

HAZIR BETONDA ÜRETİM - YERLEŞTİRME  
SÜRESİNİN BETON MUKAVEMETİNE ETKİSİ

Mehmet UYAN	Hakan GÜLSEREN	Bahadır DİKER
Prof.Dr.	Araş.Gör.	İnşaat Müh.
İ.T.Ü. İnşaat Fak.	İ.T.Ü. İnşaat Fak.	Ekmel Hazır Beton
İstanbul, Türkiye	İstanbul, Türkiye	İstanbul, Türkiye

ÖZET

Hazır beton üretiminde, betonu oluşturan malzemenin karıştırılmaya başlandığı andan itibaren betonu kalıba yerleştirene kadar geçen süre olarak tanımlayabileceğimiz döküm süresinin uzamasının betonun özellikle basınç mukavemetini ne şekilde etkilediğinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmuştur. Bu amaçla yaş karışımli ve kuru karışımli olmak üzere farklı şekillerde ve farklı döküm sürelerinde betonlar üretilmiştir. Taze betonlar üzerinde Ve-Be veya Çökme deneyleri, sertleşmiş betonlar üzerinde ise basınç ve eğilme deneyleri uygulanmıştır. Çeşitli standartlarda döküm süresine getirilen sınır değerlerin pekte anlamlı olmadığı, maksimum süresinin üretimin kendi özel koşulları dikkate alınarak saptanması gerektiği çalışmadan çıkan en önemli sonuç olmuştur.

1. GİRİŞ

Yapının bulunduğu şantiyeden ayrı bir yerdeki bir merkezi beton santralinde kalıba yerleştirilmeye hazır olmak üzere üretilen betonlara hazır beton denilmektedir. Hazır beton kullanımının çeşitli yararları arasında en önemlisinin; betonun merkezi santralde şantiye şartlarına göre çok daha kontrollü olarak üretilmesi olduğu söylenebilir.

Hazır beton üretiminde genellikle iki yöntemden yararlanılmaktadır (1,2,3)\*. Bunlardan birincisinde betona girecek malzemenin tartılması ve karıştırılması merkezi santralde tamamlanmakta, daha sonra beton genellikle yavaşça dönen bir transmikser vasıtasıyla şantiyeye iletilmektedir. (Yaş karışımı hazır beton; central-mixed concrete.) Bu iletim sırasında mikserin dönmesi betonun ayrışmasını önlemekte aynı zamanda katılaşmayı geciktirmesi bakımından yararlı olmaktadır. İkinci usulde ise malzeme santralde tartılarak doğrudan transmikserin içine konmaktadır. Daha sonra malzemenin karıştırılması ya yolda tamamlanmakta veya şantiyede beton mikserden boşaltılmasından hemen önce gerçekleştirilmektedir. (kuru karışımı hazır beton; transit-mixed concrete).

Hazır beton kullanımında beton santralden taşınarak şantiyede kalıba yerleştirilene kadar geçen süre bazı durumlarda istenen veya beklenen süreden daha fazla zaman almaktadır. Taşıma mesafesinin uzun olması, trafik tıkanıklığı, transmikserlerin arıza yapması veya şantiyeye vardığında örneğin beton pompa ile basılacak ise pompanın bozulması gibi hallerde betonun yerine yerleşmesi uzun zaman almaktadır. Diğer sık karşılaşılan bir durum ise şantiyeden gereğinden fazla miktarda beton istenmesi ve transmikser şantiyeye vardığında betonun mikser içinde kalmasıdır.

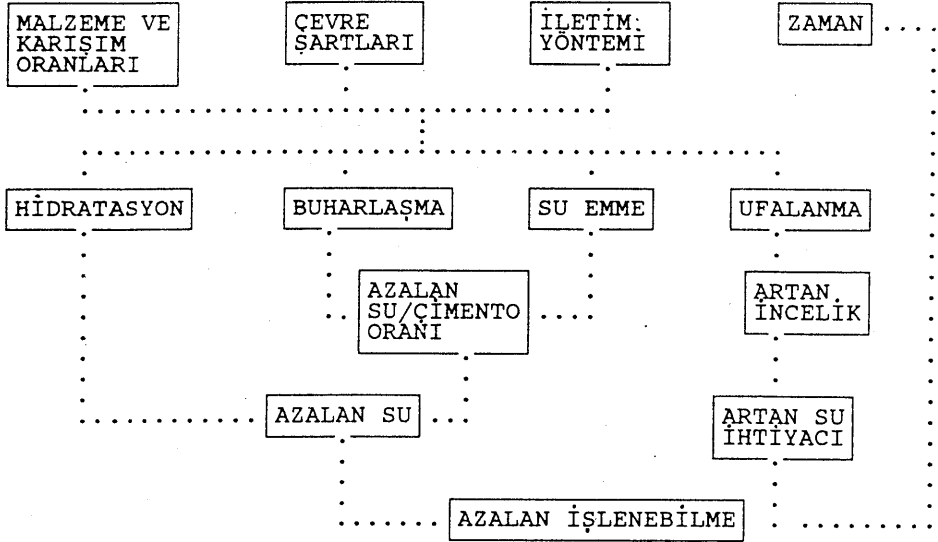
Bu çalışmada, yukarıda açıklandığı üzere, betonu oluşturan malzemenin karıştırılmağa başlandığı andan itibaren betonu kalıbına yerleştirene kadar geçen sürenin uzamasının beton mukavemetini nasıl etkilediği deneysel olarak araştırılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

