

跨道橋の耐震調査

鵜飼昌寛

UKAI Masahiro

太栄コンサルタンツ株式会社/
設計部/技師



坂本祐一郎

SAKAMOTO Youichirou

太栄コンサルタンツ株式会社/
設計部/技師



1—はじめに

中部地方では、近い将来に発生
の可能性が高い東海・東南海地震
が想定されており、災害時には、有
料道路を緊急輸送路として活用する
防災計画が策定されている。

緊急輸送路の中には、多くの跨
道橋が架けられている。従って、跨
道橋の倒壊により、緊急輸送路とし
ての機能が確保出来ない可能性が
ある。

本稿では、緊急輸送路として指定
されている知多半島道路を跨ぐPC
斜材付き π 型ラーメン橋(以降、斜
 π 橋)について、耐震性能照査を行
った事例を紹介する。

2—対象橋梁

対象橋梁は、標準斜 π 橋4橋、変
形斜 π 橋2橋の計6橋である。

対象橋梁の竣工年度は、1970～
1971年であり竣工から30年以上経
過している。

なお、跨道橋は町道となっている。

(1) 標準斜 π 橋

対象橋梁の規模は、橋長32.1～
32.6m、幅員3.7～5.2mである。(写
真1)

基礎形式は、3橋は杭基礎、残り1
橋は直接基礎である。

(2) 変形斜 π 橋

橋長は35.2mと36.0m、幅員は
7.1mと6.5mで、標準斜 π 橋に比べ
て大きい。(写真2)

基礎形式は2橋とも直接基礎で

ある。

(3) 診断の手順

以下の手順に従い耐震診断を行
った。

- 1) 既存資料の整理を行い、対象
橋梁の諸元の把握
- 2) 現地調査により既存資料との整
合性をチェック
- 3) テストハンマーを用いた強度推
定による、動的解析に使用する
コンクリート強度の設定
- 4) 動的解析による耐震性能照査
- 5) 耐震性能を満足しない橋梁に
ついての耐震補強設計
- 6) 補強・補修整備計画の作成



■写真1—標準斜 π 橋



■写真2—変形斜 π 橋



■写真3—主桁下面



■写真4—垂直材の損傷



■写真5—橋脚部の損傷

3—現地調査

耐震性能照査を行う前に、耐震
性能照査に用いる橋梁の構造諸元
が、竣工当時のままで妥当であるか
を確認するため、目視およびテスト
ハンマーによる現地調査を行い、竣
工図との整合および現時点での損
傷・劣化の程度の調査し、構造諸元
の決定を行った。

(1) 目視調査

橋梁付近の周辺状況や添架物な
どは、竣工図面と現地を見比べた
結果、竣工当時と同様であった。

耐震強度に問題となる部材(斜
材・橋脚・垂直材・上部工)には、大
きなクラック・変位などは発生してい
なかった。

垂直材の下部や橋脚部に、部分

的な鉄筋露出やコンクリートが剥落
している箇所が見られた。(写真
3,4,5)

直接耐震強度に影響がない部材
(地覆・高欄など)は、破損・錆・全
体的な鉄筋露出など多くの損傷・劣
化が見られた。

特に地覆では、鉄筋が露出してい
る箇所が多く見られた。(写真6,7)



■写真6—地覆鉄筋露出(下部)



■写真7—地覆鉄筋露出(上部)

(2) 強度判定

テストハンマーによるコンクリート強度判定を行い、竣工時の設計強度との比較を行った。

その結果、竣工当時の設計基準強度とほぼ同程度と推定された。

以上の現地調査の結果から、耐震性能照査に用いる橋梁の構造諸元は、竣工当時のものを使用した。

4—耐震性能照査

今回対象としたような旧道路橋示方書により設計されている斜 π 橋は、一般的に耐震性に優れた構造であるとされており、動的解析による耐震性能照査が行われていない。そのため、補強対策の必要性が不明であった。

