Politeknik Dergisi
Cilt: 5 Sayı: 2 s. 185-193, 2002

Journal of Polytechnic
Vol: 5 No: 2 pp. 185-193, 2002

VİBRASYON SÜRESİNİN BETONUN BASINÇ DAYANIMINA VE BİRİM AĞIRLIĞINA ETKİSİ

Osman ŞİMŞEK, Salih BEKTAŞ*, Mürsel ERDAL
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, ANKARA
*N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, AKSARAY

ÖZET

Taze beton, içinde hava cepleri kalmayacak şekilde, pratikte mümkün olan en yüksek yoğunluğa kadar sıkıştırılmalıdır. Bu sıkıştırma işlemi sonunda taze beton tüm kalıp yüzeyine iyice temas etmeli ve kalıp içine gömülü kalacak donatıları tam olarak sarmalıdır. Sıkıştırma işlemi; tokmaklama, şişleme ve vibratör uygulanması ile yapılabilir.

Bu araştırma için; TS 1247'ye uygun, toplam 40 adet, 10 cm'lik küp numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numunelere masa vibratörü kullanılarak, değişik sürelerde vibrasyon uygulanmıştır. Bu numunelere tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Numunelerin basınç dayanım değerleri ve birim ağırlıkları belirlenmiştir.

Sonuç olarak, vibrasyon uygulanmayan numunelere göre, çeşitli sürelerde vibrasyon uygulanan beton numunelerin basınç dayanım değerleri ve birim ağırlıkları daha yüksek çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler : Vibrasyon, Beton, Basınç Dayanımı, Birim Ağırlık.

EFFECT OF VIBRATION DURATION TO COMPRESSIVE STRENGTH AND UNIT WEIGHT OF CONCRETE

ABSTRACT

Pore spaces between concrete aggregates should be minimized by compacting the fresh concrete. At the end of this process, fresh concrete should be in good contact with form work surface and should surround adequately the reinforcement elements. Compaction process can be performed by vibration, applying compaction stick and compaction mallet.

In this study, 40 number of 10x10x10 cm^3 concrete samples were prepared according to TS 1247 rules. Vibration was applied at different times to prepared samples by table vibrator. Uniaxiol compressive strength tests were performed on these samples. Their compressive strength and unit weights were determined.

As a result, it was determined that the vibration applied concrete samples have higher strengths and unit weights than other samples.

Key words : Vibration, Concrete, Compressive Strength, Unit Weight.

1. GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan ekonomik gelişmeler, diğer sektörlerde olduğu gibi Beton Sanayii'nde de tüm malzemelerin en yüksek performansı elde edecek şekilde kullanımını ön plana çıkarmıştır. Üretimde uygun malzeme seçimi ve özellikle hammaddelerin doğru kullanımı, maliyetleri önemli ölçüde doğrudan etkilemektedir. Maliyetler içerisindeki hammadde payının üretimin cinsine göre % 60 mertebelerine kadar çıktığı dikkate alınırsa, konunun önemi daha iyi anlaşılır. Aynı malzeme ile daha yüksek performanslı beton üretmek ana amaçtır ve maliyetlerin en aza indirilmesi için ön koşuldur. Betonun vibrasyonunun, ürün kalitesinin ve performansının artırılmasında en önemli unsurlardan biri olduğu şüphesizdir (1).

Taze betonun kalıba yerleştirilmesinde iki önemli hedef vardır. Bunlardan birincisi, betonu kalıbın her tarafına yaymak ve donatıları, devamlı bir şekilde kaplamasını sağlamak, ikincisi ise, kalıba dökülen betonu sıkıştırmak, böylelikle hava boşluklarını dışarıya çıkartarak kompasiteyi artırmaktır. İşte bu iki hedefe ulaşabilmek için betonun iyi bir şekilde sıkıştırılması gerekmektedir (2).

Taze betonu sıkıştırmak için modern vibratörler hizmete girinceye kadar betonun yerleştirilmesi işlemi, kürek, el tokmağı, şiş gibi aletlerle veya işçilerin ayakları ile yapılmaktaydı.

Ancak günümüz de, yüksek frekanslı vibratörler ile betonun mükemmel bir şekilde sıkıştırılması mümkün olabilmektedir (3).

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Vibrasyon

Vibrasyon, karışım içinde değişik şekil ve boyuttaki parçacıklar arasındaki yüzeysel sürtünmeyi büyük ölçüde azaltan bir seri hızlı basınç itmeleridir (1,4).