Betonu oluşturan malzemenin karıştırılmağa başlandığı andan itibaren betonu kalıba yerleştirene kadar geçen süre olarak tanımlayabildiğimiz döküm süresi uzadıkça betonun işlenebilmesi de azalmaya başlamaktadır. Zamanla işlenebilmedeki azalma çimentonun başlangıçtaki hidrasyonuna, suyun buharlaşmasına,

(\*) Parantez içindeki sayılar, kaynaklar listesindeki numaraları göstermektedir.

agreganın su emmesine ve agreganın ufalanmasına bağlı olarak karışımdaki serbest suyun azalmasının sonucudur. Dolayısıyla işlenebilmedeki azalma oranı betonu oluşturan malzemeye, bunların karışım oranlarına, ortam şartlarına ve hazır beton üretiminde betonun iletim yöntemine bağlı olmaktadır (4). Şekil-1' de işlenebilmedeki azalmaya etki eden faktörler şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil - 1

Zamanla işlenebilmedeki azalmaya etki eden bir beton karışımının karakteristikleri; kullanılan çimentonun tipi, çimentonun miktarı, başlangıçtaki su miktarı, agreganın rutubet muhtevası ve aşınma mukavemetidir.

Çimento tipi, hem verilen bir süredeki hidrasyon için kullanılan su miktarını ve hem de dolaylı olarak hidrasyon sırasında çıkan ısının buharlaşmayı etkilemesi bakımından önemlidir. Örneğin ilk yaşlarda hidrasyon gelişimi hızlı olan çimentolar kullanıldığında işlenebilmedeki azalma fazla olacaktır. Aynı şekilde çimento dozajıda işlenebilme üzerine çift etkiye sahip olacaktır. Yüksek dozajlı bir beton üretildiğinde çimento miktarının fazla olması hidrasyon için fazla su

kullanımını gerektireceği gibi, bu sırada beton sıcaklığının yükselmesi buharlaşmayı hızlandıracağından işlenebilmedeki azalma artacaktır.

Karışım suyu miktarı yüksek olan betonlarda işlenebilmenin zamanla azalması daha düşük oranda gerçekleşmektedir. Bu durum başlangıçtaki işlenebilmesi yüksek olan betonlar içinde geçerli olmaktadır.

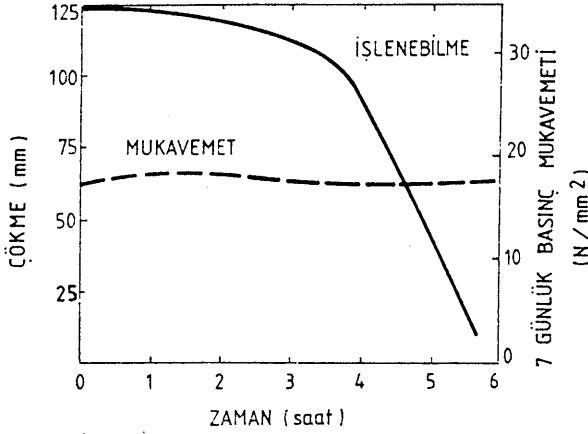
Bir karışımdaki agreganın su emmesine bağlı olarak ortaya çıkan su kaybı, kullanılan agreganın çok kuru veya su emme özelliği yüksek olduğu zaman önem kazanmaktadır. Agregaya suya doygun yüzey kuru durumda kullanıldığından karışım suyunu azaltıcı yöndeki etkisi meydana gelmemektedir. Öte yandan, düşük aşınma mukavemetine sahip agreganın uzun karıştırma süresi sonunda ufalanması agregayı daha ince hale getirdiğinden su ihtiyacını arttırmakta, bu da işlenebilmenin azalmasına neden olmaktadır.

İşlenebilmenin zamanla azalmasına yol açan diğer önemli faktör de, yukarıda belirtildiği gibi, ortam şartlarıdır. Ortam şartları olarak sıcaklık, rutubet ve rüzgar hızı anlaşılmaktadır. Havanın sıcaklığı hem hidrasyon hem de buharlaşma parametreleri nedeniyle su kaybını etkilerken, havanın rutubeti ve rüzgar hızı buharlaşmayı etkilemeleri bakımından etkilidirler.

Betonun zamanla işlenebilmesini azaltan son bir faktör ise hazır beton uygulamasındaki iletim yöntemidir. Betonun iletimi sırasında sürekli karıştırılması, karıştırma hızının artması işlenebilmedeki azalmanın daha büyük değerler almasına yol açmaktadır.

