

有ヒンジPCラーメン橋に生じた変状とその影響について

The influence of deformed on Two-hinged Rigid-frame Bridge

交通事業本部 交通第2部 小林 克哉

有ヒンジPCラーメン橋は、支間中央にヒンジを設けて不静定次数を下げることで、設計の簡素化を図りつつ支間長 100mを超える橋梁を設計可能なため、これまでに全国はもとより道内でも20橋以上が建設された。しかし近年、同形式橋梁のヒンジ部分で垂れ下りが発生し、これに起因する様々な変状が生じている。本稿では、支間中央での沈下が顕著に生じた有ヒンジPCラーメン橋について、垂れ下り状況の経年変化と、その影響及び対策検討について報告する。

1 はじめに

電算機的发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となっており、竣工後のクリープによる沈下たわみが生じるため、その量を想定し主桁を上げ越して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、上げ越し量を含む竣工時からの総たわみ量が250mmを超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及び対策工について報告する。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、積雪量は少なく寒暖差は小さいが、夏の雨量が比較的多い地域である。

支間中央部の垂れ下り状況を図2に示す。この図から支間中央部が、垂れ下がっていることがわかる。



図2 支間中央部の垂れ下がり状況

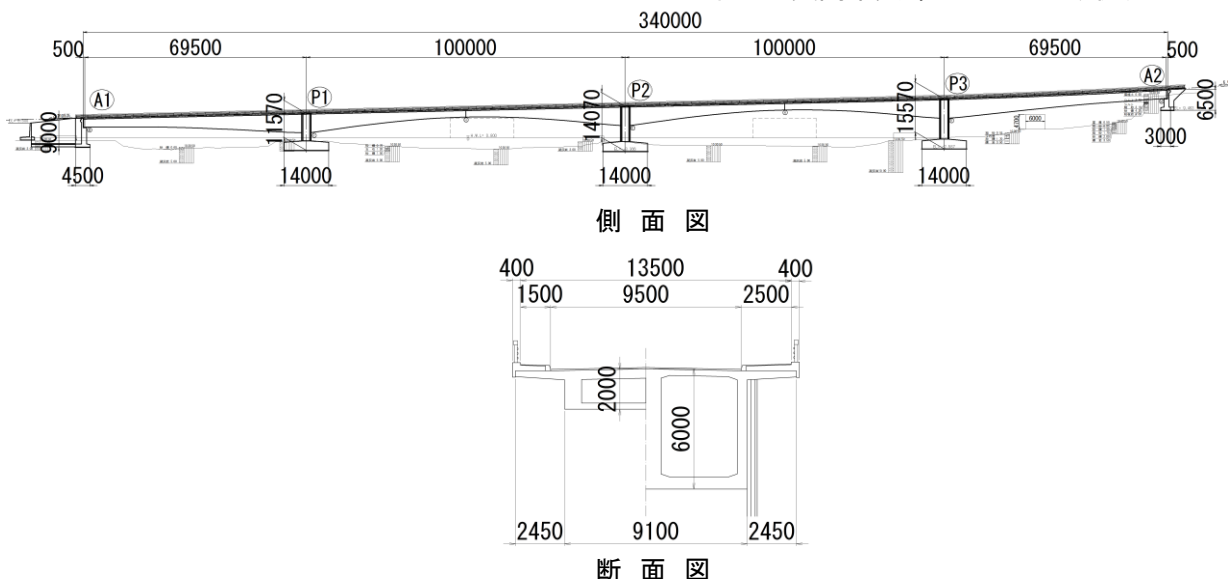


図1 対象橋梁一般図

3 支間中央たわみの経年変化

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。これに、昨年新たに計測した地覆天端高を加え計測値を整理し、たわみ量の経年変化を把握した。その結果を図3に示す。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。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）の計測結果では、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確認された。

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4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。