本業務では、一般的な動的解析手法である簡易な骨組みモデルによる非線形動的解析により耐震性能

照査を行った。

(1) 要求性能

高速道路の跨道橋であるので道路橋示方書の重要度はB種となるが、跨道橋は町道であることから重要度としてはA種相当とし、要求性能の設定をした。

従って、跨道橋に要求される耐震性能としては、緊急輸送路としての機能に支障がないことであるので、保有水平耐力の終局を超えても残留沈下が発生しないこととした。

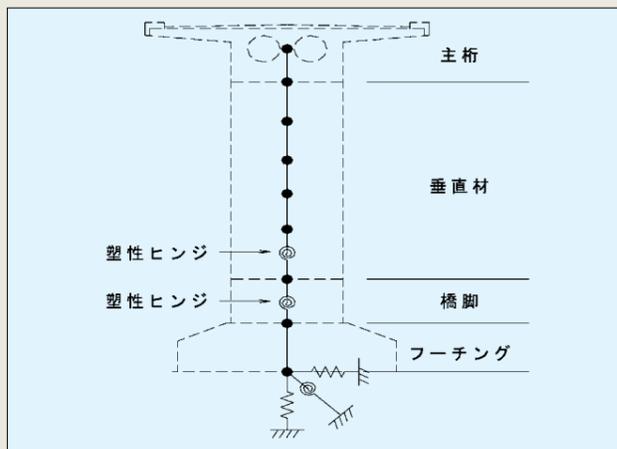
(2) 照査方法

斜 π 橋の橋軸方向は、橋梁背面地盤のパネを考慮した骨組みモデルによる動的解析結果から耐震性に問題ないとされている。本稿で対象とした橋梁においても、橋梁周辺状況から背面地盤のパネが考慮できると考え、橋軸方向の耐震性能照査は省略した。

橋軸直角方向は、特定の固有周期が卓越することから道路橋示方書より、1本柱の骨組みモデルによる非線形動的解析から最大応答回転角および最大せん断力の算出行い、各々の数値と許容回転角およびせん断耐力との比による安全性の評価を行った。

骨組みモデルによる解析を行った理由としては、

- 1) 残留沈下の発生の有無は、詳細なFEM解析から求められるが、対象橋梁全てに適用するには膨大な時間を必要とする。
- 2) 限界の状態によって耐震性能の評価を行うことは、地震後の余震の影響など不確定な要素に対して危険な評価となる。
- 3) 骨組みモデルによる解析からでも、保有水平耐力の限界に達しているかの判断までは可能である。



■図1—解析モデル図

■表1—耐震照査結果

橋梁名		NO.1 (標準斜 π)	NO.2 (標準斜 π)	NO.3 (標準斜 π)	NO.4 (標準斜 π)	NO.5 (変形斜 π)	NO.6 (変形斜 π)	
重要度		A種	A種	A種	A種	A種	A種	
判定結果	垂直材	曲げ	1.53 > 0.75 安全率 OK	0.83 > 0.75 安全率 OK	1.53 > 0.75 安全率 OK	1.15 > 0.75 安全率 OK	1.31 > 0.75 安全率 OK	1.98 > 0.75 安全率 OK
		せん断	2.33 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.71 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.84 > 1.00 耐力/せん断力 OK	2.12 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.07 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.23 > 1.00 耐力/せん断力 OK
	橋脚	曲げ	2.16 > 0.75 安全率 OK	1.64 > 0.75 安全率 OK	2.03 > 0.75 安全率 OK	1.33 > 0.75 安全率 OK	1.47 > 0.75 安全率 OK	1.15 > 0.75 安全率 OK
		せん断	1.79 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.14 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.04 > 1.00 耐力/せん断力 OK	1.42 > 1.00 耐力/せん断力 OK	10.99 > 1.00 耐力/せん断力 OK	7.80 > 1.00 耐力/せん断力 OK

