

BETON VE BETONARME YAPILARIN DURABİLİTESİ

Meltem ALBAYRAK¹
Behcet DÜNDAR²

KİMYASAL NEDENLERDEN KAYNAKLANAN PROBLEMLER

KARBONATLAŞMA

Karbonatlaşma, ortamdaki yeterli nem varlığında CO₂'nin, Ca(OH)₂ gibi hidrasyon ürünleriyle kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan bir olaydır. Bu reaksiyon sonucunda CaCO₃ meydana gelir ve bu olayın sonucunda betonun pH değeri yaklaşık 9'a kadar düşer. Böyle bir pH değerinde, betonarme çeliğini çevreleyen koruyucu oksit tabakası parçalanır ve çelik korozyona uğrar, ardından betondan çatlaklar oluşur (1).

Karbonatlaşma meydana gelebilmesi için uygun ortam koşulları oluşması gerekir. Örneğin, beton çok kuruyorsa, CO₂'yi çözecek su içeriğinin olmaması nedeniyle karbonatlaşma oranı yavaşlayacaktır. Benzer şekilde doymuş betondaki fazla nem, CO₂'nin betona nüfuz etmesine engel olur ve karbonatlaşma oranını yavaşlatabilir. Bu nedenle, karbonatlaşma reaksiyonlarının gerçekleşebilmesi için yeterli nem ve CO₂ konsantrasyonuna sahip en uygun koşul sağlanmalıdır (2). Ayrıca, s/b, basınç dayanımı derecesi ve betonun gözenekliliği, karbonatlaş-

¹ Öğr. Gör., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, meltemalbayrak@osmaniye.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-7943-4132

² Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, behcetdundar@osmaniye.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-0724-9469
DOI: 10.37609/akya.3799.c568

Başka bir güçlü teknik olan katodik koruma, çelik donatıyı korozyondan korumak için harici bir doğru akım uygulayarak çelik donatıyı bir elektrokimyasal hücrenin katoduna dönüştürür. Bu işlem, çeliğin anodik çözünmesini engelleyerek korozyon oranını azaltır (65).

Ayrıca elektrokimyasal klorür ekstraksiyonu , çelik donatı ile harici anot arasında daha yüksek akım yoğunluğuna sahip bir elektrik alanı oluşturarak klorür iyonlarını harici elektrolit çözeltisine doğru iter (66). Bu yöntemle nispeten düşük bir maliyetle klorür iyonlarında dikkate değer bir azalma elde edilebilir (67).

Yüzey taşıma ve cilalama işlemi, malzemenin mekanik olarak inceltirilip cilanmasını kapsar. Böylelikle beton yüzeylerde yoğun ve pürüzsüz bir yüzey elde edilir. Pürüzsüzlükleri sayesinde aşınmaya karşı daha dirençli olan cilalı yüzeyler, sızdırmazlık maddeleri veya sertleştiriciler uygulanarak dayanıklılıkları daha da artırılabilir (68).

Kendiliğinden iyileşme teknikleri de yapı koruma yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde betondaki çatlaklarda kalsit çökeltmek için bakterilerin kullanılır. Böylece betondaki büyük çatlaklar doldurulmuş olur. Bu uygulama yapının mukavemetini artırmaz, ancak çatlak doldurularak donatıya giden yol kapatılır. Böylece donatı korozyonunu başlatan sıvı ve iyonların girişi durdurulur. Böylece yapının dayanıklılığı artırılır. Ayrıca bu yöntem su tutan yapılar için de faydalıdır. Çatlaklar bu şekilde doldurulduğunda sızıntılar durdurulabilir. Özellikle onarımı zor veya imkânsız olan yeraltı yapıları için bakteriyel betonun büyük bir potansiyel geleceği vardır (69).

Ayrıca çiçeklenme gibi yüzeysel durabilite problemlerinin onarımı için betonun yüzeyi basınçlı su, %5'lik tuzruhu bulunan su ya da %20 oranında sirkeli su ile yıkanabilir (70).

