

# 浅野川大橋の耐震性能について

西本博嗣<sup>1</sup>・諏訪成春<sup>1</sup>・小林智子<sup>1</sup>・二木与裕<sup>1</sup>・岩井雅紀<sup>1</sup>

<sup>1</sup>金沢河川国道事務所 道路管理第二課（〒920-8648 石川県金沢市西念4丁目23番5号）

国道159号浅野川大橋は、国の登録有形文化財に指定されており、2022年で建設から100年を迎えた橋梁であるが、橋の健全性を維持していくための設計がなく、現行基準に基づく耐震性能の照査を実施したので報告する。

本橋梁は3径間連続RC固定アーチ橋で、地震時の挙動が複雑な橋であるため、非線形動的解析により耐震性能を照査するものとした。また、浅野川大橋の物理的な性質を適切に評価するため、材料の詳細調査を行った。

キーワード 国道159号、RCアーチ橋、浅野川大橋、耐震性能、動的解析、登録有形文化財

## 1. はじめに

浅野川大橋は、金沢市街地を流れる、浅野川に架かる橋長54.5mの3径間連続RC固定アーチ橋であり、(写真-1、表-1) 1922年(大正11年)に石川県が施工し、昨年100年目を迎えたところである。また、1961年から国道159号の橋梁として、当時の建設省に移管された後、当事務所で定期的な点検や、補修を行い健全な状態の保全に努めている。

しかしながら、本橋梁は道路橋示方書が制定された1972年より50年前の橋梁であり、維持管理に必要な明確な設計が乏しい。

また、本橋梁は、2000年に登録有形文化財に指定され、道路機能のみならず、金沢の景観の一部ともなっており、今後の保全についても考えていく必要がある。

そのため、本橋梁の耐震性能を把握することは、今後適切にメンテナンスしていくうえで不可欠である。今回、本橋梁の耐震照査を実施したので、ここに報告する。



位置図-1 浅野川大橋



写真-1 浅野川大橋

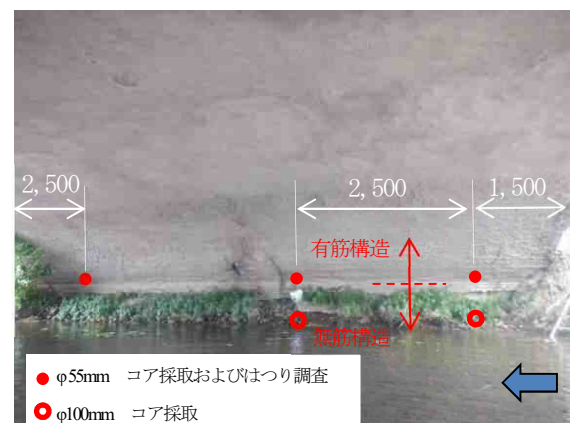


写真-2 浅野川大橋橋台部（右岸側）

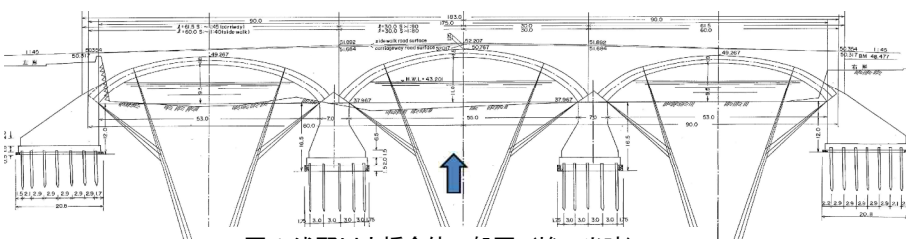


図-1 浅野川大橋全体一般図（竣工当時）

表-1 浅野川大橋カルテより

|        |             |
|--------|-------------|
| 橋梁形式   | 3径間連続RCアーチ橋 |
| 橋長(m)  | 54.5        |
| 設計活荷重  | TL-20       |
| 基礎構造形式 | 木ぐい         |
| 摘要示方書  | その他の示方書     |

