

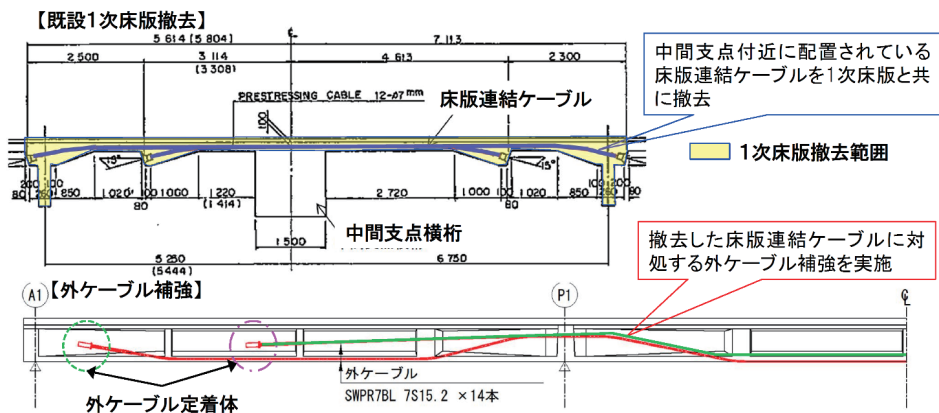
## PC連続合成桁橋のリニューアル工事における床版打替え工法の適用性

中日本高速道路(株) 正会員 ○長谷 俊彦  
 中日本高速道路(株) 正会員 田尻 丈晴  
 中日本高速道路(株) 横田 達輝

キーワード：PC合成桁，健全度評価，床版打替え，上面増厚工法，外ケーブル補強

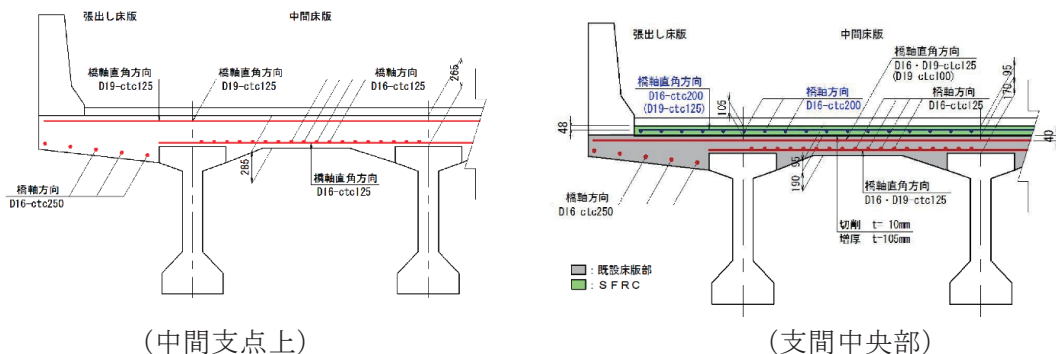
### 1. はじめに

中央自動車道（岡谷JCT～伊北IC間）に位置する沢底川橋は、橋長70mのPC 3径間連続合成桁橋である。橋梁の上部工構造は、中間支点部においてPC桁およびPC床版の橋軸方向に内ケーブルを有するポストテンションPC連続合成桁橋である。本橋は1981年（昭和56年）の供用開始から約28年が経過した2009年（平成21年）に、中間支点付近の床版下面に鉄筋の腐食やコンクリートのはく落等の変状が顕在化したため部分的な打替え補修が実施されている。その後、経過観察を行いながら詳細調査と対策検討を行い、床版の恒久的な対策として、図-1および図-2に示すとおり中間支点部の1次床版及び1次床版に配置された床版連結ケーブルをすべて撤去してコンクリート床版に打替え外ケーブルによるPC桁の補強を実施した<sup>1),2)</sup>。本報告は、主に損傷が発見されてから供用中の経過観察時の安全性照査、健全度評価を踏まえた打替え工法の選定、および高速道路の大規模規制による渋滞の影響を最小限とする補強工法適用までの検討経緯について述べるものである。