KAYNAKLAR

1. M. F. Bertos, S. J. R. Simons, and P. J. Hills, (2004). A review of accelerated carbonation technology in the treatment of cement-based materials and sequestration of CO₂,” *Journal of Hazardous Materials*, pp. 193–205.
2. A. El-Turki, R. J. Ball, and G. C. Allen, (2007). The influence of relative humidity on structural and chemical changes during carbonation of hydraulic lime,” *Cement and Concrete Composites*, vol. 37, no. 8, pp. 1233–1240.
3. S. Liu, W. Sun, and j. Lai, (2003). Preparation and durability of a high-performance concrete with natural ultra-fine particles,” *Journal of the Chinese Ceramic Society*, vol. 31, pp. 1080–1085.
4. T. E. Stanton, (1942). Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate,” *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, vol. 107, no. 1, pp. 54–84.
5. E. O. Fanijo, J. T. Kolawole, and A. Almakrab, (2021). Alkali-silica reaction (ASR) in concrete structures: Mechanisms, effects and evaluation test methods adopted in the United States,

- Case Studies in Construction Materials, vol. 15.
6. A. Mohammadi, E. Ghiasvand, and M. Nili, (2020). Relation between mechanical properties of concrete and alkali-silica reaction (ASR); a review, *Construction and Building Materials* 258 – pp.119567.
 7. J. M. Ponce and O. R. Batic, (2006). Different manifestations of the alkali-silica reaction in concrete according to the reaction kinetics of the reactive aggregate, *Cement and Concrete Composites*, vol. 36, no. 6, pp. 1148–115.
 8. S. Kandasamy and M. H. Shehata, (2014) “The capacity of ternary blends containing slag and high-calcium fly ash to mitigate alkali silica reaction, *Cement and Concrete Composites*, vol. 49, pp. 92–99.
 9. D. W. Hobbs, Hobbs, (1998). *Don W. Alkali-silica reaction in concrete*. Thomas Telford Publishing.
 10. <https://kub.org.tr/betonda-alkali-agreda/>.
 11. G. Giaccio, R. Zerbinio, J. M. Ponce, and O. R. Batic, (2008). Mechanical behavior of concretes damaged by alkali-silica reaction, *Cement and Concrete Composites*, vol. 38, no. 7, pp. 993–1004.
 12. J. , Lindgard, B. Pedersen, and E. Rodum, (2006). Alkali-silica reactions in concrete-Relationship between water content and observed damage on structures,” in *Special Publication*, pp. 147–166.
 13. R. B. Figueira et al., (2019). “Alkali-silica reaction in concrete: Mechanisms, mitigation and test methods.
 14. T. Y. Erdoğan, (2015). *Beton*, ODTÜ. Ankara.
 15. C150/C150M-19-a, (2019). Designation: C150/C150M – 19a Standard Specification for Portland Cement 1
 16. E. G. Swenson, (1957). A Canadian reactive aggregate undetected by ASTM tests, Division of Building Research, National Research Council.
 17. W. Li, M. Deng, L. Mo, D. K. Panesar, and Z. Mao, (2022). Alkali carbonate reaction (ACR): Investigations on mechanism of dedolomitization of dolomite in dolostones, *Construction and Building Materials*, vol. 351.
 18. R. E. Beddoe and H. W. Dorner, (2005). Modelling acid attack on concrete: Part I. The essential mechanisms, *Cement and Concrete Composites*, vol. 35, no. 12, pp. 2333–2339.
 19. B. Baradan, *Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)*. THBB, 2010.
 20. K. Onaran, *Malzeme Bilimi*. İstanbul: İTÜ. İnşaat Fakültesi Matbaası, 1991.
 21. H. Bensabra and N. Azzouz, (2013). Study of rust effect on the corrosion behavior of reinforcement steel using impedance spectroscopy,” *Metallurgical and Materials Transactions*, vol. 44, no. 13, pp. 5703–5710.
 22. S. Okabe, M. Odagiri, T. İto, and H. Satoh, (2007). Succession of sulfur-oxidizing bacteria in the microbial community on corroding concrete in sewer systems,” *Appl Environ Microbiol*, vol. 73, pp. 971–980.
 23. Aköz, F. ve Çakı, Ö. (2014). *Betonarme Korozyonu*, *Hazır Beton Dergisi*, p. 7185.
 24. Kurtay M. (2020). *Beton Karışım Suyu ve Boşluk Suyuna Katılan Ekolojik İnhibitörlerin Donatı Korozyonuna Etkisinin Araştırılması*, Doktora, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye.
 25. M. Santhanam, M. D. Cohen, and J. Olek, (2003). Effects of gypsum formation on the performance of cement mortars during external sulfate attack, *Cement and Concrete Research*, vol. 33, no. 3, pp. 325–332.
 26. J. Skalny, J. Marchand, and I. , Odler, (2002). *Sulfate Attack on Concrete*, New York: Spon Press.
 27. M. Nehdi and M. Hayek, (2005). Behavior of blended cement mortars exposed to sulfate solutions cycling in relative humidity, *Cement and Concrete Research*, vol. 35, no. 4, pp. 731–742.
 28. I. Casanova, A. Aguado, and L. Agulm, (1997). Aggregate Expansivity Due To Sulfide Oxidation-II. P Physico-Chemical Modeling Of Sulfate Attack, vol. 27, no. 11, pp. 1627-1632.
 29. İ. Bekir. Topçu and Tayfun. Uygunoğlu, (2021). *Yapı Malzemesi*. Nobel Akademik Yayıncılık.
 30. L. Divet and R. Randriambololona, (1998). Delayed Ettringite Formation: The Effect Of Tem-

