



Ankara Akköprü Arkeometrik Çalışmaları

Archaeometric Exploration at Akköprü in Ankara

Ali Akın AKYOL

Yrd. Doç. Dr., Öğretim Üyesi, Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıkları Koruma ve Onarım Bölümü, Ankara
aliakinakyol@gmail.com

Bekir ESKİCİ

Prof. Dr., Öğretim Üyesi, Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıkları Koruma ve Onarım Bölümü, Ankara
bekireskici@gazi.edu.tr

Yusuf Kağan KADIOĞLU

Prof. Dr., Öğretim Üyesi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi
Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Ankara
kadi@eng.ankara.edu.tr

Öz

Ankara, Akköprü'deki inceleme ve örnekleme çalışması ile köprüye ait taş ve harç örnekleri üzerinde arkeometrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Taşların bünyesinde bulunan suda çözünen tuzlar, spot tuz testleri ve kondaktometrik analiz ile elde edilmiştir. Harçların agrega ve bağlayıcı içerikleri, asidik agrega/bağlayıcı, agrega granülometrisi, ince kesit optik mikroskop ve X-ışını toz kırınımı analizleri ile belirlenmiştir. Ayrıca taş örneklerin fiziksel özellikleri uygulanan fiziksel testler ile belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışma ile Akköprü'de ağırlıklı olarak kullanılan yapı taşının andezit ve yanında ignimbirit ile dasit, özgün bağlayıcının da kireç harcı olduğu görülmüştür. Akköprü'ye ait çimento içerikli harçların yakın dönem müdahalelerini yansıttığı anlaşılmıştır. Petrografik çalışmaların ışığında özgün yapısal örneklerin hammadde kaynağı açısından yerel formasyonu yansıttığı görülmüştür. Bazı taş örneklerin yüksek tuz içerikleri ve duraysız fiziksel durumları onların farklı derecelerde bozulma sürecinde olduklarını göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Akköprü, Arkeometri, Taş analizi, Harç analizi, Fiziksel testler, İnce kesit analizi, Ankara

Abstract

The archaeometric exploration was conducted by surveying and sampling studies on the stone, and mortar samples from Akköprü in Ankara. Spot salt test and conductometric analysis were applied to get water soluble salt content of stone samples. The aggregate and binder part of the mortars were determined by the analyses of acidic aggregate & binder, aggregate granulometry, thin section optic microscopy and X-ray diffraction. In addition, the physical conditions of the stones were determined by some physical tests. The results of archaeological data showed that the constructive stone material was mainly andesite besides ignimbrite and dacite, and the original binder material was lime mortar. The cement content of the binder of mortars reveals the recent interventions on Akköprü. In the light of petrographic studies it was understood that the source of the original constructive raw material reflects the local formation. The high soluble salt content and the bad physical conditions of some stones also showed that they are undergoing a decomposition process of different degrees.

Keywords: Akköprü, Archaeometry, Stone analysis, Mortar analysis, Physical tests, Thin section analysis, Ankara



Giriş

Ankara kent merkezinde Yenimahalle ilçesi sınırları içerisinde bulunan Akköprü, Ankara Çayı üzerinde yer almaktadır. İstanbul Devlet Karayolu'nun kenarında bulunan köprü, tarihî özelliğini büyük oranda koruyarak zamana ulaşabilmiş önemli Selçuklu eserlerinden biridir (Ek 7). Osmanlı'nın geç dönemlerine kadar askere ve hacca gidenlerin topluca uğurlandıkları (Öney, 1971, s. 159; Çulpan, 1975, s. 60) ve eski Bağdat ticaret güzergâhının Ankara-İstanbul kesiminin başlangıç noktasında bulunan Akköprü, Selçuklu hükümdarı Alaaddin Keykubat döneminde, zamanın Ankara valisi Kızıl Bey tarafından 1222 yılında yaptırılmıştır.

Akköprü, çeşitli dönemlerde geçirdiği onarım ve değişikliklerle bugünkü şeklini almıştır (Ek 8, 9). Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 1960'lı yıllarda gerçekleştirilen onarımlar sırasında taş kaplamaları büyük ölçüde yenilenen ve zemini beton dolgu ile yükseltilen köprü araç trafiğine kapatılmıştır (Ek 9). Daha sonra, köprünün eğimi ve biçimini oluşturan sivri kemerli 7 gözden güney uçtaki ikisi, yanbaşında bulunan belediye otobüsü park ve tamir alanının yarattığı kavis ve karayolu düzenlemeleri (akarsu ıslahı) ile, 2009 yılına kadar toprak ve çöp dolgusu altında kalmıştır (Ek 9).

2008 yılında ilgili "Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon ve Çevre Düzenleme Projesi" kapsamında ele alınan Akköprüde, doğrudan (Ek 10) ve sondaj çalışmaları ile (Ek 11) elde edilen yapısal malzemeler üzerinde arkeometrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Akköprüye ait malzeme grubu (Ek 1), "Ankara Akköprü Yapı Malzeme Analizleri" adı altında Ankara Üniversitesi Başkent M. Y. O. Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAKLAB) ile Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) araştırma laboratuvarlarında incelenmiştir.

Yapı Malzemeleri ve Malzemelerde Belirlenen Bozulmalar

Akköprü taştan inşa edilmiştir. Farklı boyutlardaki blok taşlar moloz dolgu üzerine kaplama yöntemiyle uygulanmış; örgü yanaşık derz düzeninde oluşturulmuştur. Yüzlerde yer yer devşirme taşlara da rastlanmaktadır. Akköprü'nün biçimsel özelliklerini büyük ölçüde yansıtan ve inşasında kullanılan malzemeler kısmen koruyarak bugüne ulaşmıştır. Zamanın yıpratıcı etkisi ve çevresel

etkenler, yapı bünyesinde ve malzeme yüzeylerinde çeşitli bozulma oluşumlarına yol açmıştır. Onarım hataları ve vandalist eğilimler bozulma oluşumlarında bir diğer etken olarak belirlenmiştir (Ek 12-20). Akköprüde görülen çeşitli yapısal malzeme bozulmaları şunlardır:

Parça Kaybı: Parça kaybı, fiziksel bir etki ya da kırılmaya bağlı olarak malzeme bütünlüğünde meydana gelen eksilmelerdir (Ek 12). Bu tür bozulmalar daha çok ağır sarsıntılardan (ağır tonajlı araçlar, deprem gibi) kaynaklanan ve örgüdeki yük dengesinin değişmesiyle meydana gelmiş malzeme eksilmeleridir. Parça kayıpları, birbiri üzerine oturan kesme taş bloklarda tipik olarak, kenar ve köşelerinin kırılması şeklinde kendini göstermektedir.

Çatlak, Yarık ve Kırıklar: Taş bünyelerinde çeşitli büyüklüklerde kılcal ve derin çatlaklar görülmektedir (Ek 13). Bunlar, malzemenin doğal (jeolojik/petrografik) yapısında (dokanak ilişkili ya da katmanlı/damarlı yapının ayrım sınırlarından kolay ayrışabilir olmasından), yüksek ve düşük değerlerde sıcaklık değişimleri (gün içi değişimler ya da mevsimsel donma/çözülme döngüsünde) gibi mevsimsel ve iklimsel şartların sonucunda örgüdeki baskı hareketlerine bağlı olarak meydana gelmiş fiziksel bozulmalardır.

Aşınmalar: Daha çok iklimsel faktörlerin (don, kar, yağmur, şiddetli rüzgar, fırtına gibi) etkisiyle malzemelerin yüzeylerinde meydana gelen yıpranma ve erimelerdir (Ek 14). Aşınmalar yüzeysel ve derin olmak üzere farklı şekil ve boyutlarda görülebilirler. Köprünün özellikle yakın dönem onarımlarında kullanılan taşlarda daha yoğun olarak aşınma görülmesi de oldukça dikkat çekicidir.

Tuz Birikimi ve Siyah Tabaka Oluşumu: Köprü kemerleri tonoz içlerinde daha yoğun olmak üzere, taş yüzeylerinde ince bir tabaka halinde lokal ve bölgesel nitelikte tuzlanmalar gözlenmektedir. Atmosferde oluşan gaz ve partikül haldeki kükürt dioksit (sanayi bölgesine yakınlıktan kaynaklanan), nitrat/nitrit içeren (araç trafiğinde eksoz gazlarının bileşimini oluşturan) bileşikler ve azot oksitler (NOx) zamanla malzeme yüzeylerinde birikerek siyah tabakalanmaya yol açmaktadır (Ek 15). Taş yüzeylerindeki bu birikimin kar ve/veya yağmur suyu ile reaksiyona girip asidik bir etki yaptığı ve karbonat içerikli taşların bileşenlerinden kalsiyum karbonatı (kireç) jipse (alçı) dönüştürerek aşınmayı hızlandırdığı bilinmektedir. Köprünün bazı bölgelelerinde doğrudan ateş isinden kaynaklanan kirlenmelere de rastlanmıştır (Ek 16).

* Ani Anıtsal Yapıları Koruma ve Değerlendirme Ltd. Şti. tarafından Nisan-Temmuz 2008 yılında hazırlanan "Akköprü Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon ve Çevre Düzenleme Projesi"ne malzeme koruma ve malzeme analizi çalışmaları ile katkıda bulunulmuştur.

Yazı, Boya ve Grafitiler: Köprüdeki taş kaplamalar üzerinde bilinçsizce sprey boya ile yapılmış grafitiler, yüzeylerde görsel ve kimyasal kirlenmelere yol açmış durumdadır (Ek 17).

Vejetasyon ve Biyolojik Oluşumlar

a) Gelişmiş Bitkiler: Gelişmiş bitki örtüsü tarihi binalar için tehdit unsuru oluşturan önemli koruma problemlerinin başında gelmektedir. Özellikle duvar içlerinde ve derz boşluklarında gelişen bitkiler (bazen ağaç boyuna ulaşan), yapı ve yapı malzemelerine büyük zararlar vermektedir (Ek 18). Bitkisel oluşumların uzun kökleriyle yapı malzemelerini fiziksel olarak tahrip ettiği, örgüde çatlama ve yarıklara yol açtığı, mevsimlere ve bitki türlerine (çam ağaçlarının reçineleri gibi) göre değişen kimyasal (asidik/bazik) etkiler yaratabildiği de bilinmektedir. Akköprüde, duvar dipleri ve derz boşluklarında bitkisel oluşumlar yoğun şekilde belirlenmiştir.

b) Mikrobiyolojik Patina: Ankara Çayı'nın sağladığı nemli ortam şartları, yosun, mantar, liken, vb. gibi oluşumların taş yüzeylerini kaplamasına neden olmuştur. Bu durum asidik bir etki yaratarak özgün malzemenin bozulma sürecini hızlandırmaktadır (Ek 19).

