

Yerinde dökme betonarme kazıklarda imalat sırasında kullanılan kaplama borusu, bazı kazık tiplerinde zemin içinde bırakılır, bazı tiplerde ise kazık betonlandıktan sonra zeminden çıkarılır.

Yerinde dökme betonarme (fore) kazıkların yapımında dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Kazık çukurunun çeperlerinin stabilitesi sağlanmalıdır. Özel olarak yeraltı su seviyesi altındaki veya zeminde artezyen bulunması durumundaki kazık çukuru içinde, su doldurularak veya uygun başka sıvılar kullanarak en az 1.0 m lik bir hidrolik yük farkı oluşturulmalıdır.
- Kazık çukuru betonlanmadan önce iyice temizlenmeli, zemin döküntüsü ve yabancı maddelerin betona karışması önlenmelidir.
- Çukurun hazırlanması ile betonlama arasında geçen zaman en aza indirilmelidir.
- Çukur kazısı kılın 1.00 m altına kadar sürdürülür. Donatı kafesi, çukurun tabanına kadar indirilir, böylece kılın ucundan 1.00 m aşağıya uzatılır. Betonlama sırasında bir yandan kılif çekilirken çevreden zemin ve suyun girmesine engel olunurken bir yandan da kılın yukarı çekilmesi kolaylaştırılır.
- Betonlamayı kolaylaştırmak için etriyeler arasındaki uzaklıklar, pas payları uygun değerlerde seçilmeli ve donatının kılifa dokunmaması için pas payı takozları kullanılmalıdır.

Yerinde dökme betonarme kazıkların (fore veya sondaj kazıkları) yapımında kullanılan başlıca yöntemler de şöyle özetlenebilir:

(1) Bir yöntem, kendini tutabilen kazık çukuruna donatı indirilmesi ve çukurun betonlanması ile kazık yapılmasıdır. Yeraltı suyu bulunması veya çukur çeperlerinin kendinin tutamaması halinde bu yöntem uygulanamaz. Özellikle, kuyuya su sızması ve çukur dibinde birikmesi durumunda bu yöntemle yapılacak imalat ciddi mahzurlar ortaya çıkarır. Suyun içine dökülen beton segregasyona uğrar. Beton dökülmesine devam olunursa yukarıdaki beton alttaki betonndan daha önce priz yapar. Aşağıdaki betonun kolayca sıkışıp oturması sonucu, kazığın alt kısmı ile daha yukarıdaki kesimi arasında boşluk oluşur. Su sızması, çoğu kere çeperlerden zemin parçalarının düşmesine ve betona karışmasına yol açar.

(2) Diğer bir yapım yöntemi, kazık çukurunun çeperlerinin stabilitesini sağlamak için kılif kullanılmasıdır. Kılif, çukur kazıldıkça aşağıya sürülür. Kılif kullanılması halinde ortaya çıkabilecek sorunlar, betonlama sırasında kılın hızla çekilmesi ve bu yüzden suyun veya zemin parçalarının betona karışması, öngörülen

kazık kesitinin elde edilememesidir. Kalıcı kılif kullanılması ise, ekonomik nedenlerle, genellikle baş vurulan son çaredir.

(3) Başka bir yapım yöntemi, bentonit süspansiyonu kullanılarak çukur çeperlerinin stabilitesinin bozulmasının önlenmesidir. Özellikle geniş çaplı kazıkların yapımında yararlı bir yöntemdir. Kazık başının üst kısmına bir yaka kılifi yerleştirilir. Kuyu içindeki bentonit seviyesi, zemin yüzüne yakın ve herhalde yeraltı su seviyesinden 1.00 ~ 1.50 m daha yukarıda tutulur. Bu yöntemle çalışırken çukur tabanının iyice temizlenmesine dikkat edilmelidir. Beton tremi borusu ile dipten başlanarak dökülüyorsa, süspansiyon ile birlikte gelen zemin parçaları ve yabancı maddelerin kazığın üst tarafında betona karışması önlenmelidir.

(4) Burgu ile yapılan kazıklarda çukur istenilen derinliğe kadar açıldıktan sonra burgu geri alınırken beton dökülür. Bu yöntemde, burgunun geri alınması ile beton dökülmesinin eş zamanlı olmasına dikkat edilmelidir.

Yerinde dökme betonarme kazıkların minimum donatıları Tablo 3.3 de gösterilmiştir.

TABLO 3.3 Yerinde dökme betonarme kazıkların minimum donatısı

Kazık kesit alanı, A	Boyuna donatı alanı, A <sub>s</sub>
$A \leq 0.5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0.5 \% A_c$
$0.5 \text{ m}^2 < A \leq 1.0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0.0025 \text{ m}^2$
$A > 1.0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0.25 \% A_c$

(EN 1536 : 1999)

TS3168'e göre yerinde dökme betonarme kazıklarda boyuna donatı en az 5 adet 14 mm çaplı demir olmalı; donatı alanı, kazık kesit alanının % 0.8 inden küçük olmamalıdır. Boyuna donatı aralıkları betonun kolayca kesite yerleşmesine engel olmayacak şekilde düzenlenmelidir. Enine donatı aralıkları en çok 150 ~ 200 mm olmak üzere spiral şeklinde konulmalıdır.

