

有ヒンジ橋の外ケーブルを用いた連続化

(株)千代田コンサルタント 正会員 ○大淵 将宏
 (株)千代田コンサルタント 福田 暁
 静岡県 交通基盤部 道路整備課 松岡 宏典

1. はじめに

本橋は1級河川大井川に架かる一般国道362号徳山バイパスに1980年に建設された、PC5径間有ヒンジ連続ラーメン箱桁橋である(写真-1)。ヒンジ部の連続化による連続ラーメン橋への構造系改変、全体系での橋脚耐震補強設計について報告する。

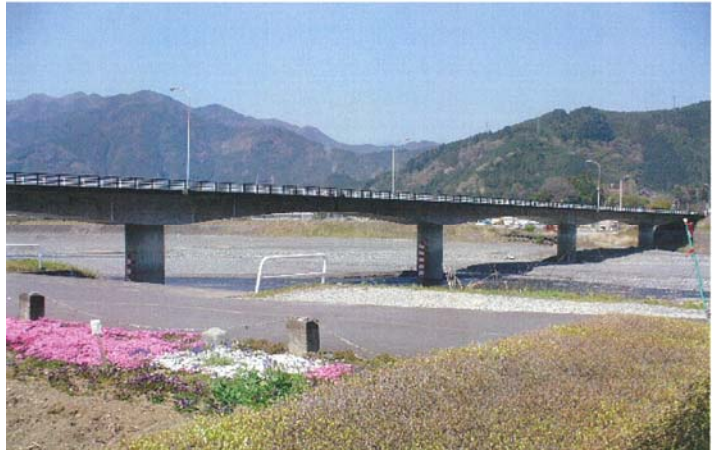


写真-1 橋梁全景

設計時点において、近年同構造形式で発生している事例の多い中央ヒンジの垂れ下がりなどは生じていないものの、今後の構造的な弱点になる可能性があることと、維持管理性、ライフサイクルコストを考慮して中央

ヒンジ部の連続化を実施した。常時において上部工連続化設計を実施し、その連続化後のラーメン橋梁に対して、平成14年道路橋示方書に準拠したレベル2地震時の耐震補強設計を実施した。本橋の全体一般図を図-1に、上部工断面図を図-2に示す。

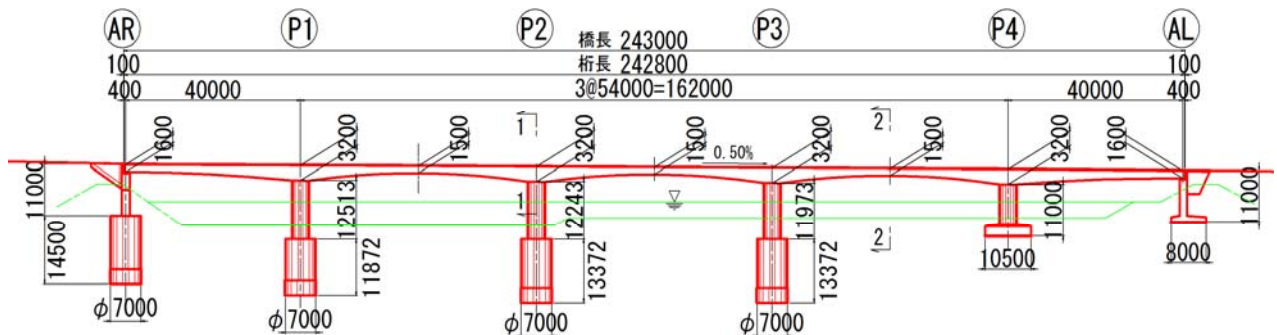


図-1 全体一般図(側面図)

