

半断面取替工法による床版取替設計

○手平辰哉¹・杉浦達巳³・北堀裕隆¹・高橋孝征²

¹ (株) 東京建設コンサルタンツ中部支社 道路第二部 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-5-5)

² (株) 東京建設コンサルタンツ中部支社 道路第一部 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-5-5)

³ (株) 東京建設コンサルタンツ中部支社 (〒460-0003 名古屋市中区錦2-5-5)

東名高速道路における大規模更新・修繕事業の床版更新工事は、一般交通を供用させながらの施工となる。本路線は交通量が多く、施工期間中においても片側2車交通の確保が必要であったため、幅員確保のために施工中のみ道路規格を下げ、かつ床版取替工法に半断面施工を採用し、設計を実施した。床版取替および建設当初からの車両大型化による荷重の増加により主桁補強も必要であったため、母材への当て板補強や中フランジ設置をはじめとした補強工法がある中で、各々の補強必要部位に対し最適な補強工法を検討し、設計を実施したものである。

Key Words : 大規模更新・修繕, 床版取替, 半断面施工, 主桁補強

1. はじめに

東日本・中日本・西日本高速道路株式会社（以下NEXCOという）が管理する高速道路は、1963年名神高速道路・栗東～尼崎間の開通から50年以上を経た現在、総延長約9000kmに達し、このうち約2000kmをNEXCO中日本が管理している。NEXCO中日本が管理する高速道路は、供用から30年以上経過した道路が約6割を占め、経年劣化や、厳しい環境条件下での使用により、構造物の老朽化や劣化が顕在化してきている。このような問題に対し、従来の部分的な修繕を繰り返し行う対応では改善出来ないため、最新の技術を用いて構造物を建設当初の性能へと回復させる大規模な更新・修繕工事が随時行われている。

本業務は、東名高速道路の大規模更新・修繕事業の一環として、鋼桁橋の床版取替設計および、床版取替・車両大型化に伴う荷重増加に対して主桁補強設計を実施したものである。対象橋梁は、竣工から50年以上経過した鋼非合成連続鋼桁橋（2径間+4径間）（図-1）であり、床版補強として主桁間に縦桁が設置されている（図-2）。

本業務を遂行する上で、①本路線は交通量が多く、施工中も片側2車交通の確保が必要である、②床版取替・車両大型化に伴う荷重の増加により、主桁の補強が必要となる、という技術的な課題があった。ゆえに、片側2車交通に必要な幅員を確保した床版の取替ステップの立案およびステップを踏まえた床版の構造設計の実施、主桁の補強範囲・補強工法の見直し・設計が必要であり、課題を解決しつつ床版取替設計および主桁補強設計を行うことが求められた。本稿では、これらの課題を解決しつつ実施した床版取替設計および主桁補強設計の事例を報告する。