Derz Harçlarında Dökülmeler

Köprü taş örgüsünde kullanılan taşların arasındaki derz harçlarının yıpranıp, ayrılarak döküldüğü ve derzlerde boşluklar oluştuğu belirlenmiştir (Ek 20). Yağmur suyunun derzlere nüfuz ederek duvar içerisine sızmasına neden olan bu durum yapısal malzemelerde bozulma sürecini hızlandırıcı rol oynamaktadır.

Onarım Hatalarından Kaynaklanan Kirlenmeler

Akköprüde, farklı dönemlerde gerçekleştirilen çimento içerikli derz onarımları ve eksik kısımlardaki plastik tamamlamalar, taş yüzeylerine büyük ölçüde taşırılarak kirlenmeye yol açmış durumdadır (Ek 20). Uygulanmış olan çimento içerikli onarım harçları renk ve doku bakımından da özgün taş yüzeyleriyle uyumlu olmayıp, görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Çimento içerikli bağlayıcı kullanımından kaynaklanan tuzlanmalara da yüzeylerde yaygın şekilde rastlanmıştır.

Yöntem ve Analizler

Akköprü yapı malzemeleri çeşitli arkeometrik yöntemler kullanılarak fiziksel, kimyasal ve petrografik olarak tanımlanmış ve belgelenmiştir.

Akköprüden örneklenen taş ve derz/moloz dolgu harcı örnekleri öncelikle kodlanmış, fotoğraflanarak belgelenmiştir (Ek 1,10,11). Arkeometrik incelemeler kapsamında; taş örneklerin dayanım özellikleri fiziksel testlerle (Ek 2), bünyesinde bulunan suda çözünen tuzlar (anyon türleri ve miktarı) ve pH'ları kondaktometrik analizle (Ek 3), derz ve moloz dolgu harçlarında agrega/bağlayıcı ile agregada tane boyutu dağılımı (agrega granülometrisi) analizi ile (Ek 4, 22), taş ve harç örneklerin petrografik özellikleri de ince kesit optik mikroskop analizi ile belirlenmiştir (Ek 5, 6, 23). Köprüye ait taş kaplama ve moloz dolgulardan örneklenen taş, derz/moloz dolgu harç örneklerinin kil ve mineral bileşimleri XRD analizi ile belirlenmiştir (Ek 24). Ayrıca köprü'nün bulunduğu ortam şartlarında malzemelerde görülen tuzlanma ve bozulmalardaki atmosferik etkiler Ankara'nın uzun dönemli meteorolojik verileri ile değerlendirilmiştir (Ek 21). Köprüye ait yapı malzemelerinin yüzey sıcaklıkları arasındaki farklılıklar da IR termal kamera ile belirlenmiştir (Ek 25).

Temel fiziksel testler özellikler yapı malzemelerinin, belirlenmiş standart sınırlar içinde fiziksel özelliklerini (dayanımlı/dayanımsız) belirlemek üzere uygulanmaktadır (Ulusay, Gökçeoylu, Binal, 2005; RILEM, 1980, s. 73). Malzeme dayanımlarının belirlenmesi için temel fiziksel özelliklerinin (birim hacim ağırlığı, su emme kapasitesi ve gözeneklilik, sertlik gibi) anlaşılmasına gerek vardır. Akköprü taş örneklerinin temel fiziksel özellikleri Ek 2'de verilmektedir.

Kayaçalarda Schmidt çekici (SHV) ve sonik hız (SV) gibi testler tek eksenli basma dayanımı (Uniaxial Compressive Strength-UCS) değerlerinin tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır (Başarır, Kumral, Özsan, 2004; American Society for Testing and Materials, 1984). Schmidt çekici, kayaçların sertlik değerini belirlemek (çok yumuşak ve çok sert kayaçlar dışında) ve sınıflandırma yapmak için uygulanmaktadır. Akköprüden örneklenen kaplama ve moloz dolgu taşlarının yüzeyinde en az 5 noktada vuruş yapılmış, ortalama sertlik değerlerine ulaşılmıştır (Ek 2). Ölçümde dijital Proseq marka Schmidt Çekici kullanılmıştır.

Ultrasonik teknikler kayaçların dinamik özelliklerinin saptanmasında kullanılmaktadır. Bu teknikler, uygulanmasının kolaylığı ve tahribatsız oluşu nedeniyle gittikçe artan oranda kullanılmaya başlanmıştır. Ultrasonik hız tekniğinde P dalga hızı, laboratuvarlarda doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülebilmektedir. Kayaçların dinamik elastisite katsayıları, hazırlanan deney örnekleri (tarihi örneklerde iki



yüzü parlatılmış olarak) üzerinde ultra ses (SV) ölçüm değerlerinin analizi ile belirlenebilmektedir. Deney örnekleri her iki alıcı/verici (analizör) uçları arasına yerleştirilerek, P ve S dalga hızlarının örneği bir uçtan diğer uca geçmesi için gerekli net süreler belirlenerek kaydedilmiştir. Analizde Matest marka (High Performance Ultrasonic Tester) C372N model ultrasonik hız ölçer kullanılmıştır (Ek 2).

Farklı yapı malzemelerinin içeriğinde doğal olarak bulunan veya suda çözünerek sonradan malzemelerin yüzeyine veya gözeneklerine kapiler etki sonucu su ile taşınan tuzlar, malzemenin hem kendi bünyesinde hem de ilişkide buldukları diğer malzemelerin yapılarında gerçekleşebilecek kimyasal değişimler hakkında bilgi vermektedir. Akköprü'den örneklenen taş örneklerine taşınmış (suda çözünen) toplam tuz miktarı (Ek 3), ortam pH değerleri (Ek 3) ve anyon türleri (Ek 3) gerçekleştirilen analizlerle belirlenmiştir. Bunun için; 100 ml su içerisine alınan 1 gram örnek, suda bir gün bekletildikten sonra üstteki çözeltiliye daldırılan iletkenlik ölçerini elektrodu ile (Neukum Serie 3001 marka pH-sıcaklık-iletkenlik ölçer) kaydedilmiş, ilgili eşitlikler kullanılarak örneklerin bünyesindeki tuz miktarlarına (%w/w) ulaşılmıştır (Ek 3). Örneklerde tuz türü, hazırlanan ana çözeltideki anyonların spot testleri ile yapılmıştır (Ek 3). Çözeltide spot test türüne göre ya reaktifler eklenerek ya da şerit indikatörler kullanılarak anyon analizleri yapılmıştır. Anyon analizlerinde standart Merck klorür (Cl⁻; 110079), sülfat (SO₄²⁻; 114789), fosfat (PO₄³⁻; 114846), nitrit (NO₂⁻; 108025) ve nitrat (NO₃⁻; 111170) test kitleri kullanılmıştır. Bu testler temel spot test analizlerine dayanmaktadır (Black, Evans, Ensminger, White ve Clark, 1965; Feigl, 1966). Örneklerin tuz içerikleri Ankara kent merkezini yansıtan meteorolojik veriler ile de değerlendirilmiştir (Ek 21).

Akköprü'ye ait taş bloklardan örneklenen harçların agrega ve bağlayıcı bölümlerinin belirlenmesi için tartıma alınan örnekler daha sonra bağlayıcı karbonat (CO₃²⁻) içeriklerinden arındırılmak üzere seyreltik asitle (%5'lik HCl) muamele edilmiştir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile kireç ve tüm karbonat içeriklerinden arındırılan ve agrega kısmı elde edilen harçlar, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı ve agrega miktarlarına ulaşılmıştır (Ek 4,22). Harç örneklerinin asidik işlem sonrası elde edilen agregalarına sistematik eleme (Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 1999) uygulanarak agrega tane boyutu dağılımları (granülometrik analiz) ulaşılmıştır (Ek 4, 22).

Taş ve harç örneklerin ince kesitleri hazırlanarak optik mikroskopta incelenmiştir (Ek 5, 6, 23, 26). İnce kesitler; örneklerde dıştan içe doğru tüm tabakaları gösterecek şekilde hazırlanmıştır. İncelemelerde LEICA Research Polarizan DMLP Model optik mikroskop kullanılmıştır. Fotoğraflamalar mikroskoba bağlı Leica DFC280 dijital kameralarla, değerlendirmeler ise Leica Qwin Digital Imaging Programı kullanılarak yapılmıştır (Kerr, 1977; Rapp, 2002).

X-ışını toz kırınımı analizi (XRD) örneklerin kristal yapısı ile mineral fazlarının dağılımının anlaşılması için uygulanmaktadır. Analiz, yönlenmemiş (unoriented) kil boyutundaki (<63 µm) toz örneklerle doğrudan uygulanmıştır. Harç örnekler uygun bir eleme yapılarak taş parçacıkları ve diğer safsızlıklardan arındırılmıştır. Örneklerin XRD spektrumları PHILIPS model PW 1353/20 Cu / 40kV / 40mA K X-ışını nikel (Ni) filtre kullanılarak alınmıştır. Tarama 1 ile 75 derece (2θ) arasında yapılmıştır. Harç örneklerinden seçilen AKK-H6 örneğinin XRD spektrumu Ek 24'te verilmektedir.