## 2. 調査

### (1) 調査概要

本調査は、浅野川大橋の耐震性能照査の実施にあたり、浅野川大橋の物理的な性質を適切に評価、把握することを目的とする。

調査項目の概要および数量の内訳を表-2に示す。調査は、右岸側の橋台と橋脚(写真-2)で実施した。

表-2 調査項目

| 項目            | 概要                                                                                                                                                          | 数量  |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ①はつり調査・鉄筋調査   | 上部工(橋台側)にて、主筋をはつり出し、コア採取位置を決定する。また、鉄筋かぶりや鉄筋径、鋼棒の種類(異形棒鋼or丸鋼)腐食状況も確認する。<br> | 1箇所 |
| ②コア採取         | 上部工、下部工コアを試験用に採取する。<br>                                                    | 6本  |
| ③圧縮強度・静弾性係数試験 | コアを切り取り整形し、圧縮強度および静弾性係数を測定する。<br>                                        | 6本  |
| ④中性化試験        | コア側面にて中性化の進行状況を確認する。<br>                                                 | 2本  |

### (2) 調査結果

#### a)①はつり調査(鉄筋調査)

はつり調査により、主筋(橋軸方向鉄筋)、配力筋(橋軸直角方向鉄筋)、幅止め筋(組立筋)について、竣工図と一致していたことが確認できた。主筋のかぶりは30mm以上確保されていた。また、主筋ピッチについても概ね図面と合致していた。

内部の鉄筋は全体的に断面欠損は認められず、比較的健全な状態であった。橋台上部工中央では主筋のみならず、配力筋および幅止め筋が確認できた。幅止め筋および主筋では部分的な腐食が見られたが、断面欠損は確認されず、(写真-3)耐荷性能には影響ないと考えられる。

#### b)②コア採取／③圧縮強度・静弾性係数試験

コアを6本採取した結果、ほぼ健全な状態で確保できた。(写真-4)目視により締固め不足等の空隙も見受けられず、骨材が適度に分散しており骨材の分離は認めなかった。また、圧縮強度および静弾性係数を測定した結果、上



写真-3 100年経過した鉄筋の状態 (中央)



写真-4 100年経過したコアの状態

部工の圧縮強度は31～35 N/mm<sup>2</sup>、静弾性係数は27～33kN/mm<sup>2</sup>であった。データにバラツキは少なく、施工時に十分な品質管理がなされたものと推定される。また、圧縮強度と静弾性係数との関係を見ると、「道路橋示方書IV下部構造編」に示される設計基準強度と静弾性係数との関係と概ね合致しているため、後述する解析条件については、上部工コンクリートを設計基準強度 $\sigma_{ck}=30$  N/mm<sup>2</sup>相当のコンクリート材料として取り扱う。

下部工の圧縮強度は21～24 N/mm<sup>2</sup>、静弾性係数は28～30kN/mm<sup>2</sup>であった。データにバラツキは少なく、施工時に十分な品質管理がなされたものと推定される。また、設計基準強度と静弾性係数との関係と概ね合致しており、後述する解析条件については、下部工コンクリートを設計基準強度 $\sigma_{ck}=21$  N/mm<sup>2</sup>相当のコンクリート材料として取り扱う。

#### c)④中性化試験

上部工中央および下流側から採取したコア側面の中性化試験結果では、共に中性化が進行していることを確認した。また、幅止め筋にも部分的な腐食が見られたことから、腐食の原因は中性化の進行によるものと推定され、建設当時、微細な空隙が多い構造になっている可能性が考えられた。しかしながら、腐食環境下にあるものの、断面欠損に至るほどの鉄筋腐食は見られないことから、水かかりが殆どない状況と考えられる。これはモルタル吹付

工が表面保護の効果を担ったためと推察される。よって、現状において中性化への対策は不要と考えられる。

### 3. 照査の各種条件

#### (1) 地質条件

##### a)設計N値ほか地質条件

地質条件については、主に表-3 のとおり設定した。

また、過去の浅野川大橋付近の地質調査結果より、各下部工のフーチング下面は良質な支持層に着底していることが想定でき、良質な支持層に支持された直接基礎としてモデル化する。

表-3 設計N値ほか地質条件採用値

| 地層区分                | 平均N値<br>(地盤調査の方法と解説より) | 単位体積重量 $\gamma$<br>採用値 kN/m <sup>3</sup><br>(設計要領[道路編]より) |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 礫 (Ag1)             | 35                     | 20                                                        |
| 礫 (Ag2)             | 50                     | 20                                                        |
| 礫 (As1)             | 38                     | 20                                                        |
| 砂利・礫混り<br>砂質土 (As2) | 50                     | 21                                                        |