(上段：1次床版・床版連結ケーブルの撤去，下段：外ケーブル補強)

図-1 PC連続合成桁の補強一般図



(中間支点上)

(支間中央部)

図-2 沢底川橋の床版の打替えおよび補強計画横断面図

## 2. 実橋詳細調査による劣化度評価

当該橋梁は中央自動車道の長野県域に位置しており、12月から3月末の気温・路温温度の観測記録は、最低気温-14.1℃、最低路温が-12.0℃で氷点下を記録した合計日数が気温で100日間、路温で88日間となっており、高速道路の交通確保の観点から凍結防止剤の散布量が非常に多い路線である<sup>1)</sup>。

2009年(平成21年)1月の点検において舗装路面損傷部の開削調査を実施した。写真-1は、中間支点付近の床版下面において漏水による鋼材腐食が発生している状況で、腐食の影響が拡大した結果、床版下面コンクリートがはく落しているものと推定される。また、写真-2は床版上面の開削調査での劣化状況であり、橋軸方向のPC鋼材においても腐食破断が確認されている。つぎに図-3に示す床版打替え補修を行った近傍において、コア採取による床版コンクリート内の塩分量調査を実施した結果、走行車線側の左轍部において、図-4に示す床版上面から100mmの範囲で鋼材腐食発生限界濃度1.2kg/m<sup>3</sup>を超えていた。特に、上面から60mmの深さにおいては塩分量が鋼材腐食発錆限界濃度を大きく上回る2.7kg/m<sup>3</sup>が確認された。



写真-1 床版下面の変状 (近接目視)

写真-2 床版上面の変状 (開削調査)

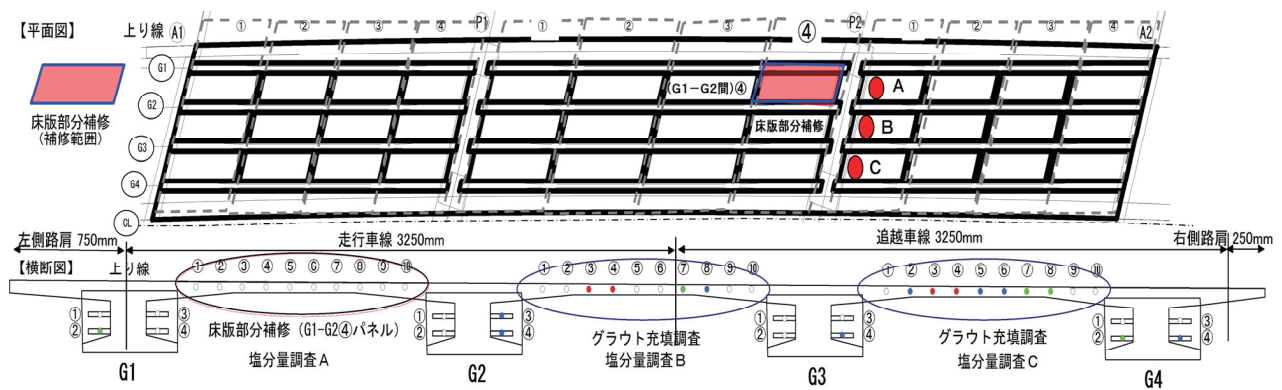


図-3 床版部分補修範囲と詳細調査箇所 (上り線)

