

中間橋脚の増設による三萩野高架橋改築工事

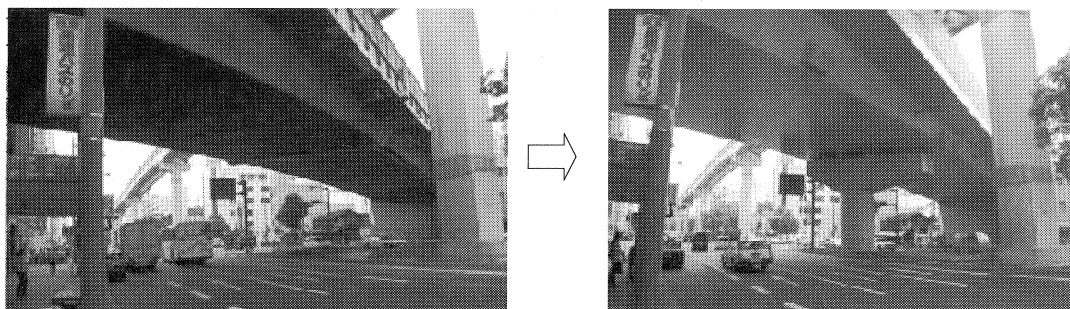
三井住友建設(株)九州支店 正会員 ○齋藤 謙一
 福岡北九州高速道路公社 北九州事務所 赤澤 英明
 三井住友建設(株)九州支店 河野 登志雄
 三井住友建設(株)九州支店 伊東 拓郎

1. はじめに

三萩野高架橋は築 32 年の PC3 径間有ヒンジラーメン橋で、中央ヒンジ部の鉛直変位と大型車両通過時の振動騒音が長年憂慮されてきた。

今回、路線全体の大規模改築工事において、中央径間部と交差する主要幹線国道の中央分離帯上に中間橋脚を増設し、**写真-1**のように2連のTラーメン橋へと構造変更することでこの課題を解決した。

本報告は、対策の主眼となった中間橋脚増設と有ヒンジ部のジャッキアップを中心に、併用した外ケーブル補強、連続繊維シート貼付による床版補強など、補修補強工事の概要を述べるものである。



増設前(2005年, 中間橋脚なし)

増設後(2006年, 中間橋脚あり)

写真-1 中間橋脚の増設による景観の変化

2. 改築工事の概要

三萩野高架橋は北九州道路(3期)として1973年から供用されているPC3径間有ヒンジラーメン橋である。路線全体の計画は北九州市街地を通り、本橋は路面電車を幅員中央に備えた国道10号線を跨ぐ跨線跨道橋であった。縦断線形と交差条件の関係から中央支間長69.5mを跨げて、かつ桁高を抑えなければならない(桁高:支点上3.5m~支間1.5m, スパン桁高比:支点上20~支間46)という設計条件が挙げられた。更に、真下の交通を確保しながら主桁を架設しなければならないという施工条件も課せられた。そこでPC片持ち張出し架設による有ヒンジラーメン橋(標準のスパン桁高比:18~43)が本橋の構造形式として採用された。

このような特徴を持つ本橋であるが供用直後から中央ヒンジ部が下方に変位し始め、5年、10年の経過に伴い大型車通行時の騒音・振動も問題視されはじめた。最終の鉛直変位量は目標線形に対して25cmである。

有ヒンジ部の変形に対処する場合、「舗装嵩上げのために、橋面荷重が増加してさらに下がる」という悪循環になり易く、本橋もこの傾向が見られた。

そこで変形の原因として、クリープ係数の相違、橋脚の移動・変形などを想定し、各種計測も行って検討を行ったが、変形の原因、騒音振動のメカニズム、共に特定することは出来なかった。

これまでに行った補修は、舗装の嵩上げ(1979年)と、中央ヒンジ支承の交換+遮音材の挿入(1985年)であるが、いずれも走行性の改善と騒音対策が主たる目的であり、根本的な変形対策は施されていない。

環境条件、交差条件の大きな変化としては、中央ヒンジ部の直下で供用されていた路面電車が廃止されて中央分離帯となり、代わりにモノレールが本橋の直上を交差する形で1985年に開業したことが特筆される。