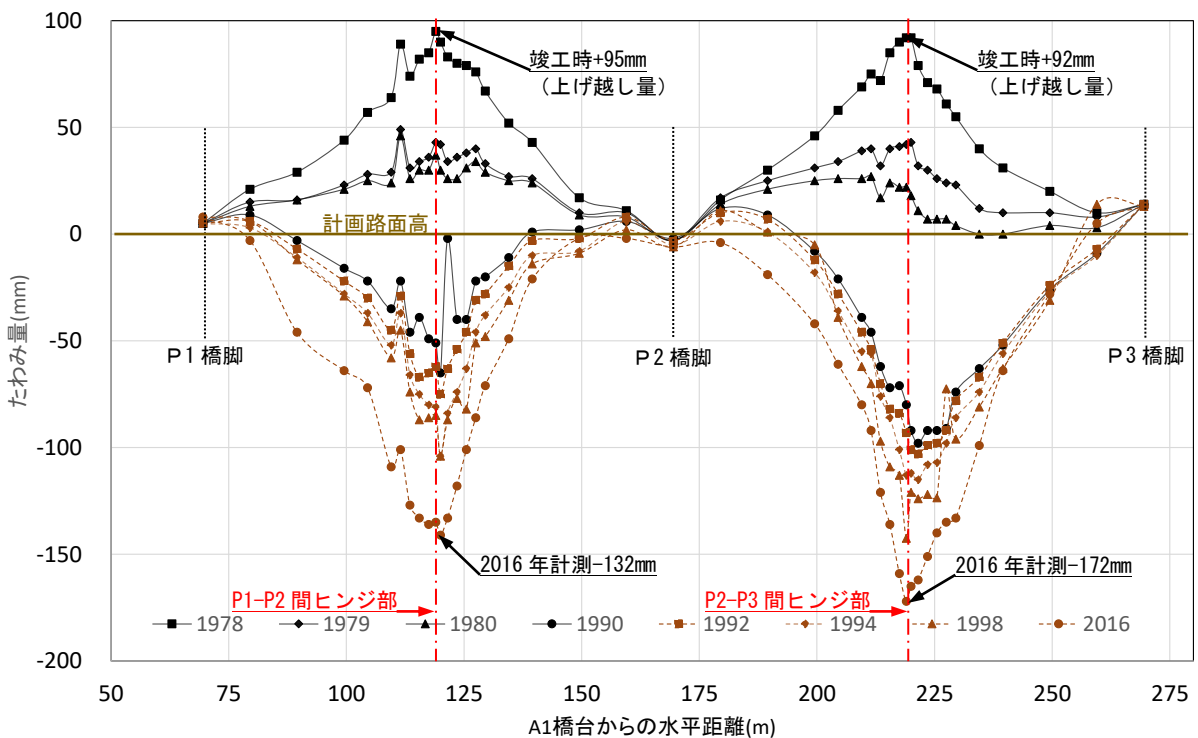


図3 支間中央たわみの経年変化

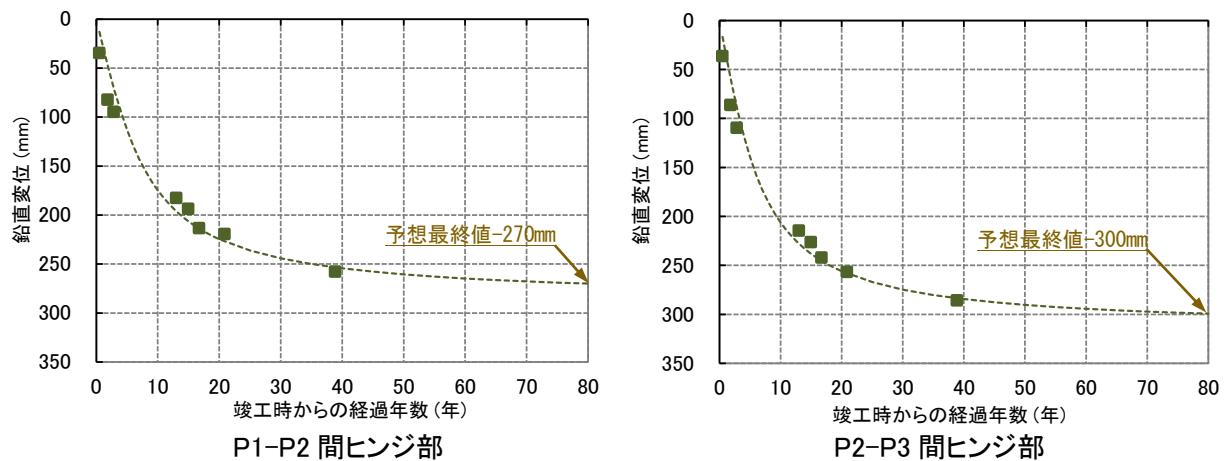


図4 支間中央部たわみの経年変化と将来予測

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、路面滞水、桁内部漏水などがある。ヒンジ部周辺の舗装は図 5 より、繰り返し補修が行なわれている。原因として、舗装下の路面水が



図 5 舗装損傷と滞水状況

垂れ下がりにより、伸縮装置背面に滞水したためと考える。

図 6 のヒンジ内部のつらは高さ約 1m であり、漏水量がいかにか多かが想定できる。

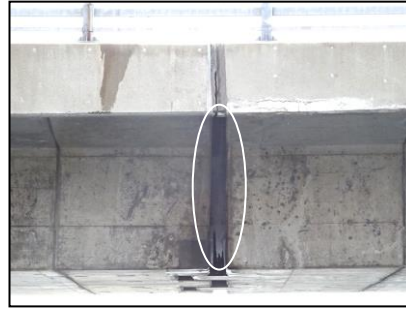


図 6 ヒンジ内部のつら

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 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。橋梁下が航路であるため適用可能工法は、

第 1 案・第 2 案であった。これらと比較した結果を表 2 に示す。その結果、伸縮装置補修が必要な第 1 案に比べ、経済性と維持管理で有利な「第 2 案：主桁連続化」を選定した。