Pas payı, kazık çapı 0.60 m den büyük olan kazıklarda 60 mm, çapı 0.60 m ye eşit veya daha küçük olan kazıklarda 50 mm olabilir. Aşağıda sayılan koşullarda pas payı 75 mm ye çıkarılmalıdır:

- Kazığın muhafaza borusuz olarak yumuşak zeminde imal edilmesi,
- Donatının beton döküldükten sonra yerleştirilmesi,
- Kazık çukur çeperlerinin düzensiz olduğu
- Betonun su altında ve en büyük agrega 32 mm olarak döküldüğü

durumlarda pas payı 75 mm yapılmalıdır. Kalıcı kılıf bırakılması halinde pas payı 40 mm ye düşürülebilir (EN 1536:1999).

Buna karşılık, TS 3168, pas payının en az 30 mm olmasını, zararlı suların söz konusu olduğu durumlarda en az 50 mm olmasını yeterli görmektedir.

Yerinde dökme betonarme kazıkların yapımında kullanılacak beton,

- segregasyona karşı yeterli dayanıklılığı bulunmalı,
- yüksek plastisitesi olmalı,
- yıkıcılığı fazla olmali,
- kendi kendine sıkışabilmeli,
- yerleştirme ve kaplama borusu çekilmesi sırasında işlenebilirliği yeterli olmalıdır.

Beton karışımının özellikleri Tablo 3.4 te verilmiştir.

TABLO 3.4 Beton karışımının özellikleri

Çimento miktarı:		
• Kuruda dökülüyorsa		$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
• Su altında dökülüyorsa		$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Su çimento oranı (w/c)		$< 0.6$
$d < 0.125 \text{ mm}$ ince malzeme miktarı:		
• Kaba agrega $d > 8 \text{ mm}$		$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
• Kaba agrega $d \leq 8 \text{ mm}$		$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

(EN 1536:1999)

Yerinde dökme betonarme kazıkların yapımında, kazık çukurunun yıkılmaması için, kayma mukavemeti yeterli süspansiyonlardan yararlanılır. Bunlar arasında bentonit süspansiyonu, polimer süspansiyonları bulunmaktadır.

### 3.3.3 Soket Yapılması

Yerinde dökme betonarme kazıkların çukurunun kazılması sırasında döküntü zemin veya taban kabarması ile ortaya çıkan zayıf zeminin dışarı çıkarılmasında güçlük olabilir, ya da kazığın uç mukavemetinden tam olarak yararlanılması istenebilir.

Bu gibi durumlarda, kazı ucuna *soket* yapılması düşünülebilir. Soket yapılması için uygun bir yöntem, donatı kafesi içine çimento enjeksiyonu yapılmasına elverişli borular monte edilmesi, kazığın betonlanması tamamlandıktan sonra bu borulardan basınçlı harç püskürtülerek soket yapılmasıdır. Enjeksiyon boruları yerine, altınımızde yaygın bir uygulama alanı bulmuş olan "tube a machettes" kullanılarak da soket betonu püskürtülür.

Kazık gövdesinin betonlanmasından en az sekiz gün geçtikten sonra enjeksiyon borularından su/çimento oranı 3/5 olan harç basılır.

Soketli kazıklarda yüksek uç mukavemeti, uçtaki zeminin sıkıştırılması ile sağlanmaktadır. Bu yüzden enjeksiyon basıncının doğru seçilmesi önemlidir. Çok yüksek basınçlar uygulanması halinde zemin bozulabilir (hydrofracture) ve bu durum enjeksiyon basıncının ani düşmesi ile anlaşılar. Tecrübe, sıkı kumlarda, dakikada 1 – 2 litre enjeksiyon yapılmasını sağlayacak basıncın uygun olduğunu göstermiştir.

### 3.3.4 Betonarme Kazıkların Karşılaştırılması

Yerinde dökme çakma betonarme kazıklar ile sondaj kazıklarını birbirleriyle karşılaştırabiliriz. Sondaj kazıklarının üstünlükleri :

- Sondaj kazıklarının yapımı sırasında çevrede genellikle büyük sarsıntılar meydana gelmez,
- Kazık çukurunun açılması sırasında nümune almak mümkün olduğu için geçilen tabakaların mükemmel bir profilinin elde edilmesi kabildir,
- Çatı altı, v.s. gibi çalışma yüksekliği az olan yerlerde dahi imal edilebilir,
- Kazık uzunluğu zemin koşullarına göre ayarlanabilir,
- Yalnız kaplama borusu çakılması gibi nispeten küçük bir kuvvet tatbiki gerektiği için kolayca büyük derinliklere ulaşılabilir.