Kızılötesi spektrumun ya da sık kullanılan adıyla infrared (IR) malzemedeki yayılan ısıyı radyasyon biçimi olarak yapı malzemelerini birbirinden ayırmak (onarım ve özgün ya da farklı türdeki taşları), ortam şartlarının durumunu belirlemek (kuru ve nemli yüzeyleri) ve bozulma süreçlerini anlamak amacıyla kullanılmaktadır. Yapı malzemelerinin aynı ortamda farklı yüzey sıcaklıklarına sahip oluşu, uzun zamanda bozulma derecelerini de belirleyen önemli bir parametredir. Ayrıca IR termal kamera yüzey görüntülemeleri, aynı malzeme için yapılan fiziksel testlerde çıplak gözle görülemeyen tuzlanma ve nemlenme gibi bozulma etkilerinin ve yayılma bölgelerinin de malzeme yüzeylerinde belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Akköprü taş örneklerinin yüzey sıcaklıkları IR termal kamera analizi ile belirlenmiştir (Ek 25). Analizde FLIR i5 model termal kamera kullanılmış, aynı anda (10 Aralık 2008, saat 09.30'da) köprüdeki taş çeşitli malzeme yüzeylerinden referans madde kullanılmadan standart olmayan görüntüler alınmıştır.

Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeler

Akköprü'ye ait yapısal özellikteki örnekler, çeşitli arkeometrik yöntemler kullanılarak incelenmiştir.

Akköprü'den örneklenen çeşitli kayaç türündeki taş örnekler; doğal kayaç yapılarına ve ortam özelliklerine göre değişen fiziksel özelliklere sahiptirler. Yapısal özellikleri ile düşük yoğunluklu ve yüksek gözenekli taşların daha dayanımsız durumda olmaları beklenir. Akköprü'ye ait

taş örneklerin doygun birim hacim ağırlıkları 2,29-2,57 g/cm³ arasında, kuru birim hacim ağırlıkları 1,65-2,43 g/cm³ arasında, toplam su emme kapasiteleri %1,71-16,78 arasında ve toplam gözeneklilikleri de %3,96-27,76 arasında değişim göstermektedir (Ek 2). Taş örnekler kayaç türü açısından ele alındığında, yoğunlukla andezit, takiben ignimbirit ve oldukça az oranda da dasit kayaç türündedir. İgnimbirit örnekler (AKK-T1, AKK-T2 ve AKK-T6) oldukça düşük fiziksel verilere sahiptir. Dasit örnekler (AKK-T3 ve AKK-T4) ise ignimbirit örneklerden daha yüksek incelenen andezit örnekten ise daha düşük fiziksel verilere sahiptir. Fiziksel veriler ışığında ignimbirit örneklerin dayanım özelliklerinin oldukça düşük, andezit örneğin ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Kayaçlar kendi kayaç grubu verileri ile ele alındığında ise ortalama bir andezit kayacın kuru birim ağırlığının 2,70'ler seviyesinde olması beklenir. İncelemeye konu olan andezit örnek de düşük dayanım özelliği göstermekte, bir başka deyişle bozulma aşamasındaki bir taş örneğini ifade etmektedir (Ek 2).

Temel fiziksel testleri destekler nitelikte, Schmidt çekiç sertlik testi için incelemeye imkan veren 3 farklı kayaç türünde taş örnekler içinde ignimbirit örneklerin diğer taş örneklerden daha düşük sertlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Ek 2). Sertlik değeri andezit örnekte daha yüksek, dasit örneklerde ise andezit örnekten düşük, ignimbiritlerden yüksektir.

Akköprü'den alınan taş örnekler üzerinde gerçekleştirilen ultrasonik hız (SV) ölçümleri sonucunda; örneklerin SV ölçüm değerleri (ortalama değerler üzerinden) Ek 2'de belirtilmiştir. Diğer fiziksel testlerde belirlenen fiziksel parametreler bu test ile de onanmıştır. Andezit örneğin SV değeri diğer örneklerden yüksektir. Dasit örnekleri yine ignimbirit örnekler takip etmektedir.

Yapı malzemelerinde tuzlanmanın nedenleri çok çeşitlidir: Yapısal (gözenekli yapıdaki taşlar veya çimento içerikli harçlar), dönemsel/iklimsel (cephe yağışları, sıcaklık değişimleri, donma/çözülme süreçleri) ve çevresel/atmosferik (denize, sanayi veya atık bölgelere yakınlık, eksoz gazları veya hava kirliliğinin etkisi) tuzlanmanın yol açtığı bozulmalara kaynak oluşturmaktadır. Akköprü'den örneklenen taş/kayaç örneklerin toplam tuz içeriği %1,10-1,99 (ortalama %1,46) arasında değişim göstermektedir (Ek 3). Onarım ve özgün nitelikteki taş örneklerde yüksek miktarda tuzlanma belirlenmiştir. Örneklerde tuzlanmanın ana kaynağını çevresel etkiler (toprak rezervuardan özgün yapı malze-

melerine nem ile taşınan tuzlar) oluşturmaktadır (Dursun, Dizdar, Kırıştioğlu, Özcan ve Hamurkar, 2008, s. 70).

Suda çözünerek malzemeye taşınan tuzlar tuz türleri açısından ele alındığında; sodyum, potasyum ve magnezyum tuzları olan sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, klorür ve karbonat, vb. grupları olmalıdır. Akköprü'ye ait taş örneklerine standart (Merck) spot tuz türü testleri (nitrit, nitrat, klorür, fosfat, sülfat ve karbonat) uygulanmış, ortam pH değerleri belirlenmiştir (Ek 3). Taş örneklerden AKK-T2 (ignimbirit) ve AKK-T4 (dasit) örnekleri zayıf bazik, diğer örnekler zayıf asidik özellik göstermektedir (Ek 3). Bazik örneklerin karbonat içerikleri diğer örneklerden daha yüksek değerdedir.

Taş örnekler içerdikleri tuz türleri açısından değerlendirildiğinde; AKK-T1 (ignimbirit) örneğinde nitrit (0,050 mg/L), AKK-T6 (ignimbirit) örneğinde de nitrat miktarı (25 mg/L) diğer örneklerden daha yüksek olmasına rağmen örneklerdeki nitrit / nitrat içerik hassasiyet sınırına yakın değerlerdedir. Örnekler içinde AKK-T1, AKK-T5 (andezit) ve AKK-T6 örneklerinde kaynağını vejetasyondan (likenleşme) alan 0,10 ve 0,20 mg/L değerlerinde düşük fosfat içeriğe rastlanmıştır. Taşların sülfat içeriği 20 ve 40 mg/L değerlerinde ve düşüktür. Taşlarda yoğunlukla (40 mg/L), bazılarında da yüksek değerlerde (80 ve 120 mg/L) çözülmüş karbonat içerik belirlenmiştir. Örneklerin tümünde yüksek miktarda (30-120 mg/L) klorür içerik belirlenmiştir (Ek 3). Akköprü'ye ait örnekler, suda çözünen tuzlar açısından değerlendirildiğinde; örneklerin tümü değişen oranlarda karbonat ve klorür içerirken, düşük oranda sülfat, nitrit, nitrat ve fosfat türü tuzlanmalar içermektedir. Örneklerde tuzlanmanın kaynağını hem çevresel etkilerle yapıya topraktan taşınan, hem de çimento içeren onarım derz harçlarından aktarılan tuzlar oluşturmaktadır.

Akköprü arkeometrik çalışmaları kapsamında örnekleme yapıldığı dönemin (Nisan 2008) uzun dönemli meteorolojik verileri (Ankara kent merkezine ait resmi meteorolojik veriler) değerlendirildiğinde, tümü ortalama değerler üzerinden Nisan ayında ortalama sıcaklığın 11,2°C, gün içi güneşlenme süresinin 6,4 saat, yağışlı gün sayısının 12,6 gün ve yağış miktarının da yıl içindeki en yüksek miktarı olan 51,7 kg/m² olduğu bilinmektedir (Ek 21). Karasal iklim kuşağında, ılıman ve yağışlı bahar dönemine denk gelen bu dönemle beraber çözünen tuzlar yapı malzemelerine taşınmakta, yağışların azaldığı ilk aylardan (Haziran ve Temmuz) itibaren de yoğun bir kristallenme halinde kendini göstermektedir. Bu durum yapıya ait taş blokların

özellikle oldukça gözenekli ignimbirit türü taşların--nemli ortam şartlarında likenleşmeye de maruz kalmasıyla beraber, yüzeylerinden itibaren iç (gözenekli) yapıya doğru ilerleyen yoğun bir bozulma mekanizması (parça kaybindan ayrılmaya kadar varan) oluşturmaktadır (Ek 12).

Akköprü'den örneklenen harç örnekler (özgün ve onarım örnekleri) asidik işlemde geçirilmiştir. Analiz sonrasında elde edilen agregalar tartıma alınarak, örneklerin toplam agrega/bağlayıcı (%TA/%TB) oranlarına ulaşılmıştır (Ek 4,22). İncelenen harç örneklerin toplam agrega içeriği %76,66-89,05 arasında değişim göstermektedir (ortalama %83,45). Örneklerde yüksek oranda agrega içerik bulunmaktadır. Toplam agrega oranının (karbonat içerikli olmayan) incelenen harçlarda (AKK-H6 özgün, diğerleri onarım harcı niteliğindedir) homojen bir dağılım gösterdiği anlaşılmıştır (Ek 22). Agregatane boyutu dağılımları açısından onarım örnekleri (AKK-H2, AKK-H3, AKK-H4 ve AKK-H5) benzer bir agrega dağılımı verirken, özgün AKK-H6 harç örneği biraz daha düşük oranda (%10-15) toplam agrega içeriği ile farklı bir dağılıma sahiptir. Harçlarda belirlenen toplam agrega oranı geleneksel/standart agrega: bağlayıcı (1:2 veya 1:3) oranı ile de uyumluluk göstermektedir (Ek 4).

Harç örneklerin asidik agrega/bağlayıcı analizinden sonra elde edilen agregalar üzerinde yapılan sistematik elemeler sonucunda (63-1000 µm arasındaki elekler kullanılmıştır) agrega tane boyutu dağılımı oranlarına ulaşılmıştır (Ek 4, 22). Agregatane boyutu dağılımı ile harçlarda sistematik elemeler yapılarak 6 tane boyu aralığında (63-1000 µm) agregalar elde edilmiştir. Harçların toplam agrega yapısını; %40,56-%58,58 arasında değişen (ortalama %48,80), iri kum boyutunda (>1000 µm) agregalar (Wentworth, 1922, ss. 377-392) oluşturmaktadır. Örneklerin, %0,85-%4,16 arasında değişen (ortalama %2,47), oldukça düşük kil/silt boyutlu (<63 µm) agrega içeriği bulunmaktadır. Bu oranlar dışında geriye kalan silt/kum (63-1000 µm) boyutundaki agregalar da yapıyı tamamlamaktadır (Ek 4).