Döküm süresinin uzamasıyla birlikte, yukarıda incelenen nedenlerle, işlenebilmenin azalması betonun kalıbına yerleştirilmesini güçleştirecektir. Bu durumda betonu tekrar ilk kıvamına getirebilmek için karışıma su ilave etmek (re-tempering) gerekecektir. Ancak karışıma konan bu suyun betonun mukavemetini

ne yönde etkilediği belirlenmelidir. Bu amaçla bazı çalışmalar yapılmıştır. İlginç olması nedeniyle buharlaşmayla kaybolan su kadar karışıma su ilave edildiğinde mukavemetin ve işlenebilmenin nasıl etkilendiğini araştıran bir çalışmadan elde edilen sonuçlar Şekil-2' de gösterilmiştir (4). Şeklin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, 3 saatlik bir süreye kadar buharlaşan miktarda su ilave edilmesi işlenebilmeyi pek etkilememekte, ancak 3 saatten itibaren buharlaşma kadar su ilave edilmesine rağmen işlenebilme azalmaktadır.



Şekil -2

İşlenebilmedeki bu azalma 3 saatten itibaren hidrasyon olayının başlamasına bağlanmaktadır. Öte yandan 6 saatlik döküm süresine kadar mukavemet sabit kalmaktadır.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Döküm süresinin uzamasının betonun özellikle basınç mukavemetini ne şekilde etkilediğinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmuştur. Bu amaçla konuya farklı yaklaşan çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

### 3.1. BETON ÜRETİM TÜRLERİ

a) Laboratuvarında üretilen betonlar betoniyerde sırasıyla 0, 1, 2 ve 3 saat bekletilip kalıplara yerleştirilmiştir. (1. TÜR ÜRETİM).

b) Aynı şekilde üretilen betonlara yine 0, 1, 2 ve 3 saat betoniyerde bekletilmiştir. Ancak bekleme süresi boyunca betonlar her 10 dakikada bir 1 dakika karıştırılmıştır. (2. TÜR ÜRETİM).

c) Diğer bir çalışmada üretilen betonlar (1-6) saat arasında bekletilmiş, bu sürede betonlar her 10 dakikada bir 1 dakika karıştırılmıştır. Bekleme süreleri sonunda, bekleme süresi sıfır olan (şahit beton) betonla aynı işlenebilmeyi verecek şekilde su ilave edilmiştir. (3. TÜR ÜRETİM). Öte yandan aynı çalışmalar bu kez agrega ve çimento betoniyerde kuru olarak karıştırılmıştır. Sadece kum ıslak olarak katılmıştır. Bu durumdaki kuru karışım 2, 4 ve 6 saat bekletilmiş, beklemenin sonunda karma suyu konup 1 dakika karıştırılmıştır. (4. TÜR ÜRETİM).

d) Hazır betondaki kuru usul üretime örnek olmak üzere; agrega ve çimento betoniyerde karışım suyu konmadan bekletilmiştir. Yalnızca kum ıslak olarak konmuştur. Bekleme süreleri (1-5) saat tutulmuştur. Bu süreler sonunda karışım suyu konup betonlar üretilmiştir. 1. grupta betonlar kalıplarına yerleştirilirken 1 dakika (5. TÜR ÜRETİM), 2. gruptakiler ise 5 dak. (6. TÜR ÜRETİM) karıştırılıp kalıplarına yerleştirilmişlerdir.

Yukarıda belirtilen beton üretimlerinde betonlar sıcaklığı (15-20°C) arasında değişen laboratuvar ortamında, kapasitesi 50 lt olan düşey eksenli zorlamalı karıştırıcılı dakikada 16 devir yapan betoniyerde üretilmişlerdir.

e) Bu şekildeki üretimden elde edilen sonuçların mikser ölçeğinde ne derece anlamlı olabileceğini belirlemek için bir hazır beton tesisinde 2. tür üretime benzer bir çalışma yapılmıştır. 7 m<sup>3</sup> beton içeren mikserde bekletilen betondan 0, 1.,

2., 3. ve 4. saatlerde numuneler alınmıştır (7.TÜR ÜRETİM). Bekleme süresi boyunca mikser 4 devir/dak. lık (taşıma devri) bir hızla döndürülmüştür. Bu sürede hava sıcaklığının 13°C civarında olduğu ve 4. saat sonunda beton sıcaklığının 23,4°C ye ulaştığı saptanmıştır.

Buraya kadar belirtilen şekillerde düzenlenen çalışmalarda taze beton deneyleri olarak Ve-Be veya çökme deneyleri yapılmış, sertleşmiş beton numuneleri üzerinde ise eğilme ve basınç deneyleri uygulanmıştır.

### 3.2. ÜRETİLEN BETONLARIN BİLEŞİMİ VE KULLANILAN ÇİMENTOLARIN PRİZ SÜRELERİ

1m<sup>3</sup> beton bileşimi için malzeme miktarları Tablo:1' de verilmiştir.

Üretilen betonlarda kullanılan çimento tipleri ve priz süreleri ise Tablo:2' de toplanmıştır.