- perature And Basicity On The Interaction Of Sulphate And C-S-H Phase. *Cement and Concrete Research*. Vol. 28, no.3, pp. 357-363.
31. M. H. F. de Medeiros, J. W. Raisdorfer, J. Hoppe Filho, and R. A. Medeiros-Junior, (2017). Partial replacement and addition of fly ash in Portland cement: influences on carbonation and alkaline reserve, *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, vol. 2, no. 1. pp. 4
 32. C. Xie, M. Cao, H. Yin, J. Guan, and L. Wang, (2021). Effects of freeze-thaw damage on fracture properties and microstructure of hybrid fibers reinforced cementitious composites containing calcium carbonate whisker, *Construction and Building Materials*, vol. 300, pp. 123872.
 33. C. Huang et al., (2022). Study on dynamic compressive mechanical properties of freeze-thaw concrete, *Construction and Building Materials*, vol. 322, pp. 26499.
 34. Erdem, R. Tuğrul, ve Ali Uğur Öztürk. (2022). Mermer tozu katkısının çimento harcı donma-çözünme özellikleri üzerine etkisi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 85-91.
 35. K. Ebrahimi, M. J. Daiezadeh, M. Zakertabrizi, F. Zahmatkesh, and A. Habibnejad Korayem, (2018). A review of the impact of micro – and nanoparticles on freeze-thaw durability of hardened concrete: Mechanism perspective, *Construction and Building Materials*, vol. 186, pp. 1105-1113.
 36. S. Luhan, S. Chaudhary, and I. Luhan, (2018). Thermal resistance of fly ash based rubberized geopolymer concrete,” *Journal of Building Engineering*, vol. 19, pp. 420-428.
 37. Q. Ma, R. Guo, Z. Zhao, Z. Lin, and K. He, (2015). Mechanical properties of concrete at high temperature-A review, *Construction and Building Materials* vol. 93, pp. 371-383.
 38. F. P. Figueiredo, S. S. Huang, H. Angelakopoulos, K. Pilakoutas, and I. Burgess, (2019). Effects of Recycled Steel and Polymer Fibres on Explosive Fire Spalling of Concrete, *Fire Technology*, vol. 55, no. 5, pp. 1495-1516.
 39. W. Khaliq and H. A. Khan, (2015). High temperature material properties of calcium aluminate cement concrete, *Construction and Building Materials*, vol. 94, pp. 475-487.
 40. Z. Pan, Z. Tao, Y. F. Cao, R. Wuhler, and T. Murphy, (2016). Compressive strength and microstructure of alkali-activated fly ash/slag binders at high temperature, *Cement and Concrete Composites*, vol. 86, pp. 9-18.
 41. O. Arioz, (2007). Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire Saf J*, vol. 42, no. 8, pp. 516-522.
 42. A. Mendes, J. G. Sanjayan, and F. Collins, (2011). Effects of slag and cooling method on the progressive deterioration of concrete after exposure to elevated temperatures as in a fire event, *Materials and Structures*, vol. 44, no. 3, pp. 709-718.
 43. S. Luhan, D. Nicolaidis, and I. Luhan, (2021). Fire resistance behaviour of geopolymer concrete: An overview, *Mar. Buildings* vol. 11. no. 3, pp. 82.
 44. Z. Xu, J. Li, H. Qian, and C. Wu, (2022). Blast resistance of hybrid steel and polypropylene fibre reinforced ultra-high performance concrete after exposure to elevated temperatures, *Composite temperatures, Composite*, vol. 294. pp. 115771.
 45. A. H. Shah, U. K. Sharma, P. Kamath, P. Bhargava, G. R. Reddy, and T. Singh, (2016) Fire performance of earthquake-damaged reinforced-concrete structures, *Materials and Structures*, vol. 49, no. 7, pp. 2971-2989.
 46. A. H. Shah and U. K. Sharma, (2017). Fire resistance and spalling performance of confined concrete columns, *Construction and Building Materials*, vol. 156, pp. 161-174.
 47. Bülent Baradan, *Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)*. İstanbul: THBB, 2010.
 48. T. Özturan, (1984). *Beton aşınmasının iki fazlı malzeme olarak incelenmesi*,” Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
 49. B. Postacıoğlu, *Beton, Bağlayıcı Maddeler*, vol. 1. İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 1986.
 50. Baradan. B. ve Aydın, S. (2013). *Betonun Dürabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık)*. Beton 2013 Hazır Beton Kongresi.
 51. B. Postacıoğlu, (1975). *Yapı malzemesi dersleri-bağlayıcı maddeler, agregalar ve beton*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

