

80年経過した鉄筋コンクリートアーチ橋（石川橋）の解体調査

金沢大学工学部 鳥居和之、真柄建設（株）上田信二
真柄建設（株）西本俊晴、金沢大学工学部 川村満紀

1. まえがき

石川橋は、その銘盤に明治44年3月建造と記されており、金沢城の百間堀の水堀を埋立て構築されている。兼六園と金沢城の石川門とを結ぶ石川橋は、金沢市民や観光客に親しまれてきた観光の名所であるとともに、我が国で最っとも古い鉄筋コンクリート橋（明治36年建設、京都府琵琶湖疎水運河）の建造後まもなくに架設されたことから、土木史における歴史的建造物としての価値も大きい。しかし、残念なことに、石川橋は道路の拡幅工事にともない平成5年11月に取り壊されることになった。石川橋の建設当時の使用材料、施工方法および構造形式の詳細は不明であるが、建設時の工事写真が1枚残されており、この写真からは主鉄筋を2層に配置した鉄筋コンクリート造のアーチ橋であることが分かっている。金沢大学材料研究室では、真柄建設（株）技術研究所と共同で石川橋の建設当時および現在の記録を正確に残すことを目的にして、各種調査を実施している。

本調査は、平成5年度および6年度の2年間に渡って実施する予定であり、ここでは調査の概要と石川橋で使用されたコンクリートおよび鉄筋の特徴について主に述べる。

2. 調査の概要

石川橋の解体調査の項目は、・コンクリート表面部の非破壊検査（赤外線撮影、シュミットハンマー（N型、P型）、超音波パルス速度）、・コンクリート表面部の劣化度調査（モルタルの浮き、中性化深さ、塩化物イオン量、三酸化イオウ量）、・コンクリートコアの調査（配合の推定、比抵抗値、圧縮強度、弾性係数、超音波パルス速度）、・鉄筋および継ぎ手の調査（化学組成、降伏強度、伸び率）、および・コンクリートおよび鉄筋の耐久性調査（水和生成物の同定（DTA,XRD,SEM-EDXA）、鉄筋の腐食状況の観察、錆の分析）などである。コンクリートコアの採取は、平成5年7月と10月の2回に渡り橋台（兼六園および石川門側、上段、中段、下段より各2本）、側面（県庁および兼六園側、各4本）、クラウン中央（2本）およびウイング（2本）にて、合計24本の貫通コンクリートコアを採取した。また、クラウン部の舗装および土砂が完全に取り除かれた段階にて鉄筋コンクリートアーチ橋全体の精密な測量を実施するとともに、クラウン中央のコンクリートを丁寧にはづり取り、鉄筋の配筋状態およびその腐食状況を調べた。

3. 石川橋の構造形式と配筋

石川橋の横断面図を図-1に示す。石川橋の構造形式は3心式鉄筋コンクリートアーチ橋であり、鉄筋の配置は主鉄筋（1インチの角筋、写真-1（a）参照）と横方向の配力鉄筋（5mmの角筋）とを番線で結ぶことにより、上層および下層の2層の格子となっており、上層の鉄筋の上にはさらに当時としては珍しいエキスパンドメタルが施されており、構造全体としてはモニエ式（Monier）のアーチ橋であると言える。鉄筋の継ぎ手には、リベット継ぎ手（下層の中央部分のみ使用、切削した鉄筋を張り合わせ、その部分に3本のリベットが打ってある、写真-1（b）参照）と重ね曲げ継ぎ手（加熱した鉄筋を折り曲げて、番線で結束している、写真-1（c））とが使われており、継ぎ手の場所は上層と下層とでずらしてある。また、ウイングは幅61cmの無筋コンクリートであり、鉄筋コンクリートアーチ本体との間に支え筋は使用されておらず、ウイングは鉄筋コンクリート本体の上に直接乗った構造になっている。橋台の基礎（平成6年2月調査予定）には松杭が使われているようであるが、不同沈下が生じており、県庁側および兼六園下側ともに橋台側面からウイングにかけて大きな貫通したひびわれが何本も存在している。