Üretim TÜRÜ	Kum (kg)	Kumlu Çakıl (kg)	K.Taş (kg)	K.T.Tozu (kg)	KT.1 (kg)	KT.2 (kg)	Çimento (kg)	Su (kg)	E/C Oranı (%)
1.ve 2. TÜR	269	623	936	-	-	-	350	195	56
3.ve 4. TÜR	439	-	-	267	531	548	350	209	60
5.ve 6. TÜR	525	-	-	176	539	542	350	212	61
7. TÜR	465	-	-	285	460	690	300	180	60

TABLO:1- 1 m<sup>3</sup> beton bileşimi için malzeme miktarları

Üretim Türü	Çimento Tipi	Priz Süreleri (saat-dak.)	
		P.Başlangıcı	P.Sonu
1.ve 2. TÜR	PÇ-32.5	2s-20d	3s-35d
3.ve 4. TÜR	PÇ-32.5	3s-20d	4s-25d
5.ve 6. TÜR	PÇ-32.5	4s-05d	5s-10d
7. TÜR	PÇ-32.5	2s-55d	3s-50d

TABLO:2-Çimento tipleri ve priz süreleri

#### 4. DENEY SONUÇLARI

Farklı türlerde üretilen betonlardan elde edilen deney sonuçları şekiller halinde gösterilmiştir. 1. ve 2. TÜR ÜRETİM'e ait Ve-Be değerleri ile basınç ve eğilme mukavemetlerinin değişimi sırası ile Şekil:3, 4 ve 5' te çizilmiştir. 3. ve 4. TÜR ÜRETİM ile ilgili Ve-Be dereceleri ile basınç ve eğilme mukavemetlerinin değişimi ise Şekil:6, 7 ve 8' de verilmiştir. Şekil:9 ve 10' da sırası ile 5. ve 6. TÜR ÜRETİM' lere ait Ve-Be derecesi ve basınç mukavemetlerinin değişimi gösterilmiştir. En son olarak 7. TÜR ÜRETİM' le ilgili çökme ve basınç mukavemetlerinin değişimi ise sırası ile Şekil:11 ve 12' de çizilmiştir.

#### 5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Şekil:3' te 1. ve 2. TÜR ÜRETİM'e ait betonların işlenebilmesinin döküm süresi ile değişimi gösterilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere, döküm süresinin uzamasıyla birlikte betonların işlenebilmesi önemli derecede azalmakta, özellikle 3 saat karıştırılarak bekletilmiş betonda azalma aşırı bir ölçüde gerçekleşmektedir. İşlenebilmedeki azalmaların bu şekilde büyük



oranlarda oluşması, seçilen şahit betonun kıvamının kuru olmasına bağlanabilir (Ve-be:10 sn).

1. ve 2. TÜR ÜRETİM' e ait betonların basınç ve eğilme mukavemetlerinin değişimi sırası ile Şekil:4 ve 5' te verilmiştir. Şekillerin incelenmesinden görüleceği gibi, 3 saat karıştırılarak bekletilmiş betona ait mukavemetler haricinde diğer betonların mukavemetlerinde dikkat çekici bir farklılık ortaya çıkmamıştır. 3 saat karıştırılarak bekletilmiş betonun mukavemetlerinin belirgin şekilde düşük değerler alması, bu betondaki aşırı kıvam kaybı sonucunda betonun kalıba boşluksuz bir şekilde yerleştirelememiş olmasıyla açıklanabilir.

Şekil:6' da 3. ve 4. TÜR ÜRETİM' e ait betonların Ve-Be değerlerinin döküm süreleri ile değişimi çizilmiştir. Şekilden görüleceği üzere şahit betonun akıcı kıvamda seçilmiş olması nedeniyle (karıştırılarak bekletilen betonlarda), 5 ve 6 saatlik bekleme sürelerinin sonunda bile işlenebilmedeki azalma düşük olmuş ve 6 sn.'lik normal mertebedeki Ve-be sınırı aşılmamıştır.

Şekil:7' de basınç mukavemetlerinin, Şekil:8' de eğilme mukavemetlerinin değişimi gösterilmiştir. (3.ve 4. TÜR ÜRETİM). Şekil:7' nin incelenmesinden anlaşılacağı gibi, 3. TÜR ÜRETİM' e ait betonlarda mukavemet 3. saate kadar sabit kalmakta, 3. saatten sonra ise basınç mukavemetlerinde azalma başlamaktadır. Öte yandan, 4.TÜR ÜRETİM' li (kuru usül) betonların basınç mukavemetleri 2. saatten itibaren şahit betona göre azalmakta ve döküm süresi uzadıkça azalmadaki artış devam etmektedir. Kuru usül üretimli betonların mukavemetleri, aynı zamanda, 3.TÜR üretim' li betonların mukavemetlerinden de düşük olmaktadır. Bu sonuçlar kuru karışım olarak üretilen betonlarda (4.TÜR üretim) karıştırma süresinin (1 dak.) yeterli olmamasına bağlanabilir. Diğer taraftan, Şekil:8' de gösterilen eğilme mukavemetlerinin döküm süresi ile değişimi de basınç mukavemetlerinin değişimine benzer olmuştur.