Akköprü taş bloklarından örneklenen özgün ve onarım niteliğindeki tüm derz ve moloz dolgu harç örnekleri (AKK-H2 - AKK-H6) içerdiği agregaların makro fiziksel yapılarının belli bir eleme sonucu tercih edilen agrega türüne sahip olmayan heterojen türde agrega çeşitliliği göstermektedir. Agregatane içeriğini yoğunluğu yerel formasyonla uyumlu çeşitli türde mineral ve kayaçların oluşturduğu görülmektedir (Ek 26). Harç örnekleri agregalarının makro fiziksel yapısını, yoğunlukla yuvarlanmış akarsu yatağı kayaç parçaları oluşturmaktadır.

Gerçekleştirilen ince kesit optik mikroskop analizi sonucunda Akköprü'yü oluşturan taş bloklardan örneklenen taş örneklerin farklı türde andezit, dasit, ignimbirit ve traverten kayaç gruplarında oldukları belirlenmiştir (Ek 5, 23). Taş örneklerin yüzeyleri (özellikle ignimbirit örnekler) nem ve çevresel etkilerle oldukça bozulmuş durumdadır. Bu durum taşların yüzeylerinde yapısal ayrılmadan kaynaklanan bozulmuş bir patina oluştururken, nem etkisi ile yapıya taşınan tuzların kristalizasyonu da ayrılmayı artırıcı bir başka etken olarak görülmektedir.

Köprüde kullanılmış olan andezitlerin petrografik yapısı Ankara kent merkezine yani Hüseyingazi formasyonuna yakındır. Köprüde kullanılan ignimbiritler Güdül mevki kayaç formasyonuna ait kaynaklardan elde edilmiş olmalıdır. İgnimbiritler yapıtaşı olmayıp yakın dönem onarımları ile (temini ve işlemesi kolay olan özelliği ile tercih edilmiş) yapıda kullanılmıştır. Devşirme niteliği taşıyan dasitler ise Ankara'nın kuzeyinden, Bağlum mevkiinden elde edilmiş olmalıdır (Ek 26).

Petrografik ince kesit optik mikroskop analizi ile harç örnekleri ikisi özgün 4 farklı grup halinde sınıflandırılmıştır (Ek 6). Harç örneklerde değişkenleri, agrega/bağlayıcı içeriği (türü ve oranı), lokasyon farklılığı, petrografik özellikler, fonksiyon, çevresel etkiler oluşturmaktadır. İnce kesit incelemeleri ile özgün ve onarım niteliği taşıyan harç örnekler ayrılandırılmıştır. Örneklerde bağlayıcı içeriği olarak özgün harç örneklerde kireç/kil/kireçtaşı-mermer tozu, onarım harçlarında da çimento ve kireç karışımının kullanıldığı görülmektedir (Ek 6, 23). Köprü harç örneklerinden köprünün kuzeyinde batı korkuluğun kesitinden örneklenen AKK-H6 ile karot örneklerinden AKK-K5h örneği özgün nitelik taşımaktadır. İki farklı lokasyondan (derz ve karotla ulaşılan moloz dolgudan) alınan örneklerin benzer agrega/bağlayıcı içerikte oluşu da dikkat çekicidir. Özgün kireç harcı bileşimlerinde tuf tozu (kil boyutunda) ve kireçtaşı-mermer tozuna da rastlanmıştır. Hem onarım hem de özgün örneklerin agrega yapısı; zengin mineral içeriğe sahip dere yatağı malzemesinden oluşmaktadır. Özgün örneklerin agrega yapısını çoğunlukla volkanik kayaç grubundan oluşan agregalar oluşturmaktadır. Köşeli/kırıklı yapıdaki (özellikle andezitlerin) agregalar, harca agreganın öğütülerek eklendiğini göstermektedir (Ek 23). Akköprü'ye ait taş blok derzlerinden ve sondajla ulaşılan moloz dolgu harç örneklerinin ilk seviyelerini oluşturan onarım harçları oldukça benzer içerik sergilemektedir (Ek 6). Bu durum örneklerin aynı dönem uygulamaları olduklarına işaret etmektedir.

Akköprü harç örneklerinin XRD incelemelerinde seçilmiş özgün kireç harcı (AKK-H6) örneği spektrumu Ek 24'te verilmektedir. Harca eklenen kil veya kum içeriğinden gelen mineral yapı kuvars (SiO_2) olarak görülmektedir. Örnekte kil türü (0-15 derece 2 theta aralığında) illit veya kaolin olmalıdır. Kil türü için daha detaylı analizlere ihtiyaç bulunmaktadır. Harç örneğinde bağlayıcıyı oluşturan kireç (CaCO_3) uygun dorukları ile örnekte belirlenmiştir.

Sonuç

Akköprü'ye ait yapı malzemeleri incelemelerine, laboratuvar da ve alanda gerçekleştirilen öncül testlerden olan spot testlerle başlanılmıştır. Yapıya ait kayaç örneklerin suda çözünen tuz türleri (nitrat, nitrit, sülfat, fosfat, karbonat, klor) ve miktarları ile ortam pH değerleri belirlenmiştir. Kayaç/taş örnekler; nitrit ve nitrat, fosfat ve sülfat açısından düşük, klorür ve karbonat içerikleriyle yüksek ve bozulma sürecine etki edebilecek nitelikte yüksek tuz miktarına sahiptirler.

Kondaktometrik olarak incelenen kayaç/taş örneklerin toplam tuz içerikleri, örneklerin fiziksel durumlarına, fonksiyonel özelliklerine ve lokasyonlarına göre farklılıklar içermektedir. Köprünün doğu yüzüne ait örneklerde daha yüksek tuz içeriği görülmüştür. Tuzlanmanın nedeni, köprünün bu yüzünde bulunan yüksek toprak rezervuarının nem etkisi ile çimento içerikli bağlayıcının bünyesindeki tuzları malzemeye taşıması olmalıdır. Taş türü açısından bakıldığında da tuzluluk oranları, ignimbrit gibi yüksek gözenekliliğe sahip örneklerde düşük, düşük gözenekliliğe sahip dasit türü taşlarda yüksektir. Bu durum dasitler için daha doymuş bir yapı göstermekte ve bu tür taşlar açısından daha riskli bir bozulma ortamını teşkil etmektedir.

Kayaç/taş örneklerine, birim hacim ağırlığı (doymuş/kuru), su emme kapasitesi ve gözeneklilik özellikleri ile sertlik (Schmidt çekici) ve ultrasonik hız değerlerini belirlemeyi amaçlayan temel fiziksel testler uygulanmıştır. Kayaç türleri açısından ignimbrit türü taşların oldukça zayıf, andezitin ise daha yüksek fiziksel dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Dasitler ise bu iki tür taşın arasında bir fiziksel dayanıma sahiptirler.

Harçlarda asidik agrega/bağlayıcı analizi ile toplam agrega ve bağlayıcı oranları ile agrega tanecik dağılımı değerlerine ulaşılmıştır. Agrega tanecik dağılımları açısından onarım harcı örnekleri AKK-H2, AKK-H3, AKK-H4 ve AKK-H5 beklendiği üzere benzer bir agrega dağılımı verirken, özgün AKK-H6 örneği farklı bir agrega/bağlayıcı dağılımına

sahiptir. Özgün nitelik taşıyan AKK-H6 örneği diğer (onarım) örneklerinden daha kaba/iri boyutlu agrega içeriğine sahiptir.

Petrografik ince kesit optik mikroskop analizi ile de kayaç ve harç örnekler dokusal bileşim, mineral türü, durumu, dağılımı, tane boyu açısından incelenmiştir. Cephe kaplamalarındaki derzlerin ve ulaşılan karot harçlarının (moloz dolgu) ayrıştırılmış agrega/bağlayıcı içeriği tanımlanarak özgün ve onarım harçları ayırtılmıştır. Cephe taşları derzini oluşturan harç örneklerinden AKK-H6 ile karot harç örneklerinden AKK-K5h örnekleri, kireç/kil/ kireçtaşı-mermer tozu bağlayıcı içerikleri ile özgün harçlar olarak tanımlanmıştır.

Akköprü'ye ait kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen petrografik analizlerin sonucunda örneklerin formasyon kaynakları belirlenmeye çalışılmıştır. Köprüde iki farklı türde andezit (biyotit ve opaklaşmış), dasit, ignimbrit ve traverten türü kayaçlar kullanıldığı belirlenmiştir. Köprüde ana grubu oluşturan yapıtaşı andezittir. Daha sonra devşirme olarak dasit ve son onarımlarda da ignimbrit türü (küpeşterlerde) taşlarla kaplamalar yapılmıştır. Travertene ise moloz dolguda rastlanılmıştır. Köprüde kullanılmış olan andezitler, petrografik olarak Hüseyingazi, ignimbritler Güdül, dasitler ise Bağlum mevki kayaç formasyonuna ait olmalıdır.

Harçlarda bağlayıcı türünü belirlemek için örneklere X-ışını toz kırınımı analizi (XRD) uygulanmıştır. Özgün harçlarda kirecin, onarım örneklerinde de çimento ve kirecin beraberce bağlayıcı olarak kullanıldığı mineralojik olarak da belirlenebilmiştir.

Akköprü yapı malzemelerinin korunması için altı çizilerek gözetilecek kriterler de şöyle belirtilebilir:

- Akköprü'yü oluşturan yapı malzemeleri, yoğun müdahaleler sonucunda çeşitli boyutlarda tahrip olmuş ve olmaya da devam etmektedir.
- Tehdit edici faktörlere karşı gerekli önlemler bir an önce alınmalı ve uygun koruyucu müdahaleler, belirlenmiş bir yöntem ve sınırlar çerçevesinde yapılmalıdır.
- Yapılacak müdahalelerin çağdaş koruma yöntemlerini esas alan uzman ekipler tarafından gerçekleştirilmesi ve bilimsel yöntemleri içermesi şarttır.
- Yapıya zarar verecek, gereksiz ve uygun olmayan uygulamalardan kaçınılmalı, özgün malzeme ve dokunun azami özenle korunması esas hedef olmalıdır.



