Donatılar

9- Sonuçlar

## 1-Giriş

ÇTDB, 60'lı yılların başında geliştirildi ve tel tipleri üzerinde yıllar boyu süregelen araştırmalar ve uygulamalar ,bu malzemeyi Dünya çapında çeşitli uygulamalarda bilinen bir teknoloji haline getirdi.Günümüzde halen,dizayn ve hesap metodları geliştirilmektedir.

ÇTDB için ilk uygulama alanlarından biri,elastik zemine oturan beton plaklar oldu.Bugün milyonlarca metrekare çelik tel donatılı zemin betonu dökülmektedir. Mikro çatlaklar arasında köprü görevini gördükleri ve gerilmeleri geniş bir alana transfer ettikleri için,çelik teller, kırılğan beton yapısını esnek ve dayanıklı hale hale getirmektedir.Sonuçta, gerilmelerin beton içindeki dağılımı değişmekte ,yük taşıma kapasitesi belirgin bir şekilde artmaktadır.Tutkallı çelik teller kolayca betona katılmakta ve homojen dağılmaktadır.

## 2-Çelik Tel Donatılı Betonların Teknik Özellikleri

ÇTDB'ların temel özellikleri ,çeşitli yayınlarda ve uluslararası standartlarda açıklanmıştır.Fakat ,ÇTDB'ları karakterize eden en önemli özelliklerden biri, onun tokluğudur,başka bir deyişle ,enerji yutma kapasitesidir.Basınç ve eğilme-çekme gerilmeleri,çelik tellerin rolünden ziyade,beton kalitesine bağlıdır.Ama tokluk,beton içindeki çelik tellerin rolüne bağlıdır.Bu sözünü ettiğimiz ,enerji yutma kapasitesinin ölçümü,çeşitli standartlarda belirtilmiştir.( JSCE-SF4 Japon ; ASTM 1018 USA ve ülkemizde TS 10515 )

Diğer özellikleri ise,etkili bir çatlak kontrolü(homojen dağılmış tel donatıya bağlı olarak),artan darbe,yorulma ve aşınma dayanımıdır.

Çelik teller ile polipropilen lifler arasındaki en önemli fark da,bu liflerin bir donatı olmayıp,betonun yük taşıma kapasitesini arttırmamalarıdır.Polipropilen lifler sadece taze betonda rötre çatlaklarını kontrol etmek amacı ile kullanılır.

3 önemli parametre ,çelik tellerin performansında etkilidir.Bunlar sırayla,uzunluk/çap oranı, telin çekme –kopma dayanımı ve betona ankrajıdır.

## 3-Teknik ve Ekonomik Avantajları

Teknik Avantajları : \*Yüksek yük-taşıma kapasitesi  
\*Yorulma ve darbe direncinde artış  
\*Çatlaksız bir yüzey  
\*Yüksek dayanıklılık(Durabilite)

Ekonomik Avantajları: \*Klasik çelik hasır donatının kullanılmaması  
\*Beton kalınlığının azaltılması  
\*İş hızının artması  
\*Bakım giderlerinin azalması

Özel uygulamalar için elbette ek avantajları ilave edebiliriz.

## 4.Elastik Zemine Oturan Plakların Dizaynı

Bilindiği gibi, elastik zemine oturan plakların dizaynı, 1920’li yıllarda Westergaard tarafından geliştirilen elastik metod ile yapılır.Dizayn sonucu elde edilen döşeme kalınlığı oldukça fazladır ve zemin betonu servis gereksinimleri dikkate alınmamıştır.Plastik metodun kullanımıyla plak kalınlığı azaltılmış , deformasyon ve çatlak kontrolü ,nihai taşıma kapasitesi ve servis yükleri dikkate alınmıştır. Plastik metodda, plağın sünek davranacağı kabul edilir.Plağın, çatlak sonrası elasto-plastik davranışı için, yeteri miktarda çelik tel veya hasır donatıya sahip olması gerekir.(Çelik tel için  $R_e$  değeri en az %30, klasik donatı için kesit alanının en az % 0.25-0.35 ‘i ).

İçinde donatı olmayan veya en az donatı miktarına sahip olmayan plaklar, elastik metodla hesaplanmalıdır.Rötrel donatısı olarak kullanılan ve beton kesit alanının %0.10 –0.15 değerinde (cm<sup>2</sup>) donatı içeren zemin betonları, esnek davranış gösteremezler ve çözümleri elastik metod ile yapılmalıdır.Bu donatılar, sadece rötrel çatlaklarının sınırlandırılması için kullanılır ve beton plakların nihai taşıma kapasitesine etkileri yoktur.

### Nihai Limit Durumu

Nihai limit durumu diğer bir deyişle taşıma sınırı, yapının dayanımı, servis yük durumu ise çatlak genişliğinin sınırlandırılması ve deformasyonu ile ilgilidir.

Elastik zemine oturan döşemelerin eğilme nihai dayanımları için yapılan dizaynı, aşağıda açıklanan kırık hatlar teorisine dayanır.(yield line theory).

Nihai limit durumunda, döşeme altında kırık hatlar boyunca uzanan eğilme momentlerinin plastik bölgede oluştuğu kabul edilir.Diğer taraftan, elastik zemine oturan plakların üst yüzeylerinde çatlak oluşumu istenmez.Bu nedenle, döşemenin üst yüzeyinde kırık hatlar boyunca devam eden eğilme momentleri, beton dizayn momentleri ile sınırlandırılır.

Özellikle dış saha betonlarında , rötrel ve sıcaklık değişimleri, önemli çekme gerilmelerine sebep olabilir.Bu durum, yüzeyde çekme gerilmeleri oluşturan üniform dağılı yükler arasında veya raf ayakları arasında problemlere yol açabilir Bu durumda, çatlak momentlerin ve beton çekme dayanımının azaltılması gerekir.

### Servis yük durumu

Yukarıda da belirtildiği gibi, elastik zemine oturan betonların dizaynında , uygulanan yüklerden dolayı yüzeyde çatlak oluşumuna izin verilmez.Eğer hareket halinde yük uygulanıyor ise, döşemenin deformasyonu kontrol edilmelidir.