52. Daşkıran, E. G. (2018). Dayanım ve dayanıklılık açısından yüksek performanslı çimento esaslı tabakalı kompozitlerin geliştirilmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
53. Öner, A. Direr, S. ve Sevgül, T. (2014). Islanma Kuruma Çevrimi–Dinamik Elastisite Modülü İlişkisi. Kocaeli Üniversitesi, İzmit.
54. M. H. Yaseen, S. F. S. Hashim, E. T. Dawood, and M. A. M. Johari, (2025). Effect of wetting and drying cycles on strength behavior of roller compacted concrete, *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 10, no. 3, pp. 1 – 21.
55. Farzad, M., Sadeghnejad, A., Rastkar, S., Moshkforoush, A., and Azizinamini, A. (2020). A theoretical analysis of mechanical and durability enhancement of circular reinforced concrete columns repaired with UHPC. *Engineering Structures*, vol. 209, pp. 109928.
56. BS-1504-2, (2004). Products and systems for the protection and repair of concrete structures–Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity–Part 2: Surface protection systems for concrete. *Surface protection systems for concrete*.
57. Baltazar, L., Santana, J., Lopes, B., Rodrigues, M. P., & Correia, J. R. (2014). Surface skin protection of concrete with silicate-based impregnations: Influence of the substrate roughness and moisture. *Construction and Building Materials*, vol. 70, pp. 191-200.
58. Anna Szymańska, Michał Dutkiewicz, Hieronim Maciejewski, Magdalena Palacz, (2022). Simple and effective hydrophobic impregnation of concrete with functionalized polybutadienes, *Construction and Building Materials*, vol. 315, pp. 125624.
59. Peyman K., Fazel A., Mohammad S., Shaofan L, (2024). Experimental investigation of using Ultra-High-Performance Concrete coating for anti-corrosion protection of reinforced concrete induced by chloride ions, *Journal of Building Engineering*, vol. 97, pp. 110743.
60. Graybeal, B. and Jussara T. (2007). Durability of an ultrahigh-performance concrete. *Journal of materials in civil engineering* vol. 19. No. 10, pp. 848-854.
61. Wu, F., Chen, X., and Chen, J. (2023). Abrasion resistance enhancement of concrete using surface treatment methods. *Tribology International*, vol. 179, pp. 108180.
62. Zhao, Z., Qi, S., Suo, Z., Hu, T., Hu, J., Liu, T., & Gong, M. (2024). Development of a Super-hydrophobic Protection Mechanism and Coating Materials for Cement Concrete Surfaces. *Materials*, vol. 17, no. 17, pp. 4390.
63. Kim, Ki Hwan, Kim, Min Jae, Kim, Hansol, Ann, Ki-Yong, (2020). Effect of Hydrophobic Surface Treatment in Lowering Ionic Transport into Concrete, *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 4810259, pp. 13.
64. Deng Zewei, Wen Xiaodong, Zhou Ming, (2024). Research progress of silane impregnation and its effectiveness in coastal concrete structures: A review, *Journal of Building Engineering*, vol. 91, pp. 109550.
65. Ferdous, W., Manalo, A., Van Erp, G., Aravinthan, T., Kaewunruen, S., and Remennikov, A. (2015). Composite railway sleepers–Recent developments, challenges and future prospects. *Composite Structures*, vol. 134, pp. 158-168.
66. Huang, Q., Liu, H., Wang, Q., Shan, Y., Tang, D., Zhang, Z., and Zhu, X. (2024). Electric field-induced deterioration of cement mortars owing to calcium leaching. *Developments in the Built Environment*, vol. 17, pp. 100303.
67. Orellan, J. C., Escadeillas, G., and Arliguie, G. (2004). Electrochemical chloride extraction: efficiency and side effects. *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 2, pp. 227-234.
68. G. Murali, Leong Sing Wong, K. Karthikeyan, Mohamed Abdellatif, Saurav Dixit, (2025). Concrete resilience under the impact of water forces: A review of abrasion resistance in hydraulic structures, *Results in Engineering*, vol. 26, pp. 104654.
69. Erik S., and Senot S., (2013). Addressing Infrastructure Durability and Sustainability by Self-Healing Mechanisms – Recent Advances in Self-Healing Concrete and Asphalt, *Procedia Engineering*, vol. 54, pp. 39-57.
70. Akakın T. ve Engin Y. (2010), “Beton Dökümünde ve Sonrasında Yaşanan Problemler ve Çözümler, Türkiye Hazır Beton Birliği.