

DONATILI GAZ BETON PANELLERİN ASİT VE SÜLFAT ETKİSİ ALTINDA EĞİLME DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Derya BAKBAK*

TBMM, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 12.10.2021 Kabul Tarihi/Accepted Date: 09.02.2022 DOI: 10.54365/adyumbd.1008763

ÖZET

Bu çalışmada donatılı gaz beton panellerin asit, sülfat ve normal koşullarda eğilme davranışı incelenmiştir. Bu amaçla özel olarak üretilmiş donatılı gaz beton paneller 6 ay süreyle %5 asit ve %5 sülfat tankında tutulmuş ve daha sonra deplasman kontrollü yükleme cihazı ile yükleme yapılarak eğilme davranışı incelenmiştir. Kontrol numunesi olan donatılı gaz beton panel ise normal koşullarda saklanmış aynı eğilme deneyi ile mekanik davranışı elde edilmiş ve bu 3 panelin eğilme davranışı karşılaştırılmıştır. Bunun dışında asit ve sülfat etkisi altında donatıların korozyonu da incelenmiştir. Sonuç olarak, asitin eğilme dayanımı üzerine çok olumsuz bir etki gösterdiği görülmüştür. Eğilme yükü donatılı gaz beton panellerde normal koşullar altında tutulmuş numunede 44.5 kN, sulfata maruz kalan panelde 39.5 kN ve asite maruz panelde ise 21 kN olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Donatılı gaz beton panel, Eğilme davranışı, Asit etkisi, Sülfat etkisi, Paslanma.

INVESTIGATION OF FLEXURAL BEHAVIOR OF REINFORCED AERATED CONCRETE PANELS EXPOSED TO ACID AND SULPHATE

ABSTRACT

This study presents the mechanical behaviour of reinforced aerated concrete panels under acid and sulphate attack. 3 reinforced aerated concrete panels are used in the test program where one was submerged to sulphuric acid (5%), the other one submerged to magnesium (5%) and the last one as control specimen was kept in ambient conditions for 6 months. The panels were tested under flexural loading and the load deflection graphs were compared to determine the effect of acid and sulphate on mechanical characteristics. Moreover the corrosion potential of reinforcement was also evaluated. As a result of the findings, it was seen that the acid effect had a very negative effect on the flexural strength of the reinforced gas concrete panels. The bending load of the reinforced aerated concrete panel under normal conditions was 44.5 KN, the bending load of the sulfate-reinforced aerated concrete panel was 39.5 KN, and the flexural load of the acid-exposed aerated concrete panel was 21 KN.

Keywords: Reinforced Aerated concrete panels, Flexural testing, Acid attack, Sulphate attack, Corrosion.

1. Giriş

Gazbeton, hava katkısıyla birlikte hava boşluklarının gazbeton harcının içinde sıkıştırıldığı hafif beton olarak sınıflandırılan çimento veya kireç harcıdır. Genellikle gazbeton, gözenekli beton sınıfında konumlandırılır. Gazbetonun öne çıkan avantajı temel ve alt katlar dahil olmak üzere taşıyıcı elemanları ekonomikleştirmeyi sağlayan hafifliğidir. Gözenekli yapısı sayesinde yüksek derecede ısı ve malzeme tasarrufu sağlar. Uygun üretim yöntemleriyle, çok çeşitli yoğunluklarda (300 – 1800 kg/m³) üretilebilir ve böylece özel uygulamalar için gerekli malzemeleri üretme esnekliği sağlar.

* e-posta¹ : derya.bakbak@tbmm.gov.tr ORCID ID: <https://orcid.org/000-0002-3771-8812> (Sorumlu Yazar)

Literatürde gaz beton üzerine önemli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda gaz betonun ısı ve ses yalıtımı iyileştirdiği yapının ölü yükünü azaltarak temel yapı işlerinde donatı ve beton miktarını azalttığı ve işçilik maliyetinden tasarruf sağladığı görülmektedir [1-4].

Gazbetonda bağlayıcı madde olarak kum (Kuars), alçı (kalsine), kireç (mineral), su ve / veya çimento kullanılır. Genleşme ajanı olarak genel olarak alüminyum tozu hacminin%0,05-%0,08'i arasında değişen oranlarda kullanılır. Gazbeton karışımının karıştırılması ve dökümü sırasında birkaç kimyasal reaksiyon gerçekleşir. Bu kimyasal reaksiyonlar, Gazbetonun hafif olmasının nedenidir. Alüminyum tozu, kalsiyum hidroksit (CA (OH) 2) ve su ile reaksiyona girerek hidrojen gazı oluşturur ve bu da ham karışımın hacmini köpükler ve iki katına çıkararak çapı 3 mm'ye (1/8 inç) kadar gaz kabarcıkları oluşturur. Köpürtme işleminin sonunda, hidrojen atmosfere kaçar ve yerini hava alır ve dolayısıyla hafif beton elde edilmiş olur[4].

Hamad'a [5], göre hafif beton, daha yüksek mukavemet-ağırlık oranına, daha iyi gerilme gerinim taşıma kapasitesine, daha düşük ısıl genleşme katsayısına ve içinde bulunan hava boşlukları nedeniyle daha iyi ısı ve ses yalıtım özelliklerine sahip olması nedeniyle büyük avantajlar içermektedir[5].