Parçacıklar, aralarındaki sürtünmenin azalmasıyla birlikte kendi ağırlıkları yardımıyla daha yoğun bir şekilde yerleşirler. Bu işlem esnasında aralara sıkışmış olan, istenmeyen hava yüzeye çıkar. Vibrasyon, iç sürtünmenin azalmasına ek olarak, parçacıkların dönerek hareket edip daha uygun yerlere yerleşmelerini sağlar (1).

İlk vibratör 1932 yılında piyasaya çıkmıştır. Daha önceleri betonun sıkıştırılması şişlemeyle, kürekle, el tokmaklarıyla yapılıyordu yada yapılmıyordu. Bu şekilde sıkışan betonla ancak 250 kg/cm^2 dayanıma erişilebiliyordu. Günümüzde, gelişen beton teknolojisi ve iyi vibrasyonla 700 kg/cm^2 dayanım elde edilebilmektedir. (Laboratuvar şartlarında 1200 kg/cm^2 dayanıma bile erişilebilmiştir) (5).

Betonda, kalite ve tasarrufun ana parametrelerinden birisi olan vibrasyon, vazgeçilmez ve kalıcı bir şekilde beton teknolojisi içerisinde yerini almıştır (6).

Betonun vibrasyonla sıkıştırılmasının amaçları aşağıda ana hatları ile verilmiştir;

- Betonda daha yüksek yoğunluk ve homojenlik sağlamak,
- Daha yüksek dayanım elde etmek,
- Donatı çeliği ile aderansı artırmak,
- İmalat derzlerindeki bağı güçlendirmek,
- Durabiliteyi artırmak,
- Yüzeyleri düzgünleştirmek,
- Daha kuru (suyu az) karışımlar kullanarak çimento tasarrufu yapabilmektedir. (6)

2.1.1. Vibratör Çeşitleri

Satıh (Yüzey) vibratörleri

Satıh vibratörleri, kalıpta önceden belirlenmiş yerlere dıştan bağlanırlar ve kalıp içindeki betona dolaylı olarak vibrasyon verirler. Güç kaynağı, elektrik, hava (pnömatik) veya hidrolik olabilir. (6).

Satıh vibratörlerinin, daldırma vibratörlere göre aşağıda sıralanan avantajları vardır:

- Daldırma vibratörlerle sıkıştırılamayan katı (sıfır çökmeli) betonlar, satıh vibratörleriyle sıkıştırılabilir.
- Böylelikle daha az sulu karışımlar kullanılabileceğinden, yüksek dayanımlar elde etmek ve/veya çimento tasarrufu yapılabilir.
- Kalıp içinde donatı sıkışıklığı olan durumlarda daldırma vibratörlerin çalışması zorlaşacağından, satıh vibratörleri tercih edilir.
- Vibrasyon işlemi daha iyi kontrol edilebilir. İşçilik hataları en aza indirgenir ve daha üniform eleman elde edilir.
- Toplam vibrasyon süresi azalır.
- Satıh vibratörleri daha az tamir bakım gerektirir, arızalar azalır. (6).

Daldırma (Dahili) vibratörler

Daldırma vibratörler, çalışma esnasında enerjilerini doğrudan betona aktarırlar. Boyut, taşınabilirlik, ağırlık ve fiyat avantajları dikkate alındığında, daldırma vibratörler çoğu zaman en iyi çözüm olabilirler. (6).

Daldırma vibratörler beton içinde çalıştığında, vibratörün dönüş hareketi, etrafındaki parçacıkların hareketlenmesine neden olur ve sanki beton daha akıcıymış gibi görünür. Vibratörün etkisiyle, beton önemli ölçüde hareketlilik kazanır. Ancak, vibrasyonda ana amacın betonu yerleştirmek olmadığı, beton içindeki havayı dışarı atmak olduğu unutulmamalıdır. (7).

2.2. Kaynak Taraması

Vibrasyonla sıkıştırma için, betonun çökme değerinin 0–10 cm arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Optimum bir sıkıştırma elde edebilmek için, vibratör süresinin 15–25 saniye olması gerektiği ve vibratörle sıkıştırılan tabakanın kalınlığının 70 cm'yi geçmemesi ve en az 30 cm olması gerektiği belirlenmiştir (2).

