

# Blok Birleşimleri Farklı Yapılan Üç Dairesel Kemerin Performans Kıyaslaması

Nihat Sinan IŞIK, Ahmet GÖKDEMİR  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

## ÖZET

Tarihi yapıların temel taşıyıcı sistemleri olan kemerler dairesel, sepet kulpu, sivri ve düz olarak dört temel geometrik şekilde yapılmışlardır. Kemerler basınca çalışan yapı elemanlarıdır ve geometrik şekilleri sayesinde üzerlerindeki gerilmeyi üzengileri aracılığıyla sağ ve sol mesnetlere doğru aktarırlar. Bu olay kemerlenme etkisi olarak bilinmektedir. Kemerin geometrisi ve kemeri oluşturan malzeme kemerin gerilme aktarabilme yeteneğini yani yük taşıma kapasitesini belirler. Bu çalışmada, kemerleri oluşturan bloklar arasındaki yüzeylerin özellikleri ve blokları birbirine bağlayan harcın kemer davranışına olan etkilerini belirleyebilmek için üç dairesel kemer blokları düz harçlı, geçmeli-harçlı ve düz harçsız olarak yapılmış ve kemerler kırılana kadar giderek artan üniform yayılı yük ile yüklenerek, yük-deformasyon ve tüketilen toplam enerji-deformasyon grafikleri oluşturulmuştur. Deneysel çalışmalar sonucunda blokları düz-harçlı olarak yapılan kemerin yük taşıma kapasitesi bakımından en çok yük taşıyan kemer olmamasına rağmen toplam enerji tüketiminin diğer kemerlere oranla oldukça yüksek olduğu, yani kemer yenilmeye başladığında geçmeden plastik deformasyonlar yapabildiği ve bu özelliğinden dolayı test edilen kemerler içinde en yüksek performansa sahip kemer olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kemerler, Dairesel kemer, Sivri kemer, Sepet kulpu kemer, Düz kemer, Kemerlerin taşıma gücü

## Performance Comparison of Three Circular Arches Constructed with Different Block Contacts

### ABSTRACT

Arches which are the carrier systems of historical structures were constructed as four basic geometrical shapes; circular, basket handle, sharp point and flat types. Arches can only carry compressional loads and they transfer these loads to right and left sides. This phenomenon is known as arching effect. Arch material and geometry determine the ability of arch's load transfer, in other words its load carrying capacity. In this study, three circular arches were constructed with smooth interface – mortar, smooth interface without mortar, interlocking interface with mortar block contact properties. These arches were loaded uniformly until failure is occurred. Each arch's load-deformation and total energy consumed-deformation graphs were drawn. According to test results although the arch constructed by using interlocking interface with mortar has the highest load carrying capacity, it was determined that the arch constructed using smooth interface with mortar has the highest performance because of its superior deformation energy consuming capacity with respect to other arches.

**Key Words:** Arches, Circular arch, Sharp arch, basket handle arch, flat arch, load carrying capacity of arches

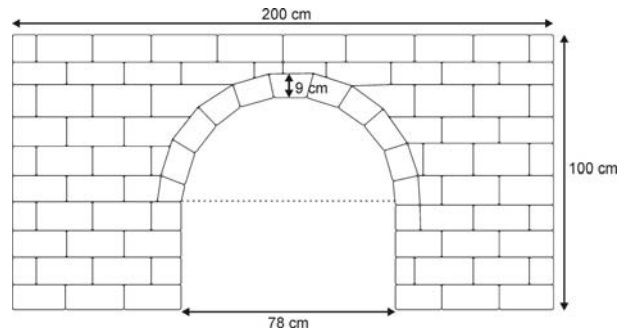
### 1. GİRİŞ

Ülkemizde, özellikle Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde yapılmış olan birçok tarihi yapı bulunmaktadır. Bu yapılar yapıldığı dönemlerde genellikle hem çekme hem de basma gerilmelerine mukavemet gösteren çelik ve betonarme yapı elemanlarından oluşan taşıyıcılar bilinmediğinden, açıklık geçme yapısı olarak kemerler kullanılmıştır (Harvey, 1988).

Tarihi yapılarda kullanılan kemer türlerini geometrik şekillerine göre dairesel, düz,sepet kulpu, sivri kemer olarak dörde ayırmak mümkündür. Blok yapı malzemelerinden (taş, tuğla vb.) yapılan bu kemerler blokları geçmeli yapıldığı gibi harçlı veya harçsız da uygulanmıştır.