Gazbeton kullanarak yapı malzemelerinin ölü yükünde azalma elde edilebilir ki bu da betonun hafif olması nedeniyle donatı miktarını azaltılabilir. Gazbeton, uçucu kül kullanımıyla CO2 emisyonlarını, tarımsal toprak erozyonunu ve su kirliliğini azaltarak sürdürülebilir bir ortam yaratılmasına yardımcı olur. Gazbeton, normal kil tuğlalara göre daha hafiftir, bu nedenle nakliyesi daha basit ve ekonomiktir. Daha hafif ağırlık, inşaatı daha kolay ve daha hızlı hale getirir. Gazbeton ayrıca kolay uygulanabilirliği, zararlılara ve neme dayanıklı olması, üretim sürecinde atık üretilmemesi, yaklaşık %60 ila 75 oranında uçucu kül kullanılabilmesi, daha düşük nakliye maliyetleri, dış etkilere karşı dayanıklı olması gibi sebeplerden ötürü önemli avantajlar sağlamaktadır [4].

1.1. Gazbetonun Sınıflandırılması

Günümüzde gazbeton birçok farklı yöntemle etkili şekilde üretilmektedir. Bu yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

Hava Sürüklenme Yönteminde, kireç veya çimento harcı sıvı haldeyken veya plastikleşme aşamasındayken, gaz oluşturan kimyasalların harca katılmasıyla birlikte gazbeton harcının hacminde artış gözlenir ve çıkan gazlar harçta gözenekli bir yapı oluşturur. Bunların içerisinde alüminyum tozu en yaygın kullanılan hava sürükleyicidir. Alüminyum tozu işleminin verimliliği, tozun inceliğinden, çimentonun saflık ve alkalilik durumundan ve harç sertleşmeden önce gazın kaçmasını önlemek için alınan önlemlerden etkilenir. Portland çimentosu gibi düşük alkaliliğe sahip çimentolara, gerekli alkali takviyesi için sodyum hidroksit veya kireç ilavesi yapılır [3].

Köpürtme Yöntemi kimyasal reaksiyon olmadığı için en ekonomik ve kontrol edilebilir gözenekli yapı oluşturma sürecidir. Gözeneklerin mekanik olarak oluşturulması önceden köpüren (köpük yapıcı katkı maddesi bir miktar su ile karıştırılır) veya köpük karışımı (köpük yapıcı katkı maddesi harç ile karıştırılır) ile yapılır. Kullanılan çeşitli köpük yapıcı katkı malzemeleri, deterjan, reçine sabunu, tutkal reçinesi, saponin ve keratin gibi hidrolize edilmiş proteinlerdir [3].

Birleşik Gözenek Oluşturma Yöntemindeköpürtme ve hava sürüklenme yöntemlerinin birleştirilerek uygulanır [3].

Kürleme metoduna göre ise geleneksel betondan farklı olarak gazbeton, otoklavlı ve otoklavsız olarak üretilir. Basınç dayanımı, rötre, soğurma gibi özellikler direkt olarak bu kürleme yöntemine bağlıdır. Otoklavlanmanın gazbetonda rötreyi önemli ölçüde azaltması ve erken dayanımı artırması üretim açısından büyük önem taşımaktadır[1,3,4,6].

1.2. Gazbetonun Dayanıklılığı

Gözenekli oluşu nedeniyle, Gazbetona sıvılar ve gazlar daha kolay nüfuz edebilir ve bu da malzemenin daha kolay zarar görmesine neden olur[7]. Gazbetonun gözenekli yapısı aynı zamanda donma-çözünme etkisinin daha malzemede daha kritik yaşanmasına da sebep olmaktadır. Bu iki risk donatılı gazbeton yapı elemanlarında donatı korozyonu açısından da büyük sorunlar doğurmaktadır.

Gazbeton sülfat konsantrasyonu 600 mg/1 değerinden büyük olduğunda genellikle kullanılmaz. Bu şartlarda kullanılması gerekiyorsa, özel koruyucu önlemler alınmalıdır. Mesela toprak altında Gazbeton kullanımında, gazbetonu korumak için olası önlemler koruyucu kaplamalar ve yapıştırıcı ile bağlanmış veya kaynaklanmış folyolardır. Uygulanan malzemeler genellikle bitüm esaslıdır [7].

Genellikle çimento esaslı yapı malzemeleri güçlü asitlere maruz kaldığında ciddi zarar görür. Asetik, oksalik, tartarik vb. organik asitler, hidroklorik, nitrik, sülfürik vb. gibi inorganik asitlere göre daha hızlı hasara neden olur. Klorürler veya sülfatlar gibi asit tuzu çözeltileri de uzun vadede Gazbetonu aşındırabilir. Bu maddeler kalsiyum silikat hidrat fazlarını tahrip eder ve dolayısıyla mukavemeti azaltır. Dolayısıyla bu tür maddelerin bulunduğu yerlerde, uygun koruma sağlanmalıdır-örneğin, dış kaplamalar için izosiyanatların eklendiği akrilatlar ve iç kaplamalar için epoksi reçineler[7].

Gazbeton normalde alkali solüsyonlardan etkilenmez. Alkalinitesinden dolayı soda veya amonyak gibi kostik çözeltileri malzemeyi tahrip edebilen çözümler bileşikler oluşturmaz. Alkol, benzen veya fuel oil gibi maddeler gazbetona zarar vermez.

