

EFFECTS OF SPECIMEN TYPE AND DIMENSIONS ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

Burak FELEKOĞLU*, Selçuk TÜRKEKEL
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35160, İzmir,
TÜRKİYE, e-mail:burak.felegoglu@deu.edu.tr

ABSTRACT

In the application of uniaxial compressive strength test, standard cylindrical and cubic specimens are usually employed in the quality control of concrete. In addition to the standard specimens different types and sizes of specimens can be preferred for research and development or comparison purposes. The specimens composed of the same material proportions, and the same strength grade at different geometry and shape may give variable strength values despite they were prepared from the same concrete batch, which makes the test results hard to compare.

In this study, the compressive strength values of cubic and cylindrical specimens at two strength levels with different sizes were investigated and transformation coefficients were proposed.

Key Words: Compressive strength, size effect, standard cylindrical and cubic specimen

BİÇİM VE BOYUTLARIN BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

ÖZET

Beton kalite kontrolünde yaygın olarak kullanılan tek eksenli basınç dayanımı deneyinde standart silindir ve küp örnekler kullanılmaktadır. Standartlarca boyutları belirlenmiş bu örneklerin yanında araştırma geliştirme aşamalarında ve karşılaştırmalı deneylerde farklı tip ve boyutta örnekler de tercih edilebilmektedir. Aynı malzeme bileşenleri ve oranları ile aynı beton sınıfında hazırlanan farklı geometrik şekle ve boyuta sahip örneklerin farklı basınç dayanımı değerleri vermesi, deney sonuçları arasında karşılaştırma yapılmasını güçleştirmektedir.

Bu çalışmada farklı boyutlarda küp ve silindir formdaki örneklerin basınç dayanımı değerleri iki farklı dayanım sınıfı için incelenmiş ve bu boyutlar arasında geçiş katsayıları önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınç dayanımı, boyut etkisi, standart silindir ve küp örnek

1. GİRİŞ

Beton kalite kontrolünde yaygın olarak kullanılan tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan örnek tip ve boyutu deney sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Boyut etkisi nedeniyle malzemelerin görünür dayanımları farklı boyutlardaki örnekler için değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenliği açıklamada istatistiksel yaklaşım ve enerji - kırılma mekaniği yaklaşımları kullanılmaktadır (1-3). Farklı örneklerden elde edilen deney sonuçlarının birbiriyle karşılaştırılabilmesi amacıyla pek çok çalışma (4-6) yapılmış ve elde edilen bulgular ışığında Çizelge 1'de verilen çeşitli geçiş katsayıları ve formüller önerilmiştir. Ancak bu katsayılar ve formüller beton dayanım sınıfını dikkate almamakta veya belli dayanım değerleri arasında geçerli olduğu belirtilerek verilmektedir (7).

1. INTRODUCTION

In the application of uniaxial compressive strength test, which is usually employed for the quality control process of concrete, the type and dimensions of the specimens considerably affect the test results. Due to the size effect, the relative strength of specimens varies at different dimensions. In order to explain this phenomena, statistical models and approaches of fracture mechanics are being used (1-3). Many studies are conducted for the comparison of the test results derived from specimens with different sizes (4-6) and in the vicinity of these results, some transition coefficients or formulations are proposed. However, these transition coefficients and formulations do not take the compressive strength grade into consideration or valid only in between pre-determined strength values (7).

Table 1. The relationship between the strength of cylindrical and cubic specimens according to different researchers
Çizelge 1. Farklı araştırmacılara göre silindirik ve küp örneklerin dayanımı arasındaki ilişkiler

| Researchers / Araştırmacı | Relationship / İlişki | Explanation / Açıklama |
|---------------------------|--|--|
| Peterson (8) | $\frac{f_{s,150 \times 300}}{f_{k,150}} = 0,85 - 0,21 \times \frac{f_{k,150}}{1000}$ | 150 mm cube / 150 mm ayrıtlı küp (kgf/cm ²) |
| L'hermite (8) | $\frac{f_{s,150 \times 300}}{f_{k,200}} = 0,76 + 0,2 \log \frac{f_{k,200}}{200}$ | 200 mm cube / 200 mm ayrıtlı küp (kgf/cm ²) |
| Pojarvi&Syrjala (8) | $\frac{f_{s,150 \times 300}}{f_{k,200}} = 0,85 - \frac{12}{f_{k,200}}$ | 200 mm cube / 200 mm ayrıtlı küp (kgf/cm ²) |
| Vourinen (8) | $\frac{f_{s,150 \times 300}}{f_{k,200}} = \frac{50}{77,5 - \sqrt{f_{k,200}}}$ | 200 mm cube / 200 mm ayrıtlı küp (kgf/cm ²) |