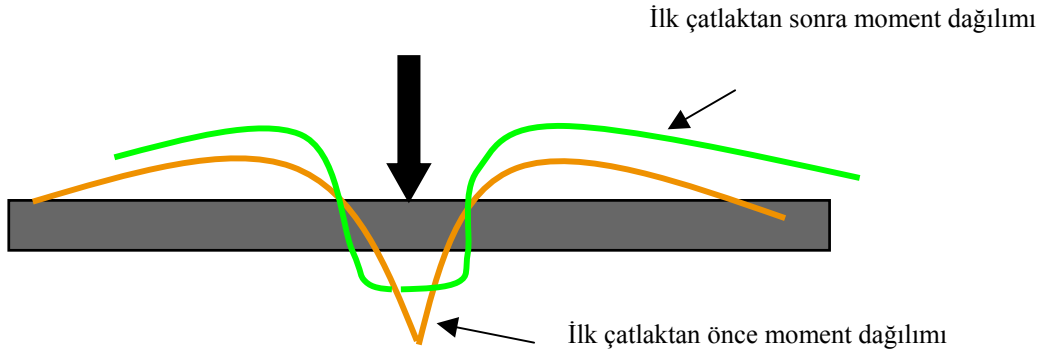
### Kırık hatlar teorisi

Elastik zemine oturan bir plak üzerine tekil bir yük uygulayalım.Yükün artmasıyla ,yük altında oluşan eğilme gerilmeleri,betonun eğilme dayanımına eşitlenir.Plak kırılmaya başladığında , pozitif momentlerden dolayı plak altında radyal gerilme çatlakları oluşur.Betonun eğilme dayanımının sınırına getiren bu momentin değeri :

$$M = f_{ck,fl} ( h^2/6 )$$

h = döşeme kalınlığı (mm)

$f_{ck,fl}$  = Donatısız betonun karakteristik eğilme dayanımı (N/mm<sup>2</sup>)



Yükün daha da artmasıyla, pozitif moment daha fazla artmaz, ancak plak yüzeyinde negatif moment artmaya devam eder ve yükün uygulandığı noktadan  $2x$  karakteristik boy uzunluğunda en yüksek düzeyine ulaşır. Negatif moment, plağın negatif moment kapasitesini aştığında, yüzeyde daire şeklinde gerilme çatlakları gözlenir.

Plağın kırılma yükü olarak (eğilmede), aşağıdaki bağlantıyı verebiliriz:

$$P_u = 2 \pi (M_p + M_n)$$

$M_n$  = Plağın nihai negatif momenti (yüzeyde)

$M_p$  = Plağın nihai pozitif momenti (tabanda)

Yukarıda açıklanan çatlak gelişiminde, plağın sünek davrandığı, dolayısıyla zımbalanma olmayacağı kabul edilmiştir.

### Dizayn Moment Kapasitesi

Çelik tel donatılı beton plaklar için, aşağıdaki bağlantıyı kullanabiliriz.

$$M_p = (f_{ck,fl} / \gamma_c) (R_{e,3}) (h^2/6)$$

$\gamma_c$  = Beton için güvenlik faktörü

$R_{e,3}$  değerinin en az 0.3 olması, dolayısıyla bu değeri sağlayacak dozajda ve özellikle çelik telin betonda bulunması gerekir. Çelik teller sünekliği arttırırlar, negatif moment kapasitesine etkisi yoktur.

$$M_n = (f_{ck,fl} / \gamma_c) (h^2/6)$$

### Çelik Hasır Donatı

Çelik hasır, genelde çatlak kontrolü amacıyla konur ve plağın yük taşıma kapasitesine etkisi yoktur.

Pozitif eğilme moment kapasitesi  $M_p$ , aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$M_p = 0.95 A_s f_y d / \gamma_c$$

$A_s$  = Çelik alanı

$f_y$  = Çeliğin karakteristik dayanımı

$d$  = Efektif derinlik

$\gamma_c$  = Çelik güvenlik katsayısı

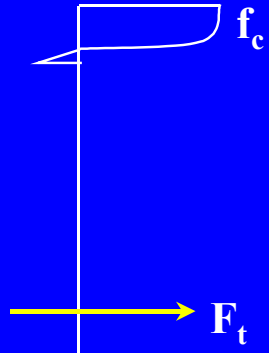
Negatif eğilme moment kapasitesi  $M_n$ :

$$M_n = (f_{ck,fl} / \gamma_c) (h^2/6)$$

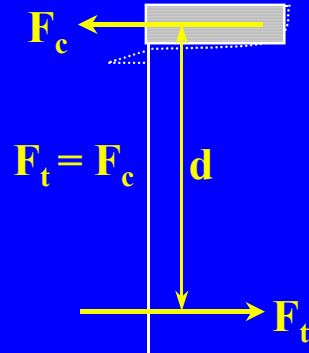
Hasır çelik donatının döşemenin altına konması tavsiye edilir. Üst yüzeye veya ortasına donatı konan plakların, donatısız plak olarak hesaplanması gerekir.

## Donatılı betonda gerilme dağılımı

Gerçek



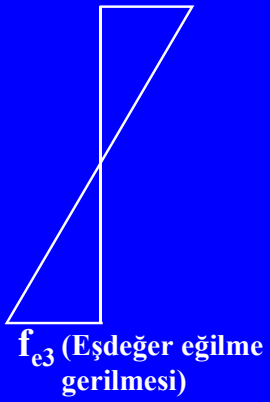
Eşdeğer



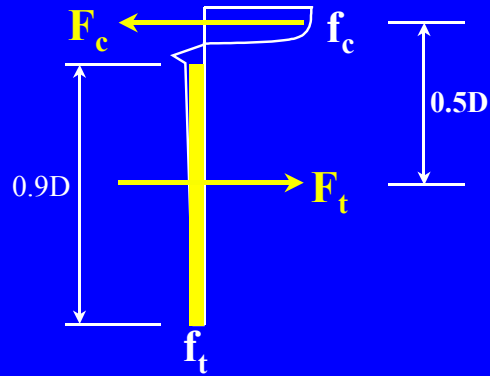
$$\text{Moment Kapasitesi} = F_t \times d$$

## Celik tel donatılı betonda gerilme dağılımı

Kiriş testi



Gerçek



## 5. Kür Süresince Beton Kaplamalarda Oluşan Sıcaklık Değişimlerinin Kesit Gerilmelerine Etkisi

Sıcak günlerde dökülen beton kaplamalarda , uygun olmayan sıcaklıklar beton içinde yüksek gerilmeler ve buna bağlı olarak çatlak oluşumlarına yol açabilirler.