- Yıpranmış yapı malzemelerinin, eşdeğer veya çeşitli gerekçelerle daha farklı bir malzeme ile doğrudan değiştirilmesi yerine sağlamlaştırılarak ömürlerinin uzatılması gereklidir.
- Onarım harçlarında çimento içerikli harç kullanımı yerine özgün malzemeye uygun kireç içerikli bağlayıcı kullanılması kesinlikle tercih edilmelidir. Onarım malzemesi niteliğinde önerilen tüm malzemelerin de (taş, harç, vb.) uygulama öncesinde onarıma uygunluk analiz ve denemelerinin de yapılması gereklidir.
- Yapıda gerçekleştirilecek koruma çalışmalarına paralel olarak, bozulma sürecini malzemeye taşıyan çevresel unsurların iyileştirilmesi gereklidir.
- Gerçekleştirilecek bütün bu koruma çalışmalarının süreçlerini uzatmak ve yeni bozulma oluşumlarını önlemek için yapının periyodik olarak kontrol altında tutulması, ihtiyaç halinde koruyucu müdahalelerin zaman içerisinde tekrarlanması da gereklidir.

Ankara kent merkezinde yer alan ve kentin tarihî yapısından olan Akköprü'nün yapı malzemelerine yönelik olarak gerçekleştirilen ve temel koruma yaklaşımını da içeren bu türden arkeometrik çalışmaların diğer tarihî anıtlar için de önemli bir örnek oluşturması en büyük temennidir.

Teşekkür

Akköprü yapı malzemeleri arkeometrik çalışmalarında yazarlar; örneklerin hazırlanmasında yardımlarından dolayı Gazi Üniversitesi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı (MAK-LAB) proje asistanı Gülşen Albuz ve Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma görevlisi Kıymet Deniz'e, ince kesit analizi örneklerinin hazırlanmasında teknisyen Orhan Karaman'a, optik mikroskop analizleri için de Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç bilirler.

Kaynakça

American Society for Testing and Materials. (1984). Standard test method for unconfined compressive strength of intact core specimens, soil and rock, building stones (Vol. 4.08). *Annual book of ASTM standards*. Philadelphia, Pennsylvania: ASTM.

MTA.(t.y).[Ankara ve çevresinin jeolojik haritası]. MTA Genel Müdürlüğü web sitesinden erişildi. http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/images/harita_basimi/1_500_olcekli_haritalar/ankara_b.jpg

- Ankara'nın tarihsel hava durumu verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sitesinden erişildi: <http://www.meteor.gov.tr>
- Başarır, H., Kumral, M. ve Özsan, A. (2004). Kayaçların tek eksenli basınç dayanımının basit deney yöntemleriyle tahmini = Predicting uniaxial compressive strength of rocks from simple test methods. A. Ceylanoğlu ve B. Erdem (Ed.), *KAYAMEK' 2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu = ROCKMEC'2004-VII. Regional Rock Mechanics Symposium: 21-22 Ekim 2004 Sivas* içinde (ss. 111-117). Ankara: Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü.
- Black, C. A., Evans, D. D., Ensminger, L. E., White, J. L. ve Clark, F. E. (Ed.). (1965). *Methods of Soil Analysis* (Vol. 9). Madison: American Society of Agronomy.
- Çulpan, C. (1975). *Türk taş köprüleri: Ortaçağdan Osmanlı devri sonuna kadar*. Ankara: Türk Tarih Kurumu.
- Dursun, H., Dizdar, M. Y., Kırıštoğlu, Ş., Özcan, İ. ve Hamurkar, Y. (2008). *Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı ve ilgili mevzuat*. Ankara: Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını.
- Feigl, F. (1966). *Spot test in organic analysis*. Amsterdam: Elsevier Publication Company.
- Kerr, P. F. (1977). *Optical Mineralogy* (1. ed.). New York: McGraw-Hill Co.
- Öney, G. (1971). *Ankara'da Türk devri yapıları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil Tarih Coğrafya Fakültesi Yayınları.
- Pollard, A. M. and Heron, C. (1996). *Archaeological chemistry*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Rapp, G. (2002). *Archaeomineralogy*. Berlin: Springer-Verlag.
- RILEM. (1980). Research and testing. *Materials and Construction 13*. Paris: Chapman and Hall.
- Turhan, N. (2002). 1:500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Ankara paftası. M. Şenel (Ed.) *Türkiye 1/500.000 ölçekli jeoloji haritaları, no: 8* içinde. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE). (1999). *Agregaların geometrik özellikleri için deneyler, Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini-eleme metodu*. (TS 3530 EN 933-1). Ankara: Yazar.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A. (2005). *Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology, 30*, 377-392.



Ekler

Ek 1. Akköprü Yapı Malzeme Analizi Çalışmaları Örneklemi

Örnek Kodu	Malzeme Grubu	Örnek Sayısı
AKK-T	Taş Örnekler	6
AKK-H	Derz Harcı Örnekleri	6
AKK-Kt	Karot Taş Örnekler	9
AKK-Kh	Karot Harç (Moloz Dolgu) Örnekler	5

Ek 2. Taş Örneklerde Temel Fiziksel Testler

Örnekler	BHA-d (g/cm ³)	BHA-k (g/cm ³)	SEK (%)	P (%)	SV (km/s)	SH
AKK-T1	2,42	2,00	8,74	17,46	1,89	19,5
AKK-T2	2,45	2,08	7,25	15,08	2,03	20,4
AKK-T3	2,39	2,16	4,58	9,89	3,62	29,6
AKK-T4	2,40	2,31	1,71	3,96	3,89	31,0
AKK-T5	2,57	2,43	2,27	5,49	5,43	42,2
AKK-T6	2,29	1,65	16,78	27,76	1,51	18,5

Not: Doymun/kuru birim hacim ağırlığı (BHA), su emme kapasitesi (SEK), gözeneklilik (P), ultrasonik hız (SV) ve Schmidt çekici sertliği (SH).

Ek 3. Örneklerde Suda Çözünen Anyon Türü, Ph ve Suda Çözünen Toplam Tuz (SS) Testleri

Örnekler	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	Cl	pH	SS (%)	Taş Türü
AKK-T1	0,050	10	40	0,10	40	60*	6,42	1,25	İgnimbirit
AKK-T2	0,025	10	20	-	80	30	7,38	1,10	İgnimbirit
AKK-T3	0,025	10	20	-	40	60	6,62	1,99	Dasit
AKK-T4	0,025	10	40	-	120	30	7,54	1,89	Dasit
AKK-T5	0,025	10	20	0,20	40	120	6,45	1,12	Andezit
AKK-T6	0,025	25	20	0,10	80	30	6,98	1,39	İgnimbirit

Not: Testlerin hassasiyeti; NO₂⁻: 0.025 mg/L, NO₃⁻: 10 mg/L, SO₄²⁻: 20 mg/L, PO₄³⁻: 0.10 mg/L, CO₃²⁻: 4 mg/L, Cl: 3 mg/L, SS: Toplam Tuz Miktarı (Soluble Salt).

Ek 4. Harçlarda Agregabağlayıcı Analizi ve Agregada Granülometrik Analiz

Örnekler	TB (%)	TA (%)	Agrega Tane Boyutu (μm) Dağılımı (%)					
			<63	>63	>125	>250	>500	>1000
AKK-H2	19,07	80,93	4,16	4,48	8,74	16,17	24,73	41,72
AKK-H3	15,80	84,20	3,18	4,68	8,50	15,61	27,47	40,56
AKK-H4	10,95	89,05	1,42	2,55	7,49	17,31	21,25	49,98
AKK-H5	13,58	86,42	0,85	1,49	4,44	14,89	25,16	53,17
AKK-H6	23,34	76,66	2,73	1,26	3,29	9,79	24,35	58,58
Ortalama	16,55	83,45	2,47	2,89	6,49	14,75	24,59	48,80

Ek 5. Taş/Kayaç Örneklerinde Petrografik İnce Kesit Optik Mikroskop Analizi

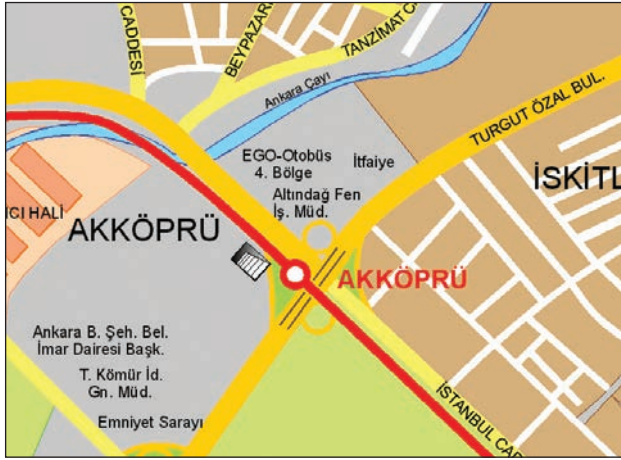
Taş Örnek Grubu	Taş Örnekler	Kayaç Türü	H (Mohs)	Açıklamalar
Taş Gr1a	AKK-K4t AAK-K7t AKK-K8t AKK-K9t	Opaklaşmış Andezit	6,0	Hiyalopilitik porfirik dokulu opaklaşmış, opazitleşmiş yapıda killeşme görülüyor.
Taş Gr1b	AKK-T5 AKK-K1t AKK-K2t AKK-K3t AKK-K5t	Biyotit Andezit	6,0	Hiyalopilitik porfirik dokulu yapısında oligoklaz, biyotit, plajiyoklazlar yer alıyor. AKK-T5 örneğinde killeşme görülüyor, diğer örnekler daha sağlam yapılıdır.
Taş Gr2	AKK-T3 AKK-T4	Dasit	6,5	Yapıda sanidin, kuvars, biyotit ve oligoklazlar yer alıyor.
Taş Gr3	AKK-T1 AKK-T2 AKK-T6	İgnimbrit	3,0	Yapıda oligoklaz, kuvars, biyotit, piroksen, andezit ve bazalt parçaları yer alıyor.
Taş Gr4	AKK-K6t	Traverten	3,0	Sıcak su çökelimli kayaç kaynağına sahiptir.