$f_{s,150 \times 300}$, 150x300 mm cylinder; $f_{k,150}$, 150 mm cube ; $f_{k,200}$ 200 mm cube
 $f_{s,150 \times 300}$, 150x300 mm silindir; $f_{k,150}$, 150 mm ayrıtlı küp ; $f_{k,200}$ 200 mm ayrıtlı küp

Deneylerde kullanılacak örnek boyutları ilgili standartlarda standart silindirik örnek çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olarak, standart küp örneklerin ayrıtları 150 mm olarak verilmiştir (9-11). 100 mm çaplı yüksekliği 200 mm olan silindirik ve 100 mm ayrıtlı küp örnek kullanılması küçük örneklerin bazı dezavantajlarından dolayı kısıtlıdır. Bu dezavantajlar:

- Örnek boyutunun küçük olması dayanımların göreceli olarak artmasına ve sonuçlardaki değişkenliğin artmasına yol açmaktadır.
- Karışımdaki en büyük tane boyutu küçük kalıplar kullanıldığında “çeper etkisi”ni azaltmak için kısıtlanmalıdır.

Öte yandan, küçük örnek kullanımının getirdiği avantajlar da şu şekilde sıralanabilir:

- Küçük boyutlu örnekler daha kolay taşınır ve kaza sonucu zarar görmeleri daha nadirdir.
- Küçük boyutlu örneklerin kalıpları da küçük olduğundan maliyetleri daha düşüktür.
- Küçük boyutlu örneklerin kesit alanları ve dolayısıyla kırılma yükleri de daha küçük olduğundan daha düşük kapasiteli makinelerde deneye tabi tutulabilirler.
- Küçük boyutlu örneklerin hazırlanması için daha az beton, kür işlemleri için daha az alan gereklidir (4-5).

Bu çalışmada farklı boyutlarda küp ve silindirik formdaki örneklerin basınç dayanımı değerleri iki farklı dayanım sınıfı için incelenmiş ve bu boyutlar arasında geçiş katsayıları önerilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında, örnekler arasındaki geçiş katsayılarının beton dayanım sınıfına göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

The standards related with sampling define the standard cylinder as 150 mm diameter and 300 mm height, and the standard cube with edges of 150 mm (9-11). The employment of small specimens such as cylinder with 100 mm diameter and 200 mm height or cube with edges of 100 mm is limited due to some disadvantages of these specimens. These disadvantages are:

- The increase in size of specimens may cause a relative strength enhancement and may increase the variability of test results.
- The maximum aggregate size of the concrete mixture should be limited in order to reduce the “wall effect”.

On the other hand, there are some advantages of using small specimens which can be listed below:

- Small specimens can easily be transported and there is less probability of damage caused by any accident.
- The molds of small specimens will naturally be small, thus the costs will expected to be lower.
- The cross section and failure load of small specimens under compression are lower, thus they can be tested with a rather lower capacity machine when compared with standard cylinders.
- Less concrete is needed for the preparation of small specimens and less area is occupied for curing purposes (4-5).

In this study, the compressive strength of specimens with cubic or cylindrical form at different sizes tested at two different strength grades and transition coefficients are proposed. Test results showed that, the transition coefficients between different specimens varies with the compressive strength grade.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İki farklı dayanım sınıfında (Normal Dayanım-ND, Yüksek Dayanım-YD) beton tasarımları hazırlanmıştır. Hem ND hem de YD sınıfına giren karışımlardan 7. ve 28. günde dokuzarlı gruplar halinde basınç dayanımı deneyine tabi tutulmak üzere dört farklı türde (150 ve 200mm ayrıtlı küp, 100x200mm ve 150x300mm silindir) toplam 144 örnek alınmıştır. Bu örnekler kırım günlerine kadar standart kür uygulanmıştır.