Gazbeton, uzun süreli maruziyette bile genellikle suya dayanıklıdır. Ancak akan su ile temas halinde ise önlemler alınmalıdır. Nem içeriği arttıkça bazı özellikler olumsuz etkilenir[7].

Gazbeton, su ile asidik çözeltiler oluşturmayan gazlardan etkilenmez. Bununla birlikte, olumsuz etkisi olabilecek iki tür gaz karbondioksit ve sülfür dioksittir. Karbondioksit, kalsiyum karbonat karışımları oluşturmak için kalsiyum silikat hidratlarla reaksiyona girer. Gaz konsantrasyonu yeterince yüksekse veya gaza uzun süre maruz kalırsa, büzülme meydana gelebilir ve çatlak oluşumuna neden olabilir. Bu tür yüksek karbon dioksit konsantrasyonları, örneğin fermantasyonun gerçekleştiği odalarda veya meyve depolarında meydana gelebilir. Karbondioksite aşırı maruz kalmama durumunda çatlama meydana gelmez. Karbondioksitten kaynaklı aşınma, gazbeton denge nem içeriğine ulaşırsa veya su ile doymuşsa oldukça yavaş gerçekleşir [7].

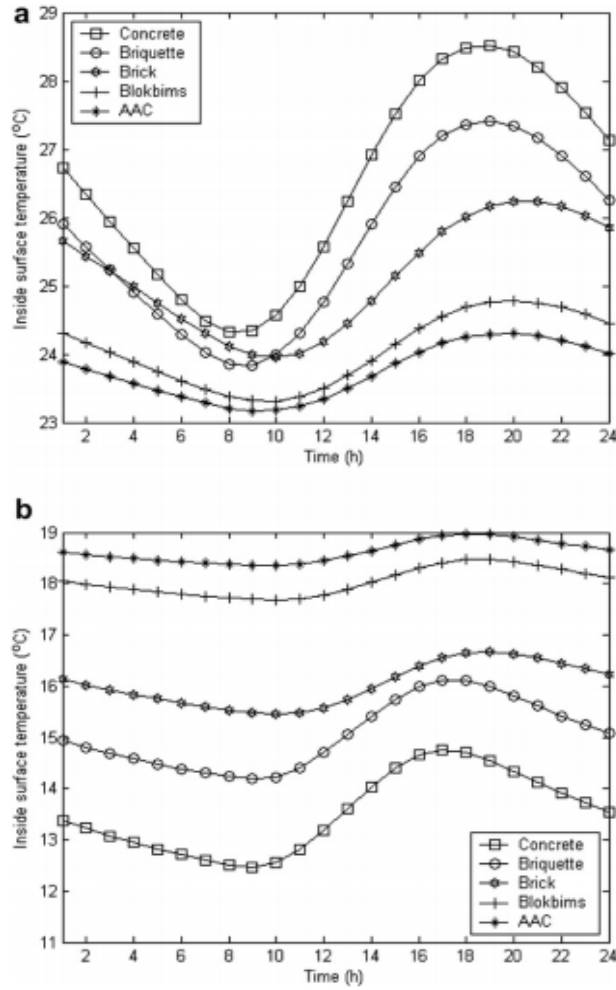
1.3. Donatılı Gazbeton Paneller

Gazbeton paneller yapı maliyeti noktasında ve birçok açıdan avantaj sağlayan hafif prekast yapı elemanlarıdır. Adından da anlaşılacağı gibi hafif beton (gazbeton) paneller, geleneksel beton paneller göre oldukça hafiftir. Bu durum daha düşük ısı genleşme katsayısı ve daha iyi ısı ve ses yalıtım özellikleri gibi avantajları beraberinde getirmektedir. Şekil 1. de Gazbeton panellerin diğer alternatif yapı malzemelerine göre yaz ve kış aylarındaki ısı izolasyonu performansları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi gazbeton blokların daha iyi performans gösterdiği görülmektedir [8].

Kömür bazlı termik santrallerde kaçınılmaz bir atık olan uçucu kül kullanılarak üretilen için çevre dostu bir üründür. Gazbeton paneller önemli ölçüde daha az yüzey işleme gerektirir [4].

İlk donatılı gazbeton paneller İsveç de 1929 yılından sonra üretilmeye başlanmış, 1940'ların ortasında Alman mühendis Josef Hebel tarafından ileri bir aşamaya taşınmıştır [9].

Donatılı Gazbeton paneller üzerine en kapsamlı deneysel çalışmalar 2003 yılında Texas Austin Üniversitesinde yapılan çalışmalardır [10,11]. Bunun dışında 2016 ve 2017 yıllarında ise ODTÜ İnşaat mühendisliğinde Gazbeton blokların sismik davranışı detaylı olarak incelenmiştir [12]. Ayrıca donatılı gaz betonların mekanik davranışının modellenmesi konusunda da çalışmalar mevcuttur [13,14].