*1) ディーブームせん断耐力との比較した場合の値。

■表2—補修工法一覧表

損傷種類	損傷パターン	調査	補修の検討	主な損傷サイズ	優先順位
鉄筋露出	表面錆	詳細調査(中性化)	剥落防止	主桁下面全体 (幅20cm×全面、10cm×10cm)	3
	鉄筋露出	-	断面修復+剥落防止	露出長5cm、10cm、15cm、20cm、30cm、50cm、90cm	1
	鉄筋突出	-	断面修復+剥落防止	突出長80cm	1
剥離	剥離している	-	断面修復+剥落防止	5cm×5cm、20cm×20cm、5cm×10cm 3.000m×10cm、3.000m×15cm、2.050m×10cm	1
	鉄筋の膨張による剥離の恐れがある	詳細調査(中性化)	剥落防止	10cm×20cm	3
錆汁	垂直材上端メナーゼヒンジ部より生じる橙～茶色の錆汁	詳細調査	調査結果により判断	3m×30cm、錆汁長80cm、1m	2
空洞	深さ0.5～1cm程度の空洞	追跡調査	剥落防止	側面全体1.2×6.7m	4
ひび割れ	主桁の水平なひび割れ	詳細調査(ASR)	剥落防止(防水工)	幅0.20mm、0.30mm、0.40mm	2
	主桁の鉛直なひび割れ	詳細調査(ASR)		幅0.20mm、0.40mm	3
	垂直材上下端のひび割れ	詳細調査(中性化・ASR)	剥落防止(防水工)	ひび割れ長10cm、50cm	2
	橋脚のひび割れ	詳細調査(中性化・ASR)	剥落防止(防水工)	幅0.40mm以上	2
				移動	垂直材下端の移動
豆板	深さ1～3cm	追跡調査	断面修復	30cm×15cm	4
	深さ0.5～1cm	追跡調査	断面修復	10cm×30cm、損傷面積0.1m ² 以上	4
欠損	何らかの衝突により生じた欠損	-	断面修復	5cm×5cm、5cm×10cm 15cm×30cm、15cm×15cm	1

ASR:アルカリ骨材反応→アルカリ骨材反応と判断された場合、防水工のみを行うことも考えられる

以上のことから、骨組みモデルを採用することとした。

(3) 照査結果

解析の結果、対象橋梁の内5橋については、保有水平耐力の限界を超えない状態、つまり、安全率が1.0以上となる結果となった。(表1)

残り1橋梁については、垂直材の曲げ破壊に対して、安全率が0.83となり、保有水平耐力の限界を僅かに超える結果となった。保有水平耐力を超過した橋梁の残留沈下の可能性については、過去に行われた斜 π 橋に対する耐震性能の検討結果¹⁾では安全率0.75までは残留沈下は発生しない領域であると想定されている。また、この橋梁の基礎形式は、杭基礎であることから、杭基礎にも塑性化を見込むことも可能である。

従って、残留沈下発生の可能性は低いと考え、今回設定した要求性能は満たすものと判断した。

5—補修の提案

耐震性能照査では、設定した要求性能を満足する結果となったため、緊急性を伴う耐震補強の必要性はない。

しかし、目視調査により、地覆コ

ンクリートなどの橋梁の上部には、車道に落下する可能性が高い損傷が見られた。そこで、常時における今後の維持補修計画について検討を行った。

(1) 優先順位の検討

以下の検討を行い優先順位の決定を行った。

- 1) 平成15年に橋梁点検が実施されていることから、今回の調査結果と比較し、損傷や劣化の進行性の有無による判定
- 2) 上部工のコンクリート剥落など、第三者被害に対する判定
- 3) 点検要領による損傷ランクの判定以上を踏まえ、補修の優先順位の決定を行った。

(2) 補修計画

維持補修計画の資料となるように、橋梁点検を行ったときに変状が見られた場合、次に行うべき調査方法を劣化状況に応じて選定した。

また、損傷や劣化の程度や規模による補修工法の選定を行い一覧表にまとめた。(表2)

6—おわりに

業務を通して、通常の日視点検では把握できない竣工後30年以上経

過した橋梁の耐震性能について数値解析により知ることができ、参考となるものであった。

現在、竣工後数十年経った橋梁は数多く存在している。

このような橋梁に対して必要な性能を満足させながら維持管理を行っていくには、現在の状況を的確に評価し、維持補修計画に反映していく必要があることを改めて感じた。

今回は、緊急対策が必要な橋梁を見付け出すことが目的であったため、要求される耐震性能を供用が不可能な状態で想定している。そのため、実際に被災した場合、跨道橋が道路としての機能を満足しない可能性がある。従って、道路の震災後の必要性を考慮した補強・補修計画を行う必要があると思われる。

<参考文献>

- 1) 地震工学研究発表会講演論文集 Vol. 26 年: 2001 年 頁: 1369-1372 買既設PC斜材付き π 型ラーメン橋の耐震性判定方法に関する検討 村松 武馬, 伊藤 敏男, 森田 尚孝, 大竹 省吾, 多川 芳郎, 森高 英樹: 共著