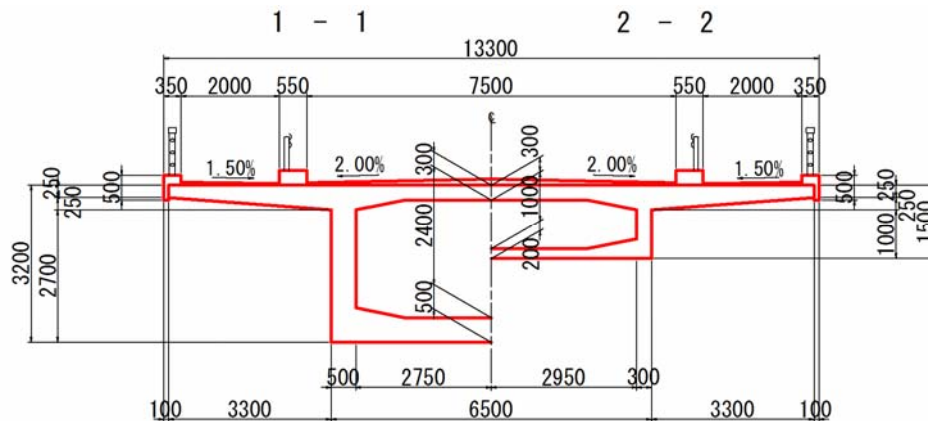


図-2 上部工断面図

2. 中央ヒンジの連続化

2. 1 連続化方法

径間中央部付近での正曲げモーメントに対して、図-3、図-4に示すように箱桁内に外ケーブルを配置し、中央ヒンジ部にプレストレスを導入することにより連続ラーメン化した。外ケーブルによる有ヒンジラーメン橋の連続化においては、中央ヒンジ部の桁高が低いためプレストレスが効果的でないこと、外ケーブル容量とのバランスを考えて定着位置、構造を検討する必要があること、温度変化時に橋脚・上部工の耐力が不足することがあること、などの課題がある。

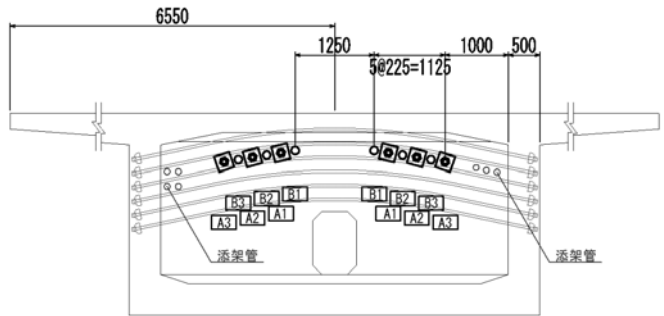


図-3 ケーブル配置断面図 (定着部)

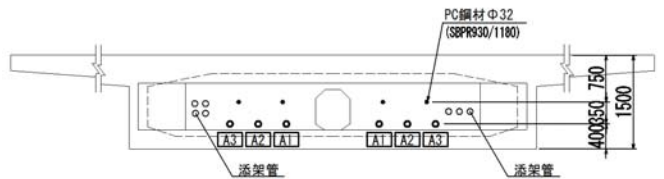


図-4 ケーブル配置断面図 (ヒンジ部)

2. 2 外ケーブルによる補強設計

全体系の解析は、基礎バネを考慮した平面骨組解析モデルにより行った。

常時において、中央ヒンジ部を連続化して上部工の発生応力度を照査した結果、大容量の外ケーブルを用いても許容値を超過する結果が確認されたため、以下のように設計を行った。

- (1) 大容量の外ケーブルを使用すると、定着部、偏向部に大きな応力が発生し補強が必要になること、既設上部工桁内部という狭隘な空間での施工性（ハンドリング）が悪くなることから、使用ケーブルの容量（径）を下げ、PRC構造として設計を行った。
- (2) 主荷重載荷時（死荷重、活荷重）には既設主桁断面+外ケーブル構造で抵抗し、発生応力度が許容応力度以下となるように設計を行い、使用する外ケーブル規格を決定した。
- (3) 従荷重載荷時（温度変化）には、中央ヒンジ部の主桁下面に発生する引張応力度に抵抗するために、主荷重載荷状態で決定した外ケーブル補強に加えて、桁下面に鋼板接着による補強を行った。

表-1 上部工（常時）検討結果一覧表

(単位: N/mm²)

主要断面 荷重ケース	既設								補強 (上段: 外ケーブル連結のみ/下段: 補強後)							
	A1~P1		P1~P2		③		④		①		②		③		④	
	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁
主荷重	全死荷重時								2.34	3.72	2.71	3.49	0.41	1.98	0.34	2.07
	-1.5 ≤ σ a < 14.0	2.45	3.45	1.75	2.99	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	補強															
	設計荷重時								4.22	0.49	3.61	2.06	2.16	-1.21	2.00	-1.26
従荷重	-1.5 ≤ σ a < 14.0	1.88	-3.24	0.91	-1.44	1.75	-3.19	1.64	-3.24							
	補強															
	温度変化時								4.18	0.52	4.83	-0.84	3.05	-4.41	2.54	-4.01
	-2.0 ≤ σ a < 16.1	1.56	-2.71	1.22	-2.90	1.13	-3.20	1.52	-2.75					2.92	0.35	2.26
補強																
													鋼板補強 6mm		鋼板補強 6mm	

2. 3 外ケーブルの定着方法

外ケーブルは、柱頭部横桁が無垢構造となっているため、径間ごとにケーブルを配置し、各橋脚の柱頭部横桁で定着する構造を採用した。既往図面より、柱頭部横桁には直角方向に横締めPC鋼材が6段配置されているため、それらを避けてケーブルを配置した。なお、横締めPC鋼材の純間隔が188mmであったが、ウォータージェットにより削孔可能と判断した。