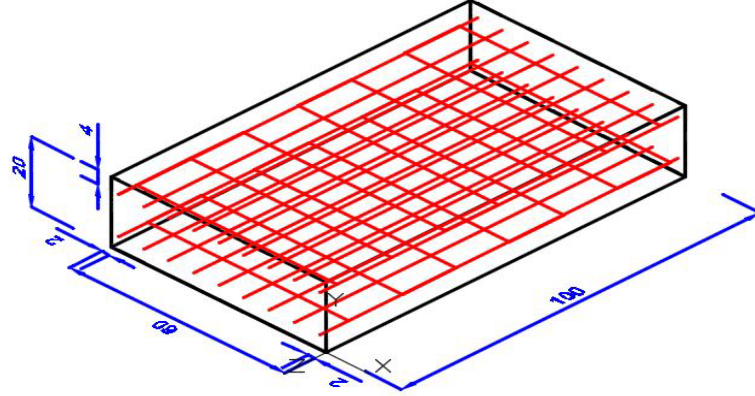
Şekil 1. Gazbeton panellerin ısı izolasyon performansı (AAC:Gazbeton, Brick:tuğla, Concrete:beton, Briquette:briket, Blokbims:bims) [9].

2. Materyal ve Metod

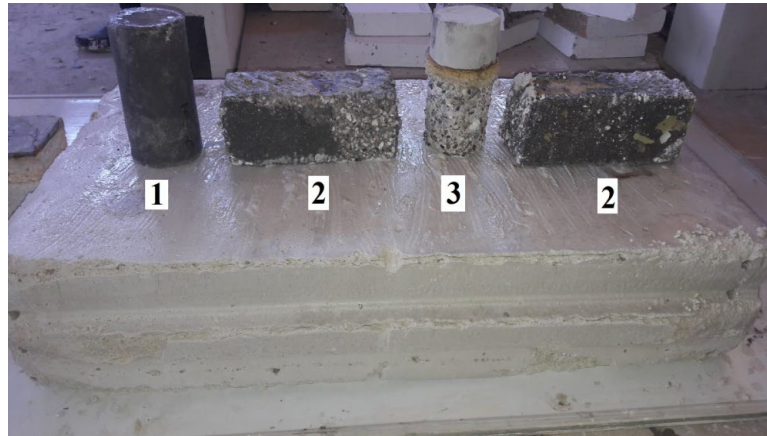
Bu çalışmada donatılı gazbeton panellerin asit, sülfat ve normal koşullarda eğilme davranışı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Kullanılan donatılı gazbeton paneller Gaziantep YTONG firması tarafından özel olarak üretilmiştir. Bu amaçla %5'lik asit ve sülfat karışımları hazırlanarak donatılı gazbeton paneller asit ve sülfat tanklarına konarak 6 ay bekletilmiştir. Kontrol numunesi normal şartlarda bekletilmiştir. Kullanılan donatılı gazbeton panellerin boyut ve donatı şeması (cm olarak) şekil 2 de verilmiştir. Kullanılan donatı çapı 4 mm dir. Asit ortamında bekletilen donatılı gazbeton panellerin dışında farklı yapı malzemelerinin değişimi Şekil 3 de görülebilir. 6 ay süreyle aside maruz donatılı gazbeton panellerde görülen korozyon Şekil 4 de görülebilir. 6 ay süreyle sülfata maruz donatılı gazbeton panelin dış görünümü şekil 5 de, normal beton yapı elemanının dış görünümü ise şekil 6 da verilmiştir. 6 ay süreyle sülfata maruz donatılı gazbeton panellerde görülen korozyon Şekil 7 de görülebilir.

Asit ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin yükleme sonucunda kırılma ve çatlak gelişimi Şekil 8 de detaylı olarak verilmiştir. Yükleme deplasman kontrollü 500 kN kapasiteli BESMAK marka bir cihazla yapılmış olup a/d oranı 5, yükleme hızı ise 1 mm/dak olarak uygulanmıştır. Aynı yükleme altında sülfat ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin kırılma ve

çatlak gelişimi ise Şekil 9 de detaylı olarak verilmiştir. Normal koşullarda bekletilen donatılı gazbeton panelin kırılma ve çatlak gelişimi ise Şekil 10 de detaylı olarak verilmiştir. Bunun dışında aside maruz, sülfata ve normal koşullardaki, donatılı gazbeton panellerin yük deplasman grafikleri şekil 11,12,13 de ayrı ayrı gösterilmiştir. Karşılaştırmalı yük deplasman grafiği ise şekil 14 de görülebilir.



Şekil 2. Panel boyut ve donatı detayları



Şekil 3. 180 gün asit ortamında bekletilen donatılı gazbeton panel ve farklı yapı malzemelerinin değişimi (1. ECC-Tasarlanmış çimento kompoziti, 2. Jeopolimer 3. Normal beton)