そこで本橋ではこれまでの課題を解決するため、中央分離帯上への中間橋脚の新規設置を主眼とした根本的な対策を取った。今回の改築による構造系変化を全体一般図で図-1に示す。

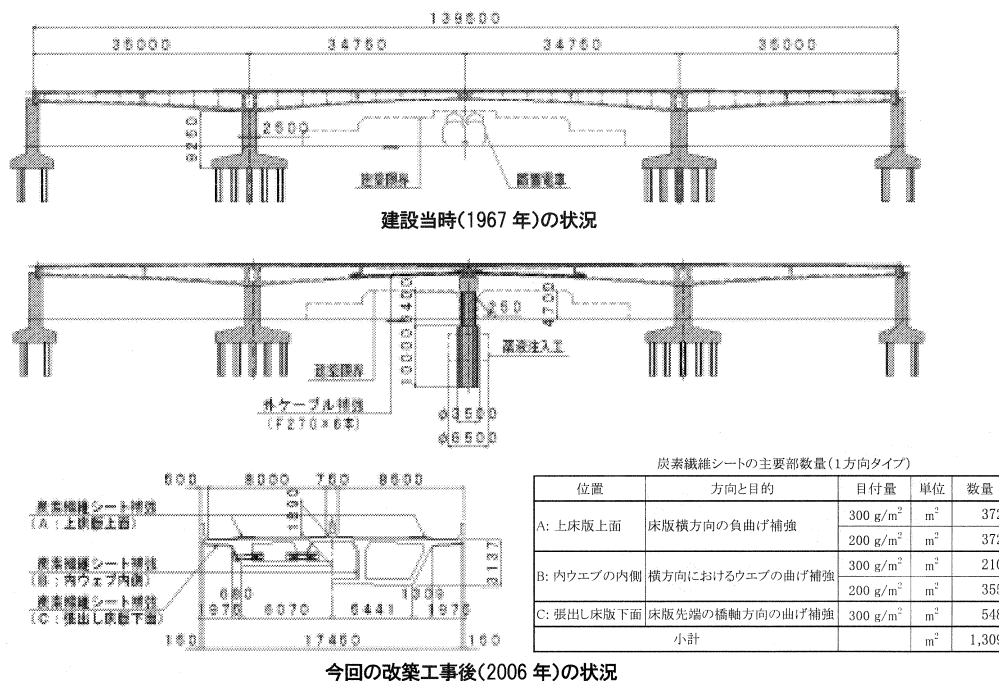


図-1 全体一般図

3. 主桁補強方法の選定

有ヒンジラーメン橋の鉛直変位対策には、ヒンジ部主桁の連続化に外ケーブル補強などを組み合わせる¹⁾ケースが報告されている。これは支間中央における鉛直変位を一部回復させつつ、後荷重増加への補強も兼ねられるというメリットが有るためである。今回もこの連続化が有力候補として比較対象に挙げられた。

主桁を連続化すれば、主桁は軸剛性を持つために外ケーブル緊張による主桁の弾性変形や温度変化による軸方向収縮が下部工に伝わるため、ラーメン橋脚の断面力を増加させることになる。この対策としては、有ヒンジ部に水平加圧をかけて主桁を連続化させることで橋脚の付加断面力を低減する方法もある。

しかしながら本橋ではラーメン脚柱がもともと短い上に、耐震補強により柱部が鋼板で巻き立てられて剛性が更に高められている。一方、橋脚基礎は無補強であり、今後の補強も立地条件から困難である。このために本橋に水平加圧を計画しても自由度が小さく、その効果や精度が落ちることが懸念された。