Vibrasyon, beton yüzeyinde parlak ve akıcı bir yüzey görüntüsü elde edilinceye kadar ve hava kabarcıklarının çıkışı sona erinceye kadar devam etmelidir. Bu durumu elde etmek için gerekli süre normal kıvamlı işlenebilen karışımlarda 5–20 saniyeyi geçmediği belirtilmiştir (3).

Vibrasyonla sıkıştırmada betonun çökme değerinin 0–10 cm arasında olması gerektiği ve iyi bir sıkıştırma elde edebilmek için vibrasyon süresinin 15–25 saniye arasında seçilmesinin en uygun vibrasyon süresi olacağı söylenmiştir. Yüzey vibratörleri için sıkıştırılan tabaka kalınlığının en fazla 20 cm olması gerektiği ifade edilmiştir (8).

Vibrasyon süresinin 5–15 saniye arasında olması gerektiği yazılmıştır. Bu süre içerisinde sıkışmanın olacağını eğer süre aşılırsa betonun yüzeyinde şerbet birikimi olacağını ve bununda betonun basınç dayanımını düşüreceğini belirtmiştir (9).

Yüzey vibratörleri için tabaka kalınlığının 20 cm'yi geçmemesi ve vibrasyon süresinin 5–15 saniye arasında olmasının uygun olacağı belirtilmiştir (10).

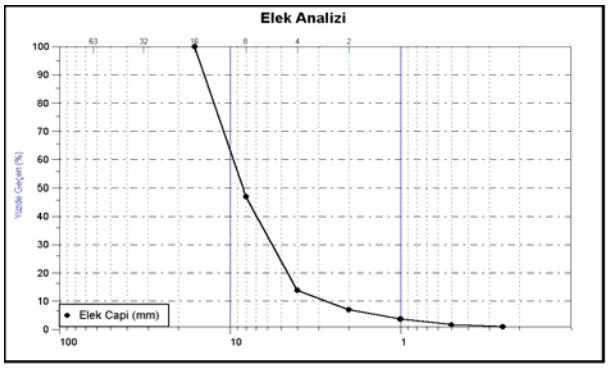
TS 1247, Beton Yapım, Döküm ve bakım kuralları standardında, vibratörün beton içerisinde 5–15 saniye tutulması gerektiği belirtilmiştir (11).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Beton yapımında, TS 12143 Standardına göre hazırlanmış, Baştaş Çimento fabrikasından temin edilen PKÇ 32,5 Portland Kompoze Çimento kullanılmıştır.

Maksimum tane çapı 16 mm ve sert kalker olan agrega, Elmadağ taş ocağından temin edilmiştir. Karışımda kullanılan agreganın birim hacim ağırlığı 2,53 kg/dm^3, su emme oranı % 3,52 ve bünyesinde bulunan organik madde miktarı zararsızdır. Beton karışımında Ankara İvedik tesisl erinden gelen şebeke suyu kullanılmıştır. Agreganın yapılan elek analizi grafiği Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.Deneyde kullanılan agreganın elek analizi deney raporu

3.2. Metot

3.2.1. Beton Karışımının Hazırlanması Yerleştirilmesi

Çalışmada, D_{max} 16 mm, S/Ç oranı 0,53 olan BS 20 betonu hazırlanmış ve betonun çökme değeri sıfır (0) olarak ölçülmüştür.

1m^3 beton için hazırlanan karışımda

0 – 4 mm	kırma kum	205 kg
4 – 16 mm	kırma kum	1650 kg
PKÇ 32,5		315 kg
Su		167 lt kullanılmıştır (12)

Yüzeyi yağlanmış 10 cm'lik küp kalıplara, tek harman halinde hazırlanmış beton harcı, aynı anda doldurulmaya başlanmış ve vibratör masasına yerleştirilmiştir. Her bir vibrasyon süresi için 5'er adet olmak üzere toplam 40 adet küp numune üretilmiştir. Üretilen ilk 5 numuneye vibrasyon uygulanmamış, diğer numunelere sırasıyla 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 sn. vibrasyon uygulanmıştır.

3.2.2. Deney numunelerinin kürü

Beton numuneler, döküm işleminden bir gün sonra kalıplardan çıkarılmış ve 20 ^oC sıcaklıkta bulunan kür tankına yerleştirilmiştir. Daha sonra kür tankında 7 gün süre ile bekletilmiştir.

3.2.3. Deneyde kullanılan cihazlar

Kalıplara dökülen taze betonun vibrasyonu için, frekansı 3000 vuruş/dakika olan 50 Hz. motorlu vibratör masası kullanılmıştır.