Bu üstünlüklerine karşılık, sondaj kazıklarının şu mahzurları da vardır:

- Kazık yeri zeminin oyulup çıkarılması ile hazırlandığı için kaplama borusu çevresindeki zeminde gevşeme olabilir. Kazma işlemi, kaplama borusunun alt ucundan 0.30 m ~ 0.50 m daha derine kadar sürdürülmektedir ve bu yüzden killi zeminlerde dahi bir miktar ferahlama meydana gelir.
- Küçük kesitli sondaj kazıklarının yeraltı su seviyesi altında dökülmesinde güçlükler vardır,

- Muhafaza borusu çıkarılan sondaj kazıklarında taze betonun da çekilmesi ihtimali vardır,
- Muhafaza borusunun çekilmesi sırasında gerekli itina gösterilmezse, zemin çukura hücumu ile kazık kesitinin daralması ile “boğulma” meydana gelebilir,
- Beton dökülmesi sırasında *tremi borusu* kullanılmaması halinde beton içindeki iri malzeme ile ince malzeme ayrılır; kötü bir beton meydana gelir.

Sondaj kazıkları genellikle uç kazığı olarak kullanılırlar. Gevşek zeminlerde, akıcı kumlarda, basınçlı yeraltı suyu bulunması halinde mümkün olduğu kadar sondaj kazığı yapılmasından kaçınılmalıdır.

**Yerinde dökülen** çakma kazıklar sondaj kazıklarına göre genellikle daha çok yük taşırlar. Bununla beraber, **yerinde dökülen** çakma kazıklar belli tiplerle sınırlı kalırken sondaj kazığı tipleri her gün gelişmekte, sayıları artmaktadır.

### 3.3.4 Betonarme Kazıkların Dayanıklılığı

Şartnamelere uygun olarak imal edilen betonarme kazıklar en dayanıklı inşaat elemanlarından birisidir. Bununla birlikte, zeminde doğal olarak mevcut olan sülfat betonun bozulmasına yol açabilir. Betondaki hidrate kalsiyum alüminat, sülfat ile reaksiyona girerek kalsiyum sulfoalüminat meydana getirir. Moleküler düzeyde hacim artışına yol açan bu değişiklik sonucunda beton dağılır. Çözülebilir sülfatların beton üzerinde etkili olup olmadığını anlamak için zemindeki sülfat miktarının ve mevcut katiyonların belirlenmesi gerekir. Nümunedeki sülfat konsantrasyonu %0.5 i geçiyorsa, zeminde sülfat analizi yapılmalıdır.

Sülfatın etkisinden kurtulmak için kazığa bitüm veya katran sürülmesi yeterli olmayabilir. Bitüm veya katran çakım sırasında sıyrılır, fazla yararlı olmaz. Buna karşılık, yağün, iyi sıkıştırılmış, su/çimento oranı küçük olan beton sülfata dayanıklı kabul edilir. Yapısal olarak pas paylarının artırılması, sivri köşeler teşkilinden kaçınılması gibi önlemler de alınabilir.

DIN4030, betona kötü etkisi olan durumları sıralamaktadır (Tablo 3.5). Eğer sudaki değerler, tabloda gösterilen 1 den 5 e kadar olan sınırlardan yalnızca birinde aşıyorsa, buna tekabül eden etki şiddeti kabul edilecektir. Eğer iki veya daha fazla değer aralığın üst çeyreğinde ise (pH değeri için alt çeyreğinde ise) etkiye şiddeti bir üst kademe kabul edilecektir.

TABLO 3.5 DIN4030'a göre betona kötü etkiyen sıvılar

Sıra	Etkileyici	Etkime derecesi		
		Az	Şiddetli	Çok şiddetli
1	pH değeri	6.5 – 5.5	5.5 – 4.5	< 4.5
2	Kireç-çözülebilir karbonik asit (CO <sub>2</sub> ) mg/l	15 - 30	30 - 60	> 60
3	Amonyum (NH <sub>4</sub> ) mg/l	15 - 30	30 - 60	> 60
4	Magnezyum(Mg) mg/l	100 -300	300 - 1500	> 1500
5	Sülfat (SO <sub>4</sub> ) mg/l	200 - 600	600 - 3000	> 3000

Yüksek sıcaklıklarda etki şiddeti artar. Düşük sıcaklıklarda, ve su hareketlerinin sınırlı olduğu permeabilitesi düşük ( $k < 5 : 10 \text{ m/s}$ ) olan zeminlerde etki şiddeti azalır.

### 3.4 Çelik Kazıklar

Çelik kullanılan çelik kazıklar, boru, kutu, H-kesitli kazıklardır. Geniş flanşlı H-kesitli veya “T” profilili kazıklar da kullanılmaktadır.

Uçları açık çakılan kutu ve boru kesitli kazıkların çakılmasını kolaylaştırmak amacı ile tabandaki zeminin kazılması veya ters su sirkülasyonu ile temizlenmesi gerektirir.

Kutu veya boru tipi çelik kazıkların ağır yükleri taşımaları istenildiği zaman uçları kapalı olarak çakılmaları mümkündür. Kazığın derine çakılması durumunda ucu açık bırakılır, fakat kazık ucundan belli bir uzunluk yukarıda ortası delik bir plaka ile üç mukavemeti sağlanır. Plâkanın ortasındaki delik, çakım sırasında kazık ucunda sıkışan su, silt veya yumuşak kilin kaçması için bırakılmaktadır.

Çakım sırasında tahrip olmaması için kazık uçları takviye edilir.