またヒンジ部の鉛直変形の値も25cmと大きく、桁下を通る国道の建築限界を侵さない外ケーブル配置で回復できるオーダーではなかった。

以上の2点により連続化を断念し、中央ヒンジを残したまま鉛直支持条件のみを変更することとした。中間橋脚の増設による曲げモーメントの変化を図-2に示す。

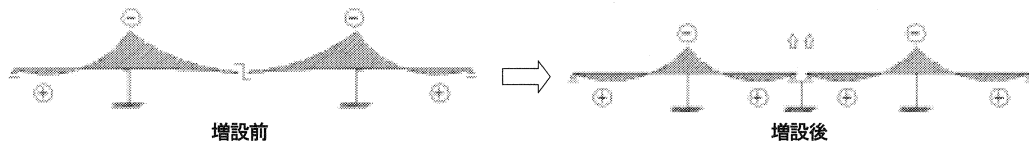


図-2 中間橋脚の増設による曲げモーメントの変化

4. 補修・補強設計

(1)設計条件

路線全体改築工事における委員会で決定された設計・施工の基本方針を、設計条件として以下に示す。

- ・ 活荷重は建設当時の TL-20 とする。
- ・ 本橋は片側 2 車線，往復 4 車線の高速道路である。最大規制の場合も往復 2 車線を確保する。
- ・ 下の幹線国道は往復 7 車線である。中間橋脚施工中の交通規制の際も 6 車線を確保する。

(2)中間橋脚の増設

増設する中間橋脚はシンプルな支柱構造として計画した。これは大地震時にも耐え，なおかつ中央分離帯の中に施工できるサイズと形式でなければならず，圧迫感の少ない外観が望ましい。この条件から柱の断面力を極力低減することが望まれた。そのために中間橋脚には鉛直反力を支えるだけの機能を持たせ，上部工との結合条件は全水平方向に可動とした。

基礎は中央分離帯に納まる直径 3.5m の深礎で計画した。深さは N 値 50 の砂礫層を基礎地盤とし，1D の根入れを考慮して 10m に設定した。その上に直径 2.5m × 高さ 5.4m の円柱脚を立ち上げる。柱上には梁背 2.5m の RC 横梁を水平に配置し，天端にゴムパッド沓を設置する構造とした。

(3)ゴム支承

3 室断面広幅員のために中央ヒンジ横桁の橋軸直角方向の全長は 12.3m ある。この横桁の補強を最小限にするために支承箇所数はウェブ直下に寄せて 4 箇所/横桁，合計 8 支承とした。可動支持を満たす支承構造として 37cm × 37cm × 6cm の積層ゴム支承の上縁側にテフロン板，主桁の下縁側にステンレス板を設置してすべり面を構成した。主桁下縁のステンレス板の平面形状寸法は，レベル 2 地震時の橋脚横梁と中央ヒンジ横梁の水平方向最大相対変位 20cm を全方向で満足できるよう，一辺 95cm の正方形とした。

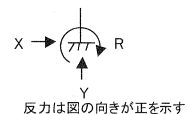
有ヒンジの状態でも大規模地震時に主桁が健全であるために，移動制限構造は不要である。

(4)ジャッキアップ

中間支点に所定の反力を導入するために，横梁上でジャッキアップする方針とした。この力が少なければ少ないほど，後述する外ケーブルの補強が少なくて済む。しかし少な過ぎると中間支点に負反力が生じて安全性に支障を来たす。工事中も高速道路は供用しなければならぬため，全ての施工ステップにおいて活荷重 + 温度変化時に負反力が生じぬよう，導入反力を 200kN/支承 (800kN/半橋) に設定した。

表-1 支点反力の推移

		端橋脚	既設のラーメン橋脚		増設した中間橋脚	鉛直反力小計
		Y(kN)	R(kN・m)	Y(kN)	Y(kN)	Y(kN)
当初 3 径間 有ヒンジ ラーメン橋	① 主桁自重	2,486	-41,467	22,946	-	25,432
	橋面荷重 (カウンターウエイト含む)	681	-2,707	3,392	-	4,072
	プレ2次 (既設計算書より)	-1,306	-45,043	1,306	-	0
ジャッキアップ	集中荷重 P=800kN	46	25,597	-846	800	0
中間橋脚 設置後	② 活荷重 (min TL-20 衝撃有り)	-25	-14,231	-34	-18	-
	③ 活荷重 (max TL-20 衝撃有り)	1,147	12,954	2,667	1,298	-
	④ 既設橋面荷重撤去	-468	664	-1,913	-466	-2,847
	⑤ 床版温度差 (+5°C)	387	-1,961	-721	335	0
	⑥ 定着ブロック	-2	-1,048	92	124	214
	⑦ 新設外ケーブルプレ2次	9	4,964	-164	155	0
	⑧ 新設橋面荷重	840	-9,801	4,246	1,630	6,716
	施工 中 供用時	①+②+④	1,414	-77,187	24,850	316
	①+③+④	2,587	-50,001	27,551	1,632	-
組合せ	死荷重時	2,286	-68,840	29,058	2,243	33,587
	設計荷重時 (max TL-20 衝撃有り)	3,433	-55,886	31,724	3,541	-