7 günlük dayanımını kazanan numunelerin basınç dayanımları 0,800 kN/s yükleme hızıyla, 3000 kN yükleme yapabilen beton test cihazında belirlenmiştir.

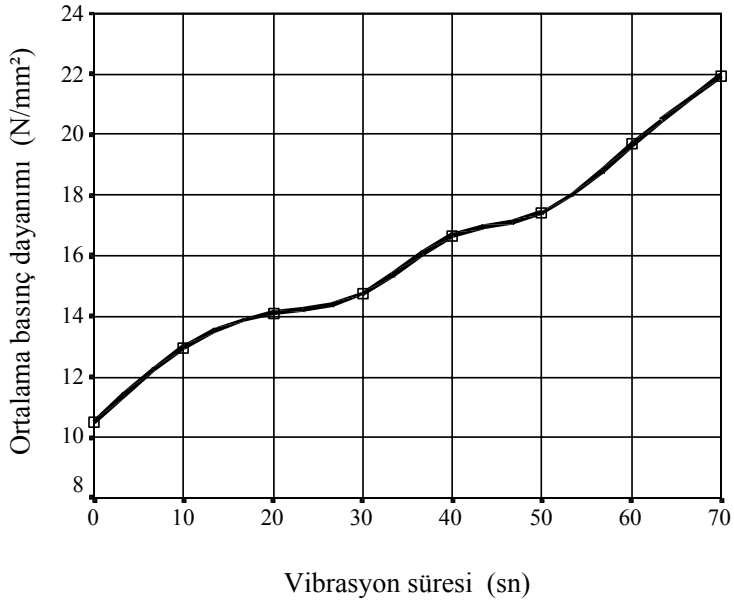
4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Numuneler üzerinde gerçekleştirilen beton basınç dayanımlarına ilişkin test sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Beton basınç dayanımına, vibrasyon süresinin etkisini görebilmek için istatistiksel metot olarak varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Deney 8 özel düzeyli, tek etkenli, her bir vibrasyon süresi için 5 tekrarlı tam rasgele düzenindedir. Ayrıca deney sonuçları Şekil 2'de grafik olarak ta gösterilmiştir.

Tablo-1: Çeşitli vibrasyon süreleri uygulanmış beton numunelerin basınç dayanım değerleri.

Denemeler	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**
Süre	**(0 sn)**	**(10 sn)**	**(20 sn)**	**(30 sn)**	**(40 sn)**	**(50 sn)**	**(60 sn)**	**(70 sn)**
7 Günlük	10,24	13,56	14,06	14,39	14,44	15,89	19,19	24,67
Basınç	10,75	13,68	14,75	14,32	18,72	17,45	20,47	21,33
Dayanım	9,53	12,05	14,02	15,47	16,19	17,31	18,94	21,59
Değerleri	11,07	12,16	13,70	14,60	15,15	18,83	20,77	20,37
(N/mm^2)	10,83	13,44	13,97	14,95	18,86	17,62	19,00	21,78
Ortalama	10,48	12,98	14,10	14,75	16,67	17,42	19,67	21,95



Şekil 2. Ortalama basınç dayanımlarının vibrasyon süresi ile değişimi.

4.1. Tek Yönlü Varyans Çözümü

Elde edilen bu verileri anlamlı hale getirmek ve karşılaştırılabilmek için tek yönlü varyans çözümü uygulanmış ve aşağıdaki hipotezler kurulmuştur.

H_0 : Vibrasyon süresinin, beton basınç dayanımına etkisi yoktur.

H_1 : Vibrasyon süresinin, beton basınç dayanımına etkisi vardır.

Tek etkenli deney için model denklemi,

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

i = 1,2,.....,5

j = 1,2,.....,8 olarak kurulmuştur.

Tek Yönlü Varyans çözümü için veri düzeni Tablo 2'te verilmiştir.

