

有ヒンジラーメン箱桁橋の連続化補強設計 — 東北自動車道 八幡平橋 —

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 ○竹村 太佐
東日本高速道路株式会社 渡辺 将之
東日本高速道路株式会社 阿部 憲二
八千代エンジニアリング株式会社 正会員 上杉 泰右

1. はじめに

東北自動車道八幡平橋は、竣工後 26 年が経過した PC3 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋であり、近年の活荷重の増大や中央ヒンジ部のクリープ変形および中央ヒンジ支承の摩擦による劣化損傷が進行しており、走行性の悪化や維持管理上の弱点となっていることが課題とされていた。

そのため、本橋では中央ヒンジ部を外ケーブル補強工法により連続化して、PC3 径間連続ラーメン箱桁橋へと構造改善すること（ノージョイント化）により、走行性の向上および維持管理の軽減を図った。また、大規模地震時における耐震性能の向上を図ることを目的に、橋脚の耐震補強設計を実施した。

本報告は、主に上部構造の外ケーブルによる連続化補強設計について報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の諸元を表-1 に示す。写真-1 に本橋の全景写真（前面：下り線 背面：上り線）を、図-1 に断面図および図-2 に側面図（下り線）を示す。

表-1 橋梁諸元

路線名：東北自動車道
橋名：八幡平橋
所在地：秋田県鹿角市八幡平
道路規格：第1種第3級B規格
構造形式：
(補強前)PC3 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋
(補強後)PC3 径間連続ラーメン箱桁橋
橋長：408.3m(下り線)
支間割：129.4m+97.0m+91.0m+89.4m(下り線)
幅員：11.150m(全幅) 9.750m(有効)
平面線形：A=450、R=750
縦断勾配：i=下り 2.42%～上り 2.11%
横断勾配：i=2.005%～4.000% (片勾配)
斜角：90° 00'
設計荷重：(補強前)TL-20 (補強後)B活荷重

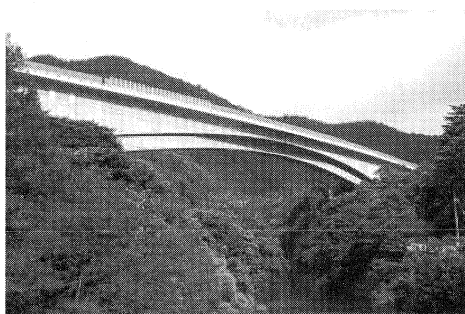


写真-1 八幡平橋全景

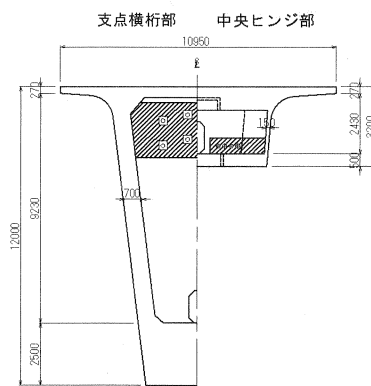


図-1 断面図

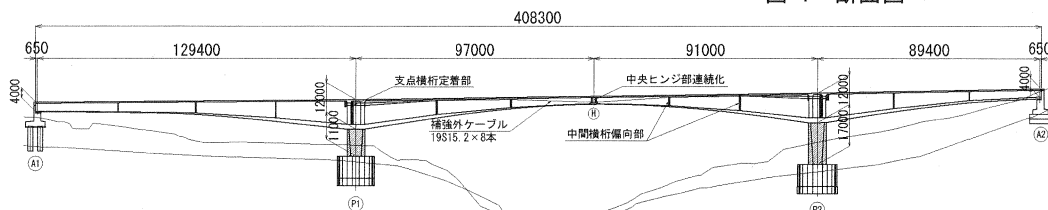


図-2 側面図(下り線)

3. 設計概要

本橋の補強設計は、中央ヒンジ部を外ケーブルを用いて連続化させ、構造系を PC3 径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋から PC3 径間連続ラーメン箱桁橋へ変更させる設計である。設計荷重を B 活荷重とし、中央ヒンジ部を連続化させた構造状態で設計照査を行い、応力度および耐力が不足する区間に補強外ケーブルを配置した。また、補強外ケーブルの配置にあたっては、施工性や経済性などを比較検討して決定した。

さらに、補強外ケーブルにおける定着部および偏向部の設計は、3次元ソリッド要素を用いた FEM 解析を実施し、安全性の確認を行った。

4. 主桁の連続化補強設計

4.1 設計照査

既設桁の応力状態、耐力などの構造性能を把握するために、連続化後の構造系により設計照査を行った。ただし、外ケーブルによるプレストレスの影響は考慮していない状態である。