3.1. Kullanılan Malzemeler ve Karışım Oranları

Bu çalışmada İzmir'deki Batıçim Çimento Fabrikası'nın ürettiği PÇ 42.5 tipi çimento kullanılmıştır. İri agrega olarak 15-25 mm ve 5-15 mm kırma kireçtaşı, ince agrega olarak 0-5 mm kırma kireçtaşı kumu ve 0-3 mm doğal kum karışımı seçilmiştir. Agregaların tane boyutu dağılımı Şekil 1'de görülmektedir. Normal dayanım sınıfına giren karışımlarda herhangi bir akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmazken, yüksek dayanım sınıfındaki beton karışımlarında işlenebilirliği arttırmak amacıyla polikarboksilat bazlı bir hiper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Normal ve yüksek dayanım sınıfları için hazırlanan beton karışım oranları Çizelge 2'de sunulmuştur. ND sınıfı örnekler için taze beton birim hacim ağırlığı 2350-2390 kg/m³ arasında ve çökme değeri 155-170 mm arasında; YD sınıfı örnekler için ise taze beton birim hacim ağırlığı 2460-2480 kg/m³ arasında ve çökme değeri 165-185 mm arasında değişmektedir.

3. EXPERIMENTAL STUDY

Concrete mix designs at two different strength grades (Normal strength-ND, High strength-YD) were prepared. A total of 144 specimens of different types (150mm and 200mm cubes, 100x200 and 150x300 cylinders) from both ND and YD mixes which will be used in groups of nine in compressive strength tests at 7 and 28 days were prepared. Standard curing is applied to these specimens until the time of test.

3.1. Materials and Mix Proportions

In this study, PÇ 42.5 type ordinary Portland cement produced by Batıçim Cement Factory, Izmir is used. As coarse aggregate crushed limestone of 15-25 mm, 5-15 mm and as fine aggregate crushed limestone sand of 0-5 mm and river sand of 0-3 mm are selected. The particle size distributions of aggregates are given in Figure 1. While no plasticizing admixture was used in normal strength grades, in order to improve the workability a polycarboxylate based hyper plasticizer was employed in high strength grades. The concrete mix proportions of normal and high strength grades are presented in Table 2. The fresh unit weight and slump value of specimens for ND strength grade varied between 2350-2390 kg/m³ and 155-170 mm; while these values for YD strength grade varied between 2460-2480 kg/m³ and 165-185 mm respectively.

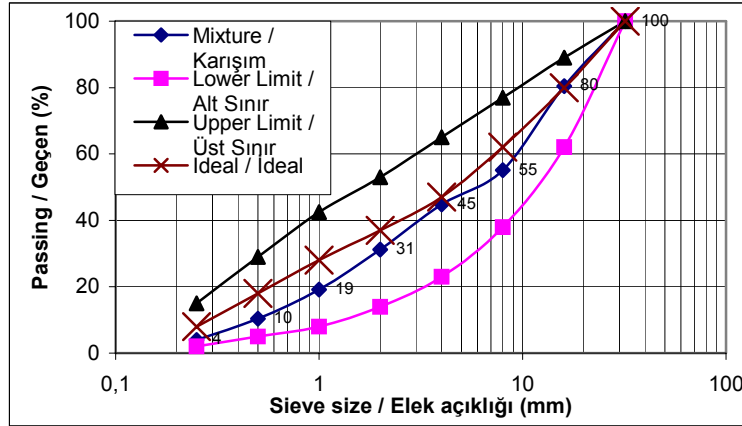


Figure 1. Particle size distribution of aggregate mixture

Şekil 1. Agrega tane boyut dağılımı

Table 2. Concrete mix designs prepared for normal and high strength grades

Çizelge 2. Normal ve yüksek dayanım sınıfları için hazırlanan beton dizaynları

| Mix component / Bileşen | Normal strength grade / Normal dayanım sınıfı (ND) | High strength grade / Yüksek dayanım sınıfı (YD) |
|-------------------------------|---|---|
| | weight / ağırlık (kg/m ³) | weight / ağırlık (kg/m ³) |
| Cement/ Çimento | 350 | 450 |
| Water / Su | 193 | 135 |
| Sand / Kum | 794 | 824 |
| Coarse aggregate / İri agrega | 1017 | 1056 |
| Admixture / Katkı | - | 3.6 |