Tablo 2. Tek yönlü varyans çözümü için veri düzeni

Düzey	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	
	10,24	13,56	14,06	14,39	14,44	15,89	19,19	24,67	
Tekrarlı	10,75	13,68	14,75	14,32	18,72	17,45	20,47	21,33	
Ölçümler	9,53	12,05	14,02	15,47	16,19	17,31	18,94	21,59	
	11,07	12,16	13,70	14,60	15,15	18,83	20,77	20,37	
	10,83	13,44	13,97	14,95	18,86	17,62	19,00	21,78	
T.j	52,42	64,89	70,50	73,73	83,36	87,10	98,37	109,74	**T.. = 640,11**
Nj	5	5	5	5	5	5	5	5	**N = 40**
$\sum_{j=1}^{nj} Y^2ij$	10,484	12,978	14,100	14,746	16,672	17,420	19,674	21,948	$\bar{Y}$ **=16,0028**

Burada; $T_{.j}$, j. deneydeki sonuçların toplamı, n_j, j. deneydeki sonuçların sayısı ve $Y_{.j}$, j. deneydeki sonuçların ortalamasıdır. T.. tüm sonuçların genel toplamı ve Y.. tüm sonuçların ortalamasıdır (14).

Tablo 2 yardımıyla, genel kareler toplamı:

$$KT_{genel} = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{nj} Y_{ij}^{\ 2} - \frac{T^2_{..}}{N} = 520,406$$

olarak hesaplanır.

Denemeler arası kareler toplamı:

$$KT_{deneme} = \sum_{j=1}^{k} \frac{T^2_{ij}}{n_j} - \frac{T^2_{..}}{N} = 480,431$$

olarak hesaplanır, ve buradan

Hata kareler toplamı:

$$KT_{hata} = KT_{genel} - KT_{deneme} = 39,976$$

olarak bulunur. Bulunan bu değerler Tablo 3'teki varyans çözüm tablosuna aktarılır.

Tablo 3. Varyans çözüm tablosu

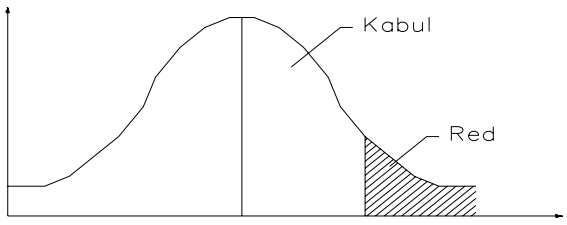
Kaynak	**Sd**	**KT**	**KO**
Denemeler arası τ_j	7	480,431	68,633
Denemeler içi yada hata ε_{ij}	32	39,976	1,249
Genel	39	520,406	

Yapılan deneylerin doğruluğunu test etmek için "F testi" seçilmiştir. Buna göre hesaplama yöntemiyle "F" değeri ;

$$F_{7,32} = \frac{K.O.(deneme)}{K.O.(hata)} = \frac{6863,30}{124,92} = 54,94$$

olarak bulunmuştur.

α= 0,05 anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa " F " dağılım tablosundan $F_{(7,32)}$ = 3,26 olarak bulunur. $F_{(Hesap)} > F_{(Tablo)}$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir ve ilgili anlamlılık grafiği Şekil 3'deki gibi olur.



Şekil 3. F testi grafiği (α = 0.05 anlamlılık grafiği)

4.2. Dik Doğrusal Bağıntılar

Dik doğrusal bağıntılar varyans analizinin kontrolü için, vibrasyon süreleri arasında kurulmuştur. Vibrasyon süreleri arası serbestlik derecesi 7 olduğundan, kalıplar için yedi adet dik doğrusal bağıntı kurulabilir. Buna göre;

$C_m = \sum_{J=1}^{7} Cjm.T.j$ ve $\sum_{J=1}^{7} Cjm = 0$ olup,

$C_m = C_{1m}.T_{.1} + C_{2m}.T_{.2} + C_{3m}.T_{.3} + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_{8m}.T_8$ (1)

$C_{1m}.T_{.1} + C_{2m}.T_{.2} + C_{3m}.T_{.3} + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_{8m}.T_8 = 0$ şartlarını sağlayan;

$C_1 = T_1 - T_2$

$C_2 = T_1 + T_2 - 2T_3$

$C_3 = T_1 + T_2 + T_3 - 3T_4$

:

:

$C_7 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 - 7T_8$ dik doğrusal bağıntılar olarak kurulur. Bu bağıntıların katsayıları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 4. Dik Katsayılar Tablosu

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
C_1	+1	-1	0	0	0	0	0	0
C_2	+1	+1	-2	0	0	0	0	0
C_3	+1	+1	+1	-3	0	0	0	0
C_4	+1	+1	+1	+1	-4	0	0	0
C_5	+1	+1	+1	+1	+1	-5	0	0
C_6	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-6	0
C_7	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-7

Yukarıda verilen (1) denkleminde, değerler yerine konarak her bir bağıntının sonuçları bulunur.