Yaz günlerinde sabah saatlerinde dökülen beton kaplamaların yüzeylerinde , birkaç saat sonra yüksek sıcaklıklar ve tabanda da düşük sıcaklıklar ölçülür.Bu nedenle betonun soğumasından sonraki ilk gece , çatlak oluşumlarına neden olan deformasyonlar ve gerilmeler ortaya çıkar .

Uygulanan kür yöntemlerine bağlı olarak, farklı sıcaklık dağılımları oluşur.Eğer yüzeyin hızlı kurummasını engellemek amacı ile , ışığı geçiren plastik bir örtü kullanırsanız, yüzey sıcaklığı aşırı yükselecektir. Diğer taraftan, taze betonun ıslak çuval ile kaplanması, betona olumlu etki eder ve beton içinde daha düşük gerilmeler oluşur.

Beton kaplamalar, alışılageldiği gibi, 5 – 15 metre genişlikte sürekli olarak dökülür.Bazen döşemenin ortasında boyuna çatlaklar oluşur.Bu olay genellikle yüzey perdahının bitmesinden bir gün sonra meydana gelir. Daha çok sıcak günlerde sabah saatlerinde dökülen betonlarda gözlenir.Döşmeden alınan karot örneklerinde ,çatlakların döşemenin üst yüzeyinde olduğu ve V biçiminden dolayı eğilme gerilmelerinden dolayı meydana geldiği görülür.

İlk gecenin sabahında , sertleşen betonun yüzeyi soğumaya başladığında, yüzey sıcaklığı, taban sıcaklığından azdır. Bu durum kaplamanın eğrilmesine yol açar. Kaplamanın kendi ağırlığından dolayı eğilme gerilmeleri oluşur. Kaplamanın uzunluğu arttıkça, gerilmeler de , buna bağlı olarak artar.

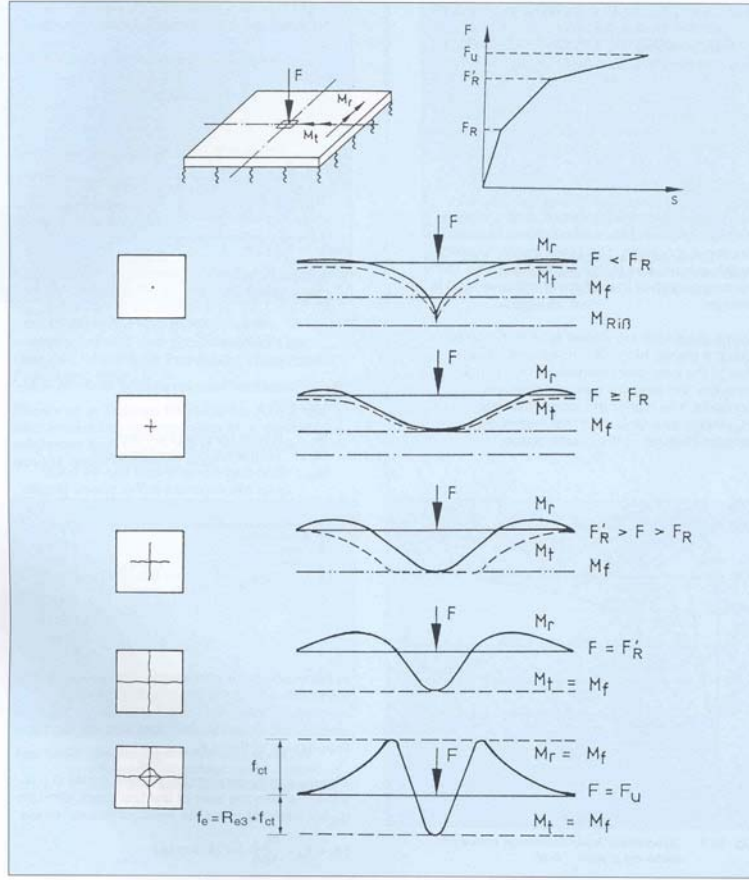
11 metre uzunluğunda bir döşemede, kesme derzleri henüz oluşturulmadan , eğilme çekme gerilmeleri 8.8 N/mm<sup>2</sup> 'ye kadar ulaşır. Bu değer , elbette taze beton için çok yüksek bir değerdir. Bu değer , alt tabakaya yapışma olmadığı var sayılarak bulunmuştur. Yapışma olması halinde daha yüksek gerilmeler ortaya çıkar.

Kesme derzleri zamanında oluşturulduğu zaman , eğilme çekme gerilmeleri oldukça azalır ve çatlak meydana gelmez.

Önlemler :

- Sıcak yaz günlerinde kaplama yüzeyi , direkt güneş radyasyonundan ve hızlı kurumadan korunmalıdır.
- Yüzey sıcaklığını azalttığı için, ıslak çuval veya su püskürtme , tercih edilen metodlardır.
- Eğer parafin vb kür maddeleri kullanılıyor ise, bunlar güneş radyasyonunu yansıtmalıdır.
- Sıcak günlerde , kesme derzleri en kısa sürede tamamlanmalıdır.
- Eğer yüzey korunamıyor ise, beton dökümüne , güneş batmasına yakın başlanılmalıdır.Bu durumda, en yoğun güneş radyasyonu ile , hidrasyondan kaynaklanan en yüksek sıcaklık aynı ana rastgelmez.

Yukarıda anlatılan çevresel etkiler ve hareketli yükler altında oluşan gerilmeleri, plak kesitlerini ve çelik tel dozajlarını hesaplamak için , Beksa AŞ, sizlere 'Drapro 'adlı bir bilgisayar programı sunmaktadır. İnternet üzerinden ulaşabileceğiniz bu programı kullanmak için, [www.bekaert.com/building](http://www.bekaert.com/building) sitesini ziyaret ediniz.