中間橋脚部は両側からケーブルが配置される

ため、図-5に示すように柱頭部でたすき掛けになるように配置した。既設桁内部には、添架管が左右両側に配置されていることから、配置可能本数は桁の中央付近に6本とした。

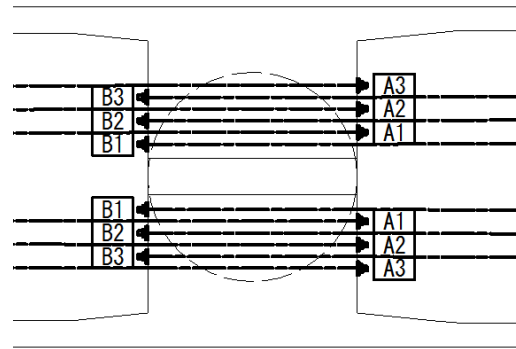


図-5 ケーブル配置平面図（柱頭部）

2. 4 外ケーブル定着部の照査

外ケーブルの定着面に割裂応力が生じることが考えられることから、柱頭部において部分的にFEM解析を実施した。補強計算においては、既設横桁の鉄筋および前述の横締めPC鋼材を考慮し、不足する分を補うように補強量を設定し、コンクリート表面に生じる引張応力度に対する補強として図-6のように鉛直方向に炭素繊維シートによる補強を行った。

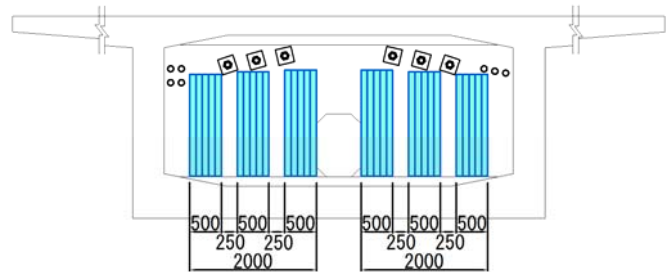


図-6 定着部補強図

2. 5 上部工の常時に対する補強

本橋の設計基準は、昭和55年道路橋示方書の改訂前のものであったため、平成14年道路橋示方書で照査を行うと、せん断耐力が不足する箇所が多く確認された。そのため、炭素繊維シートによるせん断補強を行った。桁内に鉛直方向に炭素繊維を貼り付けた場合、上下の定着長が確保できないことから、鋼板を用いたアンカー定着方式を採用した。

また、中央ヒンジ部付近では、レベル1地震動においても下側の引張応力が許容値を超過する箇所が確認されたため、温度変化時のヒンジ部補強に合わせて超過範囲に鋼板接着による補強を実施した。

3. 耐震設計（レベル2地震動）

3. 1 耐震補強設計

連続化を実施した全体構造に対して基礎をバネ値として評価した図-7に示す骨組みモデルを使用して、非線形動的解析による耐震性能照査を実施し、以下の補強を実施した。

(1) 下部工はせん断、曲げともに耐力が不足したことから、鋼板巻立て補強を採用した。

(2) 上部工は、曲げ耐力が不足したため、前述の補強に加えて、下床版、上床版下面に対し鋼板および炭素繊維で補強した。

レベル2地震時に対して、現況の主桁高が低い中央ヒンジ部が応力的に厳しい状況であったこと、下側引張が許容値を超過することから、中央ヒンジ部が塑性化することを許容した（ひび割れを許容する）構造解析モデルとした。当部位は、ひび割れが発生するがPC鋼材は降伏しない程度の作用力

であることから、地震後にはひび割れがとじ、緊急輸送路として機能するように設計した。

また、ラーメン構造である柱頭部について、既設の埋め込み鉄筋に十分な定着長が確保されていたことから曲げ耐力が十分であり、補強は不要と判断した。図-8に補強一般図を示す。

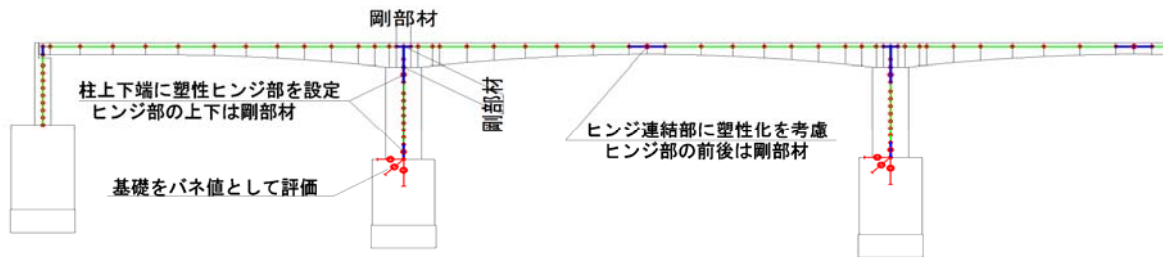


図-7 骨組み解析モデル図 (AR~中央部までを表示)

