



## Farklı ısıların kiremit mekanik dayanımına etkileri

Ferhat Aydın<sup>1</sup>

05.08.2016 Geliş/Received, 26.10.2016 Kabul/Accepted

doi: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.296829>

### ÖZ

Çatı kaplama malzemeleri devamlı güneş, yağmur, kar, rüzgar, donma ve çözülme gibi atmosferik etkiler altındadır. Bu faktörlerin etkisiyle kısa zamanda deforme olabilmektedir. Bu malzemelerinin özellikle farklı sıcaklıkların etkisiyle mekanik dayanımlarında oluşan değişimlerin bilinmesi önemlidir. Çok kullanılan kiremit kaplamaların düşük ve yüksek sıcaklıklardaki dayanım kayıpları kullanıcılar açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada kiremitlerin -50, +25, +50, +100, +200, +300, +400 °C derecelerde mekanik dayanımlarındaki değişimler incelenmiştir. Standartlara uygun şekilde hazırlanan numunelere, belirtilen ısılarda eğilme testleri yapılarak analiz edilmiştir. Artan sıcaklıkla beraber kiremitlerin dayanımının azaldığı, 400 °C’de dayanımı tamamen kaybettiği sonucuna ulaşılmıştır. Su emen ve donan kiremitlerin ise dayanımının arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kiremit, Isı, Donma, Dayanım

## Effects on roof tile mechanical strength of different heats

### ABSTRACT

Roofing materials continuously are under constant atmospheric effects such as sun, rain, snow, wind, freezing and thawing. It is very important to be known that strength loses at low and high temperatures that the roof tiles are preferred by many users. In this study, changes in the mechanical strength of the roof tiles in -50, +25, +50, +100, +200, +300, +400 °C were investigated. Flexural tests carried out on samples prepared and analysed. Strength of the roof tiles has been found to completely lose at +400 °C. It was also determined to increase the strength of water-absorbing and frozen roof tiles.

**Keywords:** Roof Tiles, Heat, Freeze, Strength

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, M8 Binası - ferhata@sakarya.edu.tr

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çatı sistemleri yapıları yağmur, kar gibi kötü hava koşullarının etkisiyle birlikte ısınma amaçlı ısı kayıplarına karşı korumaktadırlar. Çatıların bu özelliklerini sağlayabilmesi için kaliteli konstrüksiyon, su ve nem yalıtımı malzemeler kullanılmalıdır. Çatılarda tercih edilen çok sayıda ürün ve sistem mevcuttur. Dünyada ve ülkemizde en çok tercih edilen çatı örtü malzemesi birçok avantaja sahip kilden üretilen kiremitlerdir. Kilden üretilen yapı malzemeleri insanlık tarihi ile yakın bir geçmişe sahip en eski yapı malzemeleri arasındadır. Günümüze gelinceye kadar bazı değişimler geçiren bu malzemeler üretim teknolojisinin geliştirilmesi ve üretim esnasında takviye malzemeleri ile dayanımları artırılmıştır. Kilden üretilen malzemelerin yapılar kazandırdığı doğallık ve estetik görünüm kullanım oranını artırmaktadır. Kiremitlerin en önemli fiziksel özellikleri sayılabilecek su emme ve eğilme mukavemetleri sınıflandırma açısından önemlidir. Suyu geçirmemesi ve üzerine yüklenen ağırlıklara dayanabilmesi için bu özelliklerin istenen standartlarda olması gerekmektedir [1].

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan nüfus ve hızlı kentleşme sonucunda inşaat sektörü hızla gelişmektedir. Her geçen gün eski yapılar yıkılıp yerine yüksek bina, metro, kanal, yol ve köprü gibi birçok yeni yapılar yapılmaktadır. Ayrıca birçok yapıda deprem gibi çeşitli doğal felaketlerde yıkılmakta veya kullanılamaz hale gelmektedir. Bu yıkılan binalara ait molozlar çevre kirliliği yapacak şekilde doğaya atılmakta veya dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte 2006 verilerine göre her yıl yaklaşık olarak 100 milyon adet kiremit eşdeğeri olarak çatı yenileme-aktarma maksatlı 250.000 ton kiremit çatılardan indirilmektedir [2-3]. Üretilen konutlarla birlikte ülkemizde her yıl yaklaşık 100 milyon m<sup>2</sup> kaplama malzemesi gerekirken ve bu miktarın yaklaşık yarısı yenileme ve tamir için kullanılmaktadır. Bu nedenle nitelikli malzeme ve işçilik kullanılarak çatıların imal edilmesi gerekmektedir.