Şekil 4. 180 gün asit ortamında bekletilen donatılı gazbeton paneldeki korozyon



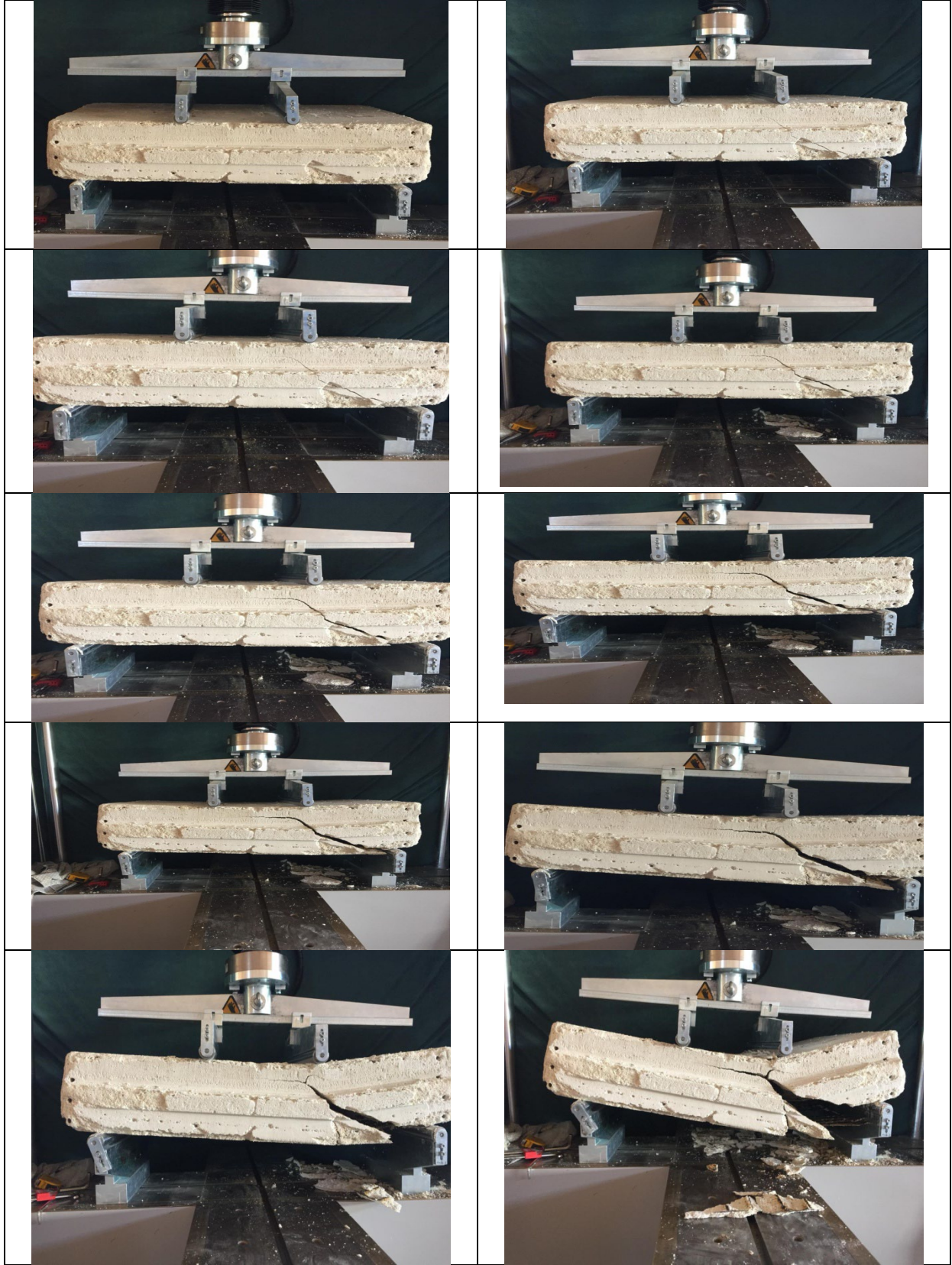
Şekil 5. 180 gün sülfat ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin görünümü.



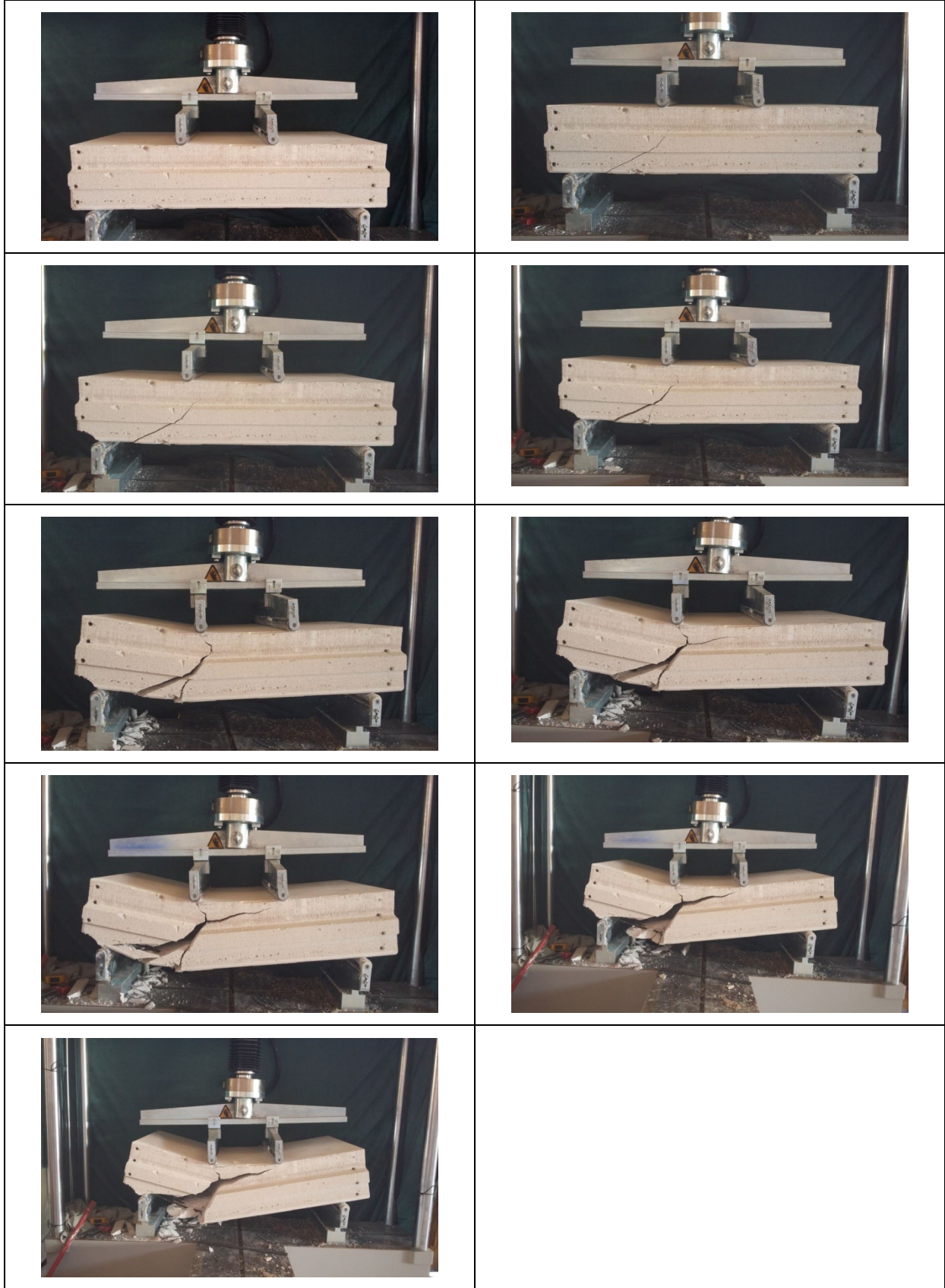
Şekil 6. 180 gün sülfat ortamında bekletilen normal betonun görünümü.