Bu çalışmada geometrisi dairesel olan üç farklı kemer; harçlı, harçsız ve harçlı geçmeli olarak, Şekil 1'

de görülen boyutlarda yapılmış ve yenilene kadar giderek artan üniform yük uygulanmıştır. Deneylerden elde edilen yük - deformasyon ve toplam enerji tüketimi – deformasyon grafiklerinden yararlanılarak kemerlerin statik yükler altındaki performans karşılaştırmaları yapılmıştır.



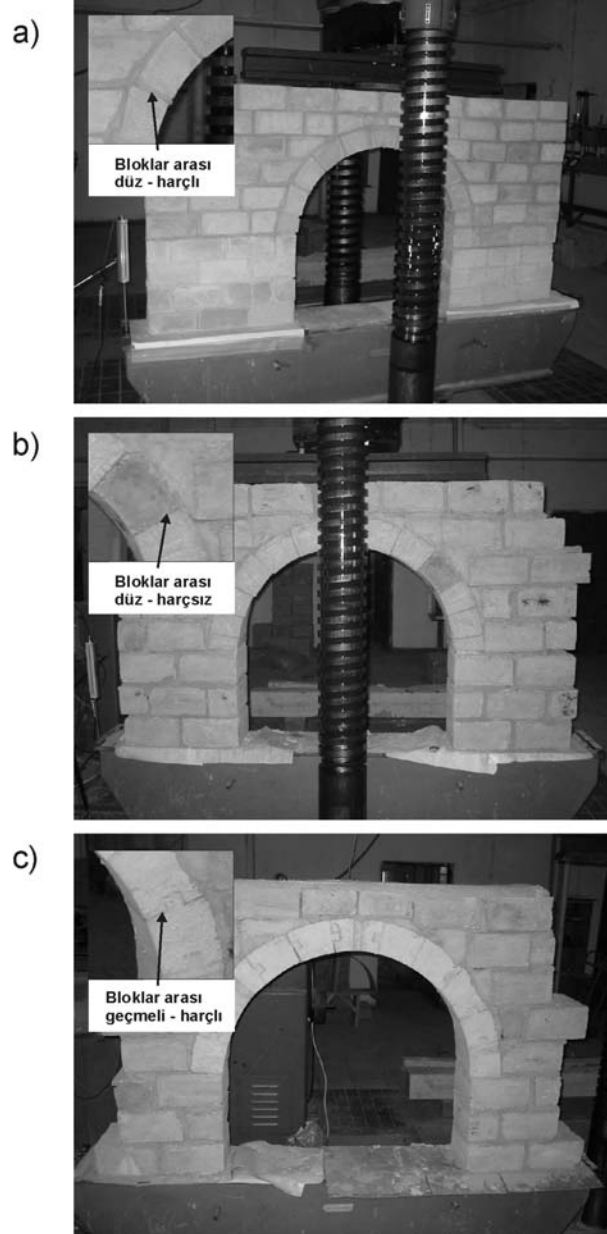
Şekil 1. Deneylerde kullanılan model kemerlerin boyutları

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Model Kemerler

Farklı şekillerde yapılan dairesel kemerlerin performanslarının karşılaştırılabilmesi için, üç farklı dairesel kemer, blokların birleşme yüzeyli düz çimento harçlı (Birim fiyat poz no: 10.003), düz harçsız ve geçmeli birleşimli- çimento harçlı olarak yapılmıştır. Şekil 2' de bu kemerlerin fotoğrafları görülmektedir.

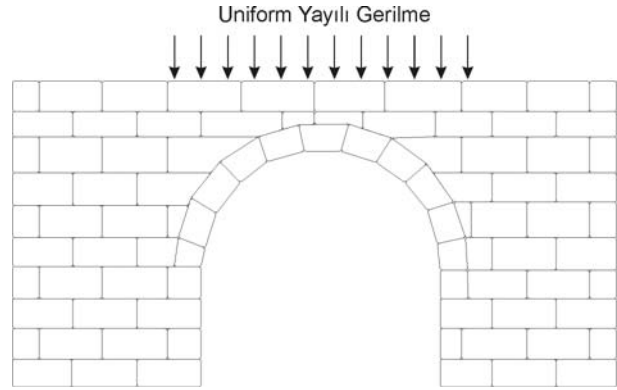


Şekil 2. a) Blok arası düz – harçlı daire kemer,  
b) blok arası düz – harçsız daire kemer,  
c) blok arası geçmeli – harçlı daire kemer.