Çelik tel donatılı zemin betonlarında moment dağılımı

### Çelik Tel Tipleri

Dosage (kg/m <sup>3</sup> )	RC-80/60-BN	RC-65/60-BN	RL-45/50-BN
15	42	38	-
20	52	47	38
25	60	56	45
30	68	63	52
35	75	69	58
40	80	75	63
45	86	80	68
50	90	85	72
55	95	89	77
60	99	93	80
65	102	97	84

Dramix çelik telleri için  $R_{e3}$  değerleri



## 6-Uygulamalar

ÇTDB günümüzde endüstriyel zemin ve yol betonlarında prekast beton elemanların imalinde yeraltı mühendisliklik yapılarında yaygın olarak kullanılmaktadır .Bu yazıda endüstriyel zemin betonları özellikle derzsiz betonlar ile ilgili detayları ve bu konuda ülkemizden bir uygulama örneği (CarrefourSA) vermek istiyoruz.

### 6.1-Zemin Betonlarının Tasarımında Temel Kavramlar

Zemin betonları her yerde karşımıza çıkar, her yapının zemini vardır,endüstriyel ve ticari yapılar,konutlar vb...

Yüksek aşınma dayanımına ve yük taşıma kapasitesine sahip , uzun ömürlü zemin betonları iyi dizayn edilir ve uygulanırsa, uzun yıllar boyunca hizmet verirler.Ama, dizayn mühendisleri yapımcılar ve yatırımcılar, genelde bu konuya gereken önemi vermezler.Zemin betonları servise açıldıktan sonra sorunlar da başlar.Zemin betonları, kendilerinden beklenen performansı veremezler ve oldukça pahalı tamiratlar gündeme gelir.

Diğer taraftan, dizayn mühendisleri, çeşitli standartlar, yatırımcıdan gelen hatalı yük bilgileri, yanıltıcı malzeme katalogları ile de uğraşmak zorundadırlar. Bu kitapçığın hazırlanmasındaki amaçlarımızdan biri de , zemin betonlarının dizaynında dikkat edilecek temel kriterlere açıklık getirmek ve uygulamada sık rastlanan hataları göstermektir.

İyi bir dizayn için beş önemli faktöre dikkat etmek gerekir:

- \*zeminin kullanım amacı,
- \*Yapısal dayanım,
- \*Betonun özellikleri,
- \*Derz planlaması
- \*Zemin yüzeyinin özellikleri-İzin verilen çatlak genişliği

Bu faktörlerde herkes hemfikir olduğu halde, tasarımda genellikle göz önüne alınmazlar.

Endüstriyel zeminler hizmete açıldıktan sonra ,şikayetler de başlar.Kimi kullanıcı,derz kırıklarından yakınır, bazı zeminlerde yüzey soyulması hemen başlamıştır veya yüzey düzgünlüğü yeterli olmadığı için ,forkliftlerin çalışmasına uygun değildir.

Tasarımda göz önüne alınan diğer bir faktör de maliyettir. Kullanıcılar genelde en ucuz zemin çözümlerini tercih ederler. Zemin betonunun ömrü,yapının ömründen daha uzun düşünülemez.Bazı kullanıcılar,bu alana en az yatırım yapıp,en yüksek bakım giderlerini karşılamayı göze alırlarken,bir bölümü de ,gelecekteki problemleri bugünden çözerek, bakım giderleri en aza indirilmiş zemin betonlarını tercih ederler.Tasarıma başlanmadan önce kullanıcılara (yatırımcılara) ön bilgilerin verilmesi ve maliyet faktörünün de göz önünde bulundurulması yararlı olacaktır.Önemli olan zemin betonunun yapısal dayanımını ve kullanıcının dşşmeden beklentilerini tasarımda dengeli olarak kullanmaktır.

Endüstriyel zeminlerden beklenen performans, günden güne artmaktadır. Raf yükleri,yüzey düzgünlüğü, aşınma ve darbe dayanımları ,yüzey kaplama sistemleri gibi konularda daha yüksek standartlar çıkmakta, uygulama sistemleri ve ekipmanları daha karmaşık hale gelmektedir.Bu gelişmelere paralel olarak, zemin betonu müteahhitliği daha fazla bilgi ve tecrübe gerektirmektedir.

Zemin dizaynını yapanlar, genellikle beton dayanımını vermekte, derz detayları,yüzey düzgünlüğü,aşınma dayanımı gibi konularda gerekli detaylara girmemektedirler.Bu tip basit tasarımlarla ,hiçbir özelliği olmayan, küçük anolarla dökülen endüstriyel zeminlere çözüm getirilebilir.Ama bu tasarımların soğuk hava depoları, 10 mt yüksekliğinde rafların olduğu ambarlar, derzsiz zeminler gibi uygulamalarda yetersiz kalacağı açıktır.

## 6.2-Standard Yaklaşımlar

Yakın bir zamana kadar, zemin betonları 2 tabaka halinde yapılıyordu.Birinci tabaka taşıyıcı olarak donatılı olarak yapıldıktan sonra, bunun üzerine 5-8 cm kalınlığında aşınma tabakası yapılıyordu. Bu yöntem halen zorunlu hallerde uygulanmaktadır. İnşaat sırasında zemin betonunun hasar görmesini engellemek, temiz bir yüzey elde etmek amacıyla son tabaka, inşaat sonunda dökülebilir.Bu yöntemle ilgili geniş bilgi ilerideki sayfalarda verilmektedir.(Yapıştırma koşulları,kür, rötre problemleri) İlk tabakada yüzey düzgünlüğü öne çıkmaz. Kalifiye işçilik gerektirmez.Ama tek tabakalı zeminlere göre daha pahalı ve daha fazla zaman gerektiren uygulamalardır.Günümüzde tek tabakalı zemin betonları tercih edilmektedir.

Uygulamaları zemin betonları konusunda deneyimli bir yüklenicinin yapması,birçok problemin ortaya çıkmasını engeller.Bazı işyeri sahipleri, uygulamayı, şantiyede bulunan deneyimsiz kalifiye olmayan işçilere yaptırmak isterler. Bu uygulamalarda,hatalı master kullanımlarının ortaya çıkardığı yüzey bozukluklarını gidermek oldukça pahalıdır.

