

有ヒンジラーメン橋の変状とその影響

(株)開発工営社 ○横川 慶介
 (株)開発工営社 正会員 小林 克哉
 (株)開発工営社 正会員 工博 今村 晃久

キーワード：有ヒンジラーメン橋，たわみの経年変化，ヒンジ部の損傷，主桁連続化

1. はじめに

電算機の発展により，連続構造やラーメン構造が広く設計されるようになった1990年代前半まで，有ヒンジラーメン橋は，簡易な計算で長大スパン化を図れる構造として全国で多く建設された。本形式は支間中央がヒンジ構造であり，竣工後クリープによる沈下たわみが生じるために，その量を想定し主桁の上げ越しを行い竣工させるのが一般的であった。ところが，近年では想定以上のたわみが生じたことで走行性低下に加え，ヒンジ部周辺の路面滞水による舗装損傷や床版耐久性への影響が懸念されるようになった。本報告は，上げ越し量を含む総たわみ量が250mmを越えた有ヒンジラーメン橋におけるたわみ量の経年変化と橋体への影響について報告する。図-1に対象橋梁の一般図を示す。主桁は2室箱桁構造となっている。

2. 対象橋梁の概要とたわみの状況

対象となった橋梁は1977年竣工の海上橋であり，中央支間長100mの4径間連続有ヒンジラーメン橋である。架橋地は寒冷地であるが，寒暖差が小さく夏の雨量が比較的多い地域である。

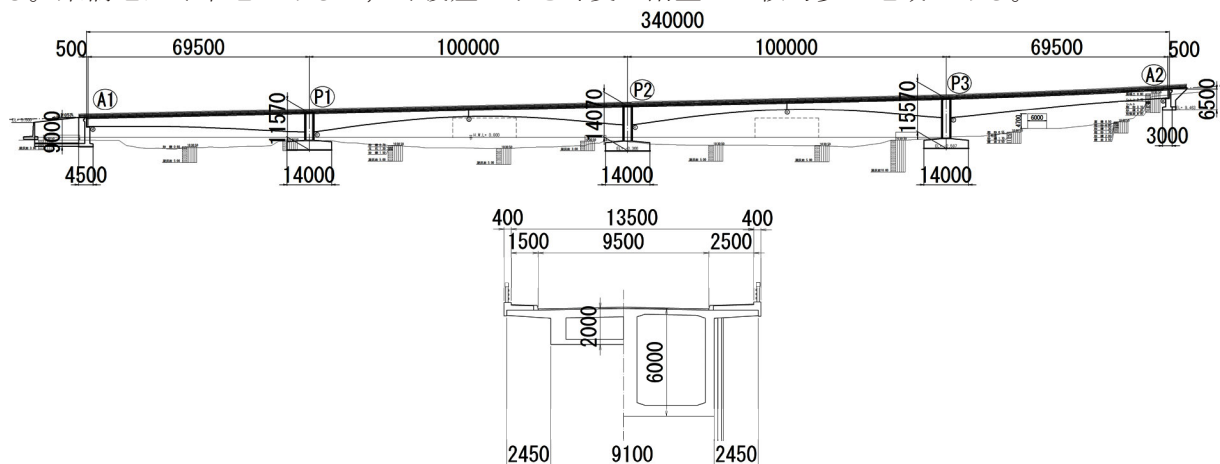


図-1 対象橋梁一般図

ヒンジ部の垂れ下がり状況を写真-1に示す。写真-2はヒンジ部分の路面状況を示しており，路面と共に防護柵も垂れ下がっていることがわかる。防護柵は2008年に取替えられたものであり，このことから，竣工から30年経過しても，たわみが進行している証拠といえる。



写真-1 ヒンジ部の状況



写真-2 ヒンジ部路面の状況

3. たわみの経年変化

本橋では、竣工した1979年から1998年までの21年間、継続的に地覆天端高の計測が行われてきた。また、昨年新たに地覆天端高を計測しており、これら計測値を整理し、たわみ量の経年変化を再現した。その結果を図-2に示す。