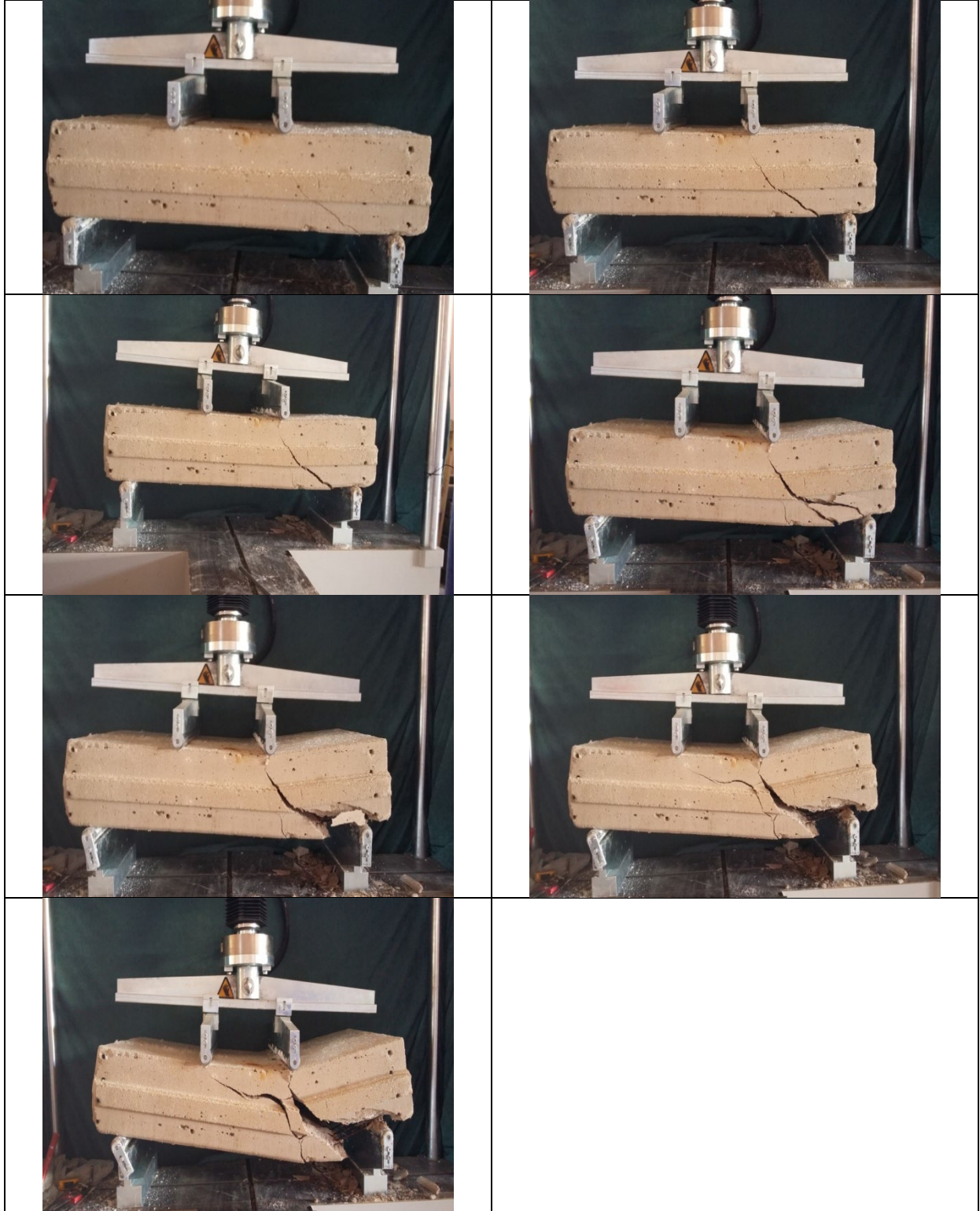
Şekil 7. 180 gün sülfat ortamında bekletilen donatılı gazbeton paneldeki korozyon