支点反力の推移を表-1 に示す。後载荷される外ケーブルプレストレス二次力，橋面工高上げなどで反力は増加し，死荷重反力はジャッキアップによる初期導入反力の 3 倍程度となる。

(5)外ケーブル

建設当時の構造は有ヒンジであるために、中央径間には負曲げモーメントのみしか発生していなかった(図-2左)。しかし今回の支点追加により正曲げモーメントが新たに発生する(図-2右)。これに対しては桁内の下床版上に外ケーブルを直線配置して下縁圧縮のプレストレス(設計荷重作用時0.6Pu)を与えた。

5. 中間橋脚の施工

中央分離帯沿いの車線に交通規制をかけて、まず深礎を施工した。施工中の止水を目的としてセメントミルク注入で周辺を地盤改良した後、掘削とライナープレート立て込みは人力で、掘削土の搬出は0.02m³ミニバックホウと5トクレーンでそれぞれ行い、床付けの後、内部に配筋してポンプ車で打設した。

その後、場所打ちコンクリートによる施工で深礎の上に5.4mの高さの円柱を立ち上げた。

横梁の施工では、まず規制車線と中央分離帯幅を利用して下から支保工を立ち上げたが、上部の梁の先端は建築限界を侵さぬようにブラケット支保工とした。

6. ジャッキアップ, 支承部の施工

ゴム支承の設置に先立ち、横梁上で200KN/支承(1,600KN/全橋)の力でジャッキアップした。作業状況を写真-2に、ジャッキの平面配置を図-3に示す。横梁天端の高さを桁下面から40cm下げて設定することで確保した受け換えスペースにジャッキを設置して突き上げ、型鋼で仮受けして沓座モルタルを打設した。

ジャッキアップによる弾性変形量の計測結果は5cmと、計算値に近い値となった。後に主桁コンクリートのコアを採取して測定された実測ヤング係数を用いて補正すると両者はほぼ一致した。ジャッキアップ作業が完了すると、騒音、振動は無くなった。

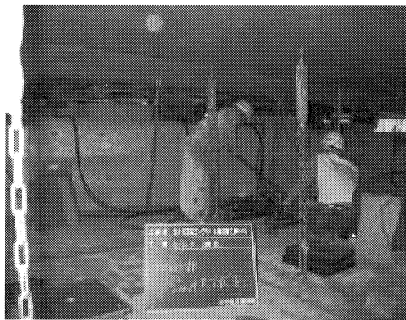


写真-2 ジャッキアップ作業状況

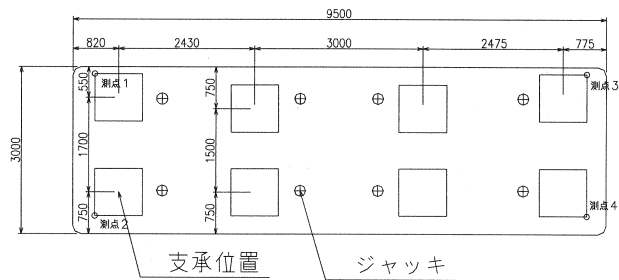


図-3 ジャッキの平面配置

7. おわりに

本橋は中間橋脚の増設という通常は採用できない特殊な工法によって、変形の課題を根本的に解決できた。中央分離帯の利用が可能となった背景には、路面電車の廃止だけではなく、公共線の移設がある。着工前の中央分離帯には電線をはじめとする埋設公共線があったが、関係機関に御協力いただいたおかげでこれを移設し、本橋の構造性を最優先した中間橋脚増設という基本方針が確立できた。

実施工において前例の無い厳しい交通制約下での深礎橋脚増設に技術協力いただいた皆様、および、公共線移設に当たって多大な御協力を頂いた関係機関の皆様にご心より感謝申し上げますと共に、本報告が類似工事の一助となれば幸いです。

参考文献

1) 池田, 大部 藺, 窪田, 橋本: 名神高速道路・釈迦ヶ池橋における有ヒンジPC ラーメン橋の補強工事, ハイウエイ技術 No. 17 (2000-10)