

断層変位を想定した既設アーチ橋の非線形変位漸増解析

㈱建設技術研究所	正 会 員	○松永 昭吾
九州大学大学院	フェロー	大塚 久哲
九州大学大学院	正 会 員	矢 葺 亘
㈱建設技術研究所	正 会 員	入江 達雄
㈱建設技術研究所	正 会 員	スマヤ アラン

1. はじめに

国内における道路橋の設計では、地震が構造物に及ぼす影響として、地盤の振動、すなわち地震動によるものに対してのみ耐震設計を行うのが一般的である[1]。しかし、最近諸外国では、断層変位により土木構造物が相次いで被災している[2]。本研究では、断層変位の影響を考慮せずに設計された比較的大規模の既設鉄筋コンクリート固定アーチ橋について、断層変位を想定した非線形変位漸増解析を実施し、耐震性能の照査を行っている。ここで、アーチ支間部に生じる7m程度までの比較的大規模な断層変位を想定することとし、主としてアーチ部材に着目して耐震性能照査を実施する。アーチリング、鉛直材、エンドポスト、および、橋脚については、軸力変動を考慮した非線形はり要素とし、補剛桁については、線形はり要素としてモデル化している。

2. 対象橋梁と解析モデル

(1)対象橋梁

対象橋梁は、橋長270m、アーチ支間180m、アーチ支間ライズ比6.5の鉄筋コンクリート固定アーチ橋であり、平成2年発行の道路橋示方書[3]に準拠して設計されている。図-1に全体一般図(側面図)を示す。上部工は、PC2主版桁(支間14.2m~16.8m)で、アーチリングは、中空断面であり、両側の橋台、アーチ拱台により強固な岩盤に支持されている。上部構造の支承条件は、A1、A2橋台、P1~P5橋脚、および、V1~V7鉛直材についてすべて橋軸方向に対し可動、橋軸直角方向について固定となっている。

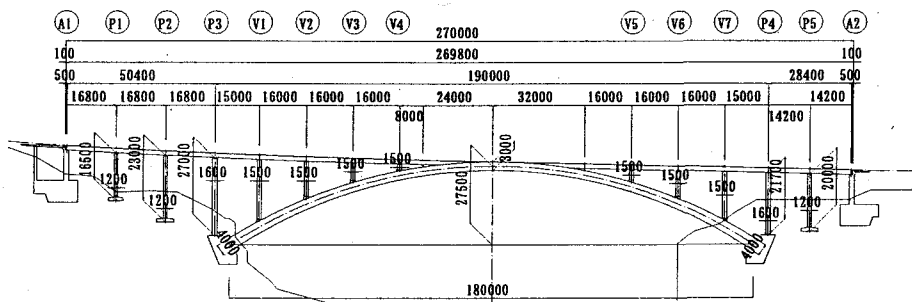


図-1 全体一般図(側面図)

(2)解析モデル

図-2に変位漸増解析に用いた骨組モデル図を示す。解析モデルは、対象橋梁のコンクリート部材を線形および非線形はり要素でモデル化し、全ての基礎は固定としている。鉄筋コンクリート部材の曲げモーメント-曲率関係は、軸力変動の影響を考慮している。また、PC補剛桁は、線形モデルとしている。

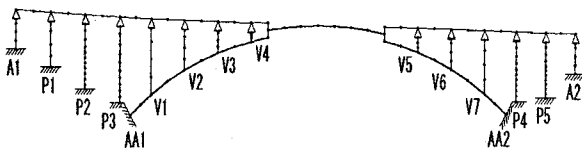


図-2 骨組モデル(橋軸方向)

3. 解析結果

表-1 に解析結果を示す。ケース1 では、初降伏、終局ともにアーチスプリング部から発生するが、対象橋梁が左右非対称であるため、最初に初降伏に至る要素と最初に終局に至る要素が異なった結果となっている。また、アーチリングの軸力変動の影響により最初に初降伏に至ったときと、最初に終局に至ったときの降伏曲率、終局曲率が異なっている。

表-1 解析結果

ケース	方 向	アーチリング：初降伏				アーチリング：終局			
		断層変位 (m)	応答曲率 (mm ⁻¹)	降伏曲率 (mm ⁻¹)	終局曲率 (mm ⁻¹)	断層変位 (m)	応答曲率 (mm ⁻¹)	降伏曲率 (mm ⁻¹)	終局曲率 (mm ⁻¹)
ケース1	橋軸方向(開く方向)	0.40	0.647	0.624	10.726	6.50	12.278	0.602	12.243
ケース2	橋軸方向(閉じる方向)	0.45	0.676	0.669	6.697	2.10	5.456	0.686	5.361
ケース3	鉛直方向(A2側下方)	3.25	0.653	0.640	9.475	(7.0以上)	—	—	—
ケース4	鉛直方向(A2側上方)	3.45	0.643	0.641	9.444	(7.0以上)	—	—	—
ケース5	橋軸直角方向(面外方向)	0.30	0.308	0.293	3.650	2.25	3.711	0.293	3.650

※ケース1～ケース4において最初に降伏、終局する部位はスプリング部、ケース5はクラウン部

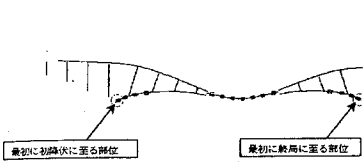


図-3 ケース1変形図

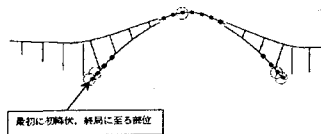


図-4 ケース2変形図

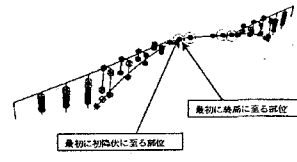


図-5 ケース5変形図

4. 耐震性能の評価

本研究では、アーチ支間 180mの比較的長大な既設アーチ橋を対象とした。ここでは、アーチリングのみに着目しているが、鉛直上下方向に対しては3 m程度の変位に対しても降伏以前となり、この入力方向に対して本対象橋梁が構造的に高い耐震性能を有していることがわかる。アーチリングが開く方向については、終局に至る変位は6 mと初降伏に至る変位と比べ非常に大きく、鉛直方向と同様に高い耐震性能を有しているとともに、塑性化後の部材の変形性能を高めることが効果的な補強につながることを示している。逆に、アーチリングが閉じる方向および面外方向については、2 m程度で終局に至る要素があり断層変位に対しては弱点となる変位方向といえる。

5. まとめ

今回対象としたような主としてアーチリングに剛性を期待する形式のアーチ橋では、断層変位による部材の塑性化が、面内方向ではアーチリングのスプリング部に、面外方向ではクラウン部に集中する傾向にあることを確認した。さらにこのような検討、照査により既設橋直下に活断層が確認された場合でも、断層の入力方向に応じた変形性能の高い構造形式を適切に選択することや、従来の地震動に対する補強方法と同様に、部材の塑性化後の変形性能を高めることで落橋を防止する十分な可能性があることを確認した。ただし、断層変位を受ける場合は、変位量がそのまま残留変位として残るため、修復性の照査においては別途要求性能を定める必要がある。

参考文献

- [1] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，丸善，2002.3
- [2] 大塚久哲，松田泰治，矢葺亘，栗木茂幸：921 集集地震(台湾)被害調査報告書，九州大学建設振動工学研究室，2000.2
- [3] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，丸善，1990.2