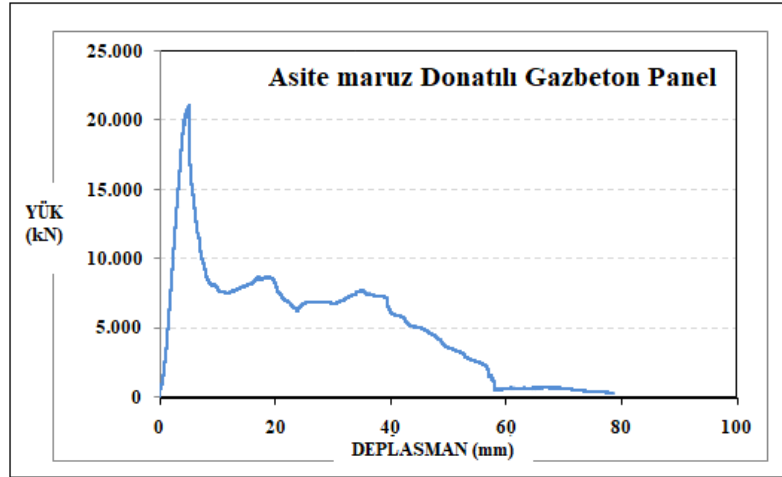
Şekil 8. 180 gün asit ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin yükleme sonucunda kırılma ve çatlak gelişimi



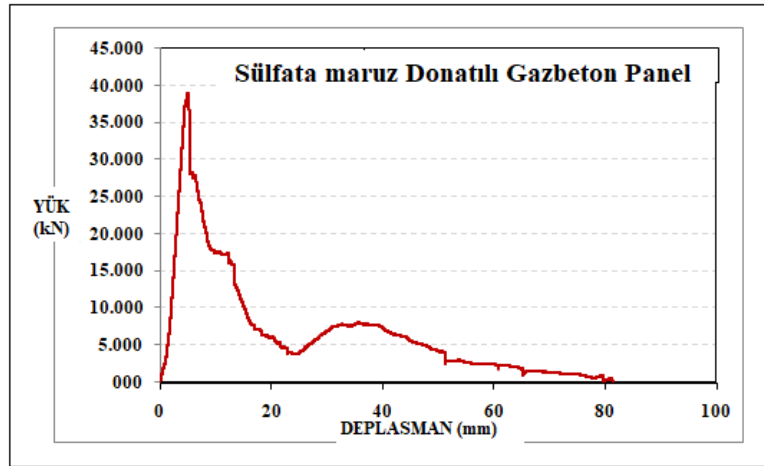
Şekil 9. Normal koşullarda bekletilen donatılı gazbeton panelin yükleme sonucunda kırılma ve çatlak gelişimi



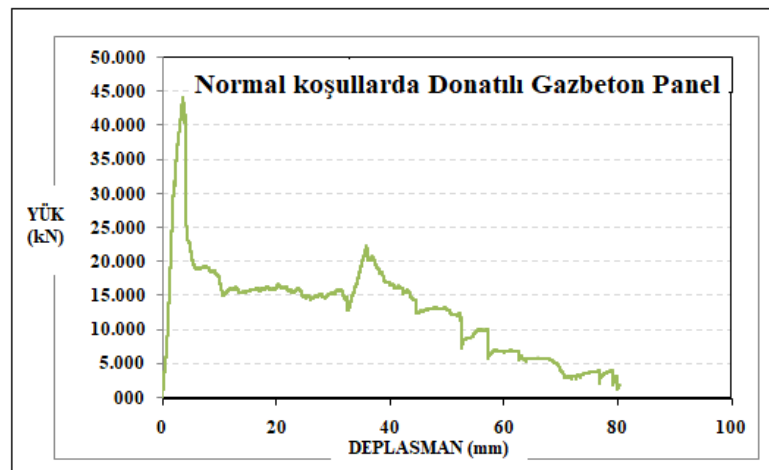
Şekil 10. 180 gün sülfat ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin yükleme sonucunda kırılma ve çatlak gelişimi.



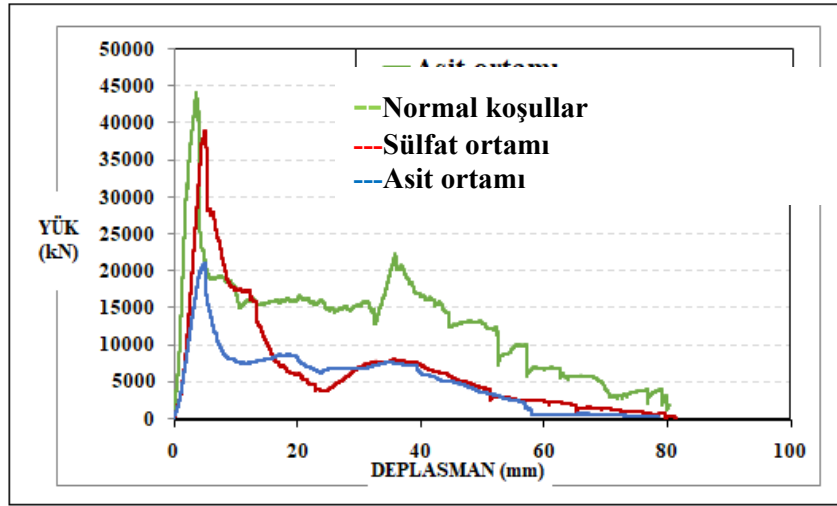
Şekil 11. 180 gün asit ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin yük-deplasman grafiği