Model kemerlerin blokları C20 betonu, harcı ise C10 betonu kullanılarak imal edilmiştir.

### 2.2. Metot

Model kemerler imal edildikten sonra yaklaşık 28 gün beklenerek bloklar arasındaki harcın tam prizini alması (en yüksek dayanıma ulaşması) sağlanmıştır. Bu aşamadan sonra model kemerler, G. Ü. Teknik Eğitim Fak. Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunan 500 t. kapasiteli Universal pres kullanılarak şekil 3'de gösterildiği biçimde yenilene kadar yüklenmiştir. Deney sırasında, kemerdeki maksimum deformasyon ve yük miktarı TML marka çok kanallı veri toplayıcı sistemine, LVDT ve yük hücresi vasıtasıyla kayıt edilmiştir.

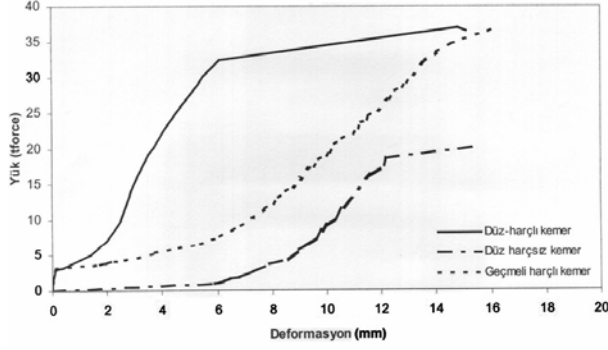


Şekil 3. Model kemerlerin yüklenme şekli.

## 3. MODEL KEMERLERİN YÜK – DEFORMASYON DAVRANIŞLARI

Kemerler aldıkları gerilmeyi kemerlenme etkisi ile sağ ve sol mesnetlere aktarırlar, dolayısıyla kemerin geometrisi ve kemeri oluşturan malzeme kemerin gerilme aktarabilme yeteneğini yani yük taşıma kapasitesini belirler. Kemerlenme etkisi kullanılarak beton kemer barajlar, tüneller, taşıyıcı kemer ve kubbeler inşa edilmektedir. Kanit ve Işık (2004) sayısal ve deneysel çalışmalar ile taşıyıcı kemerlerde yük aktarma mekanizmasını göstermişlerdir.

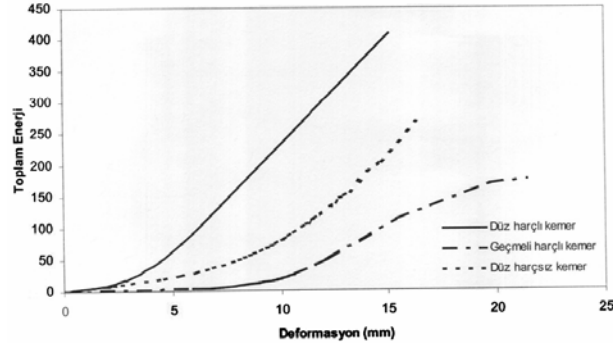
Model kemerlerin yük altında gösterdikleri davranışlarını belirleyebilmek amacıyla, veri toplayıcı sistemin kaydettiği yük – deformasyon değerlerinin grafikleri çizdirilmiştir. Şekil 4' de her üç farklı şekilde yapılan model kemerlerin yük – deformasyon grafikleri görülmektedir. Bu yük – deformasyon grafikleri incelendiğinde her üç kemerinde deneyin ilk aşamasında düşük yük seviyesinde yüksek deformasyonlar gösterdikleri yani düşük rijitliğe sahip oldukları daha sonra ise rijitliğin arttığı (ikinci aşama) ve yenilme yüküne ulaştıkları görülmektedir. Yük-deformasyon grafiklerine göre blok arası düz ve harçlı olan kemer, 36.8 t. da, geçmeli – harçlı olan kemer 37.2 t. da ve blok arası düz ve harçsız olan kemer ise 20.1 t. yükte kırılmıştır. Şekil 4' e göre en fazla yük taşıma kapasitesine sahip olan kemer geçmeli-harçlı olarak imal edilen kemerdir.