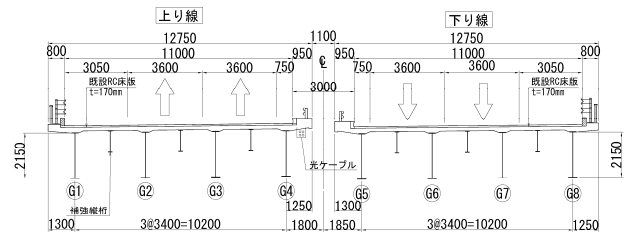


図-2 橋梁断面図

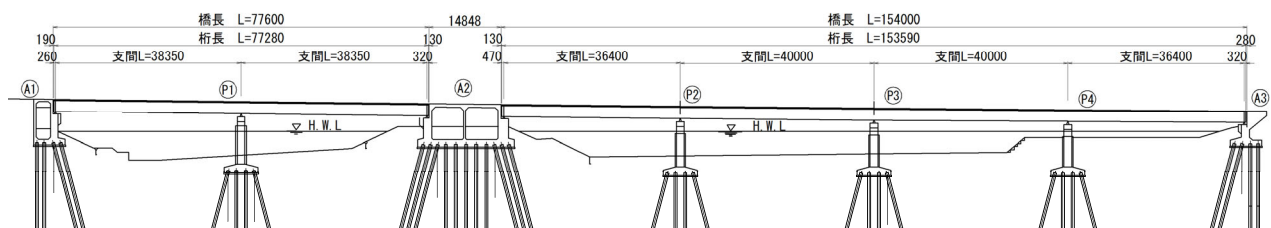


図-1 橋梁側面図

2. 床版取替設計

(1) 床版取替方針と床版取替ステップ

施工中の片側2車交通の確保という課題に対して、下記の対策を講じることで必要幅員を確保した。

- ・ 施工中のみ道路規格を第1種第1級A規格から第3種第1級規格相当とし、必要幅員を縮小（表-1）。
- ・ 床版取替工法に半断面取替工法を採用。

表-1 幅員設定

項目	現況 (m)	施工中 (m)
車線幅	3.60	3.25
路肩幅	左側	0.50
	右側	0.50
中央帯幅	3.00	1.50

床版取替ステップは、左記の方針に加え、図-3に示す次の条件を踏まえ、立案した（図-4）。

- ・ 既設床版切断位置は、ハンチや補強縦桁位置を避け、端部より100mm以上離れた位置とする。
- ・ 仮設防護柵端から床版切断位置まで離隔を0.7m以上確保する。
- ・ 施工中に幅員が不足する際は、用地制約や橋台への影響を踏まえ、中央帯側への拡幅とする。
- ・ 床版取替は、先行版と後攻版のポステン鋼材での一体化作業を踏まえ、中央帯側から施工する。