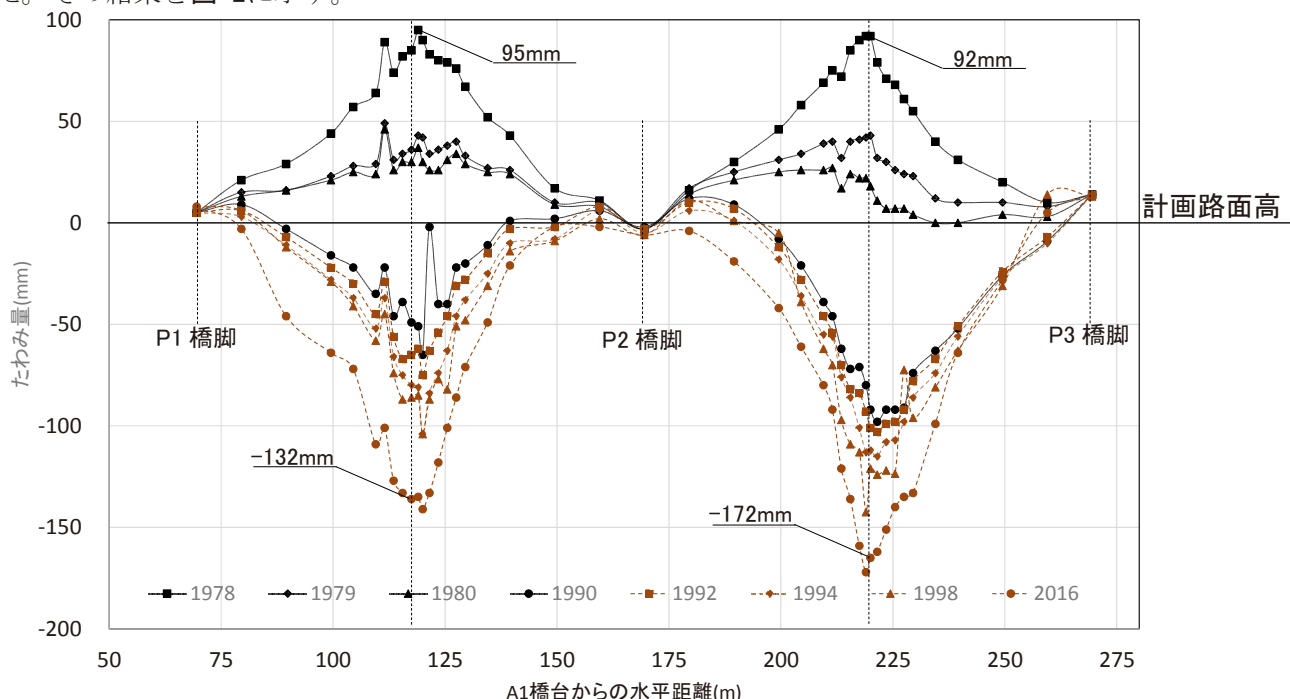


図-2 たわみ量の経年変化

グラフのたわみ量は、計画路面高を基準高とし、竣工時の上げ越した状態からの路面高の変化を示している。なお、橋軸方向の範囲は、たわみが生じるP1-P3間とした。このグラフから、1980年から1990年の間（竣工後3～13年経過）で路面高は計画高に達したが、その後もたわみが進行し続けたことがわかる。2016年（竣工後38年経過）の計測結果から、計画路面高に対し第2径間で132mm，第3径間で172mmのたわみが生じたことが判明した。

ヒンジ部分のたわみ量に着目し、計測値を近似曲線で結んだグラフを図-3に示す。プロット点は竣工時からのたわみ量を示す。近似曲線より、たわみの進行程度は10年経過した時点から年々小さくなっているが、現時点でもたわみは進展していると想定される。近似曲線の傾向から、たわみの進行が落ち着くのは40年後（竣工後80年）であり、最終たわみ量は270～300mmに達すると予想される。