$C_1 = -12,47$
$C_2 = -23,69$
$C_3 = -33,38$
$C_4 = -71,90$
$C_5 = -90,60$
$C_6 = -158,22$
$C_7 = -237,81$ olarak hesaplanırlar.

Bunlara ilişkin kareler toplamı;

$$KTC_m = \frac{C^2_m}{n\sum_{j=1}^{k} C^2_{jm}}$$ ifadesi kullanılarak hesaplanırsa;

$KTC_1 = 15,55$
$KTC_2 = 14,03$
$KTC_3 = 12,38$
$KTC_4 = 32,31$
$KTC_5 = 32,83$
$KTC_6 = 69,54$
$KTC_7 = 115,42$ olarak bulunur.

Tablo 5. Hipotez Testi

Hipotez	**K.O.**	**K.T.**	**$F_{(7,32)}$-(Hesap)**	**$F_{(7,32)}$-(Tablo)**	**Hipotez Sonucu**
H_1: $T_1=T_2$	1,249	15,55	12,45	3,26	Red
H_2: $T_1+T_2=2T_3$	1,249	14,03	11,23	3,26	Red
H_3: $T_1+T_2+T_3=3T_4$	1,249	12,38	9,91	3,26	Red
H_4: $T_1+T_2+T_3+T_4=4T_5$	1,249	32,31	25,87	3,26	Red
H_5: $T_1+T_2+T_3+T_4+T_5=5T_6$	1,249	32,83	26,28	3,26	Red
H_6: $T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6=6T_7$	1,249	69,54	55,68	3,26	Red
H_7: $T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6+T_7=7T_8$	1,249	115,42	92,41	3,26	Red

Her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'de görüldüğü gibi düzenlenmiştir.

Yapılan "F" testi neticesinde α=0,05 anlamlılık düzeyinde $F_{(Hesap)} > F_{(Tablo)}$ olduğundan dolayı hipotezler reddedilmiştir. Farklı vibrasyon süreleriyle dökülen beton numunelerin basınç dayanım değerlerinin ortalamaları α=0,05 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklıdır.

4.3. Genişlik Testi:

Deney ortalamalarının genişlik testi için "Student-Newman-Keuls" genişlik testi seçilmiştir. 8 farklı vibrasyon süresinden elde edilen beton numunelerin verilerinin ortalamalarını küçükten büyüğe doğru sıralarsak;

Y_j (Ort)	10,484	12,978	14,100	14,746	16,672	17,420	19,674	21,948
Deneme No	1	2	3	4	5	6	7	8

Tablo 3' te 32 serbestlik derecesiyle $K.O_{(Hata)} = 1,249$ olarak bulunmuştu. Ortalamaların standart hatası; $Sy_j = 0,4998$ olarak bulunur.

Student genişliği q için $\propto$ =0.05 değerleri tablodan alınan en küçük önemli genişlik değerleri Sy.i = 0,4998 ile çarpıldı. Daha sonra en küçük ortalamadan başlayarak ikili karşılaştırmalar yapıldı. Student testi sonuçlarına göre, ortalamalarının farklılık düzeyleri dikkate alınarak gerçekleştirilen büyüklük sıralamaları Tablo 6' de verilmiştir.

Ayrıca farklı vibrasyon süreleri uygulanmış olan numunelerin birim ağırlıkları tespit edilmiş ve buna ilişkin sonuçlar Tablo 7'de, grafiği ise Şekil 4'te verilmiştir.

4.4. Regrasyon Analizi

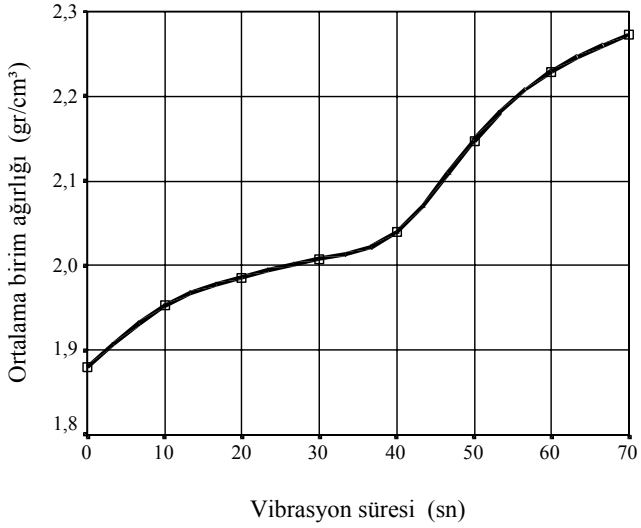
Vibrasyon uygulama süresinin beton basınç dayanımı üzerine etkisini görebilmek için lineer regrasyon analizi yapılmıştır. $Y_x=b_0+ b_1X_j$ model denklemi kurulmuş ver^2=0,9024 olarak bulunmuştur. Regrasyon analizi sonucunda model denklemi Y_x=10,769 + (0,150)X_j olarak