Kuru usül üretimde karıştırma süresinin etkisini ortaya çıkarmak için bu kez 5.TÜR ÜRETİM' e ait betonlar 1 dak., 6.TÜR ÜRETİM'e ait betonlar ise 5 dak. karıştırılıp kalıplarına yerleştirilmişlerdir. Bu tür betonlarda bekleme süresinin işlenebilmeye etkisi Şekil:9' da verilmiştir. Şekilden belirleneceği gibi, kuru usülde bekleme süresinin işlenebilmeye etkisi önemsiz olmuştur. Şahit betonun Ve-be derecesi 1 iken, 5 saat sonunda hem 5.TÜR' ün ve hem de 6.TÜR üretime ait betonların Ve-be' si 2 sn civarına çıkmıştır.

Şekil:10' da 5. ve 6. TÜR ÜRETİM' e ait betonların basınç mukavemetlerinin değişimi gösterilmiştir. 5.TÜR ÜRETİM' de (1'dak. karıştırma) 5. saatin sonuna kadar mukavemette belirgin bir farklılık olmadığı şekilden anlaşılmaktadır. 6.TÜR ÜRETİM' de (5 dak. karıştırma) ise, bütün bekleme süreleri için şahit betona göre dikkat çekici bir artış olmuş ve bu artış her bekleme süresi için aynı kalmıştır. Öte yandan 5 dak. karıştırmalı betonların mukavemetleri, 1 dak. karıştırmalılarından yüksek çıkmıştır. Bu sonuç kuru karışimli betonlarda karıştırma süresinin önemini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Buraya kadar yapılan incelemeler özellikle yaş karışimli üretimler için 3 saatlik döküm süresinin kritik bir süre olduğunu düşündürmektedir. Burda dikkat edilecek husus şudur: İşlenebilmeyi düzeltmek için ilave edilen su buharlaşma veya su emme sonucunda azalan serbest suyun yerine geçiyorsa betonun mukavemeti düşmeyecektir, buna karşılık ilave edilen su hidrasyonun gelişimiyle birlikte kullanılan suyun yerine geçiyorsa etkin su/çimento oranı artacağından mukavemet azalacaktır.

Buraya kadar incelenen üretimler laboratuvarında gerçekleştirilen üretimlerdir. Bu üretimlerden elde edilen sonuçların birer bir mikser ölçeğinde ne derecede anlamlı olabileceğini belirlemek için bir hazır beton tesisinde 2.TÜR ÜRETİM' e benzer bir uygulama yapılmıştır. Şekil:11' den mikser içindeki 7 m<sup>3</sup> lük betonun başlangıçtaki 13,5 cm lik çökmesinin, 4 saat sonunda sıfır çökmeye düştüğü görülmektedir. Şekil:12' de ise

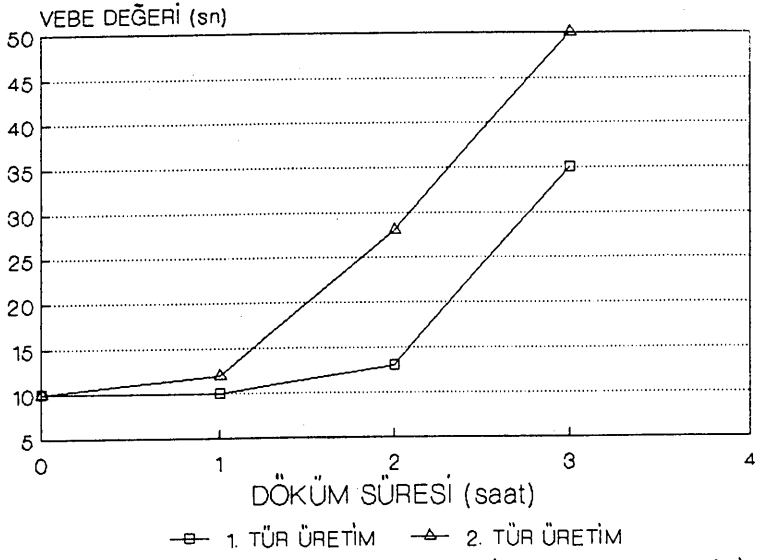
28 günlük basınç mukavemetinin döküm süresi ile değişimi çizilmiştir. Şeklin incelenmesinden, laboratuvardaki 1. ve 2. TÜR ÜRETİM' lerdeki sonuçlara benzer biçimde, 4. saatin sonuna kadar mukavemetlerde düşme eğiliminin ortaya çıkmadığı görülmektedir. Ancak burada 4 saatlik betonun çökmesinin sıfır olduğu unutulmamalıdır. Mikser ölçeğinde yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, laboratuvar da gerçekleştirilen üretimlerden bulunan sonuçların en azından döküm süresinin uzamasının beton mukavemetine etkisi konusunda önemli ip uçları verebileceğini ortaya koymaktadır.