##### b)地盤種別

架橋位置における地盤種別は、「道路橋示方書V耐震設計編」より、基本固有周期 $T_c$ の算出結果、I種地盤と設定する。

#### (2) 耐震条件

耐震条件については主に表-4 のとおり設定した。

表-4 耐震条件（道路橋示方書V耐震設計より）

| 条件        | 設定値                              |
|-----------|----------------------------------|
| 橋の重要度     | B種の橋                             |
| 耐震設計上の地盤面 | フーチング下面                          |
| 基盤面       | $V_s \geq 300\text{m/s}$ Ag2(礫)層 |

### 4. 耐震性能照査

#### (1) 解析条件

解析条件については主に表-5 のとおり設定した。

#### (2) 非線形動的解析・ファイバーモデルによる解析

アーチ橋はその構造の複雑さから、塑性ヒンジがどこに発生するか不明確であるため、各部材の非線形性を考慮した動的解析が基本となる。そのため、本研究においても全部材に非線形特性を考慮した非線形動的解析による耐震性能照査を実施する。

表-5 解析条件

| 上部構造(アーチリブ) |                                        |
|-------------|----------------------------------------|
| 形式          | 3径間RC固定アーチ橋                            |
| 橋長          | 54.546m                                |
| 支間割         | 17.879m+18.788m+17.879m                |
| 幅員          | 全幅16.061m                              |
| 使用材料        | コンクリート： $\sigma_{ck}=30\text{ N/mm}^2$ |
| 鉄筋          | $\sigma_{sy}=225\text{ N/mm}^2$ 丸鋼SS41 |
| 下部構造(橋台、橋脚) |                                        |
| 橋脚形式        | 壁式橋脚(無筋コンクリート)                         |
| 橋台形式        | 重力式橋台(無筋コンクリート)                        |
| 基礎形式        | 直接基礎相当                                 |
| 使用材料        | コンクリート： $\sigma_{ck}=21\text{ N/mm}^2$ |

また、アーチ橋の構造特性から軸力変動の影響が大きくなることから「設計要領第二集橋梁建設編：NEXCO」では、その影響を考慮する解析方法のひとつとしてファイバーモデルによる解析を推奨しているため、本研究で採用する。図-2にファイバーモデル解析モデルを示す。

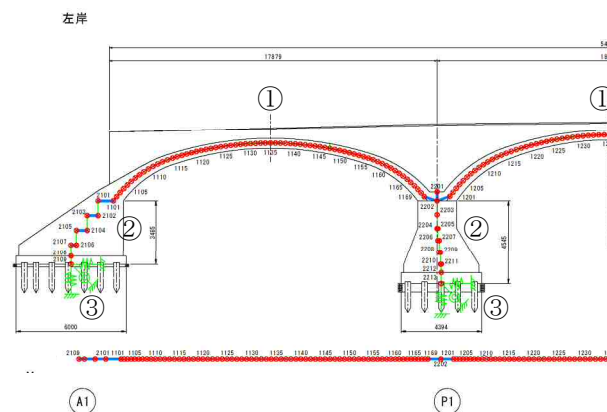


図-2 ファイバーモデル解析モデル

#### (3) 照査項目と安全性における優先度

図-2に示すとおり主構造の3つの耐震性能照査を行う。また、表-6に主構造の安全性における優先度を示す。

表-6 主構造の安全性における優先度

| 優先度 | 照査項目                       | 各地震動において                                        |
|-----|----------------------------|-------------------------------------------------|
| 高   | ① 上部工部材<br>(アーチリブ)耐力<br>照査 | レベル1(耐震性能1)<br>・曲げ応力度①②<br>・せん断応力度①②<br>・鉛直支持力③ |
| ↑   | ② 下部工部材<br>(橋台、橋脚)照査       | レベル2(耐震性能2)<br>・許容曲率①<br>・せん断力①②<br>・残留変異等①     |
| ↑   | ③ 基礎工安定照査                  | ・曲げモーメント②<br><br>の許容値を超過していないか                  |