Tablo 6. Grup ortalamalarının homojen dağılımlarının gösterimi

Deneme No	N (Deneme Sayısı)	∝=0,05					
		1	2	3	4	5	6
1 (0 sn)	5	10,484					
2 (10 sn)	5		12,978				
3 (20 sn)	5		14,100	14,100			
4 (30 sn)	5			14,746			
5 (40 sn)	5				16,672		
6 (50 sn)	5				17,420		
7 (60 sn)	5					19,674	
8 (70 sn)	5						21,948

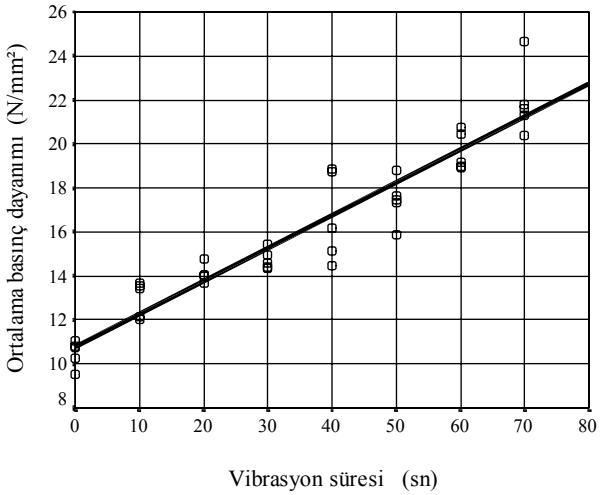
Tablo 7. Çeşitli vibrasyon süreleri uygulanmış beton numunelerin basınç dayanım değerleri

Denemeler	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Süre	(0 sn)	(10 sn)	(20 sn)	(30 sn)	(40 sn)	(50 sn)	(60 sn)	(70 sn)
Birim Ağırlık Değerleri (gr/cm^3)	1,895	1,923	1,987	2,016	1,982	2,159	2,182	2,247
	1,854	1,989	1,969	2,012	2,099	2,138	2,248	2,279
	1,839	1,979	1,992	2,029	2,063	2,126	2,219	2,303
	1,963	1,953	1,985	2,000	2,044	2,073	2,261	2,270
	1,849	1,918	1,999	1,980	2,010	2,242	2,237	2,265
Ortalama	1,880	1,952	1,986	2,007	2,040	2,148	2,229	2,273



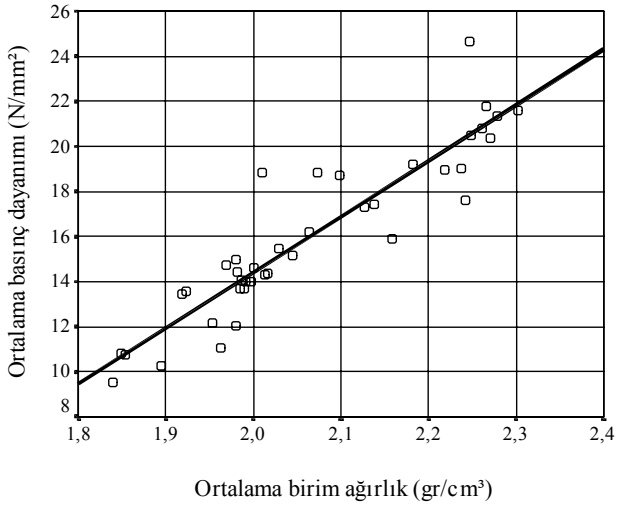
Şekil 4. Ortalama birim ağırlıkların vibrasyon süresi ile değişimi

hesaplanmıştır. Regrasyon analizine ilişkin verilerin serpme grafiği Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Vibrasyon süresi ile basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi gösteren serpme grafiği.