## 6. SONUÇ

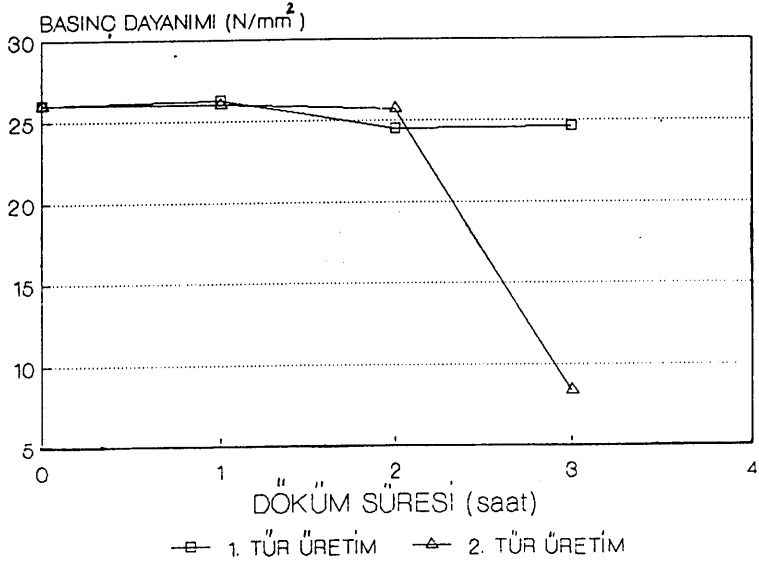
Döküm süresinin uzamasından doğabilecek sakıncaları giderebilmek için çeşitli standartlar döküm süresine sınırlamalar getirmiştir. Örneğin, ASTM C94 maksimum döküm süresini 1,5 saatle sınırlarken, TS 11222 bu süreyi 2 saatle kısıtlamıştır. Öte yandan, TS 11222 kuru karışumlu hazır beton üretiminde taşıma süresinin 3 saati geçmemesini istemektedir.

Yukarıda yapılan incelemelerin ışığı altında; çeşitli standartlarda döküm süresine getirilen sınırlamaların, Lit.(5)' te de benzer kanaate varıldığı üzere, pekte anlamlı olmadığı düşünülebilir. Eğer betonun yerleştirilmesine özel bir itina gösterir ve su ilave etmeden beton iyi bir şekilde sıkıştırılabilirse maksimum döküm süresinin daha büyük değerler alması kabul edilebilir.

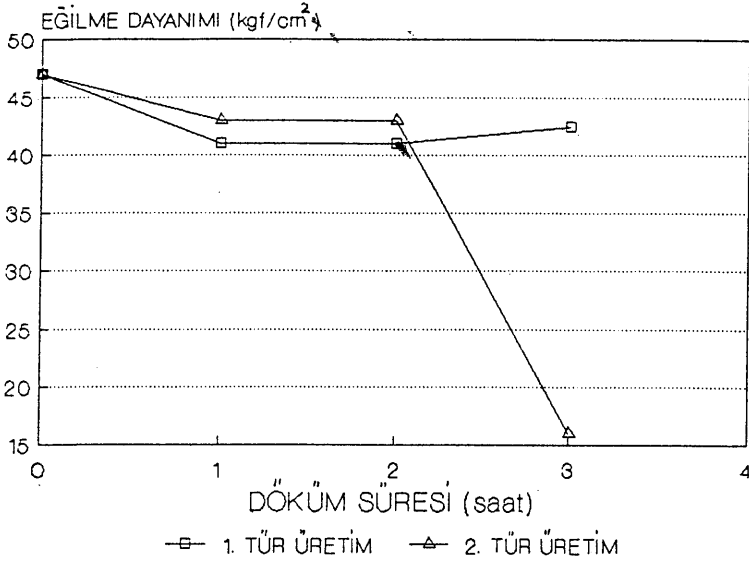
Ancak döküm süresinin çok uzatılması sonunda işlenebilmeyi düzeltmek için katılan suyun etkin su/çimento oranını artırması durumunda mukavemet azalacaktır. Bu nedenle döküm süresinin uzatılmasında aşırıya kaçılmamalı, daha doğrusu maksimum döküm süresi üretimin kendi özel koşulları dikkate alınarak saptanmalıdır.



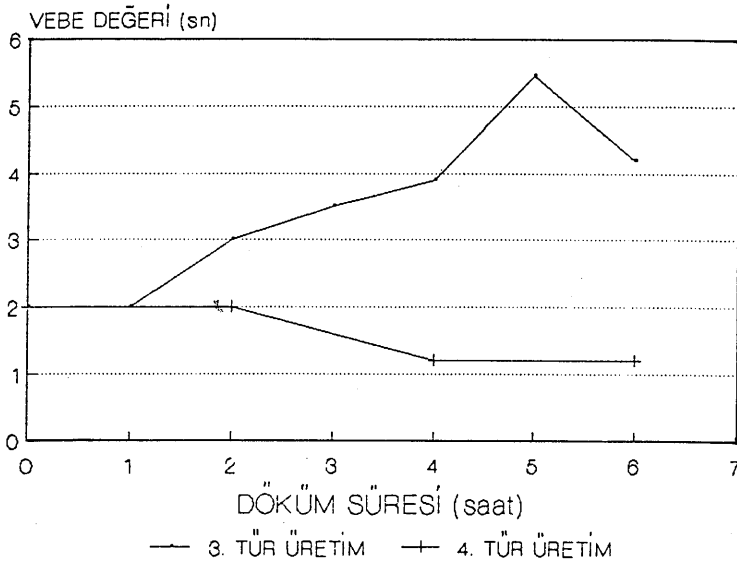
Şekil:3- Ve Be Değerinin Değişimi (1.ve 2. Tür Üretim)