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Normal ve yüksek dayanım sınıfları için farklı yaşlarda küp ve silindirik örneklerden elde edilen basınç dayanımları ve istatistiksel veriler Çizelge 3 ve 4’de verilmiştir. Tüm yaşlarda her dayanım sınıfındaki 9 örnekten elde edilen basınç dayanımı değerlerinin standart sapmaları, ortalamalarına bölünerek değişkenlik katsayıları hesaplanmıştır. Küp örneklerden elde edilen değişkenlik katsayıları silindirik örneklerden daha düşüktür. Bu durum Şekil 2 ve 3’de sunulan standart sapma değerleri incelendiğinde de görülmektedir. Normal dayanım sınıflarında 7 günlük basınç dayanımlarının değişkenlik katsayıları, özellikle silindirik örneklerde 28 günlük değerlerden daha yüksektir.

Yapılan deneylerde genellikle elde edilen basınç dayanımı değeri, numune boyutunun büyümesiyle artmıştır. Literature ters olan bu davranışın “çeper etkisi” sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir (4). Kullanılan en büyük tane çapının 25 mm olması özellikle 100x200mm silindirik örneklerde “çeper etkisi”ni ön plana çıkarmakta ve düşük kompasitesiye sahip örnekler üretilmektedir. Bu durum aynı zamanda standartların önerdiği en büyük agrega çapına uygun kalıp seçiminin önemini de ortaya koymaktadır.

Table 3. The compressive strength values and statistical data derived from cubic specimens
Çizelge 3. Küp formundaki örnekler için basınç dayanımı değerleri ve istatistiksel veriler

| Strength grade / Dayanım sınıfı | ND grade / sınıfı | | YD grade / sınıfı | | ND grade / sınıfı | | YD grade / sınıfı | |
|---|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | cube / küp 150mm | | cube / küp 150mm | | cube / küp 200mm | | cube / küp 200mm | |
| Specimen type / Örnek türü | cube / küp 150mm | | cube / küp 150mm | | cube / küp 200mm | | cube / küp 200mm | |
| Specimen age / Örnek yaşı | 7 | 28 | 7 | 28 | 7 | 28 | 7 | 28 |
| | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) |
| 1 | 23.8 | 38.6 | 49.4 | 56.9 | 27.4 | 36.7 | 53.8 | 62.6 |
| 2 | 23.7 | 38.6 | 50.8 | 57 | 25.5 | 35.8 | 52.8 | 62.9 |
| 3 | 24.6 | 39.5 | 52.8 | 56.4 | 25.7 | 36.5 | 53.5 | 62.4 |
| 4 | 22.6 | 38.7 | 49.9 | 55.4 | 24.5 | 36.8 | 53.9 | 59.5 |
| 5 | 23.5 | 38.4 | 49.3 | 55.9 | 27.6 | 34.8 | 53.5 | 55.3 |
| 6 | 23.9 | 37.1 | 48.8 | 52.4 | 24.9 | 34.5 | 51.5 | 57 |
| 7 | 21.9 | 36.3 | 51 | 59.4 | 25.5 | 35.1 | 50.9 | 54.8 |
| 8 | 23.6 | 36.9 | 46.4 | 53.4 | 25.5 | 33.1 | 53.3 | 61 |
| 9 | 22 | 36.5 | 48.6 | 53.7 | 27.8 | 36 | 50.8 | 54.7 |
| Average / Ortalama (MPa) | 23.3 | 37.8 | 49.7 | 55.6 | 26.0 | 35.5 | 52.7 | 58.9 |
| Standard deviation / Standart sapma (MPa) | 0.9 | 1.1 | 1.8 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 3.5 |
| Coefficient of variation / Değişkenlik katsayısı (%) | 3.9 | 3.0 | 3.6 | 3.9 | 4.7 | 3.4 | 2.4 | 5.9 |

4. RESULTS AND DISCUSSION

The compressive strength values and statistical data derived from cylindrical and cubic specimens of normal and high strength grades at different ages are given in Table 3 and 4. At all ages and strength grades the coefficient of variation of nine specimens are calculated by dividing the average to standard deviation of compressive strength values. The coefficients of variation of cubic specimens were usually lower than cylindrical specimens. This behavior can be investigated from the standard deviation values presented in Figure 2 and 3. The coefficients of variation values of specimens at 7 days, in particular cylindrical specimens, were usually higher than values found in 28 days.