Zemin betonları 3 değişik tarzda dökülebilir.Kullanıcıların istekleri ve şantiye koşulları göz önünde bulundurularak bunlardan biri tercih edilir.Gerekirse ,yüzey perdahı, aşınma tabakası yapılarak tamamlanır.

### 6.2.1-Uzun Şerit Döküm

Bu tip beton dökümü 1970 yılından beri, zemin müteahhitleri tarafından başarı ile uygulanmaktadır. Prensip olarak, zemin, genişliği 6 metreyi aşmayan uzun dilimlere ayrılır. Bu mesafe genelde kolonlar arasındaki mesafeye göre , eşit parçalara bölünerek bulunur. En çok yapılan döküm şekli, bir boş şerit atlayarak ,bir dolu-bir boş dökümdür.Amaç, metal veya ahşap malzeme ile yapılan ano kalıplarının sökülmesi sırasında taze betonun zarar görmemesini sağlamaktır. Henüz sertleşmemiş beton üzerinde ,vibrasyonlu masterın hareket ettirilmesi, betonda çizik ve kırılmalara neden olabilir.Şeritlerin uzunluğu 30 metre ile bina uzunluğu arasında değişir.Betona ara verileceği zaman bu derzlerin, yapısal derz (iş bırakma derzi) olarak ,yük aktarma demirleri ile birlikte düzenlenmesi gerekir.

Donatı olarak hasır çelik kullanılacak ise, 2 değişik döküm yöntemi uygulanabilir. Önce ilk tabaka beton dökülür,kabaca tesviye edilir, üzerine hasır çelik konur ve ikinci tabaka beton dökülür. Bu yöntem zaman alıcıdır ve fazla işçilik gerektirir. Diğer döküm yönteminde ise, hasır çelik, projede gösterilen yükseklikte sabit durması için çelik sephaya tutturulur ve beton bir seferde dökülür. Eğer donatı olarak çelik tel (Dramix vb..) kullanılır ise, çelik teller beton ile birlikte karıştırılarak zemine

bir seferde döküleceğinden , hasırın ve demir desteklerin kalkması ile zaman ve işçilikten büyük bir tasarruf sağlanır.

Yüzey tesviyesi için , vibratörlü çelik master kullanılır. Şişe vibratör ise sadece master kenarlarında uygulanmalıdır.

Uzun şerit döküm sistemi halen ,yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu döşemelerde tatbik edilmektedir.



Resim. 1 – Vibrasyonlu master kullanarak uzun şerit döküm yapılması (İzmit.2001)

### 6.2.2-Geniş Şerit Döküm

Bu döküm şeklinde, şerit genişliği 6-25 metre arasında düzenlenir..Genişlik,kolonlar arasındaki mesafe ile sınırlıdır. Beton dökme işlemi,dar uzun şerit dökümüne benzer.

Bu tip uygulamada, 2 tabakalı döküm ekonomik değildir.Çelik hasırın montajı ve mikser ile döküm zaman israfına yol açar.

Geniş şerit dökümü ile, günde 1500 m2 alan elde edilebilir. Yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu uygulamalarda, yüksek bir esnekliğe sahip büyük masterların kullanılması,sorun yaratır.



Resim2...Geniş şerit döküm. Master açıklığı 16 mt.

### 6.2.3- Geniş Alanların Dökümü :

Yüzlerce metrekare alanın hızlı olarak betonla kaplanmasına imkan tanıyan bu sistem,yıllardan beri batı ülkelerinde uygulanmaktadır.Diğer sistemlerden esas farkı, belirli bir kota göre ayarlanmış anoların,bu uygulamada kullanılmamasıdır.(hassas yüzey toleransları istenmediğinde!) Yüksek işlenebilirlik özelliğine sahip akıcı beton,transmikserden veya beton pompasından zemine boşaltılır.Zemin betonunu istenen belirli bir seviyede tutmak işçiler, nivo veya lazer ışını ile verilen kotu takip ederek,belirli bölgelerde taze betonu, istenen kota getirip, ilerlerler.Geride kalan işçiler, el masterları veya yüzer havalı el masterları kullanarak ,betonu bu kotlara göre tesviye ederler.Bazı uygulamalarda bu işlem yerine zemine kot kazığı çakılarak ilerlenir.Beton sertleşmeden bu kazıkları almak gerekir.Süper akışkanlaştırıcıların kullanılması yararlıdır .Eğer kendi kendine sıkışan beton kullanılırsa ayrıca betonu sıkıştırmaya gerek yoktur.Dökümü takip eden 2-4saat sonra ,mekanik perdah makineleri ile perdah işlemi başlar.10 saat sonra tamamen bitirilmelidir.

Kesme derzleri ise,bu işlemlerin tamamlanmasından sonra,1-3 gün içinde (5-6 metre aralıkla,her iki yönde ,beton kalınlığının 1/3-1/4 oranında ) tamamlanır.

Bütün bu belirtilen işlemler için,iyi eğitilmiş deneyimli personel kullanılması bir zorunluluktur .Tesviye işlemi sırasında, bu işlemin istenen toleranslar içinde olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Bazı uygulamacılar,çok düzgün yüzey istendiğinde ray üzerinde hareket eden master kullanırlar.Beton dökümünden önce, ahşap veya çelik masterlar (sreed rails) ,düzeltilmiş ve sıkıştırılmış alt yapı üzerine tutturulur.Beton döküldükten sonra,mastarlar alınır ve boşluk taze beton ile doldurulur.Betondan ,çelikten ve sert plastikten yapılmış kalıcı mastarlarda vardır.Bunlar beton içinde bırakılırlar ve derz oluştururlar.(screed key –USA) Endüstriyel zeminlerde bu sistem uygulanmaz.

Eğer betondan yapılan kalıcı mastarlar, üzerinde bırakılan delikler yardımı ile yatay yük aktarma demirleri konmasına müsait ise, bu sistem yük transferini de sağlayacağından ,endüstriyel trafiğin olduğu zeminlerde uygulanabilir.