Konutlarda kullanılan çatı örtü malzemelerinin yaklaşık %80'e yakın miktarında kilden üretilen kiremitler kullanılmaktadır. Kilden üretilen kiremitler doğal bir malzeme olmaları ve birçok avantaja sahip olmaları sebebiyle yoğun yağış alan bölgelerde çok kullanılmaktadır [4]. TSE 1304'ye [5] göre kiremitler görünüşü düzgün yüzeyli, çatlaklar, renk farklılıkları, köşe ve kenarlarda kırıklar olmamalıdır. Biçimleri düzgün ve dona karşı dayanıklı olmalı, kırılma yükleri 120 kg'dan büyük olmalı ve kütlece su emme oranı %13'ten fazla olmamalıdır.

Birçok kiremit çeşidi arasından Akdeniz, Granada, Alaturka ve Marsilya kiremiti en çok bilinenleridir.

Akdeniz kiremiti üretim teknolojisi ve kenetlenme kısmının farklı olması nedeniyle diğer kiremit tiplerine göre birçok yalıtım avantajlarına sahiptir [6]. Ayrıca Akdeniz tipi kiremitler kendi sınıfında ilk TS EN 1304 [5] Avrupa Standartına sahip kiremit çeşitidir. Akdeniz kiremiti bindirme kanalları sayesinde kolayca suyu tahliye edebilmekle ve su yalıtımına katkı sağlamaktadır. Akdeniz kiremiti (Şekil 1) 240x410 mm boyutlarına, yaklaşık 2950 gr ağırlığa sahip ve kenetlenme mekanizması vasıtasıyla montaj açısından çatılarda uygun bir çözüm sunmaktadır [6].

Geçmişte kiremitler üzerinde yapılan donma çözülme çalışmalarında [7-8] kiremit numunelerin gösterdikleri kırılma yükleri tespit edilmiştir. Farklı soğutma sıcaklığı ile test edilen kiremitlerin donma-çözünme sırasında tespit edilen eğilme etkisi altındaki kırılma yükleri incelendiğinde, kiremitlerinin donma-çözünme devirleri sonrasında eğilme yükü dayanımlarının düşmediği, beklenen aksine eğilme yüklerinin arttığı belirlenmiştir [7]. Kiremitler üzerinde genellikle donma çözülme etkileri üzerinde çalışmalar yapılmıştır [9-12]. Ayrıca killi malzemelerin pişirme sıcaklığı arttıkça mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyileştiğini bazı çalışmalar [13] göstermektedir.



Şekil 1. Akdeniz kiremiti (Mediterranean roof tile)

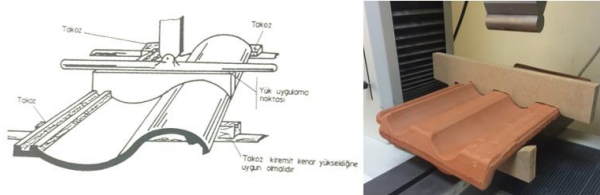
Bu çalışmada belirtilen çalışmaların dışında hem su emen ve donan kiremitlerin eğilme performansı hem de hava şartlarına bağlı yüksek sıcaklıklarda veya yangın gibi durumlarda kiremitlerin davranışı deneysel belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kiremitin sıcaklık değişikliklerinden nasıl etkilendiği deneylerle gözlenmiştir. Günlük hayatta kiremitin maruz kalabileceği en uç şartlar düşünülerek çatı kaplama malzemesi olan kiremitlerin farklı ısılardaki dayanımını incelemiştir. İlgili testler kiremitlerle ilgili hazırlanan TS EN 1304, TSE EN 538 ve TS EN 539-2'ye [5,14.15] göre yapılmıştır.

## 2. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Akdeniz tipi kiremitin mevcut nem, su emme oranı, özgül ağırlık ve farklı ısılarda eğilme performansı tespit edilmiştir.