Farklı vibrasyon süreleri uygulanmış beton numunelerin birim ağırlıkları ile beton basınç dayanımları arasındaki ilişki miktarını görebilmek için $Y_x=b_0+b_1X_j$ model denklemi kurularak, lineer regrasyon analizi uygulanmış ve $r^2=0,8414$ olarak bulunmuştur. Regrasyon analizi sonucunda model denklemi $Y_x=1,520+ (0,03402)X_j$ olarak hesaplanmıştır. Regrasyon analizine ilişkin verilerin serpme grafiği Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Ortalama basınç dayanımı ile birim ağırlık arasındaki ilişkiyi gösteren serpme grafiği.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Vibrasyonlu olarak yerleştirilen betonların mukavemetlerinin arttığı bilinmektedir. Bayazit 1988'de çökme değeri 0–10 cm arasında olan betonlar üzerinde yapılan çalışmada vibrasyon süresinin 15–25 saniye arasında seçilmesinin en uygun vibrasyon süresi olacağını belirtmiştir. Ancak, bizim hazırlamış olduğumuz, sıfır (0) çökme değerli, vibrasyonsuz ve farklı sürelerde vibrasyon uygulanmış numuneler üzerinde gerçekleştirdiğimiz deneyler sonucunda, numunelerin basınç dayanımı ve birim ağırlık değerleri, vibrasyon süresine paralel olarak artış göstermiştir.

Veriler üzerinde gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre, beton numuneler üzerinde uygulanan farklı vibrasyon sürelerinin, betonun basınç dayanımı değerlerini ve birim ağırlıklarını artırdığı görülmüştür. Bu demektir ki betonun fiziksel ve mekanik özellikleri betona uygulanan vibrasyonla artmakta ve/veya güçlenmektedir.

Vibrasyon süresi ile beton basınç dayanımı arasında yapılan regrasyon analizinde ilişki $r^2=0,9024$ ve birim ağırlık ile beton basınç dayanımı arasında yapılan regrasyon analizinde ise $r^2=0,8414$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, vibrasyon süresi, betonun basınç dayanımını ve birim ağırlığını etkilemektedir.

Üretimde uygun malzeme seçimi ve özellikle hammaddelerin doğru kullanımı, üretim maliyetlerini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir. Maliyetler içerisindeki hammadde payının üretimin cinsine göre % 60 mertebelerine kadar çıktığı dikkate alınırsa, konunun önemi daha iyi anlaşılır. Aynı malzeme ile daha yüksek performanslı beton üretebilmek ana amaç ve maliyetlerin en aza indirilmesi ön koşulsa, bu şartları sağlamanın yollarından birisi de taze betona vibrasyon uygulanmasıdır.

KAYNAKLAR

1. Uslu, Ö., Beton Vibrasyonu – Bölüm 1, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı 32, s 11-13, Ekim 1994.

2. Yılmaz, İ., İçimer, Ö., Akbay, K., Özsoy, A., Beton Laboratuvar Deneyleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik El Kitapları-12, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1985.

3. Cilason, N., Beton, Sezai Türkeş Fevzi Akkaya İnşaat Aş. Yayınları No:21, İstanbul, Nisan 1980.

4. Forssblad L., Sallstrom S., Çeviri; Tandırlı, A.E., Betonda Vibrasyon Uygun Olan Nedir?, Hazır Beton, Sayı:20, s 45-53, Nisan 1997.

5. Uslu, Ö., Beton Vibrasyonu – Bölüm 2, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı 33, s 11-15, Ocak 1995.

6. Postacıoğlu, B., Beton, Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1987.

7. Neville, A. M., Properties of Concrete, Third Edition, Longman Scientific & Technical, New York, 1993.

8. Bayazit, Ö. L., Beton ve Deneyleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1988.

9. Sargın, M., Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları, DSİ Beton Semineri, Ankara, Şubat 1984.

10. Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., Uyan, M., Her Yönüyle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul, Aralık 1999.

11. TS 1247, Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Mart 1984.

12. TS 802, Beton Karışım Hesap Esas-ları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Ocak 1985.

13. Hicks, C. R., Çevirenler; Muluk, Z., Toktamış, Ö., Kurt, S., Karaağaoğlu, E., Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler, Akademi Matbaası, Ankara, 1985.

14. Çelik, M. H., Yapıda Deney Hazırlama ve Çözümleme Metotları Ders Notu, Ankara, 1999.