Şekil 4. Her üç farklı şekilde yapılan model kemerlerin yük – deformasyon grafikleri.

Yük-deformasyon grafiklerinin altında kalan alan, kemerin yük altında tükettiği enerjinin göstergesidir. Bu alanın büyük olması yük altında elemanın plastik deformasyonlar yaparak enerji tükettiği, küçük olması ise elemanın kırılmalı ve rijit davrandığını gösterir.

Her üç kemerin yük altında tükettikleri enerjileri kıyaslayabilmek amacıyla şekil 5'de görülen yük deformasyon grafiklerinin sayısal integralleri alınarak alanları belirlenmiş, bu veriler deformasyona karşı çizilerek kemerlerin tüketilen toplam enerji-deformasyon grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 5 her üç kemerin tüketilen toplam enerji-deformasyon grafiğini göstermektedir. Bu grafikten de görüleceği gibi bloklar arası düz harçlı olarak imal edilen kemer 408.7 t.mm, geçmeli-harçlı olarak imal edilen kemer 264.8 t.mm ve düz harçsız imal edilen kemer 175 t.mm enerji tüketmiştir.



Şekil 5. Her üç kemerin tüketilen toplam enerji-deformasyon grafikleri.

Bloklar arası geçmeli ve harçlı olarak imal edilen kemerin her ne kadar en yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olduğu görülse de (37.2 ton); kemer kırılmalı davrandığı için yük altında enerji tüketim kapasitesi oldukça kısıtlıdır. (264.8 ton mm) . Bloklar arası düz-harçlı olarak yapılan kemerin, hem enerji tüketim kapasitesi yüksek (408.7 ton mm), hem de yük taşıma kapasitesi geçmeli-harçlı kemere oldukça yakın olduğu için (36.8 ton), performans açısından test edilen kemerler içerisinde performansı en iyi kemer olarak görülmektedir. Şekil 6 ve 7 sırasıyla düz harçsız ve

geçmeli harçlı kemerlerde görülen deformasyonları göstermektedir.



Şekil 6. Düz harçsız kemerde görülen deformasyonlar.



Şekil 7. Geçmeli harçlı kemerde görülen deformasyonlar.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kemerler geometrileri sayesinde üzerlerindeki gerilmeyi kemerlenme etkisi ile sağ ve sol mesnetlere aktarırlar, dolayısıyla kemerin geometrisi ve kemeri oluşturan malzeme kemerin gerilme aktarabilme yeteneğini yani yük taşıma kapasitesini belirler. Bu çalışmada, kemerleri oluşturan bloklar arasındaki yüzeylerin ve harcın kemer davranışına olan etkilerini belirleyebilmek

için üç dairesel kemer blokları düz harçlı, geçmeli-harçlı ve düz harçsız olarak yapılmış ve kemerler kırılana kadar giderek artan üniform yayılı yük ile yüklenerek kemerlerin yük-deformasyon ve tüketilen toplam enerji-deformasyon grafikleri oluşturulmuştur.

Deney sonuçlarına göre; blokları geçmeli harçlı olarak yapılan kemer 37.2 t., blokları düz harçlı kemer 36.8 t., blokları düz harçsız olarak yapılan kemer 20.1t. yük altında kırılmışlardır. Bu kemerlerin tüketilen toplam enerji değeri sırası ile 264.8 t.mm, 408.7 t.mm, ve 175.06 t.mm, olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak blokları düz-harçlı yapılan kemerin yük taşıma kapasitesi en yüksek olmamakla birlikte,

toplam enerji tüketiminin diğer kemerlere oranla oldukça yüksek olduğu; yani kemer yenilmeye başladığında geçmeden plastik deformasyonlar yapabildiği için test edilen kemerler içinde en yüksek performansa sahip kemer olduğu belirlenmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Harvey, W. J., Application of the Mechanism Analysis to Masonry Arches, Structural Engineering, 66/5:77-84, London,1988.
2. Kant, R., Işık, N. S., Horosan Harcı Kullanılarak Yapılan Model Kemerin Performansının Deneysel ve Sayısal Olarak Belirlenmesi, Politeknik Dergisi, 7/2: 179-183, Ankara, 2004.