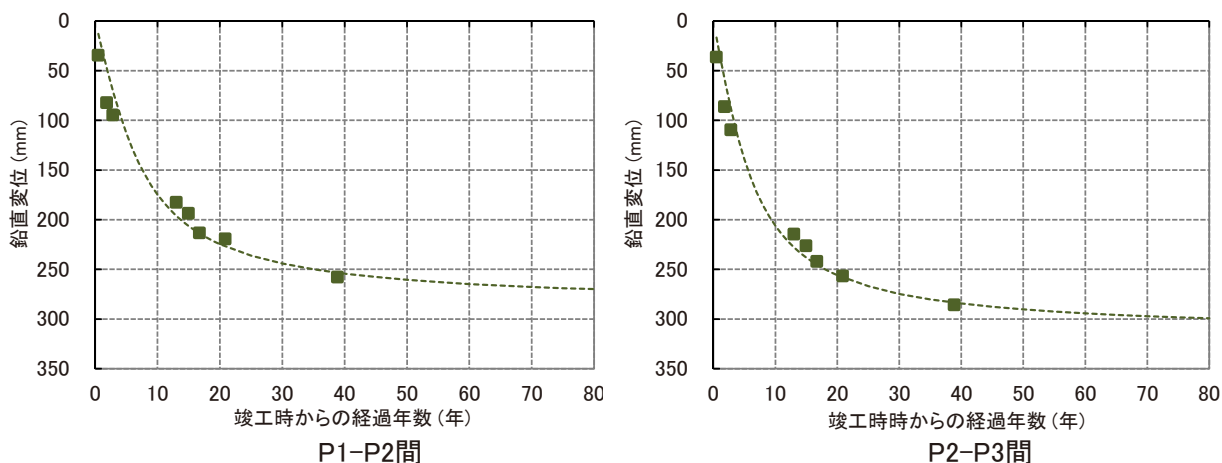


図-3 ヒンジ部たわみの経年変化

4. たわみに起因する損傷状況

本橋では、こうしたヒンジ部のたわみが原因となり種々の損傷が発生している。主なものでは、舗装損傷と路面滞水、縁石部の鋼製カバープレートの損傷、桁内部漏水などが挙げられる。ヒンジ部周辺の舗装は写真-3より、繰り返し補修を行なっていることがわかる。その原因として、舗装下の路面水が垂れ下がりにより、伸縮装置背面に滞水したことによると考える。写真-4に示す縁石の鋼製カバーは、たわみにより鋼製カバーを固定していたアンカー同士の間隔が短縮され、アンカーの片方が損傷したため、応急対策として損傷したアンカー部分を切断したと推察される。写真-5のヒンジ内部のつらは高さ1mと大きく、これは漏水量がいかに多いかを示している。



写真-3 舗装損傷と滞水状況



写真-4 鋼製カバーの破損

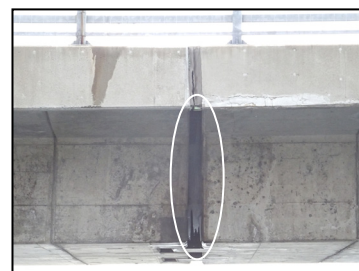


写真-5 ヒンジ内部のつら

ヒンジ部のたわみは、走行性低下以外にこうした損傷を引き起こし、床版および主桁の損傷へと進展していく可能性がある。そのため、耐久性向上を目的に抜本的な対策が必要となっている。

5. 対策工法の検討

有ヒンジラーメン橋の垂れ下がり対策として、これまで4工法の適用実績がある。この4工法の本橋への適用性について比較した結果を表-1に示す。

表-1 対策工法の比較

	概要図	工法概要	適用性	評価
第1案 補外ケーブル		- 車道の計画高を確保する工法 - 調整コンによる重量増を外ケーブルで補強する - ヒンジ構造はそのまま	本橋への適用に問題はない	○
第2案 連続主桁		- ヒンジ部にコンクリートを打設し主桁を連続化する工法 - 構造系が変化するため、主桁補強として外ケーブルを配置する。	本橋への適用に問題はない	○
第3案 橋脚設置案		- ヒンジ部下面に橋脚を構築し、天端に支承を設置することで今後の変位を抑制する工法 - ヒンジ構造はそのまま	橋梁下は航路となっており橋脚設置は困難である。	×
第4案 桁下外ケーブル		- ヒンジ部下面に鋼製の偏向具を設置し外ケーブルでこれを吊り上げることで今後の変位を抑制する工法 - ヒンジ構造はそのまま	橋梁下は航路となっており、鋼製の偏向具がこれを犯してしまう。	×

橋梁下が航路であるため適用可能なのは、第1案・第2案であった。これらを比較した結果（表-2）、伸縮装置補修が必要な第1案に比べ、経済性でも有利な「第2案：主桁連続化」を選定した。