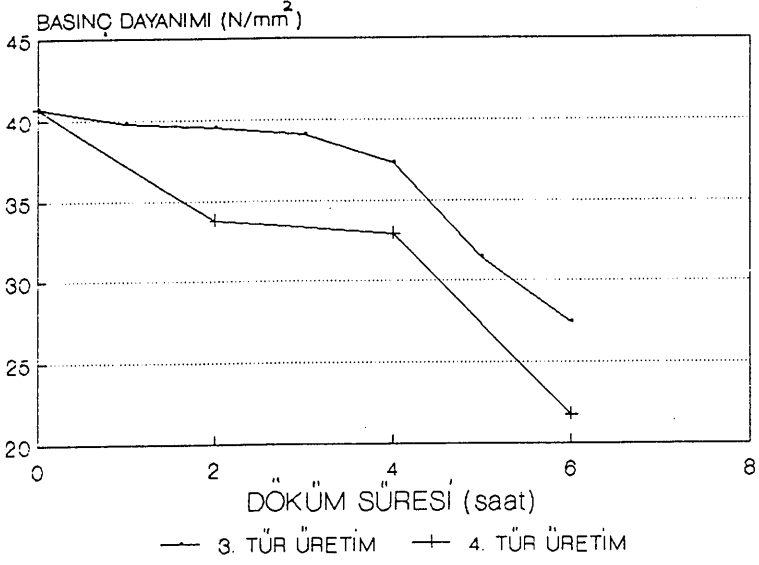
Şekil:4- 28 Günlük Basınç Dayanımlarının Değişimi (1. ve 2.Tür Üretim)



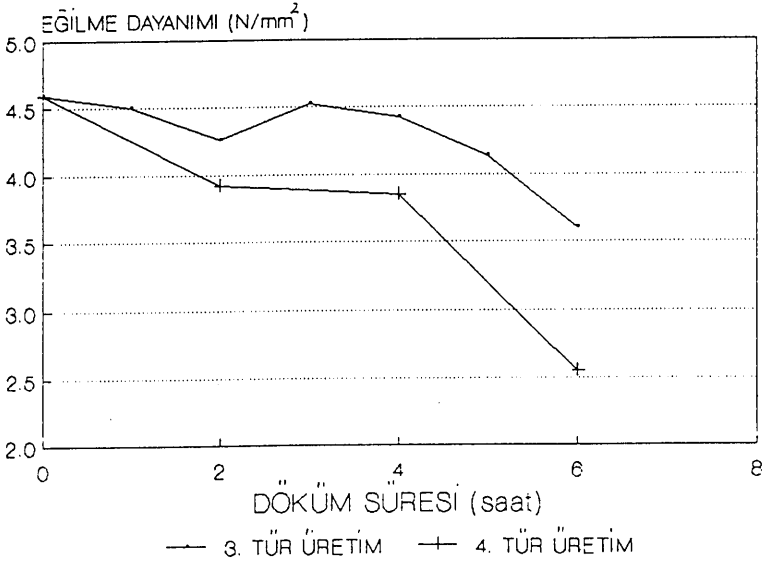
Şekil:5- 28 Günlük Eğilme Dayanımlarının Değişimi  
(1. ve 2.Tür Üretim)



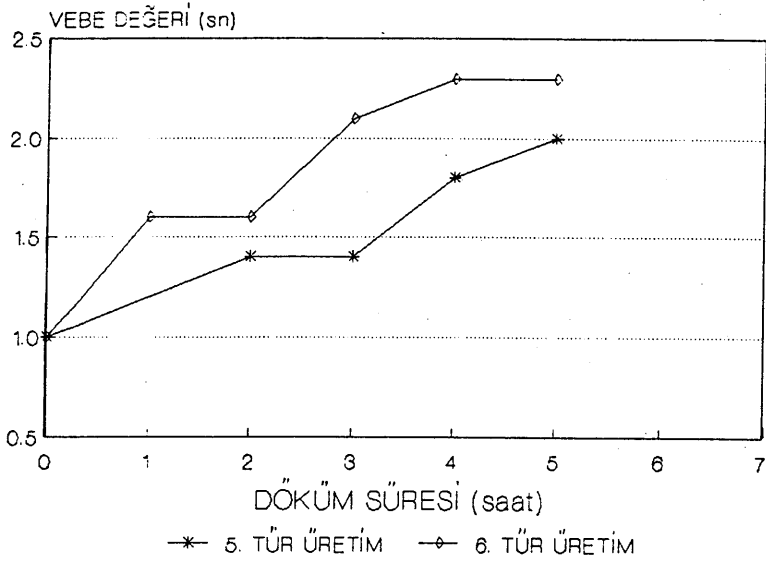
Şekil:6- Ve Be Değerinin Değişimi (3.ve 4. Tür Üretim)