Şekil 12. 180 gün sülfat ortamında bekletilen donatılı gazbeton panelin yük-deplasman grafiği



Şekil 13. Normal koşullarda bekletilen donatılı gazbeton panelin yük-deplasman grafiği



Şekil 14. Asit, sülfat ve normal ortamda bekletilen donatılı gazbeton panellerin karşılaştırmalı yük deplasman grafiği

3. Sonuçlar

Bu çalışmada ısı yalıtımı açısından yapılarda çok önemli olan donatılı gaz beton panellerin kimyasal etki altındaki eğilme davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla özel bir gaz beton firması tarafından üretilen donatılı gaz beton paneller kullanılmıştır. Bu paneller %5'lik asit ve sülfat havuzlarında 180 gün bekletilmiştir. Karşılaştırma amacıyla kullanılan donatılı gazbeton panel ise normal koşullarda saklanmıştır. 180 gün sonunda asit ve sülfata maruz donatılı gazbeton paneller çıkarılarak deplasman kontrollü yükleme cihazıyla 4 nokta eğilme deneyi ile yüklenmiştir. Detaylı olarak, yük artışlarına bağlı olarak yük deplasman değerleri elde edilmiş ve yük deplasman grafikleri elde edilmiştir. Bunun dışında kırılma ve çatlak gelişimi de detaylı olarak gözlemlenmiştir. Bulgular sonucu asit etkisinin donatılı gazbeton panellerin eğilme dayanımına çok olumsuz etki yaptığı görülmüştür. Normal koşullardaki donatılı gazbeton panelin eğilme yükü 44,5 KN olurken, sülfata maruz donatılı gazbeton panelin eğilme yükü 39,5 KN, aside maruz donatılı gazbeton panelin eğilme yükü ise 21 KN bulunmuştur. Görüldüğü gibi aside maruz donatılı gazbeton panelin normal koşullarda saklanmış donatılı gazbeton panele göre eğilme yükü en fazla etkilenmiş ve %53'lük bir düşüş görülmüştür. Öte yandan sülfata maruz donatılı gazbeton panelin normal koşullarda saklanmış donatılı gazbeton panele göre eğilme yükü ise daha az etkilenmiş ve %11'lik bir düşüş görülmüştür. Bu olumsuz etki sadece gazbetonun hasar görmesi değil aynı zamanda donatının da korozyona uğraması sebebiyle meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, özellikle asit etkisi altında, güvenlik katsayısının yüksek alınarak donatılı gazbeton panellerin kullanımında daha uygun olacağı görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan donatılı gazbeton panellerin üretimini gerçekleştiren Gaziantep Ytong firmasına ve Genel müdürü Müberra Şener'e, Deneysel çalışmalarda yardım eden Dr. Ali Khalid Hussein'e teşekkürü borç bilirim.

Kaynaklar

[1] Valore R. C. Cellular concretes-physical properties. J Am Concr Inst 1954; 25:817-36.

- [2] Rudnai G. Light weight concretes. Budapest: Akademi Kiado. 1963
- [3] Narayanan N., and Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: a review. *Cement and Concrete composites* 2000; 22.5, 321-329.
- [4] Sherin K., and Saurabh J K., 2018. Review of autoclaved aerated concrete:-advantages and disadvantages. *Proc. Natl. Conf. Adv. Struct. Mater. Methodol. Civ. Eng.(ASMMCE– 2018)*.
- [5] Hamad, A. J. Materials, production, properties and application of aerated lightweight concrete: review. *International journal of materials science and engineering* 2014 2: 152-157.
- [6] Schubert P. Shrinkage behaviour of aerated concrete. In: Wittmann FH, editor. *Autoclaved Aerated Concrete, Moisture and Properties*. Amsterdam: Elsevier; 1983
- [7] Aroni S. *Autoclaved aerated concrete-properties, testing and design*. CRC Press.2004
- [8] Ozel M., Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials. *Applied Thermal Engineering* 2011 31.17-18:3854-3863.
- [9] Van Boggelen W., *History of Autoclaved Aerated Concrete The short story of a long lasting building material*. Aircrete Europe. 2014
- [10] Gokmen F., Seismic behavior of autoclaved aerated concrete reinforced vertical panel buildings. Diss. MS thesis, Middle East Technical University, Turkey 2017
- [11] Tanner JE., *Design provisions for Autoclaved Aerated Concrete (AAC) structural systems*. PhD thesis, The University of Texas at Austin. 2003
- [12] Taghipour A., *Seismic Behavior of Vertical Reinforced Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Panel Walls*. MS Thesis, Middle East Technical University. 2016
- [13] Kurtoğlu AE., Bakbak D., Modeling the Shear Strength of Reinforced Aerated Concrete Slabs via Support Vector Regression. *International Journal of Engineering Technologies IJET* 2019, 5(1), 6-14.
- [14] Bakbak D., Kurtoğlu AE., Shear Resistance of Reinforced Aerated Concrete Slabs: Prediction via Artificial Neural Networks. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies* 2019, 4(2), 344-350