Resim 3.... Geçici çelik master kullanarak geniş alanların dökümü .Arka planda,geçici ayakları görebilirsiniz.

Geniş alanların dökümü, lazer kontrollu tesviye makineleri kullanarak da yapılabilir. Böylelikle beton çok hassas bir şekilde tesviye edilmesi ve sıkıştırılması mümkün olur. Makina hareketli gövde üzerine oturmuş teleskopik koldan ibarettir. Bu kola bağlanan lazer kontrollu tesviye tablası ve vibratör , betonu yayararak sıkıştırır. Bu işlem sırasında , tesviye yapılan yüzeyin kodu,otomatik olarak lazerle kontrol edilir ve gerekirse düzeltilir. Uygulama sırasında anolara veya kot çubuklarına gerek yoktur. Beton slampı , en az 80 mm ve üstü olmalıdır. Sıkıştırma makine tarafından yapıldığı için, çok akıcı beton kullanmak zorunlu değildir. Yüzey düzgünlüğü, 1 mm/ 3 metredir. Çelik tel donatılı beton kullanılması, bu sistem için çok elverişlidir. Çelik hasırın kaldırılmasıyla, makina her doğrultuda hareket edebilir ve tesviye hızı artar. Gerek makinalı gerekse el ile geniş alanların dökümü için tecrübeli elemanların kullanılması gerekir. Bu konuda tecrübeli alt müteahhitlerle çalışılması ,birçok sorunun önüne geçer.



Resim ...4.. Lazer kontrollu tesviye makinası, yüzeye sertleştirici seriyor.

## 7.Derzler

Derz,beton döşemelerin sürekliliği içinde planlanarak düzenlenmiş düşey bir aradır.Planlanmamış olanlarını çatlak olarak isimlendirebiliriz. Çok tabakalı beton döşemelerdeki yatay araları, derz olarak nitelendiremeyiz. Derzler, zemin betonlarını daha kolay imal etmek ve çatlaklara yol açabilecek gerilmeleri azaltmak amacı ile düzenlenir

Derzler,aslında zemin betonlarında ortaya çıkan problemlerin büyük bir bölümünün kaynağıdır. Köşeleri, araç tekerleklerinin etkisi ile kırılabilir.Geniş derzler ve küçük sert tekerlekler ,hasarı ağırlaştırır.Bu da fabrika içindeki forklift hızını azaltır, taşıma sırasında doğan hasarları arttırır. Yüksek sağlık standartlarının olmadığı ve yüzeydeki tozumanın önem taşımadığı zeminlerde, çatlak genişlikleri sınırlı tutularak ,yayılmayan çatlak oluşumuna izin verilebilir.Avrupa ve Amerika'da bu tip çatlakların önemli problemler yaratmayacağına dair bir görüş vardır. Yüksek standartların istendiği zemin betonlarında ise, çatlak oluşumunu engellemek için ,gerekli donatı (hasır çelik, çelik tel, polipropilen elyaf ,plastik lif vb) ilave edilir; anoların yerleştirilmesine, yük aktarma demirlerinin konumuna ve betonun tesviyesine özen gösterilir. Ağır hizmet gören zemin betonlarının derzlerinde ,özel önlemler alınması gerekebilir.Köşeleri profil korumalı derzler bu amaçla düzenlenir.

### Derz Tipleri

#### - Hareketli Derzler

Hareketli derzler, rutubet ,kalıcı rötne ve sıcaklık değişimleri sonucu,döşemede oluşan hareketlere karşı minimum direnci sağlamak amacı ile düzenlenir.Beton ve donatının sürekliliği,bu derz ile kesilir.İzolasyon derzleri ,döşemenin yapıdan bağımsız olarak serbest hareketine imkan sağlarlar. Genleşme derzleri ise ortamda büyük ısı değişiklikleri varsa zeminde farklı oturma bekleniyorsa ve kalıcı rötreden dolayı oluşacak gerilmeleri en aza indirmek amacıyla düzenlenir.

İzolasyon derzleri, beton döşemenin çevresini sarar

Bina ve döşeme betonu arasında bir bağlantı düzenlenmez Döşeme içinde bulunan menhol, kolon ve rögar gibi sabit elemanların çevresinde de aynı derz düzenlenmelidir

Bu derzlere ait örnekler aşağıdaki resimlerde gösterilmektedir.



Resim...5....Çelik kolon etrafında düzenlenmiş bir izolasyon derzi

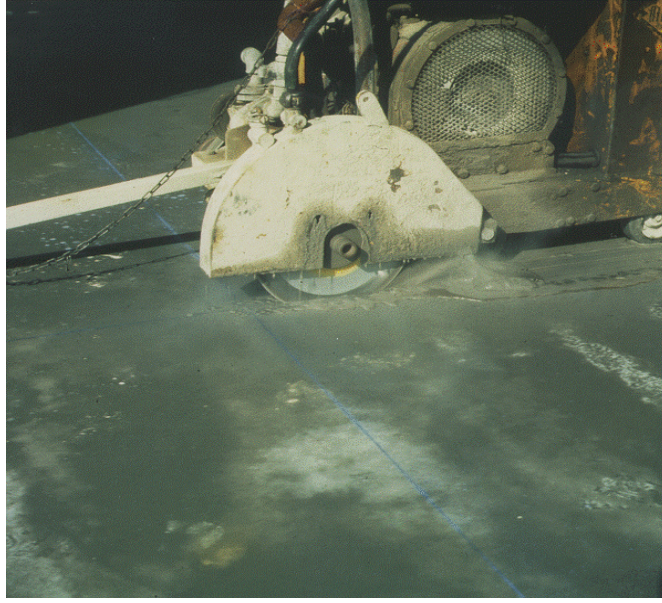
### **Kesme derzleri (Yalancı Derzler) :**

Bu derzler, plastik rötre ve sıcaklık farklılıklarından doğan çekme gerilmelerini azaltmak amacı ile düzenlenir. Hem taze beton içinde, hem de sertleşmiş betonda düzenlenebilir. Yalancı derzler, planlanmış çatlaklardır. Bazı tasarımcılar, birbirine geçmeli anahtar derzleri tercih ederler. Ama bu metod çok tercih edilmez.