表 1 対策工法の比較

	概要図	工法概要	適用性	評価
第 1 案 外ケーブル補強案		<ul style="list-style-type: none"> 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 主桁連続化案		<ul style="list-style-type: none"> 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 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		<ul style="list-style-type: none"> ヒンジ部下面に橋脚を構築し、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 桁下外ケーブル案		<ul style="list-style-type: none"> ヒンジ部下面に鋼製の偏向具を設置し、外ケーブルの吊上げ作用で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。	×

表 2 最終比較結果の概要

項目	第 1 案：外ケーブル補強案	第 2 案：主桁連続化案
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	△	◎

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。そこで、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。本解析では、主桁自重などすでに作用している断面力については、架設系変化を考慮した現橋モデルでの骨組解析を行ない、温度変化・活荷重および外ケーブルによる断面力については、連続モデルでの骨組解析を行な

った。また、解析モデルの直接基礎を剛結評価せず地盤バネ値を与えることで、橋脚の断面力を適切に評価した。その結果、主桁補強として、外ケーブルPC鋼材10本(導入張力9000kN相当)を、不静定力の発生を抑えるように配置とした。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。このように、基礎地盤バネを適切に評価することで、橋脚が低い本構造でも、主桁連続化が可能となった。

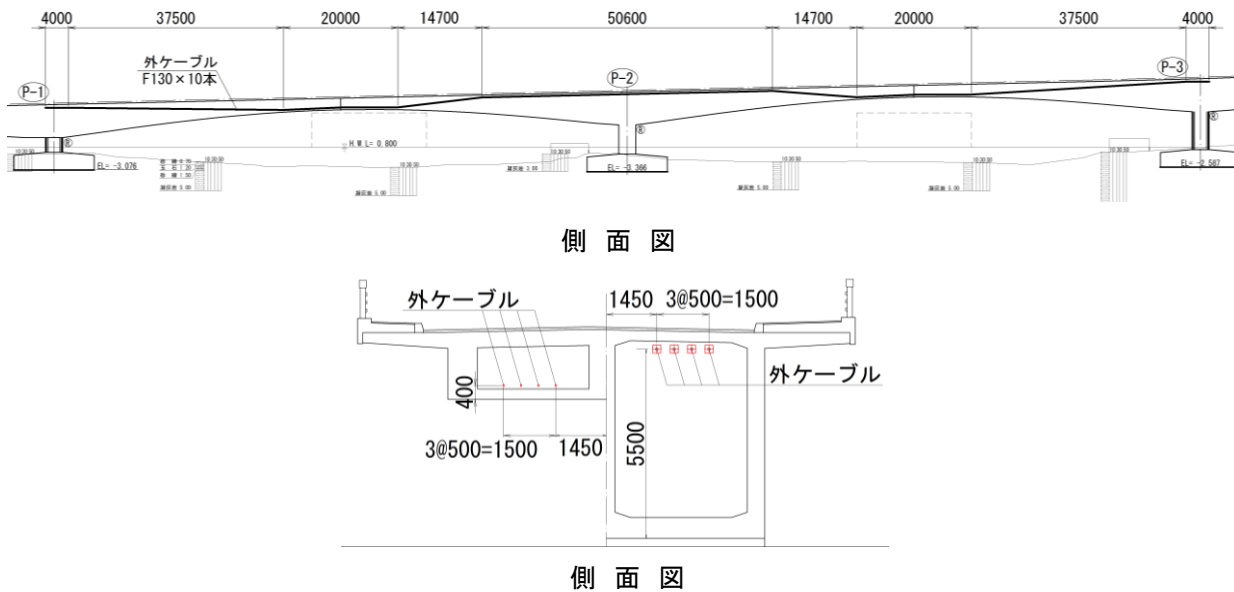


図 7 補強用外ケーブル配置図

7 まとめ

本稿では、有ヒンジラーメン橋におけるたわみによる変状とその影響について報告した。この現状を踏まえ本橋のたわみの発生要因を特定するため、下記の調査・検討を実施した。

- ① 柱頭部近傍の舗装切削により、主桁上面のひび割れを調査し構造的要因の有無を確認
- ② ヒンジ沓の損傷調査により、ヒンジ沓の損傷および磨耗状況を把握
- ③ 主桁応力度状態を確認するため、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し、設計値との比較を実施
- ④ 湿度・温度の観測により、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により、今後のたわみの進展を推定

上記の検討から、長期たわみ予測と本橋の健全性を評価した結果、本橋の構造的健全性は確保されていること、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。なお、これらの詳細については、次の機会に報告したい。

今回報告した変状は、全国規模で発生しており、その対策工について、様々な検討が行なわれている。しかし、たわみの進行が終了した前提での検討が大半であり、本橋のようにたわみが進行中で、これを想定した検討事例は数える程度しかない。

同様の変状事例における対策検討に、本稿が参考になれば幸いである。

[参考文献]

- 1) プレストレストコンクリート工学会「有ヒンジラーメン箱桁端の連続化補強設計」第16回シンポジウム論文集、2007.10
- 2) プレストレストコンクリート工学会「外ケーブルを合理化した有ヒンジ橋の連続化(涼徳橋)」第23回シンポジウム論文集、2014.10