Test results showed that, the compressive strength values increases by the increase in size of the specimen. This behavior which is the opposite of literature is thought to be caused by the “wall effect” (4). The maximum aggregate sizes of concrete mixtures were 25 mm, which caused the “wall effect” and low compacity, particularly for 100x200 mm cylinder specimens. At the same time, this situation is put forward the importance of the selection the mold type which is proposed by the standards for a given maximum aggregate size.

Table 4. The compressive strength values and statistical data derived from cylindrical specimens
Çizelge 4. Silindirik formundaki örnekler için basınç dayanımı değerleri ve istatistiksel veriler

| Strength grade / Dayanım sınıfı | ND grade / sınıfı | | YD grade / sınıfı | | ND grade / sınıfı | | YD grade / sınıfı | |
|---|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | 100x200mm cylinder / silindir | | 100x200mm cylinder / silindir | | 150x300mm cylinder / silindir | | 150x300mm cylinder / silindir | |
| Specimen type / Örnek türü | | | | | | | | |
| Specimen age / Örnek yaşı | 7 | 28 | 7 | 28 | 7 | 28 | 7 | 28 |
| | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (MPa) |
| 1 | 18.3 | 30.1 | 40.6 | 43 | 18.5 | 29.6 | 47.1 | 53.9 |
| 2 | 16.6 | 27.5 | 41.4 | 41.3 | 18.3 | 31.9 | 43.5 | 54.2 |
| 3 | 18 | 27.1 | 40.8 | 46.5 | 17.5 | 28.6 | 36.7 | 53.1 |
| 4 | 17.4 | 25.7 | 43.2 | 47.9 | 18.3 | 28.4 | 38.9 | 51.1 |
| 5 | 19.7 | 28.6 | 34.1 | 47.2 | 15.8 | 28.4 | 43 | 57.5 |
| 6 | 19.1 | 27.9 | 33.3 | 38.3 | 14.6 | 28.4 | 41.9 | 53.4 |
| 7 | 15.8 | 27.7 | 32.6 | 42.3 | 15.9 | 27.5 | 42.3 | 49.3 |
| 8 | 17.3 | 28.4 | 33.6 | 39.5 | 14.5 | 27.8 | 39.8 | 53.1 |
| 9 | 13 | 26.8 | 42.5 | 46.5 | * | * | * | 52.2 |
| Average / Ortalama (MPa) | 17.2 | 27.8 | 38.0 | 43.6 | 16.7 | 28.8 | 41.7 | 53.1 |
| Standard deviation / Standart sapma (MPa) | 2.0 | 1.2 | 4.5 | 3.5 | 1.7 | 1.4 | 3.2 | 2.3 |
| Coefficient of variation / Değişkenlik katsayısı (%) | 11.5 | 4.5 | 11.7 | 8.1 | 10.1 | 4.8 | 7.6 | 4.2 |

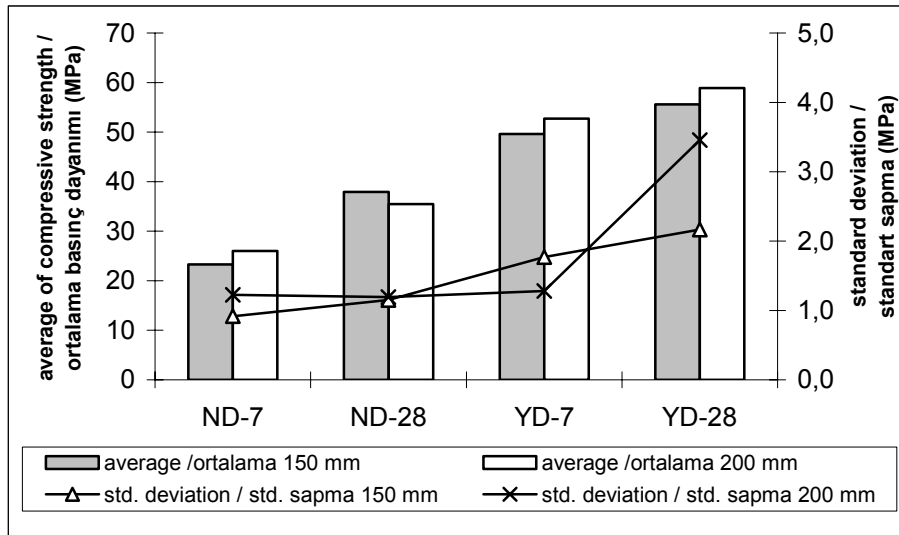


Figure 2. The compressive strength and standard deviation values of cubic specimens
Şekil 2. Küp örnekler için basınç dayanımı ve standart sapma değerleri

Deneylerde, silindirik numuneler daima küp numunelere kıyasla düşük dayanım vermiştir. Ancak bu çalışmada saptanan silindirik dayanımı - küp dayanımı ilişkileri, Türk standartlarında verilen ilişkilerden sapma göstermektedir.