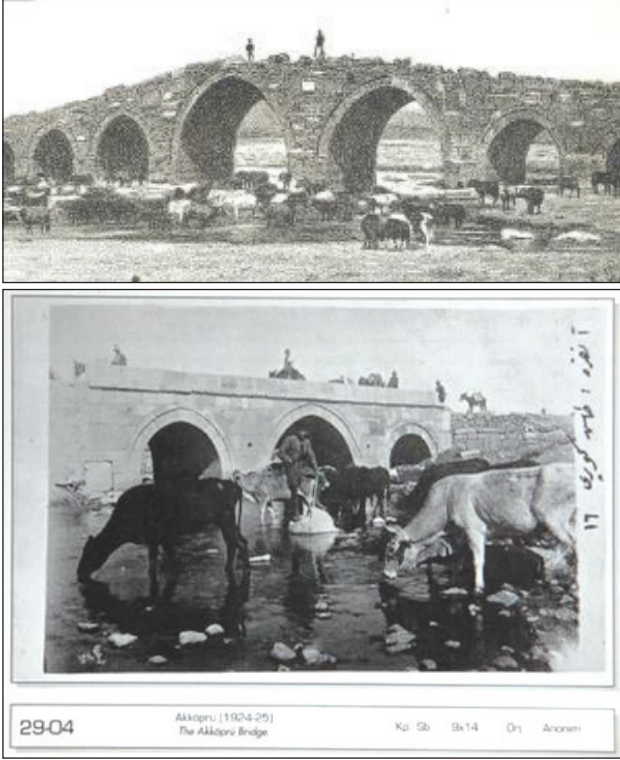
Ek 6. Harç Ö rneklerinde Petrografik İ nce Kesit Optik Mikroskop Analizi

Harç Ö rnekler	MTB (%)	MTA (%)	Bağlayıcı Bileş imi (%)				Agrega Bileş imi (%)	
			Kireç	Ç m	KMT	Kil	Kayaç ve Mineral*	TK
AKK-H1 AKK-H2 AKK-H3 AKK-H4 AKK-H5	40	60	80	20	-	-	100 (Q,Qs,C, B,A,Ç,K,Kt)	-
AKK-H6	80	20	60	-	10	30	100 (Q,By,Pl,Oj,Pz,Py)	-
AKK-K1h AKK-K2h AKK-K3h AKK-K6h	45	55	70	30	-	-	100 (K,A,B,Ç)	-
AKK-K5h	80	20	80	-	10	10	99 (Q,B,Pl,Pz,A)	1

Not: (*) A: Andezit, B: Bazalt, By: Biyotit, C: Kalsit, Ç : Ç ört, Ç m: Ç imento, K: Kireç taşı, Kt: Kumtaşı, KMT:Kireç taşı-Mermer Tozu, Oj: Ojit, Q: Kuvars, Qs: Kuvarsit, Op: Opak Mineraller, Pl: Plajiyoklaz, Py: Piroksen, Pz: Pomza, MTA: Matriks Toplam Agreg a Oranı, MTB: Matriks Toplam Bağlayıcı Oranı, TK: Tuğ la Kırığı Parçaları.



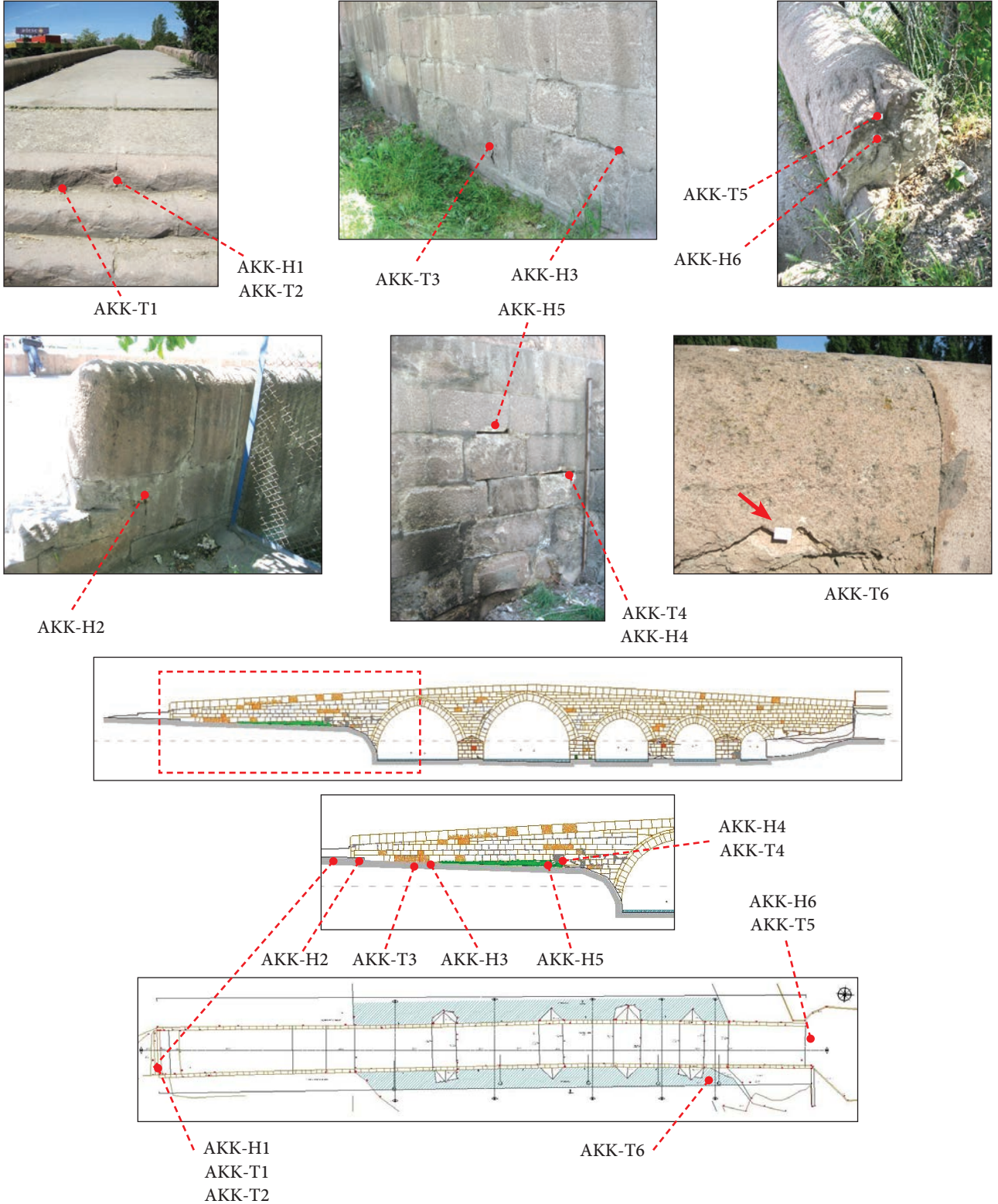
Ek 7. Ankara kent merkezinde yer alan Akköprü (22 Nisan 2008).



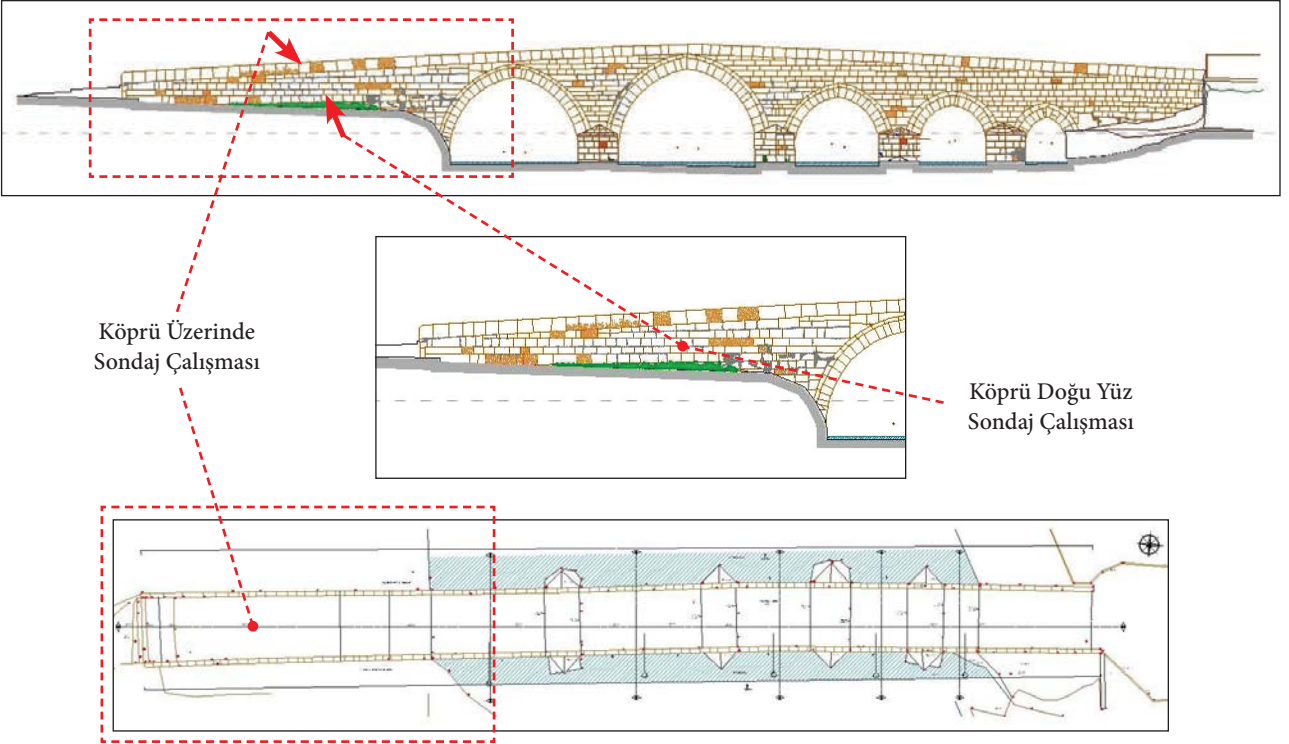
Ek 8. Akköprü'nün 1892 ve 1924-1925 yıllarındaki genel görünümü.