### 2.1. Metot (Method)

Kiremitlerin mevcut nem ve su emme testlerinde hassas terazi, etüv ve gerekli ekipmanlar kullanılarak hesaplanmıştır. Özgül ağırlık değerleri Arşimet prensibi kullanılarak bulunmuş, farklı ısılardaki eğilme davranışı ise 3 noktalı bilgisayar donanımlı test düzeneğine özel mesnetler imal edilerek yapılmıştır. Eğilme testlerinde her ısı için 5'er adet kiremit kullanılmıştır. Derin dondurucuda  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  derecede bekletilen kiremitler, oda sıcaklığında test edilen kiremitler ve fırında farklı sıcaklarda bekletilen ( $+50$ ,  $+100$ ,  $+200$ ,  $+300$  ve  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) kiremitler ile eğilme testi gerçekleştirilmiştir. Eğilme testleri için alt mesnetler üzerinde kiremitin durabilmesi ve sabit pozisyonda kalabilmesi için üst takoz ile aynı genişlikte ahşap takozlar kullanılarak standartlara (TS EN 538) uygun şekilde yapılmıştır (Şekil 2). Oda sıcaklığı üzerindeki sıcaklıklar için fırında bekletilen ve düşük ısılar için su emdirilmiş derin dondurucuda donmuş kiremit testi Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. Eğilme deney düzeneği (flexural test system)



Şekil 3. Kiremitlerin ısıtılması ve donmuş kiremitlerin eğilme testi ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Heating of roof tiles and flexural test of frozen roof tile)

### 2.2. Deneysel Sonuçları (Test Results)

Test edilen akdeniz tipi kiremitlerin eğilme testleri öncesinde özgül ağırlıkları, mevcut nem durumları ve su emme oranları deneysel yöntemlerle belirlenmiştir. Kiremitlerin özgül ağırlıkları Tablo 1'de ve Su emme ve mevcut nem oranları ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kiremit özgül ağırlıkları (Tile specific gravity)

Numune	Özgül Ağırlık (gr/ cm <sup>3</sup> )
1	2,19
2	2,23
3	2,21
4	2,22
5	2,22
<b>Ortalama</b>	<b>2,21</b>

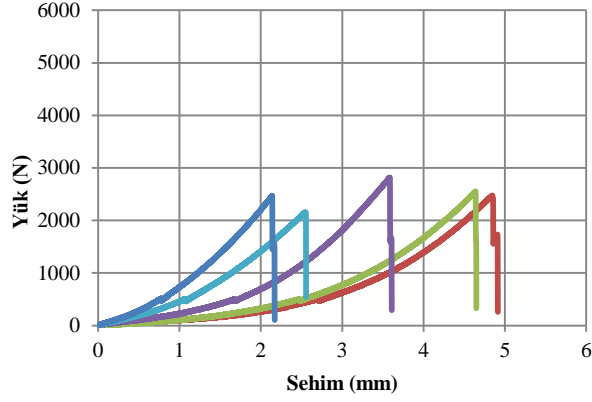
Arşimet deney düzeneğinde 5 adet kiremit parçası üzerinde yapılan testler neticesinde kiremitlerin özgül ağırlıkları hesaplanmıştır. Buna göre Kiremitlerin ortalama özgül ağırlığı 2,21 bulunmuştur.

Tablo 2. Su emme ve mevcut nem oranları (Water absorption and available moisture rates)

Numune No	Su Emme Miktarı (%)	Mevcut Nem (%)
1	10,29	0,14
2	10,44	0,16
3	10,26	0,14
4	10,69	0,14
5	10,17	0,16
<b>Ortalama</b>	<b>10,37</b>	<b>0,15</b>