En çok uygulanan metod, betonun dökülmesinden sonra 1-3 gün içinde kesilmesidir. Kesme derinliği, döşeme kalınlığının 1/3-1/4'ü kadar yapılır. Zamanında kesme yapılmaması, yüzeyde rötre çatlaklarının oluşmasına neden olur.

Beton döşeme kısımlarının birbirlerine yük aktarması, ancak agregaların teması ve altta bulunan tek sıra hasır ile gerçekleşir.

Çelik tel donatılı zemin betonlarında ise, betonun kesilmesine rağmen, geri kalan kısımda bulunan çelik teller, yük aktarmaya devam eder.



Resim...6 Zemin betonunun kesilmesi.(Yalancı derzler)

### **Derzsiz Zemin Betonları**

Geniş alanların dökümü kesme derz yapılmadan gerçekleştirilir ise 'Derzsiz Zemin ' betonları elde edilir.

Daha çok soğuk hava depolarında gıda depolarında ve dağıtım merkezlerinde uygulanan bu sistem daha düşük derz bakım masrafları gerektirir. Depo içinde forklift trafiğini hızlandırır ve taşınan malzemede hasarı en aza indirir.

Bu tip zemin dizaynı seçilir iken aşağıda belirtilen parametreler göz önünde bulundurulur:

- Yük durumuna bağlı olarak derzsiz zeminlerin geleneksel zemin betonlarına kıyasla ilk yatırım maliyetleri %10-20 daha yüksektir.
- Derzsiz zeminler en ucuz oldukları için değil en iyi zemin tipi oldukları için tercih edilirler.
- Derz bakım maliyetlerinin azalması ve depo içinde hızın-güvenliğin artması uzun sürede maliyet farkını karşılamaktadır.

## 8- Dizayn Parametreleri

Genleşme derzlerinin açıklığı çimento dozajına su/çimento oranına agrega tipine ve çelik tel dozajına bağlı olarak 20-45 metre arasında seçilir.

Çelik tel dozajı  $30 \text{ kg/m}^3$ - $45 \text{ kg/m}^3$  arasında belirlenir. Beton kalınlığı en az 140 mm ve beton sınıfı C 25/30-C35/45 arasında olmalıdır. En büyük agrega çapının

-yuvarlak köşeli ise 28 mm'yi

- kırma agrega ise 24 mm'yi geçmemesi istenir.

Kum (0-5 mm) miktarı  $700$ - $800 \text{ kg/m}^3$  çimento ise  $300$ - $350 \text{ kg/m}^3$  arasında seçilir.

### Bir Uygulama Örneği : Bayrampaşa Bauhaus /İstanbul

İstanbul Bayrampaşa'da yapımı tamamlanan Bauhaus Alışveriş Merkezi derzsiz zeminlere güzel bir örnek oluşturmaktadır.

Beton Betonsa hazır beton firması tarafından temin edildi.

Betonsa Teknoloji Merkezi tarafından yapılan dizayn :

Beton Kalitesi	: C 30
PÇ 42.5	: 326 kg
Uçucu Kül	: 55 kg
Mıdır No1	: 623 kg
Mıdır No2	: 422 kg
Kum+Taştozu	: 733 kg
Su	: 170 kg
Katkı	: Daracem 200 %1.5 Dramix RC65/60 BN : $35 \text{ kg/m}^3$

Alt zemin olarak sıkıştırılmış stabilize üzerine nemli mekanik stabilize malzeme (0-3 mm) 1 cm yüzey toleransı ile serildi ve tekrar sıkıştırıldı.

Bu tabakanın üzerine çift katlı naylon örtü (200 mikron)serildi ve kırışıkları tamamen düzeltildi.

Omega derzlerin tutturulması için zemin kazılarak küçük beton hatıllar yapıldı

Bu hatılların üzerine tutturulan çelik saçtan yapılmış çift omega derz levhaları

28m X 25 m ebatlarında düzenlenen anoları oluşturdular. Çelik teller şantiyede

transmikserle karıştırıldı ve beton pompası ile iletildi .Beton kalınlığı 20 cm yapıldı.

Taze beton yüzeyi uygun hale gelince yüzey sertleştirici bu amaçla dizayn edilmiş

bir serici yardımı ile üniform olarak serildi, perdah yapıldı ve kür uygulandı.

Bu işlemlerin ardından yüzeye ıslak örtü serildi ve 7 gün ıslak tutuldu.

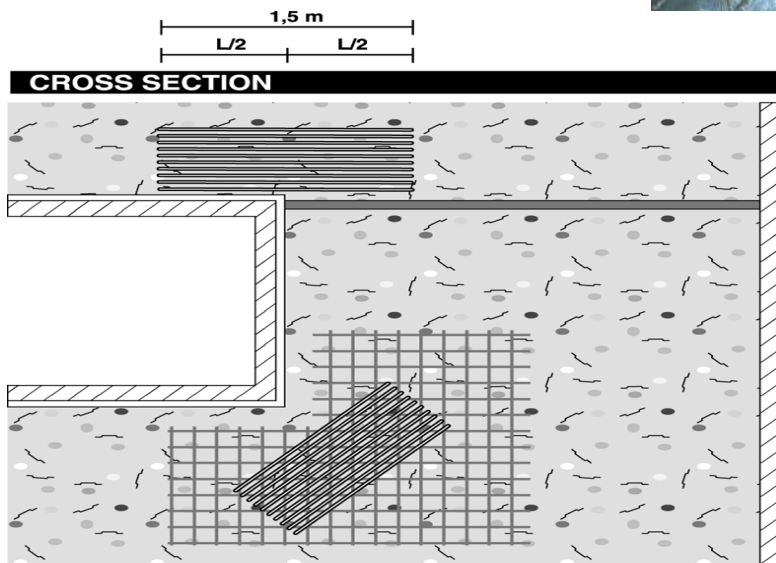
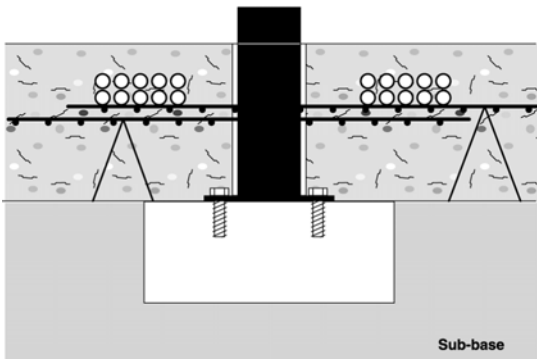
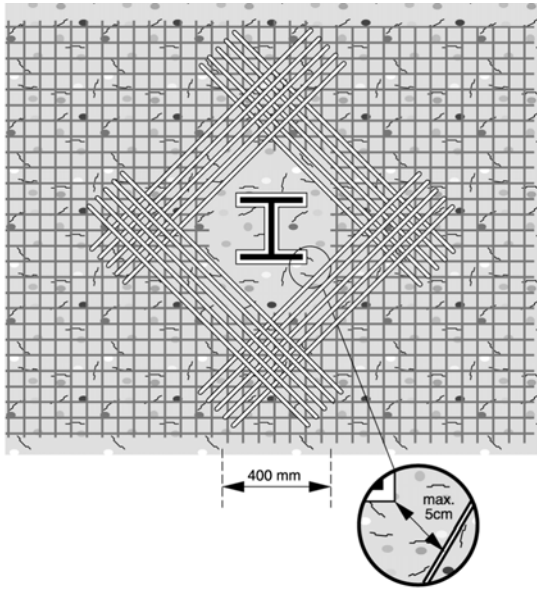
28 gün sonra omega derzlerin araları epoksi macun ile dolduruldu.