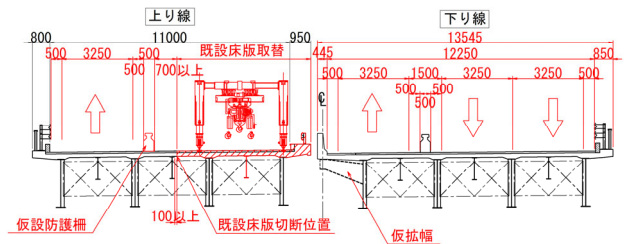


図-3 床版取替のコントロールポイント

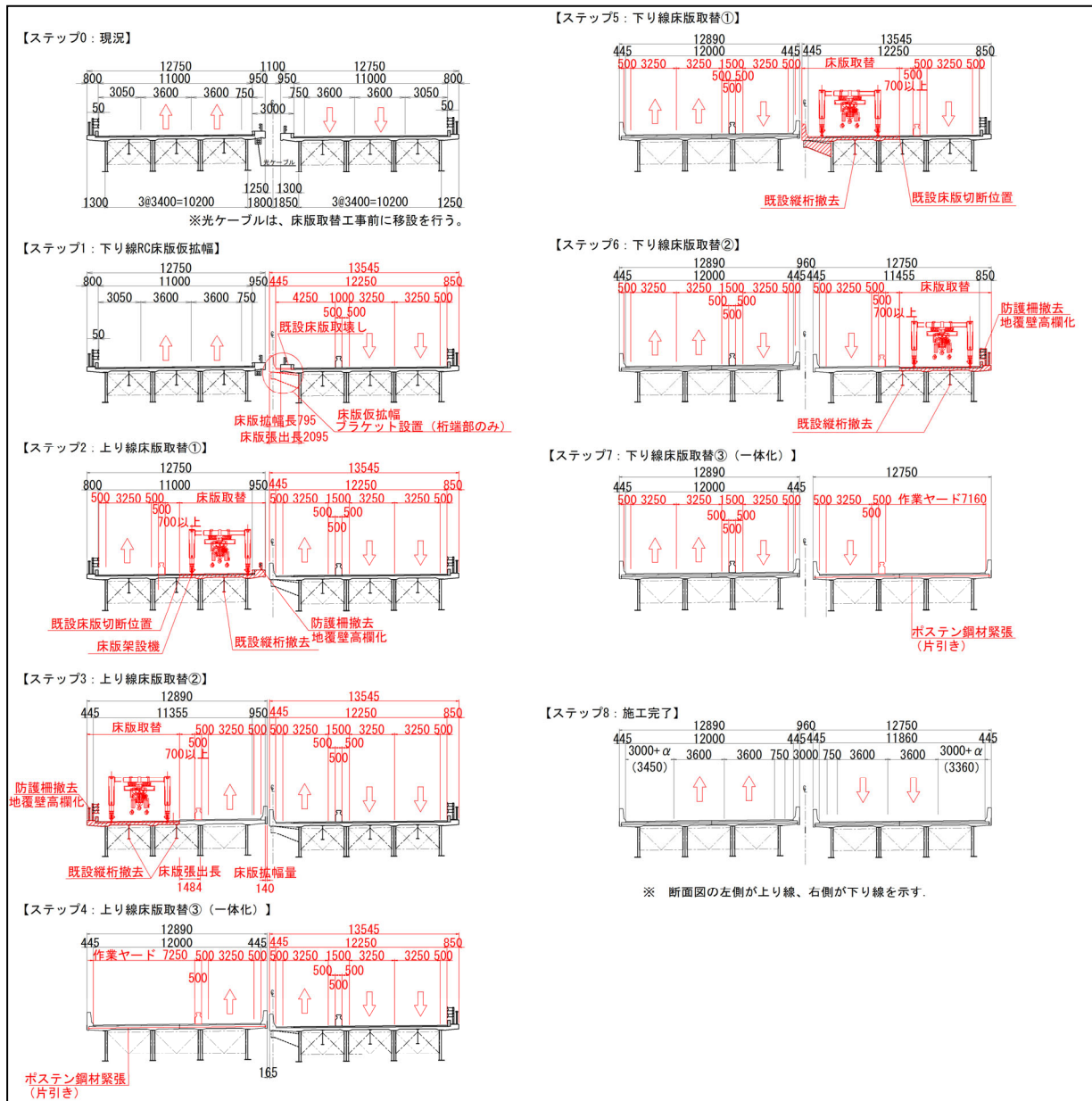


図-4 床版取替ステップ

(2) 床版構造の検討

更新床版は、従来のRC床版に比べ高耐久かつ施工期間の短縮が図れるPCプレキャスト床版を採用し、橋軸方向の継手構造は標準的なループ継手とした。床版設計は、半断面取替工法で床版取替を行うため、床版の構造系が単純版→連続版に変化すること、床版架設後は合成構造となること、鋼材配置を踏まえたずれ止め配置などへ配慮した設計が求められた。

a) ずれ止め孔とスタッドの配置

プレキャストPC床版と主桁との接合は、鋼桁上フランジ上に配置したスタッドにより行う。プレキャスト床版においては、製作・運搬・構造上の制約からずれ止め孔を間隔600mm以下で単列配置することは困難である。特に本橋のような連続桁でかつ床版と主桁の合成効果を考慮する場合、中間支点付近では標準部に比べスタッドの必要本数が増え、より困難となる。そのため、解決策として、1箇所に複数列のスタッドを配置するグループ配置を採用した(図-5)。また、スタッドをグループ配列した場合、その配列方法(行×列)によってせん断耐荷性能が低下することが既往の研究^{1)~3)}から明らかとなっている。ゆえに、本業務においても上記を考慮し、ずれ止めおよびずれ止め孔の配置を計画した。結果、床版1枚あたりずれ止め孔を2孔配置する計画とした。

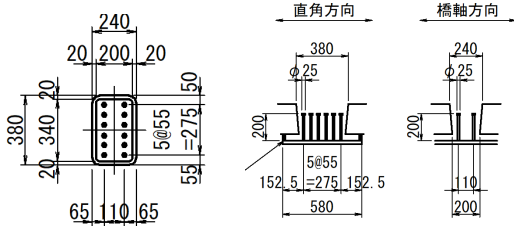


図-5 スタッドのグループ配列

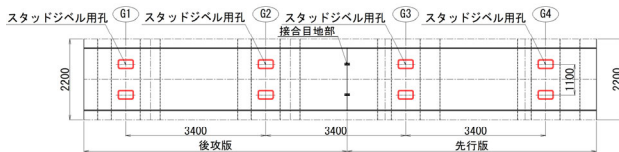


図-6 ずれ止め孔(ジベル孔)の配置(平面)

b) プレキャストPC床版厚の検討

プレキャストPC床版の厚さは、既設の補強縦桁の撤去およびループ鉄筋の曲げ半径を考慮し決定する必要があった。特に中間支点付近の曲げモーメントが負の領域では主桁との合成作用から、標準部よりも橋軸方向の鉄筋径が大きくなるケースが多いため、標準部と中間支点付近に分けて検討を実施した。また、取替ステップより、床版の構造系が単純版→連続版へと変化するため、それぞれで構造成立させることも踏まえ検討した。結果、ループ鉄筋が標準部ではD19ctc100, 中間支点部ではD22ctc100が必要となったため、下記の床版厚とした。