#### (4) 照査項目

浅野川大橋は、国道159号であることから、橋の重要度としてはB種の橋に該当する。

そのため、レベル1地震動では「耐震性能1」を、レベル2地震動では「耐震性能2」を確保することが望ましい。

また、「設計要領 第二集 橋梁建設編：NEXCO」では、新設するアーチ橋について図-3 照査フローを示している。

本研究では、図-3 照査フロー赤枠の線形動的解析による照査（レベル1の耐震性能1）に準拠し、目標とする耐震性能を確保しているかを確認するものとした。

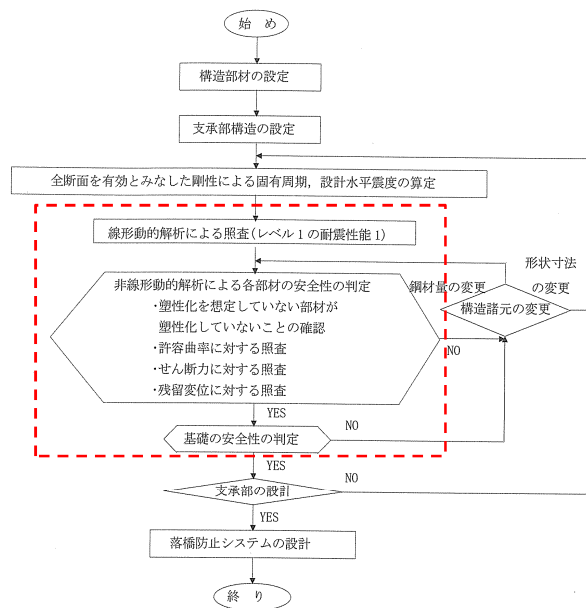


図3-4-7 RCアーチ橋の設計計算の流れの例

図-3 照査フロー

#### 5. 照査結果

##### (1) レベル1地震動における耐震性能照査結果

レベル1地震動における耐震性能照査を実施した結果、上部構造（アーチリブ）および下部構造（橋台、橋脚）の曲げ応力およびせん断力について、許容値を超過する箇所はなく耐震性能を満足する結果となった。

##### (2) レベル2地震動における耐震性能照査結果

レベル2地震動における耐震性能照査を実施した結果、上部構造（アーチリブ）および下部構造（橋台、橋脚）の曲げ応力およびせん断力について、タイプ1、タイプ2地震動許の容値を超過する箇所はなく、耐震性能を満足する結果となった。

また、コンクリート及び鉄筋のひずみの照査の結果、タイプ2地震動のみ上部構造の鉄筋降伏が生じたが、その度合いも非常に小さく、曲率照査も許容値に対し余裕があることから、上部構造に生じた鉄筋降伏は構造安全上、

問題ないと考えられる。

よって、浅野川大橋では大規模地震を受けても、上部構造下部構造共に大きな被害は生じないと考えられる。

#### (3) 基礎工の照査

##### a) 照査項目

本橋梁の基礎はN=35程度の良質な砂礫層を支持層とする直接基礎の構造である。

通常、直接基礎における安定照査では、①鉛直支持力、②転倒（偏心）、③滑動、の3つの照査項目を満足することで安定性を確保しているとみなす。

本橋梁はRC固定アーチ橋であり、各下部構造が上部構造（アーチリブ）と繋がっているため、転倒（偏心）、滑動、は生じないと考えられる。そのため、基礎工の安定照査は「鉛直支持力」のみを照査するものとした。

また、基礎工の安定照査を実施するにあたり、フーチング下面中心における作用力を算出した。

なお、「道路橋示方書IV下部構造編」より、直接基礎における安定照査は、レベル1地震動のみを対象とする。

##### b) 照査結果

基礎工の照査の結果、鉛直力最大時（下向き）と最小時（上向き）、水平力最大時及び、曲げモーメント最大時において、橋台、橋脚ともに許容値を超過せず、基礎工の安定照査（鉛直支持力）を満足することを照査した。

#### 6. まとめ

上述の調査・照査結果より、橋梁の上部工、下部工、および基礎工の耐震性能については、想定される地震動（レベル1、レベル2）に必要な耐力を満足することが確認された。そのため、大規模な地震が発生しても一般交通等に大きな影響はないと考える。

しかしながら、竣工から100年以上経過している橋梁であるため、点検の際、内部鉄筋の劣化度合の判断が難しいことや、金沢市の主要なルートであり人と車の交通が多いこと、観光スポットや町並みにあった景観へ配慮なども含め、浅野川大橋の今後の維持管理の方向性を考えていく必要がある。

人流や物流を支え続け地域に愛される浅野川大橋が、これからの100年も変わらず活躍できるよう、日々の管理を続けていきたい。

**謝辞：** 今回の事業研究にご協力いただいた（株）日本海コンサルタントおよび、維持管理業者である石川建設工（株）、また日々の清掃等を行っていただいております住民の方々や「金沢・浅の川園遊会」をはじめとするご関係者の皆様方のご協力により、今日101年の維持管理を続けることができおり、深く御礼申し上げます。