Ek 9. Akköprü'nün 1960 ve 2008 yılı onarımları.



Ek 10. Akköprü örneklemeleri (altta karot örnekl eri).



Ek 11. Akköprü örneklemeleri (karot örneklemleri).



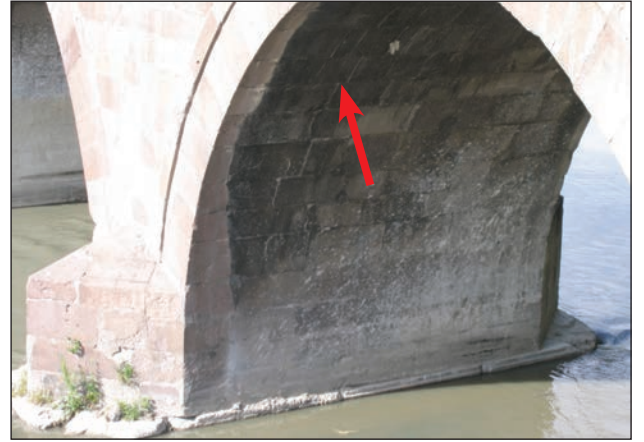
Ek 12. Parça kaybı.



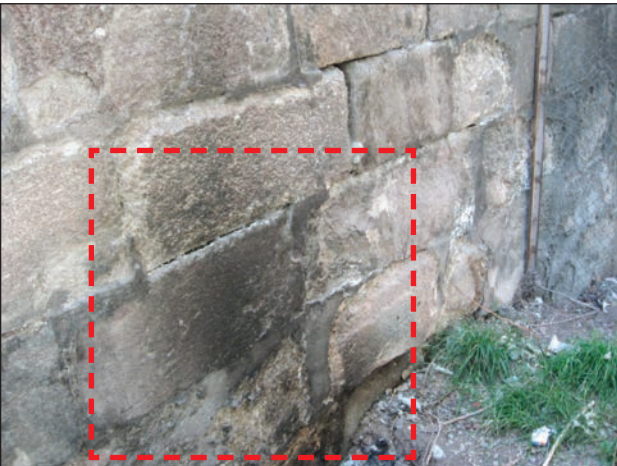
Ek 13. Çatlak, yarık ve kırıklar.



Ek 14. Aşınmalar.



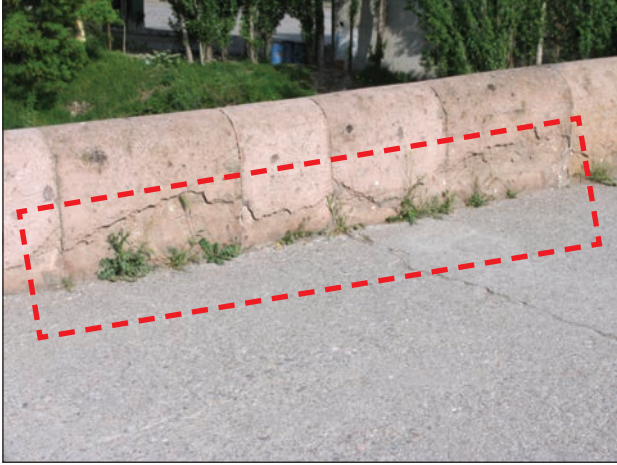
Ek 15. Tuz birikimi ve siyah tabaka oluşumu.



Ek 16. İs tabakası.



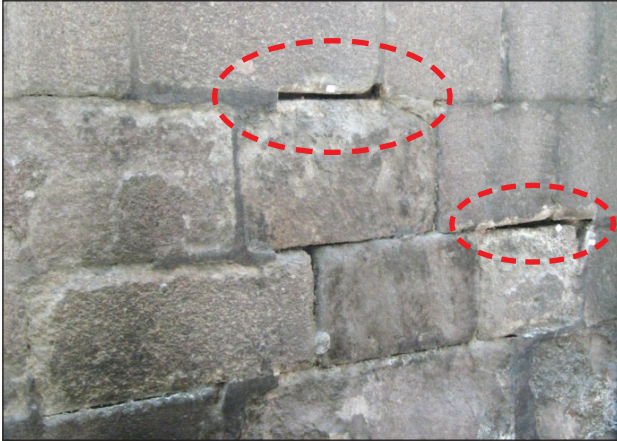
Ek 17. Yazı, boya tabaka oluşumu ve grafitiler.



Ek 18. Vejetasyon (gelişmiş bitkiler).



Ek 19. Mikrobiyolojik patina.

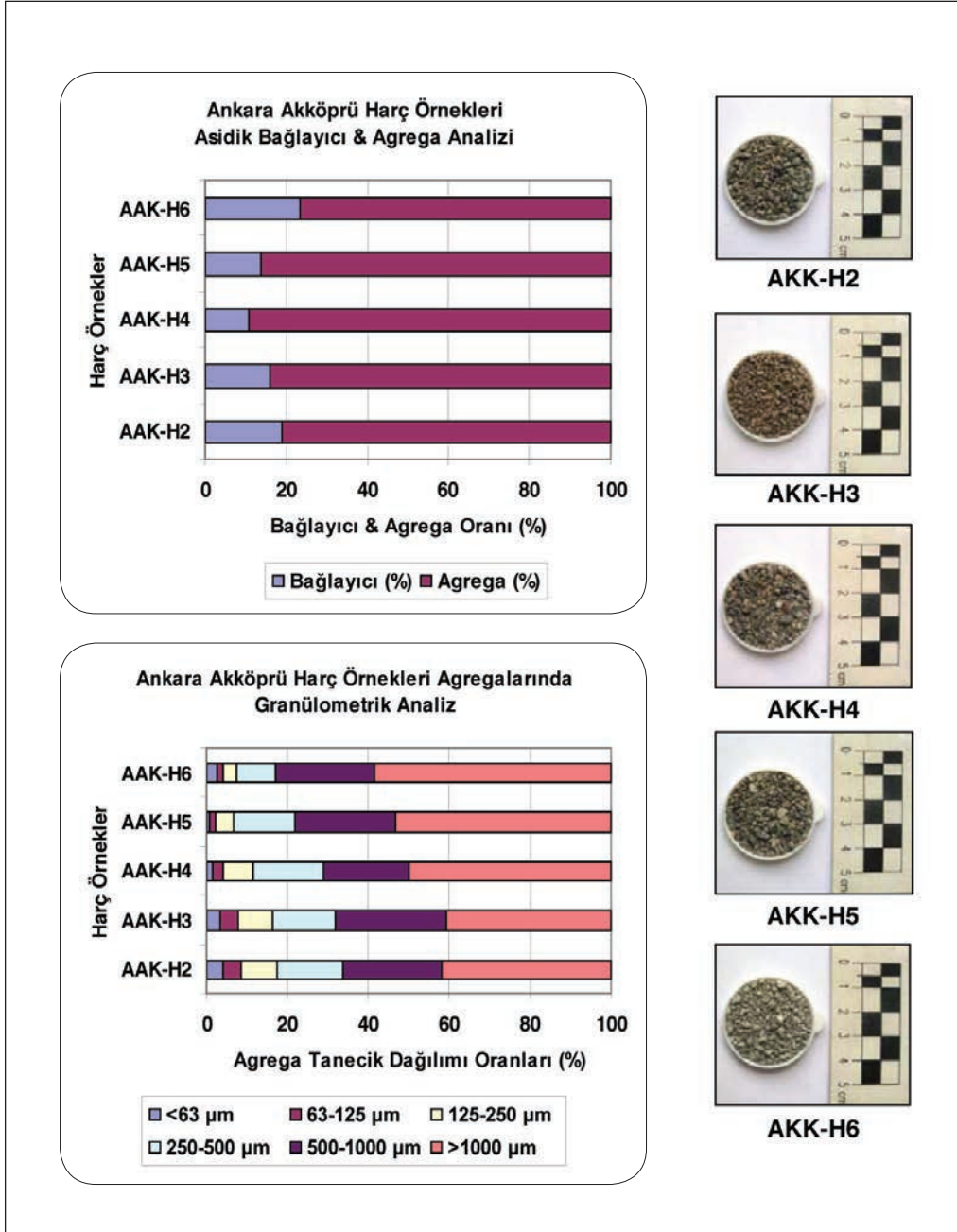


Ek 20. Derz harçlarında dökülmeler ve onarım hatalarından kaynaklanan yüzeysel kirlenmeler.