標準部: t=220mm, 中間支点部: t=240mm

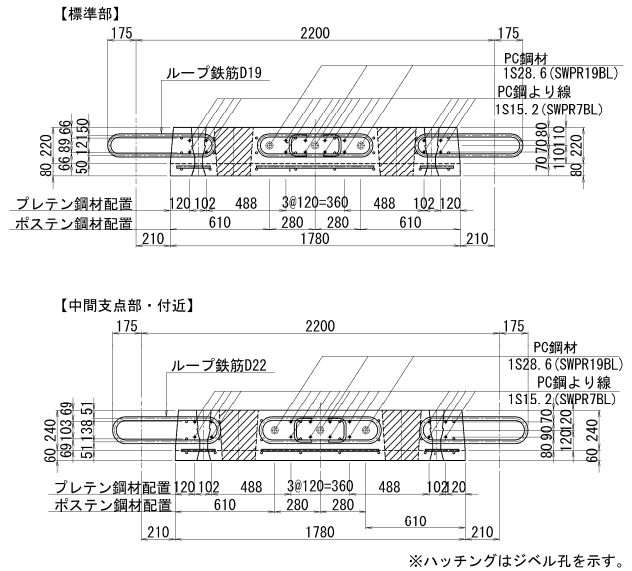


図-7 プレキャストPC床版断面図

3. 主桁補強設計

(1) 主桁補強方針

主桁補強は、床版取替工事中において施工時と完成時における主桁の発生応力度を比較し、より応力状態の厳しい完成形に対して補強設計を行う方針とした。補強材は、主桁補強後に床版取替を行うため、主桁自重以外の死荷重および活荷重に対して有効とする方針とした。

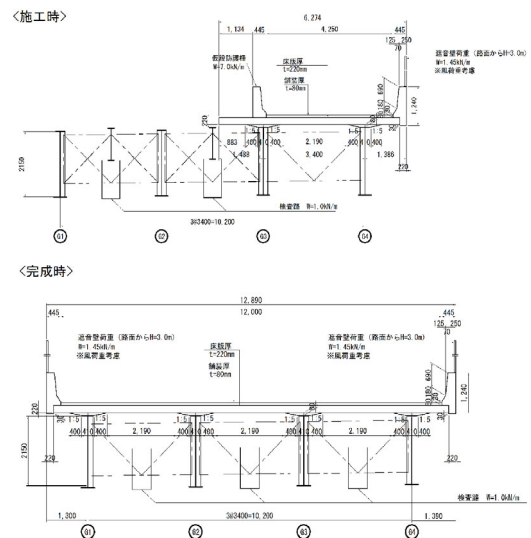


図-8 施工時・完成時の検討モデル図

表-2 照査結果

照査ケース	計算値/許容値	備考
2径間橋	施工時	1.33
	完成時	1.63
4径間橋	施工時	1.35
	完成時	1.41

(2) 補強範囲と補強工法

a) 照査と補強範囲の設定

構造の主桁照査結果をもとに図-9に主桁の補強必要範囲を示す。照査結果より、2径間橋・4径間橋に共通し、下記の傾向が見られた。

- ・補強必要範囲は、支間中央、曲げモーメントの交番部、中間支点付近の負曲げ域である。
 - ・補強が必要となるのはいずれも下フランジである。
 - ・交番部で計算値/許容値の比率が最も大きい。
- なお、モーメント交番部での超過量が大きい理由は、竣工時と今回の照査において、部材断面数や分割位置の違いにより、交番部の位置がずれたことが要因と思われる。