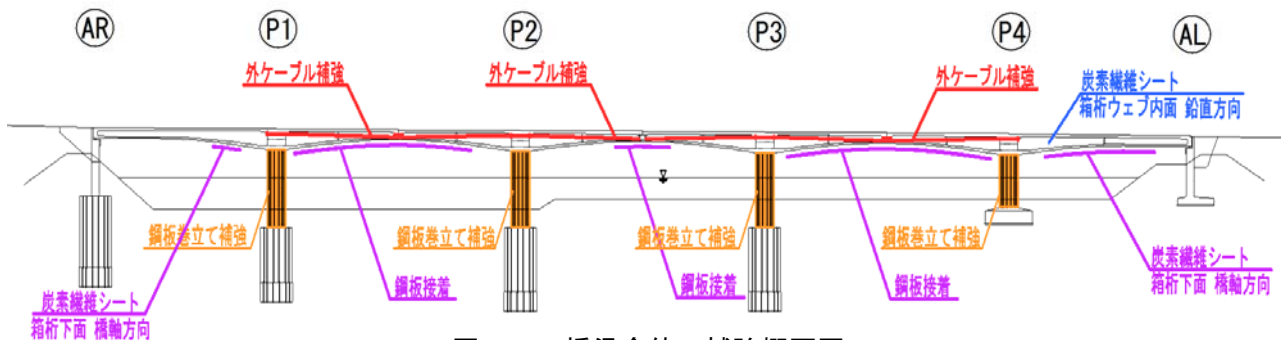


図-8 橋梁全体の補強概要図

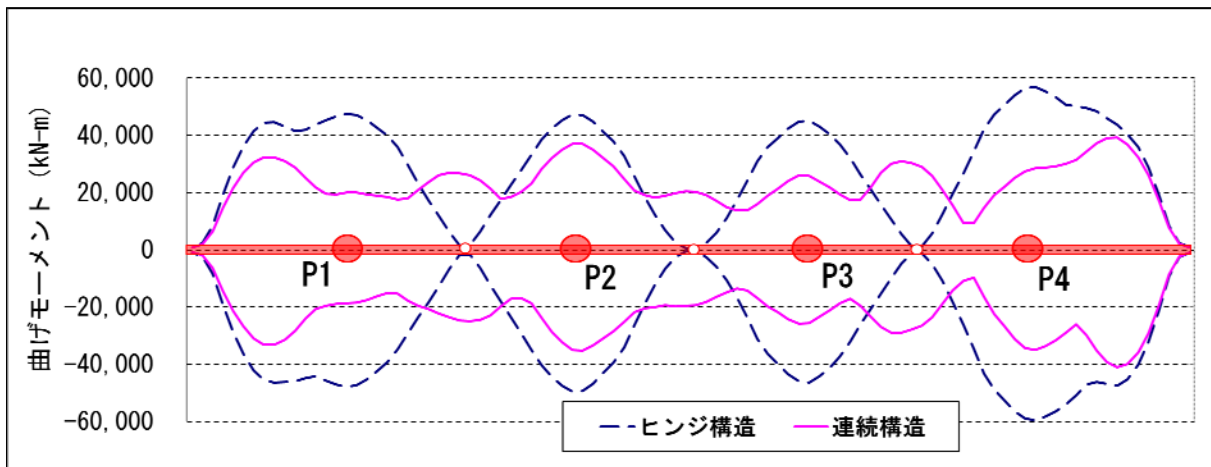


図-9 ヒンジ構造と連続構造における橋軸直角方向発生曲げモーメント比較

3. 2 連続化による耐震補強の効果

連続化により橋梁全体の構造系が変更された結果、耐震補強においても以下の効果が確認できた。

P4橋脚だけ下部工高さが低く、直接基礎形式となっていることから、全体系で照査を行うとP4橋脚に荷重が寄る傾向が確認されたが、連続化構造とすることで図-9に示すように橋軸直角方向の荷重分担のバランスが良くなり、橋脚位置での応答曲げモーメントが減少する傾向となり、耐震補強としても連続化の効果があることが確認された。

4. おわりに

今回と同形式の有ヒンジラーメン橋の中には、まだ耐震補強が実施されないまま供用されているものもあることから、本報告が今後の同種橋梁の設計の参考になれば幸いである。