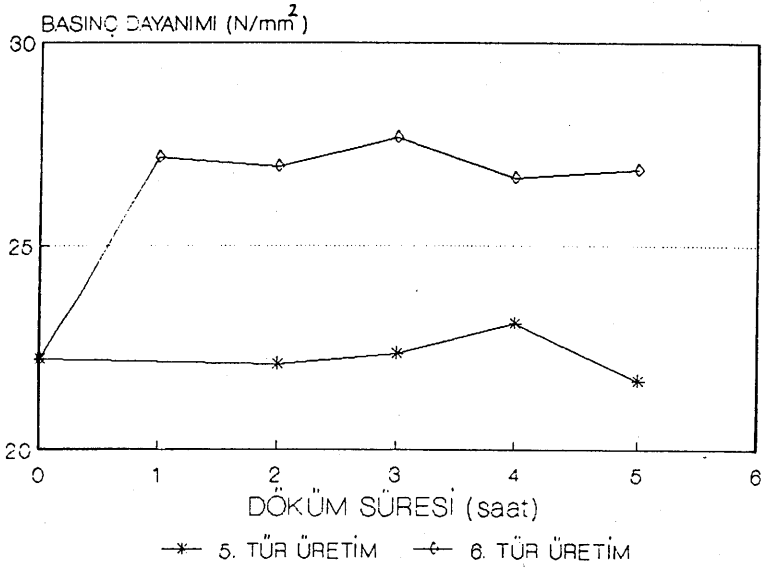
Şekil:7- 28 Günlük Basınç Dayanımlarının Değişimi  
(3. ve 4.Tür Üretim)



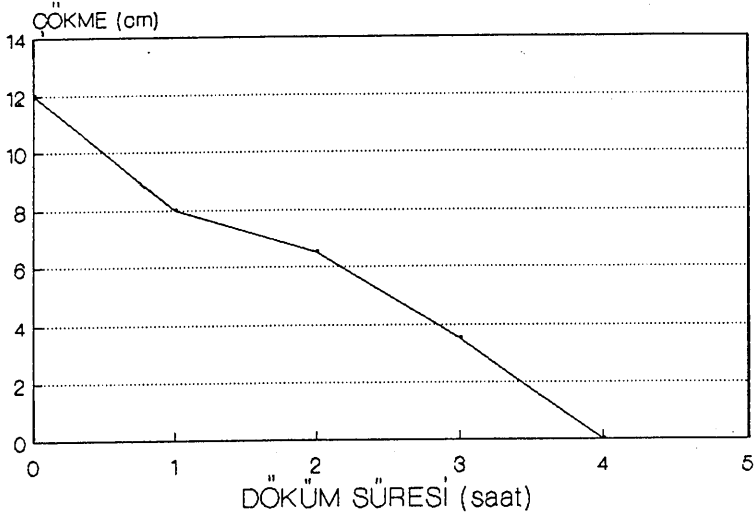
Şekil:8- 28 Günlük Eğilme Dayanımlarının Değişimi  
(3. ve 4.Tür Üretim)



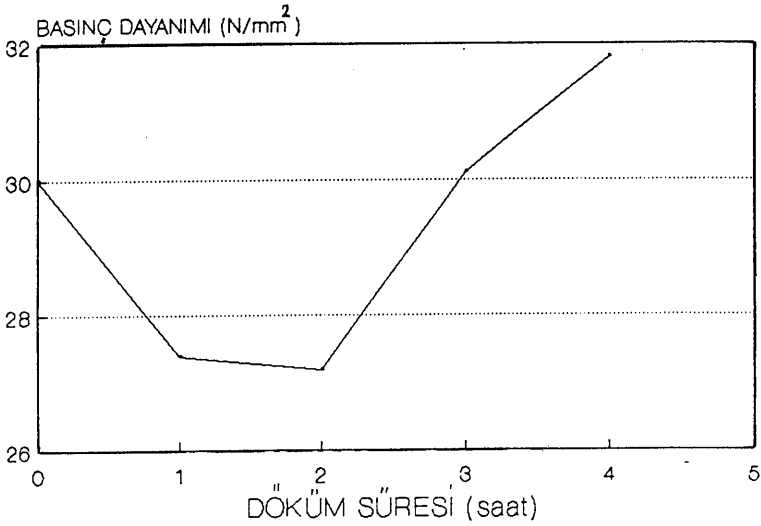
Şekil:9- Ve Be Değerinin Değişimi (5. ve 6.Tür Üretim)



Şekil:10- 28 Günlük Basınç Dayanımlarının Değişimi (5. ve 6. Tür Üretim)



Şekil:11- Çökme Miktarlarının Değişimi (7. Tür Üretim)



Şekil:12- 28 Günlük Basınç Dayanımının Değişimi  
(7.Tür Üretim-7m<sup>3</sup>'lük Mikser)



## 7. KAYNAKLAR

1. Neville, A.M., "Properties of Concrete", Pitman Publishing LTD, 1975.
2. ASTM C94-84 "Standart Specifications for Ready-Mixed Concrete", Annual Book of ASTM Standarts Volume 4.02, 1985.
3. Türk Standartları, "Beton-Hazır Beton (TS 11222)", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1994.
4. Munday, J.G.L., "Transportation Effects on Concrete Workability", The First International Conference on Ready-Mixed Concrete Held at Dundee University, 1975.
5. Kozeliski, F.A., "Extended Mix Time Concrete", ACI Concrete International, November 1989, p.22.