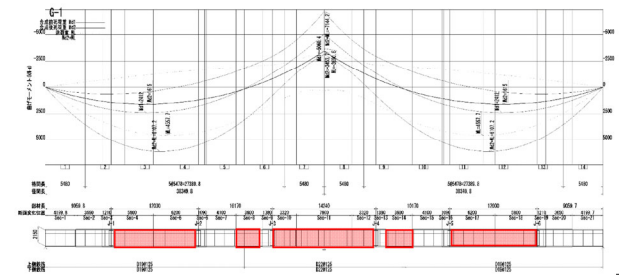


図-9 主桁補強範囲（2径間-G1桁）（着色部が補強範囲）

表-3 照査結果

照査位置	応力度 (N/mm ²)		計算値/許容値	備考
	計算値	許容値		
支間中央	226	185	1.22	
交番部	212	130	1.63	
中間支点	242	167	1.45	

b) 主桁補強工法の検討

主桁の補強工法は、引張部材に対しては、当て板補強・中フランジ設置・外ケーブル工法（図-10）などがあげられる。一方、圧縮部材では、上記に加え、格点（横桁または対傾構）を追加し、固定間距離を短くして部材の許容応力度を改善する方法が考えられた（図-11）。そのため、次の順で補強方法を検討した。

- ・引張部材
当て板補強 → 当て板補強+中フランジ設置 → 外ケーブル工法
- ・圧縮部材
格点追加 → 当て板補強 → 当て板補強+中フランジ → 外ケーブル工法

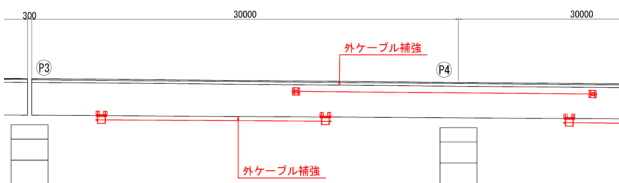


図-10 外ケーブル補強のイメージ図

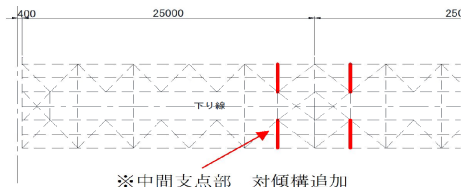


図-11 格点追加のイメージ図

検討より、2径間橋の中間支点付近のみ【当て板補強+中フランジ設置】、これ以外では当て板補強のみで照査を満足する結果であった。なお、格点追加については、この工法のみで補強完了となる部位がなかったため、採用には至らなかった。

4. おわりに

本業務の成果として、施工中も片側2車交通を確保した床版取替設計および主桁の各補強箇所に対し最適な主桁補強設計を実施することができた。

現在、東名高速道路をはじめとした高速道路で順次同様の工事が行われて高度経済成長期に大量に建設されたインフラが老朽化し、今後の維持管理方法が問題となっており、このような大規模更新・修繕は今後も需要が高く推移していくことが予想される。

本業務で得られた知見を活かし、設計への理解を深めるとともに、様々な設計に対応していくことで、今後も社会貢献の一旦を担っていきたいと考える。

謝辞：最後に本論文の作成にあたり、当該業務の発注者である、中日本高速道路株式会社 東京支社および静岡保全・サービスセンターの方々に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 I～III, (公)日本道路協会 平成24年
- 2) 設計要領第二集 橋梁保全編, 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社, 2020.7
- 3) 設計要領第二集 橋梁建設編, 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社, 2018.8
- 4) コンクリート標準示方書(設計編), (公)土木学会
- 5) 岡田淳, 依田照彦, Jean-Paul LEBET: グループ配列したスタッドのせん断耐荷性能に関する検討, 土木学会論文集, No. 766/I-68, pp. 81-95, 2004.7
- 6) 大久保宣人, 栗田章光, 小松恵一, 中島星佳: スタッドをグループ配置した合成桁の力学性状に関する解析的研究, 鋼構造論文集, 第9巻第34号, 2002.6
- 7) 岡田淳, 依田照彦: 密にグループ配列した頭付きスタッドの寸法および強度のせん断耐荷性能に及ぼす影響と床版断面のせん断耐荷力評価, 土木学会論文集A, Vol.62/No. 3, pp. 556-559, 2006.7