Experimental studies verified that, cylindrical specimens were always give lower strength values when compared with cubic specimens. However, relationship between cube and cylinder strength deviate from the relationship proposed by Turkish standards.

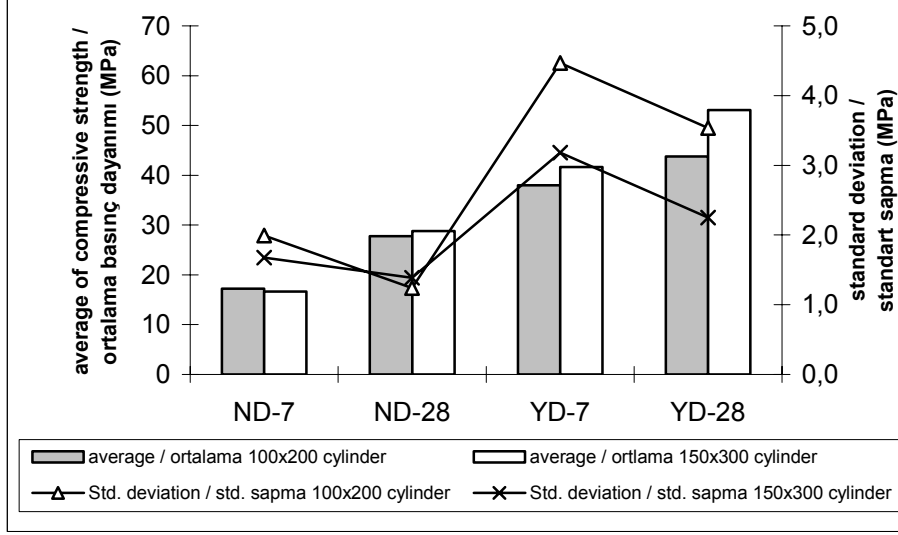


Figure 3. The compressive strength and standard deviation values of cylindrical specimens
Şekil 3. Silindir örnekler için basınç dayanımı ve standart sapma değerleri

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan tüm örnek tiplerinden elde edilen basınç dayanımı değerlerinin, standart silindir (150x300mm) ve standart küp (150mm) örneklere çevrilebilmesi için Çizelge 5'deki katsayılar belirlenmiştir. Örneğin 100 mm çaplı 200 mm yükseklikli silindir örnek (100x200mm) basınç dayanımının, standart silindir (150x300mm) dayanımına çevrilmesi için normal dayanım sınıfında 1.02, yüksek dayanım sınıfında 1.16 ile çarpılması gerekmektedir. Benzer şekilde, 100 mm çaplı 200 mm yükseklikli silindir örnek (100x200mm) basınç dayanımının, standart küp (150mm) dayanımına çevirmeye amacıyla normal dayanım sınıfında 1.36, yüksek dayanım sınıfında 1.29 katsayıları kullanılabilir. Basınç dayanımı değeri değiştikçe örnek dayanımları arasındaki geçiş katsayısı da değişmektedir, bir başka deyişle normal dayanım (ND) ve yüksek dayanım (YD) sınıflarında örnek dayanımları arasındaki geçiş katsayısı değişkenlik göstermektedir.

In order to convert the strength of different types of samples to standard cylinder (150x300 mm) and standard cube (150 mm) strengths, coefficients were proposed and presented in Table 5. For example, to convert the strength of cylindrical specimen with 100 mm diameter and 200 mm height (100x200 mm) to standard cylinder (150x300 mm), this value should be multiplied by 1.02 at normal strength grades, and 1.16 at high strength grades. Similarly, to convert the strength of 100x200 mm cylindrical specimen to standard cube (150 mm), this value should be multiplied by 1.36 at normal strength grades, and 1.29 at high strength grades.

As the compressive strength grade differs, the conversion coefficient of sample strength changes, in other words, at normal strength (ND) and high strength (YD) grades, the conversion coefficients between specimens varies with strength.