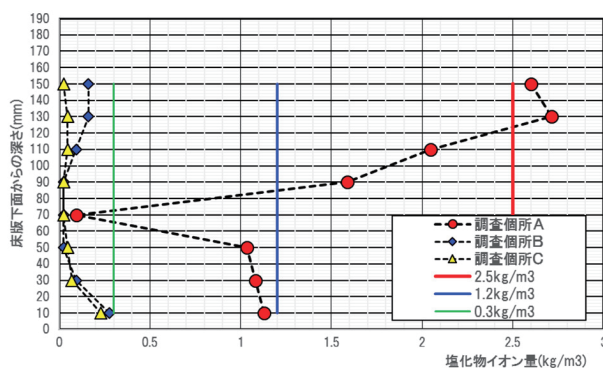


図-4 PC床版内の塩分量分布状況

表-1 PC床版の塩分量調査結果

| 床版下面からの深さ(mm) | 塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> ) |       |       |
|---------------|------------------------------|-------|-------|
|               | 調査箇所A                        | 調査箇所B | 調査箇所C |
| 150           | 2.599                        | 0.161 | 0.023 |
| 130           | 2.714                        | 0.161 | 0.046 |
| 110           | 2.047                        | 0.092 | 0.046 |
| 90            | 1.587                        | 0.023 | 0.023 |
| 70            | 0.092                        | 0.023 | 0.023 |
| 50            | 1.035                        | 0.023 | 0.046 |
| 30            | 1.081                        | 0.092 | 0.069 |
| 10            | 1.127                        | 0.276 | 0.230 |



写真-3 P2支点上付近の床版連続ケーブルにおけるグラウト充填状況

次に、上り線の2箇所の中間支点上の床版連結ケーブルについて、削孔調査によりPCグラウト充填とファイバースコープカメラによる撮影調査を実施した。床版部分補修箇所を除く50本を調査した結果、そのうちの11本にグラウト充填不足とみられる状況が確認された。写真-3は、P2橋脚支点上の床版橋軸方向に配置された床版連結ケーブルの状況である。部分補修を行った床版パネルの橋軸方向に配置された床版連結ケーブルにおいて、グラウトの充填不良と部分的な漏水と錆の発生等が確認された。塩分量調査結果からは、走行車線の左側轍部の塩分量が異常に多くなっていることから、走行車線の大型車交通の影響が考えられた。恒久的な対策を計画する上では、中間支点上の床版連結ケーブルが配置された範囲は、部分補修を実施した床版パネルと同様の劣化損傷が発生するリスクが高いと判断された。そのため、長期保全の観点から劣化の著しい1次床版の打替えを実施することとした。

### 3. 供用中の橋の安全性照査

実橋の路面開削調査により、上面コンクリートの劣化と連結床版ケーブルの腐食・破断が確認され、部分補修を実施した。しかしながら、連結床版ケーブルの破断によるPC連続桁としての耐荷性能の低下が懸念されたことから、補強工事が完了するまでの橋の安全性を照査したうえで経過観察を実施している。安全性の照査方法は、実橋においてレーン載荷により発生する最大の荷重状態に対し、P1支点上およびP2支点上のすべての連結床版ケーブルが破断したと仮定して算定された破壊抵抗曲げモーメントによる照査を実施した。照査の作用荷重は、橋梁上に200kNの荷重のトレーラーを1台載荷しその他の範囲は20kNの等分布荷重荷重を満載した。この状態はTT-43荷重の設計荷重時に対して約40%相当の荷重状態での照査となっている(表-2)。

表-2 終局荷重時の安全性照査結果



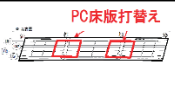
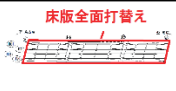
| 組合せ<br>1.0D+2.5L | 終局荷重時 (kN・m) |            |        | 破壊抵抗モーメント (kN・m) | 安全度       |                   |
|------------------|--------------|------------|--------|------------------|-----------|-------------------|
|                  | TT-43×0.4    | 支点上不足モーメント | 合計     |                  | TT-43×0.4 | TT-43×0.4+不足モーメント |
| 側径間              | 2,505        | 1,200      | 3,705  | 4,470            | 1.78      | 1.21              |
| 中央径間             | 3,563        | 1,200      | 4,763  | 5,417            | 1.52      | 1.14              |
| 支点上              | -2,907       | 1,200      | -1,707 | -1,707           | 0.58      | 1.00              |