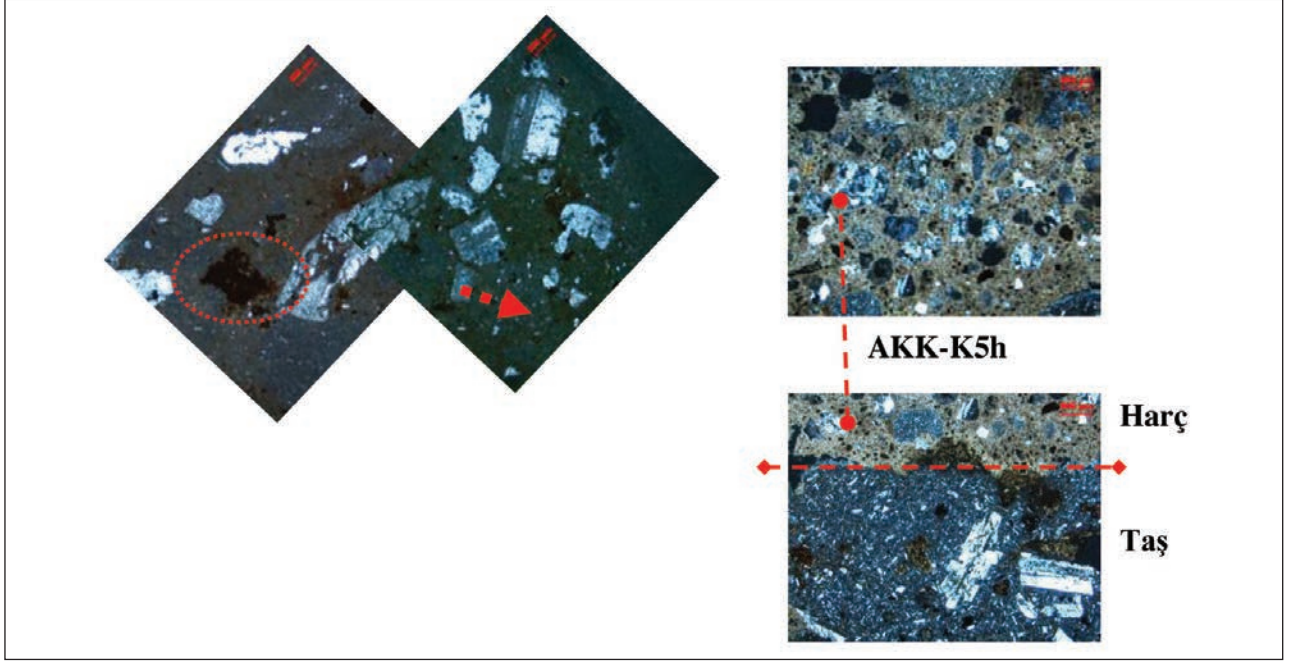
ANKARA	Ocak	şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2008)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.4	1.9	6.0	11.2	15.9	19.9	23.4	22.9	18.5	12.9	6.6	2.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.3	6.5	11.6	17.0	22.0	26.3	30.0	29.8	25.9	19.7	12.3	6.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.9	-2.2	0.8	5.7	9.6	12.9	16.0	15.8	11.7	7.3	2.2	-0.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.6	4.0	5.6	6.4	8.6	10.4	11.4	10.9	9.4	6.6	4.4	2.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.5	10.2	10.2	12.6	12.4	9.3	4.0	3.3	3.7	7.3	9.0	11.1
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	40.0	32.1	36.1	51.7	49.4	32.8	14.4	12.2	17.8	30.0	37.6	41.1
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2008)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.6	19.9	25.7	30.3	33.0	37.0	40.8	39.0	36.0	32.2	24.4	18.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-21.2	-21.5	-19.2	-6.7	-1.6	5.0	6.8	7.2	2.8	-3.4	-8.8	-14.6

Ek 21. Ankara'nın tarihsel meteorolojik verileri.

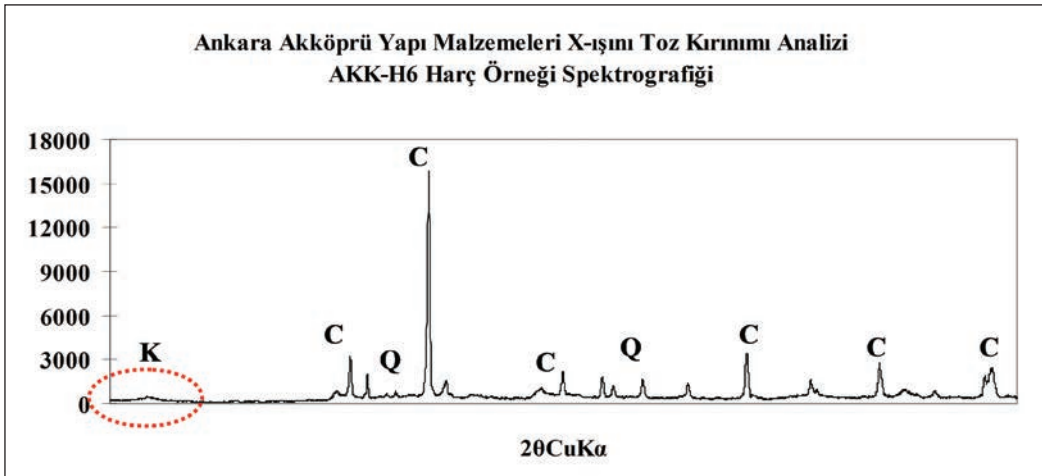
Kaynak: <http://www.meteor.gov.tr>



Ek 22. Akköprü harç örneklerinde agrega & bağlayıcı analizi: toplam agrega/bağlayıcı oranları (üst grafik), agregada tane boyutu dağılımı oranları (alt grafik) ve harçların agrega fotoğrafları.

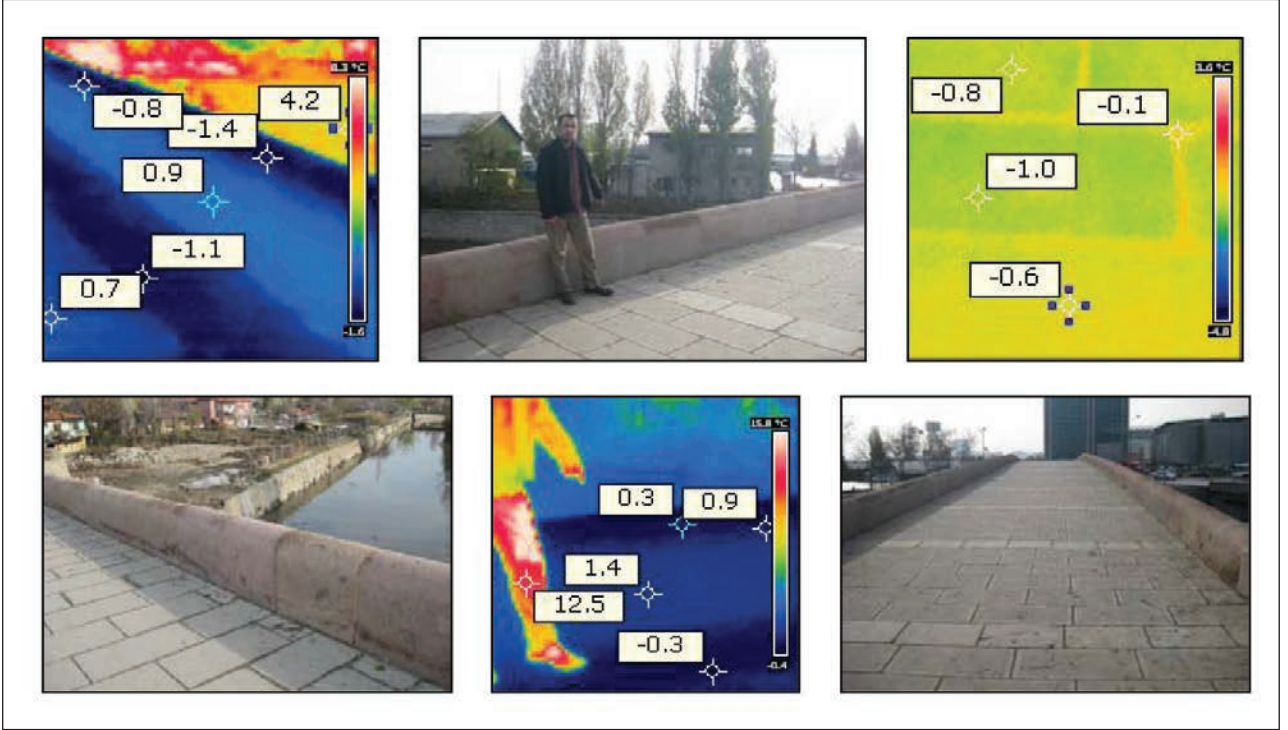


Ek 23. Akköprü taş (solda; AKK-T5 andenkite örneği) ve sondaj ile ulaşılan karot özđün harç (AKK-K5h) örneğinin ince kesit mikrofotografaları.

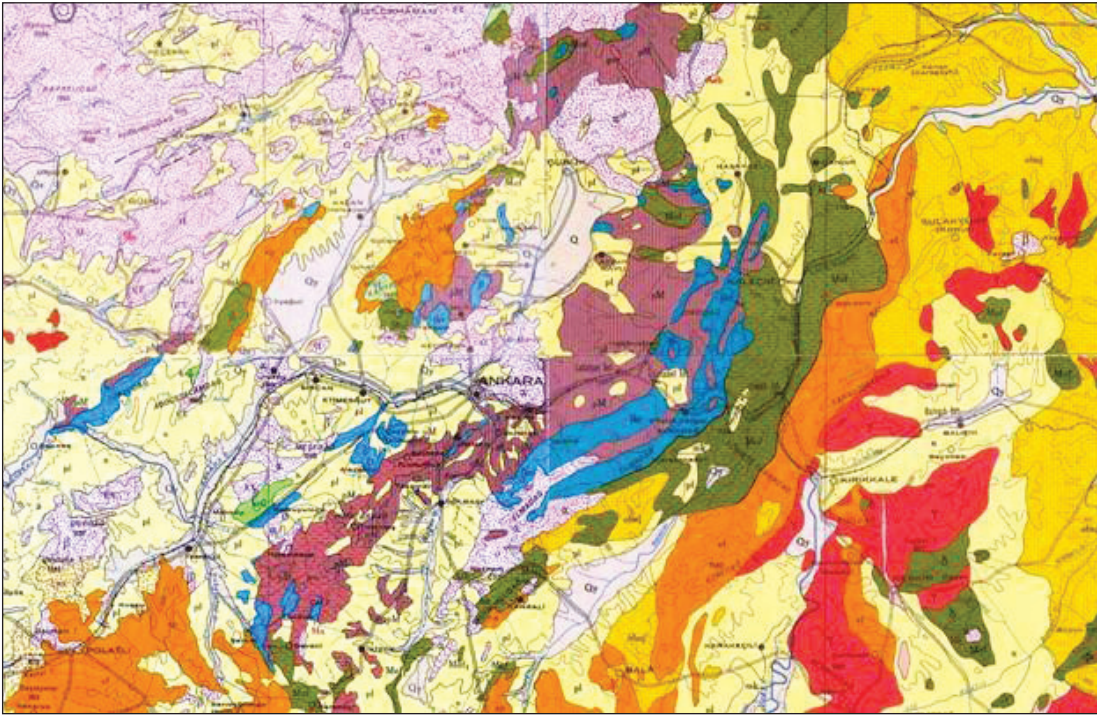


Ek 24. Akköprü harç (AKK-H6) örneğinin XRD spektrumu.

Not: C: Kalsit, K: Kil bölgesi, Q: Kuvars.



Ek 25. Akköprü yapı malzemelerinin yüzey sıcaklıkları.



Ek 26. Ankara ve çevresinin jeolojik formasyonu.

Kaynak: Turhan, 2002.