Table 5. Transition coefficients of different specimens to standard specimens

Çizelge 5. Farklı örnekler için standart örneklere geçiş katsayıları

| Transition coefficient / Geçiş katsayısı | ND cube 150mm | YD cube 150mm | ND cylinder 100x200 mm | YD cylinder 100x200 mm | ND cube 200mm | YD cube 200mm | ND cylinder 150x300 mm | YD cylinder 150x300 mm |
|--|---------------|---------------|------------------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|------------------------|
| Standard cylinder / Standart silindir | 0.75 | 0.90 | 1.02 | 1.16 | 0.75 | 0.85 | 1 | 1 |
| Standard cube / Standart küp | 1 | 1 | 1.36 | 1.29 | 1.01 | 0.94 | 1.34 | 1.10 |

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmaların ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Aynı forma sahip farklı boyuttaki örneklerin boyutları büyüdükçe dayanım artmaktadır. Literature ters olan bu davranışın küçük örneklerdeki "çeper etkisi" sebebiyle

4. CONCLUSIONS

In the scope of this experimental study, the following conclusions are drawn:

1. As the size of the specimens at the same shape increases, higher strength values are obtained. This behavior which is opposite of literature is thought to be

oluştugu düşünölmektedir.

2. Farklı şekil ve boyutlar arasındaki geçiş katsayılarının beton dayanım sınıfına göre değışkenlik gösterdiği belirlenmiştir: Standart küpten standart silindire geçiş katsayısı normal dayanım sınıfına giren betonlar için 0.75, yüksek dayanım sınıfına giren betonlar da ise 0.90 değerini almaktadır. 100 mm çaplı silindirden standart silindire geçiş katsayısı normal dayanım sınıfına giren betonlar için 1.02, yüksek dayanım sınıfına giren betonlar da ise 1.16 değerini almaktadır. 200 mm ayrıtlı küpten standart silindire geçiş katsayısı normal dayanım sınıfına giren betonlar için 0.75, yüksek dayanım sınıfına giren betonlar da ise 0.85 değerini almaktadır.

caused by the “wall effect” particularly for small specimens.

2. The transition coefficients of specimens with different shape and sizes varied with concrete strength grade: To convert the strength values of standard cube to standard cylinder, the transition coefficients are 0.75 for normal strength and 0.90 for high strength concrete. To convert the strength of cylinder with 100 mm diameter to standard cylinder, the transition coefficients are 1.02 for normal strength and 1.16 for high strength concrete. To convert the strength of cube with 200 mm edges to standard cylinder, the transition coefficients are 0.75 for normal strength and 0.85 for high strength concrete.

KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. Bazant Z.P., “Probability distribution of energetic-statistical size effect in quasibrittle fracture”, *Probabilistic Engineering Mechanics*, 19, pp.307-319 (2004).
2. Bazant Z.P., “Size effect”, *Int. Journal of Solids and Structures*, 37, pp.69-80 (2000).
3. Ince R., Arici E., “Size effect in bearing strength of concrete cubes”, *Cons. and Build. Mat.*, 18, pp.603-609 (2004).
4. Tokyay M., Özdemir M., “Specimen shape and size effect on the compressive strength of higher strength concrete”, *Cem. and Conc. Res.*, Vol.27, No:8, pp. 1281-1289 (1997).
5. Day R.L., Haque M.N., “Correlation between strength of small and standard concrete cylinders”, *ACI Materials Journal*, September-October, 452-462 (1993).
6. Şener S., “Size effect tests of high strength concrete”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol.9, no:1, february, pp.46-48 (1997).
7. Arıoğlu E., Arıoğlu N., Girgin C., *Normal ve yüksek dayanımlı betonlarda numune şekil-boyut etkisi*, Hazır Beton, *THBB Yayınları*, Ocak-Şubat, pp. 40-50 (1999).
8. Mindess, S. and Young, J.F., *Concrete*, **Prentice Hall, Inc.**, New Jersey (2003).
9. TS 5929, “Beton Deneyleri - Boyutlar, Toleranslar ve Deney Numunelerinin Uygunluğu”, *TSE*, Ankara (1988).
10. TS 500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, *TSE*, Ankara (2000).
11. TS 11222, “Hazır Beton”, *TSE*, Ankara (1994).