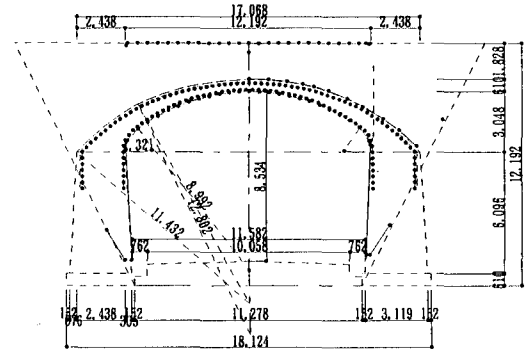


図-1 石川橋の横断面図

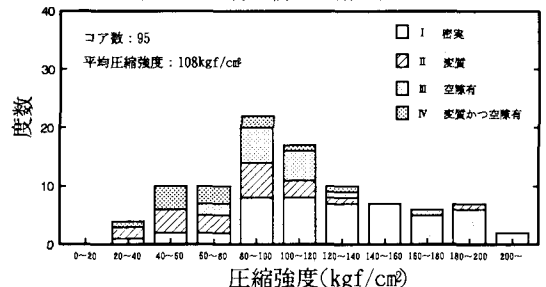


図-2 コンクリートコアの圧縮強度

4. コンクリートおよび鉄筋の特徴

コンクリート塊の塩酸溶解試験の結果より、コンクリート用骨材には金沢市の近辺の川原から採取されたと思われる川砂利（比重：2.54、吸水率：4.4%、最大寸法：50mm）および川砂が使われており、骨材中には瀬戸物のかけらや木切れなども混じっていた。クラウンおよび橋台の表面から1.5mの部分のコンクリートは、上述の骨材が使用されているようであり、この部分は空隙等も少なく、コンクリートの変質もあまり見られなかった（写真-2（a）参照）。しかし、橋台部の奥の方にはかなり大きなぐり石が使われており、突き固めが困難であるために奥の方ほど空隙も多く、かなりの部分が変質していた（写真-2（b）参照）。コンクリートの圧縮強度の分布状況を図-2に示す。コンクリートコアの圧縮強度は数10 kgf/cm²から200 kgf/cm²とかなりの広い範囲にあることが分かる。とくに、コンクリートの変質部分（モルタル部分は茶褐色に変色しており、モルタルと粗骨材との付着が弱くなっているのが特徴である）では、圧縮強度および弾性係数ともに小さくなっている。示差熱分析およびX線回折の結果より、変質部分には水酸化カルシウムがほとんど存在していないことが判明している。このことより、コンクリートの変質部分ではひびわれを通じて水の影響を受け、長年に渡って水酸化カルシウムの溶脱が生じたものと思われる。

鉄筋の腐食との関係で重要となる中性化深さと塩化物イオン量に関して、降雨の影響を受けないクラウンの下面において中性化が最も進んでおり、この部分では40～50mmの中性化深さが見られた。また、塩化物イオンは石川門側の橋台の下段において平均0.

019%と最も大きく、クラウンおよび側面には塩化物イオンはほとんど存在しなかった。このため、鉄筋の腐食は、クラウン部の下層鉄筋の一部に腐食の発生が見られたのみであり、全体的に鉄筋の状態は健全に保たれており、少なくとも現在までの調査では断面欠損をとまうような腐食の痕跡は確認されていない。

5. あとがき

今回の調査では、鉄筋コンクリート構造物の耐久性の問題に関連して、コンクリートの変質に及ぼす環境の影響、鉄筋の腐食に及ぼす化学組成や製造方法の影響など興味深い問題が提起されている。前者についてはコンクリートの組成や微細組織の変化について検討を始めており、後者については川崎製鉄（株）鋼構造研究所の協力で鉄筋および錆の化学組成について分析を行う予定でいる。

謝辞：本研究を実施するに当たりご協力いただいた金沢大学材料研究室筒井一臣氏、原田和彦氏並びに石川県金沢土木工事事務所の方々に感謝いたします。

参考文献

1. 廣井 勇、鉄筋混凝土橋梁、工學會誌、第253巻、pp.285-301、明治36年6月。
2. 石橋詢彦、鉄筋混凝土通俗説明、工學會誌、第333巻、pp.492-503、明治43年11月。

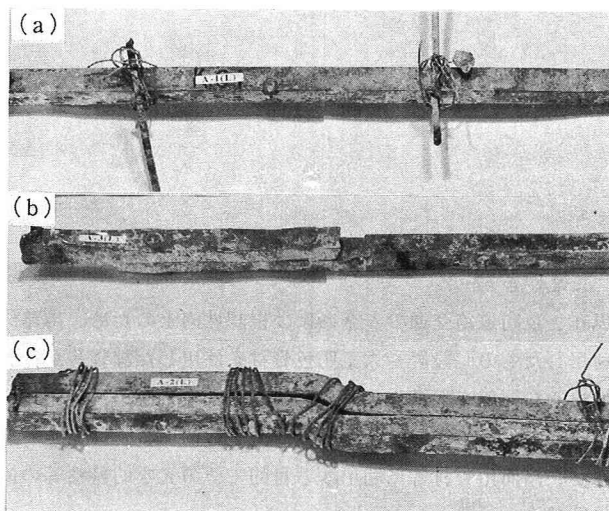


写真-1 鉄筋および継ぎ手の外観

（（a）主鉄筋、（b）リベット継ぎ手、（c）重ね曲げ継ぎ手）

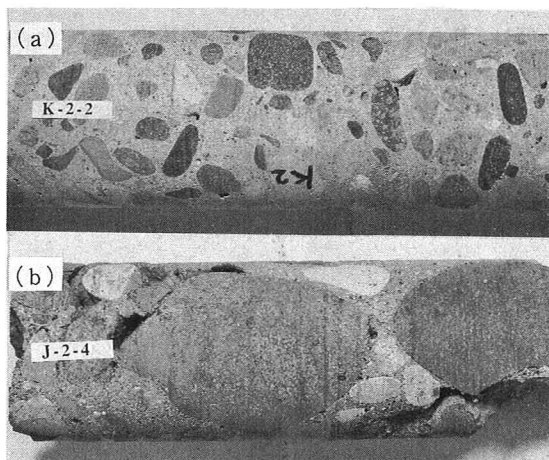


写真-2 コンクリートコアの外観

（（a）健全部、（b）変質部）