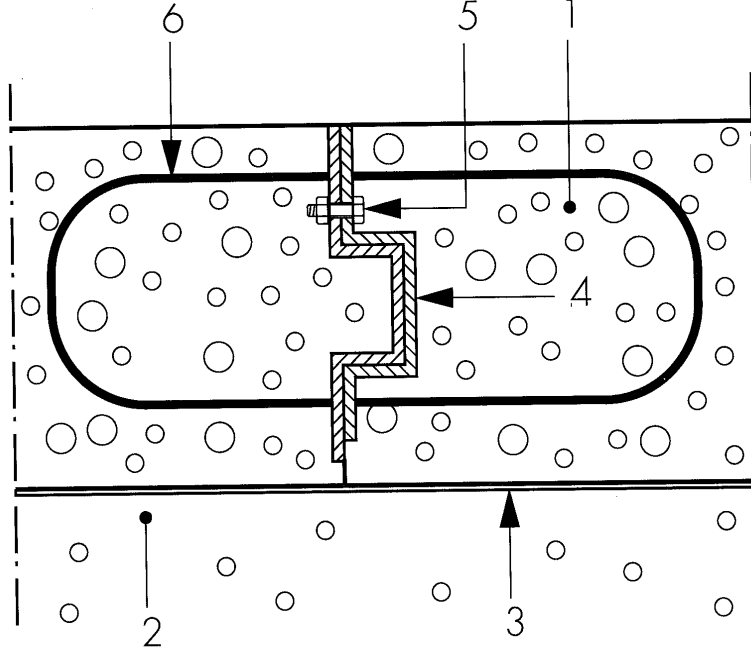
(Bkz Resim 7-8-9-10)

### İlave Donatılar

Derzsiz zemin betonları tasarlanırken kolon ve köşe noktalara ilave donatı konulması gerekir.Bu uygulamalar ile ilgili detaylı şekilleri aşağıdadır.







#### Omega Derz Detayları

- 1- İlk önce dökülen beton
- 2- Alt zemin
- 3- Plastik Örtü
- 4- Çelik omega derz levhası
- 5- Derz levhalarını birlikte tutan plastik civata (Betonun büzülmesiyle kopacaktır.)
- 6- Derz levhalarının tutturulmasını ve betona ankrajını sağlayan demir çubuklar.

## 9-Sonuçlar

Çelik teller zemin betonlarında donatı olarak çelik hasıra ciddi bir rakip olmuştur. Çatlak kontrolündeki etkileri hızlı betonlamaya imkan vermeleri erken servise açılma imkanı ve beton kalınlığında %10-20 arasında bir indirim imkan vermeleri bu malzemeye olan talebi hergün arttırmaktadır. Bugün ülkemizde her 100 m2 zemin betonundan 20 m2'si çelik telli olarak uygulanmaktadır.

Özellikle derzsiz zemin betonları depo ve alışveriş merkezlerinde tercih edilen bir sistem olma yolundadır.

Size örnek olarak sunduğumuz Bauhaus projesinde dizayn firmaları yatırımcı ve zemin müteahhidi arasındaki ortak çalışma en üst kalitede bir zemin betonunu ortaya çıkarmıştır. Bu tip uygulamalarda işe başlanmadan önce gerçekleştirilen ön dizayn toplantılarının başarıyı sağlayan en önemli faktörlerden biri olduğunu belirtmeliyiz. Çelik tel donatıları sağlayan BEKSA AS zemin dizaynında da proje firmalarına desteğini sürdürmektedir.

MEHMET YERLİKAYA --BEKSA AŞ



Resim 7 Çelik Tellerin Şantiyede Transmiksere İlave Edilmesi



Resim 8 Beton yüzeyin ıslak örtü ile korunması



Resim 9. Vibratörlü yüzey mastarı



Resim 10 Yüzeye sertleştirici serilmesi



Resim 11. Kendi kendine yayılan zemin betonları için yüzer master ile yüzey perdahı yapılması.



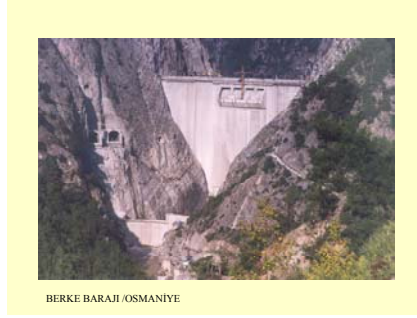
Resim 12 . Laserli master kullanarak zemin perdahı. (USA2003)

# Çelik Tel Donatılı Betonların Diğer Kullanım Alanları

## Yol Betonları



## Su Yapıları



## Yeraltı Yapıları



## Prekast