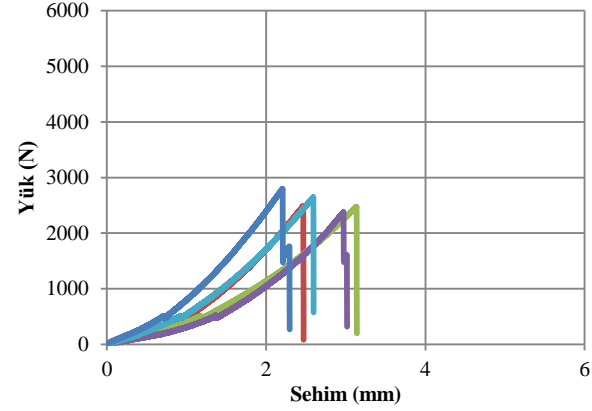
Kiremitlerin ortalama mevcut nem oranı % 0,15 ve su emme oranı ise % 10,37 olarak hesaplanmıştır. TS EN 1304'ye [kaynak] göre kiremitlerin maksimum su emme oranı %13 olarak sınırlandırılmıştır. Deneysel sonuçta ortalama su emme oranı standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Yapılan testler sonucunda farklı ısılarda her numune türünden 5 'er adet olmak üzere eğilme testleri yapılan kiremitlerin kırılma yükleri tespit edilmiş, yük-sehim grafikleri çizilmiş ve kırılma durumları incelenmiştir.  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , oda sıcaklığı ( $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarda kiremitlerin üç noktalı eğilme davranışı tespit edilmiştir. Oda sıcaklığında yaklaşık  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de test edilen numunelerin grafikleri Şekil 4'te verilmiştir.

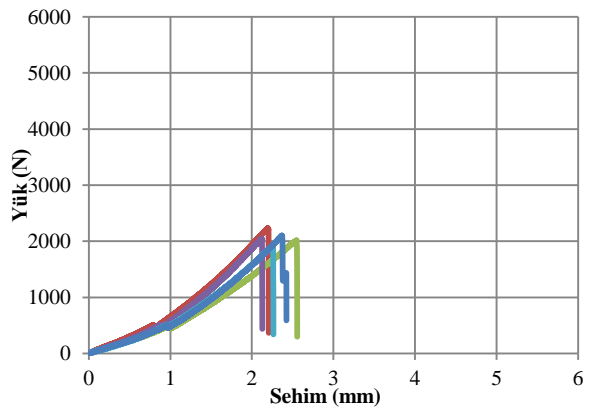


Şekil 4. Yük-Sehim grafikleri (Oda sıcaklığı) Load-deflection charts (room temperature)

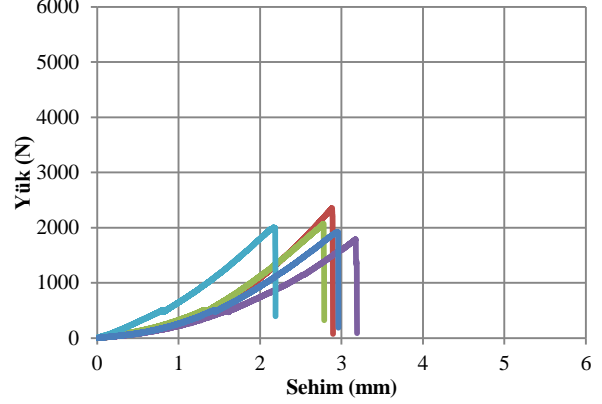
Kiremitlerin farklı sıcaklıklarda etüv ve fırında bekletilmesi sonucunda test edilen numunelerin eğilme grafikleri Şekil 4-9'da verilmiştir.



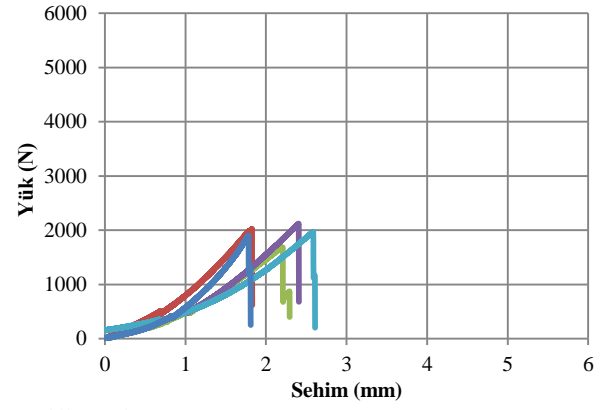
Şekil 5. Yük-Sehim grafikleri (+50 °C) (Load-deflection charts)