表-2 最終比較結果の概要

項目	第1案：PC 鋼材補強案	第2案：主桁連続化
構 造 性	現状と変化なし	連続ラーメン構造に変更
経 済 性	約 9100 万円(諸経費込み)	約 7500 万円(諸経費込み)
維持管理	今後も伸縮装置補修が必要	ヒンジ部の維持管理は不要
評 価	△(抜本的対策でない)	◎(耐久性・維持管理性向上)

6. 主桁連続化における照査

主桁を連続化した場合、構造系の変化によりこれまで作用していなかった温度変化および外ケーブルによる水平力が、主桁・橋脚に作用することになる。そのため、平面骨組解析により断面力を算出し、主桁・橋脚の曲げ応力度を照査した。解析では、主桁自重などすでに作用している断面力は、架設系変化を考慮した現行モデルでの骨組解析を、温度変化・活荷重および外ケーブルによる断面力は、連続モデルでの骨組解析を実施した。解析では直接基礎を剛結でなくバネ値を与えて、橋脚の断面力を適切に評価した。その結果、主桁補強は、外ケーブル（SEEE工法F130-TS）を10本配置し、不静定力の発生を抑える鋼材配置とした。緊張・定着は中間支点横桁とし、P1～P3橋脚まで連続配置とした。

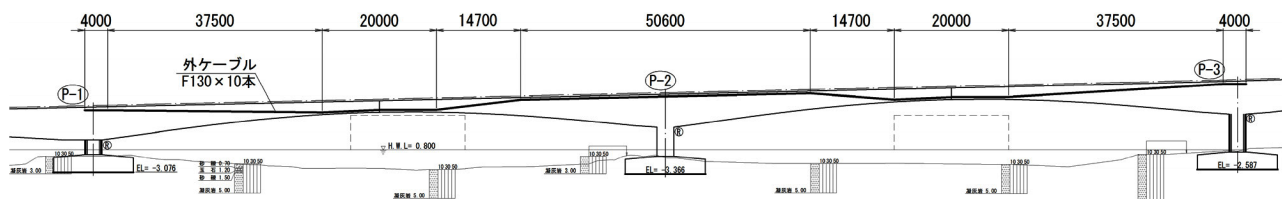


図-4 外ケーブル配置案

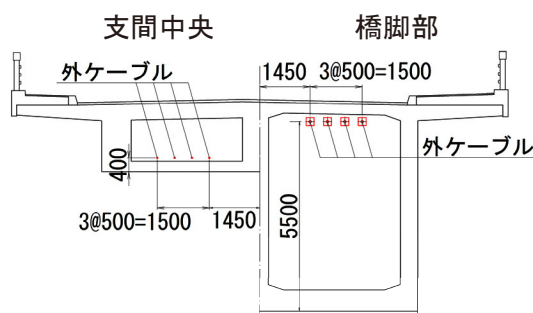


図-5 外ケーブル配置断面

このような解析・照査より、本橋のように橋脚が低い構造でも、主桁連続化が可能であることが判明した。

7. まとめ

本稿では、有ヒンジラーメン橋のたわみの現状と対策工について報告した。たわみの発生要因を特定するため、本橋では、下記の調査・検討を実施している。

- ① 柱頭部近傍の舗装切削による、ひび割れ調査：構造的要因の有無を確認
- ② ヒンジ沓の損傷調査：ヒンジ沓の損傷および磨耗状況を把握
- ③ 主桁応力度状態の確認：応力開放法と鉄筋切断法により、コンクリートと鉄筋の応力度を把握
- ④ 湿度・温度の観測：クリープに影響する環境要因の把握
- ⑤ ファイバーモデルによる長期たわみ解析：今後のたわみの進展を推定
- ⑥ 耐震補強照査：連続化後の耐震性能を評価

こうした検討から、本橋は構造的に健全であり、たわみの主たる要因が「クリープ・乾燥収縮」であると判断した。この内容については別稿で報告させてもらう予定である。

参考文献

- 1) 竹村, 渡辺, 阿部, 上杉: 有ヒンジラーメン箱桁端の連続化補強設計, プレストレストコンクリート技術協会, 第16回シンポジウム論文集, pp293-296, 2007.10
- 2) 加藤, 近藤, 安藤, 柴田: 外ケーブルを合理化した有ヒンジ橋の連続化(涼徳橋), プレストレストコンクリート工学会, 第23回シンポジウム論文集, pp375-378, 2014.10