#### 4. 床版の恒久的な補強対策方法の検討

床版を撤去して再構築する大規模な改良工事を実施するためには、片側2車線の高速道路を通行止めする必要があるが、長期間の昼夜対面通行規制を実施することは社会的影響が大きい。そのため、規制による渋滞発生頻度が少なくなり、他の高速道路と規制時期の競合を避けて規制計画を立案する必要がある。中央自動車道の長野県域における大規模規制実施時期の選定は、東名集中工事などの実施時期を避けて春季のGW明け5月末から7月海の日までの期間と、秋季の9月～11月末までの期間で、その実施期間が約45日間から50日間程度の短期間で規制工事を完了させなければならなかった。表-3において、種々の補強工法比較検討を行い、社会的影響を最小限としたうえで、構造的・維持管理性・工程・施工性・長期保全・経済性から中間支点上の1次床版の長期耐久性と維持管理性を向上する「RC床版打替え+外ケーブル補強」と支間中央部の耐久性向上のため「床版増厚補強」を採用した。

表-3 対策工法の比較検討結果

|                    | 第1案   | 第2案   | 第3案   | 第4案  | 第5案   | 第6案   |
|--------------------|---|---|---|--|---|---|
| 概略図                |  |  |  |  |  |  |
| 構造的                | RC床版打替え<br>PC外ケーブル<br>(P1・P2支上部)<br>床版増厚(径間)                                      | RC床版打替え<br>PC外ケーブル<br>(P2支上部のみ)<br>床版増厚(径間)                                       | PC床版打替え<br>PC内ケーブル<br>(P1・P2支上部)<br>床版増厚(径間)                                      | PC床版打替え<br>PC内ケーブル<br>(P2支上部のみ)<br>床版増厚(径間)  | PC床版打替え<br>PC内ケーブル<br>(P2損傷パネル)   | PCRC床版打替え<br>PC内ケーブル<br>(床版全体の更新)   |
| 維持管理性              | ○劣化床版部の更新(P1・P2)<br>○外ケーブル  | ○劣化床版部の更新(P2)<br>○外ケーブル   | ○劣化床版部の更新(P1・P2)<br>△内ケーブル  | △劣化床版部の更新(P2)<br>△内ケーブル  | ▲損傷部の部分打替え<br>△内ケーブル  | ○床版全体の更新(A1-A2間)<br>△内ケーブル  |
| 工程(規制)             | 4週間<br>(○対面規制)  | 2週間<br>(○対面規制)  | 12週間<br>(▲対面規制)   | 6週間<br>(▲対面規制)   | 2週間<br>(◎車線規制)  | 24週間<br>(×対面規制)   |
| 施工性                | ◎RC床版<br>◎外ケーブル   | ◎RC床版<br>◎外ケーブル   | ◎RC床版<br>▲内ケーブル   | ◎RC床版<br>▲内ケーブル  | ◎RC床版<br>▲内ケーブル   | ◎RC床版<br>▲内ケーブル   |
| 長期保全確保<br>経済性(LCC) | ◎<br>LCC効果(大)   | ○<br>既設と同構造<br>長期的な保全確保の課題  | △<br>既設と同構造<br>大規模規制影響  | △<br>既設と同構造<br>長期的な保全確保の課題   | ×<br>応急的な対策<br>長期的な保全確保の課題  | ▲<br>既設と同構造<br>大規模規制影響  |
| 評価                 | ◎採用   | △   | △   | △  | ×   | ▲   |

#### 5. おわりに

本工事の実施については、山梨大学齊藤成彦教授を委員長とする技術検討会において技術的課題に対するご検討にご審議いただき、ご指導を賜りました。本工事も平成27年度秋季と平成28年度春季の2回の中央道リニューアル工事を実施して無事に工事を完了することができました。ここに感謝の意を表します。本報告が、今後のPC連続合成桁橋の大規模改良計画・設計の技術知見としてご活用いただければ幸いです。

#### 参考文献

- 1) 田尻丈晴, 萩原幹, 崎谷和也, 吉川卓: 中央自動車道 沢底川橋の補強工事—外ケーブルを用いたPC連続合成桁橋の補強—, プレストレストコンクリート, Vol. 59, No. 2, pp. 46-53, 2017. 3
- 2) 武知勉, 田尻丈晴, 萩原幹, 吉川卓: 外ケーブルを用いたPC連続合成桁橋の補強工事—中央自動車道 沢底川橋—, 第26回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol. 51, No. 5, pp. 497-500, 2017. 10