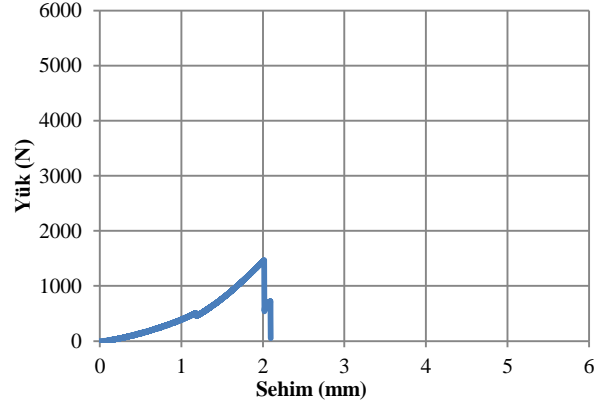
Şekil 6. Yük-Sehim grafikleri (+100 °C) (Load-deflection charts)



Şekil 7. Yük-Sehim grafikleri (+200 °C) (Load-deflection charts)



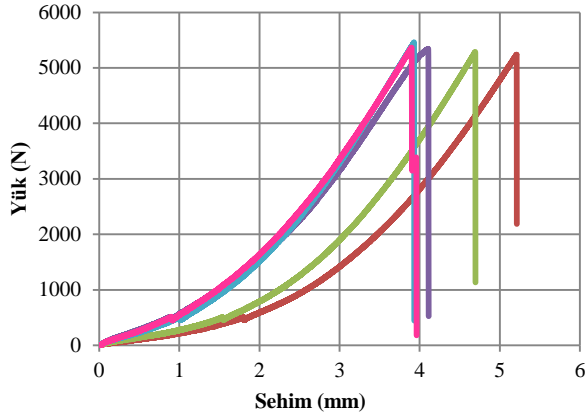
Şekil 8. Yük-Sehim grafikleri (+300 °C) (Load-deflection charts)



Şekil 9. Yük-Sehim grafikleri (+400 °C) (Load-deflection charts)

Oda sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda bekletilen kiremitler ile yapılan testlerde +400 C°'de 5 adet numuneden sadece biri fırından kırılmadan çıkmış, diğerleri +400 C°'lik sıcaklıkta kendiliğinden kırılmıştır. Dolayısıyla bu sıcaklıkta sadece bir numunenin grafiği elde edilebilmiştir. Tüm grafiklerde görülebilen düşük eğilme yüklerindeki grafik eğrisinde oluşan küçük kırılma üst mesnetin deney numunesi üzerine tam manasıyla oturduğu anda olmakta, gerçekte bir kırılma olmamıştır. Kiremitlerin düşük sıcaklıkta derin

dondurucuda bekletilmesi ile elde edilen donmuş kiremitler ile yapılan testlerin sonucunda çizilen eğilme grafikleri Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Yük-Sehim grafikleri (-50 °C) (Load-deflection charts)

Her sıcaklık türünde 5'er adet numune ile yapılan tüm testler sonucunda ortalama eğilme yük ve sehim değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

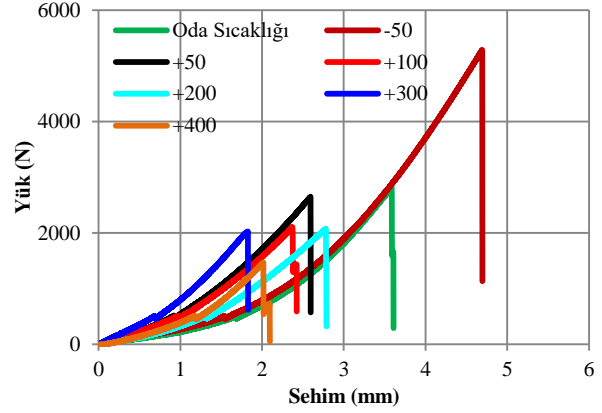
Tablo 3. Eğilme test sonuçları (Flexural test results)

Numune	Yük (N)	Sehim (mm)
-50	5339,68	4,38
+25	2493,12	3,62
+50	2557,19	2,77
+100	2065,31	3,62
+200	2030,94	2,87
+300	1939,28	2,18
+400	-	-

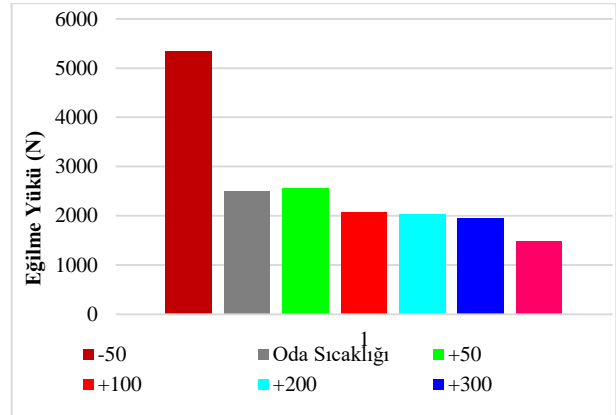
Elde edilen sonuçlara göre oda sıcaklığında kiremitler ortalama 2493,12 N eğilme yüküne sahiptir. Oda sıcaklığı referans alındığında +50 C<sup>0</sup>'de oda sıcaklığı ile çok yakın eğilme yüküne sahip olduğu belirlenmiştir. Oda sıcaklığına göre artan sıcaklıkla birlikte +100, +200 +300 C<sup>0</sup> derecelerde eğilme yükü giderek azalmıştır. +100 C<sup>0</sup>'de %17, +200 C<sup>0</sup>'de %18,5, +300 C<sup>0</sup>'de %22 oranında eğilme yükünün azaldığı tespit edilmiştir. Düşük ısıda su emdirildikten sonra dondurulan kiremitlerin eğilme test sonuçlarında ise oda sıcaklığına göre yaklaşık %114 oranında eğilme yükünün arttığı belirlenmiştir. Kiremitin su emmesiyle birlikte donan suyun kiremit içerisinde kompasitesi yüksek bir malzeme gibi davranmış ve eğilme performansı büyük oranda artmıştır. Tekrarlı donma çözülme olmadığından oluşacak iç basınç etkisi gözlenmemiş ve eğilme performansına yansımamıştır. Kiremitlerin sehim değerleri incelendiğinde en yüksek sehim değerinde en

yüksek dayanımın ortaya çıktığı -50 C<sup>0</sup>'de ulaşılmış, genellikle dayanımın düşmesiyle birlikte sehim miktarı da azalmaktadır.

Tüm ısı türlerinde grubu temsil eden eğilme grafikleri seçilerek tek grafik üzerinde karşılaştırılmıştır (Şekil 11). Su emdirilen kiremitin dondurulmasıyla kompasitesi artan ve eğilme performansı da artarak en yüksek eğilme yüküne ulaşılmıştır. Ortalama eğilme yükleri kullanılarak karşılaştırma sütun grafiği Şekil 12'de görülmektedir.



Şekil 11. Farklı sıcaklıklardaki numunelerin yük-sehim grafiklerinin karşılaştırması (Comparison of load-deflection charts of the samples at different temperatures)



Şekil 12. Farklı sıcaklıklardaki numunelerin eğilme yükü karşılaştırması (Flexural load comparison of samples at different temperatures)

Farklı ısılarda test edilen kiremitlerin kırılma biçimleri Şekil 13-14'te görülmektedir. Genellikle +300 C<sup>0</sup>'ye kadar uzun eksende ortadan ikiye kırılan kiremitler artan sıcaklıkla birlikte diğer eksenlerden de kırılmıştır. Yüksek sıcaklıklarda kiremitlerde renk değişimi yaşanmış, +400 C<sup>0</sup>'de bekletilen kiremit ve +300° C'de bekletilen kiremit arasındaki renk değişimi Şekil 15'te görülmektedir.





Şekil 13. Donmuş kiremitlerin kırılma halleri (-50 °C) (Fracture states of frozen roof tiles)



Şekil 14. Kiremitin kırılma halleri (Fracture states of roof tiles)



Şekil 15. Yüksek sıcaklıklarda kiremitlerde renk değişimi (Color change of roof tile at high temperatures)

### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Akdeniz tipi kiremitler ile farklı ısılardaki dayanımının incelemeleri çalışma sonucunda aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Akdeniz tipi kiremitlerin özgül ağırlıkları özgül ağırlığı 2,21 bulunmuştur.
- Kiremitlerin mevcut nem oranı % 0,15 ve su emme oranı % 10,37 olarak hesaplanmıştır. İlgili standartta belirtilen (TS 562) maksimum su emme oranı yani %13 değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

- Eğilme testleri neticesinde oda sıcaklığında kiremitler yaklaşık 2493 N eğilme yüküne sahiptir.
- Oda sıcaklığına göre +50 C<sup>0</sup>'de yakın eğilme yüküne sahip olduğu, +100 C<sup>0</sup>'de %17, +200 C<sup>0</sup>'de %18,5, +300 C<sup>0</sup>'de % 22 oranında eğilme yükü sıcaklık etkisiyle azalmıştır. +400 C<sup>0</sup>'de kiremitlerin dayanımlarını tamamen kaybettiği belirlenmiştir.
- Oda sıcaklığına göre su emdirildikten sonra dondurulan kiremitlerin eğilme yükü %114 oranında arttığı belirlenmiştir. Bu sonuç su emen ve donan kiremitlerin malzeme kompozitesinin artmasıyla birlikte daha dolu bir malzeme gibi davranmasının sonucu olarak yorumlanmıştır. Bu testlerde tekrarlı donma çözülme olmadığı unutulmamalıdır. Ayrıca genellikle dayanımın düşmesiyle birlikte sehim miktarının da azaldığı gözlenmiştir.
- Farklı ısılarda test edilen kiremitlerde testler sonrasında kırılma biçimlerinin de değiştiği belirlenmiş ve +300 C<sup>0</sup>'ye kadar uzun eksende ortadan ikiye kırılan kiremitler artan sıcaklıkla birlikte diğer eksenlerden de kırılmıştır.
- Fırında bekletilen kiremitlerin yüksek sıcaklıklarda renk değiştirdiği ve yüksek sıcaklıklarda renklerinin koyulaştığı tespit edilmiştir.

### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] Yarar, İ.K. "Kiremitlerin Fiziksel Özelliklerinin İyileştirilmesinin araştırılması", Seramik mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2006.
- [2] Topçu, İ.B., "Yapı malzemeleri ve beton", 2006.
- [3] Demir, A " Kiremit Kırığı Agregalı Betonlarda Yüksek Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos 2008.
- [4] catikaplama.info (2016)
- [5] TS EN 1304, Çatı kiremitleri ve bağlantı parçaları - Kilden imal edilmiş - tarifler ve özellikler, 2007.
- [6] kiremitcesitleri.blogspot.com.tr (2016)
- [7] Turanlı L., "ODTÜ Erzincan Mollaköy Kiremitlerin Donma çözülme deneylerinin yapılması", Kod:2006-03-03-1-00.102, Ankara 2006.
- [8] Güreş, B. "Kiremitlerin Diğer Kaplama Malzemeleri İle Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [9] V. Cárdenes , C. Monterroso , A. Rubio , F.J. Mateos, L. Calleja (2012). Effect of freeze-thaw

- cycles on the bending strength of roofing slate tiles”, *Engineering Geology*. 129-130 91–97.
- [10] Ducman, V. Andrijana Sever Skapin, Miroslava Radeka, Jonjaua Ranogajec (2011). Frost resistance of clay roofing tiles: Case study, *Ceramics International* 37 85–91.
- [11] Iba, C, Ueda A, and Hokoia S. (2015). Frost Damage of Roof Tiles: A Study on Moisture Boundary Ind. Eng., vol. 43, no. 1, pp. 331–349, 2002. Conditions, *Energy Procedia* 78 2530-2535.
- [12] Ueda, A, Iba C and Hokoi S.:(2015). Frost damage to roof tiles: Ice distribution in freeze-thaw Experiment, *Energy Procedia* 78 2542-2547.
- [13] Esmeray, A. “Tokat Erbaa Bölgesi Yeni Kil Yataklarının Tuğla Kiremit Hammaddesi Olarak İncelenmesi” Yüksek Lisan Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1987.
- [14] TS EN 538, Çatı kiremitleri kilden yapılmış sürekli olmayan (bindirmeli)eğilme dayanımı deneyi 2000.
- [15] TS EN 539-2, Çatı kiremitleri - Kilden yapılmış - Fiziksel özelliklerinin tayini - Bölüm 2: Dona dayanıklılık, 2006.