連続化後の構造系による設計照査を実施した結果、中央ヒンジ部および A1-P1 側径間部下縁側に許容値を超える引張応力度が生じた。図-3 に照査結果を示す。

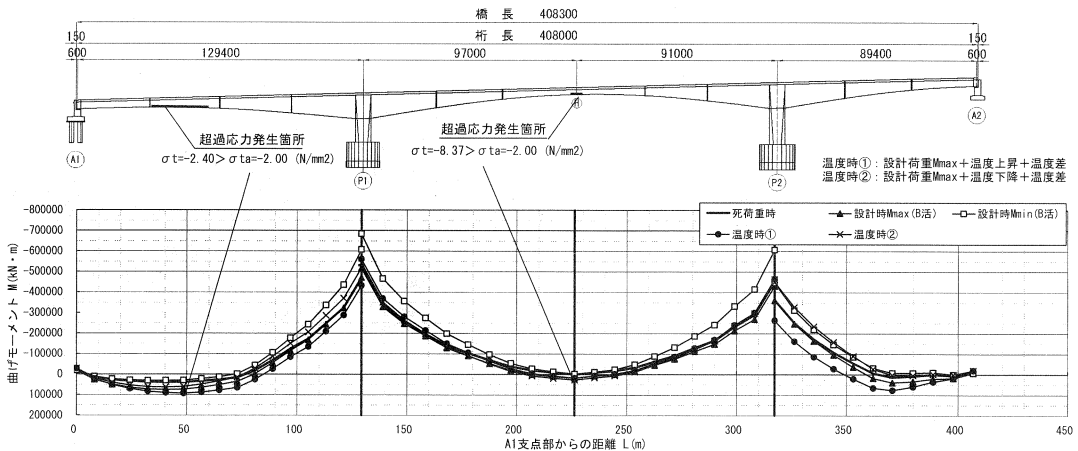


図-3 照査結果

4.2 補強外ケーブルの配置比較

中央ヒンジ部の補強外ケーブルの設置方法および位置について、比較検討を行った結果を表-2 に示す。なお、中央ヒンジ部のゲレンク沓については撤去せず、残存させたままで連続化させることとした。

第 1 案は、中央ヒンジ部に最も近い中間横桁部を定着部として集中配置した案であり、外ケーブル (19S15.2B) が 14 本必要となる。この配置方法は、許容値を満足しない箇所に効率的な補強が可能であるが、中間横桁部の補強重量による橋面の鉛直たわみに対する影響が懸念されることや、横桁横締め PC 鋼材が必要となり、実施工は困難である。

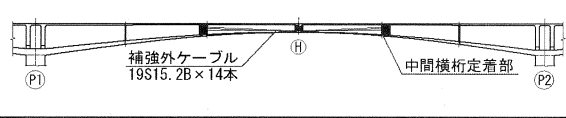
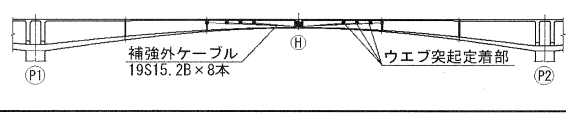
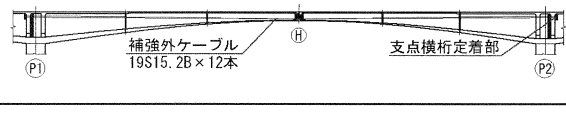
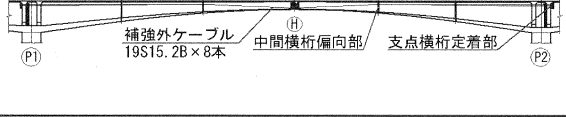
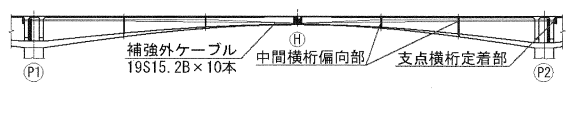
第 2 案は、中央ヒンジ部付近のウェブに定着突起を設けて分散配置した案であり、外ケーブル (19S15.2B) が 8 本必要となる。この配置方法は、突起定着することで定着部補強重量を軽減することが可能であるが、ウェブへの削孔箇所が多くなり、既設せん断 PC 鋼棒や鉄筋との干渉を避ける必要があることから、実施工には不向きである。

第 3 案～第 5 案は、中間横桁部を偏向部とし、支点横桁部を定着部として配置した案であり、最も配置本数が少ない第 4 案は、外ケーブル (19S15.2B) が 8 本必要となる。この配置方法は、支点横桁部まで

鋼材を配置する必要があるため鋼材延長が長くなるが、剛な支点横桁部で定着することができ、構造的に優れている。

以上より、本橋では、第4案における補強外ケーブル配置を採用して補強を行うこととした。なお、A1-P1 側径間部下縁側の応力不足については、2次プレストレス力の影響により解消することが可能となり、対策は不要となった。また、中央ヒンジ部の連続化部分は、外ケーブル補強および鉄筋配置のみで曲げ耐力を確保することができた。

表-2 補強外ケーブル配置比較

	補強外ケーブル鋼材配置図	構造概要	
第1案		<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブル(19S15.2B): 14本 中間横桁定着部 外ケーブルを中間横桁に定着可能な構造とした場合、部材厚が2.70m程度必要となり、死荷重増になる。また、径間中央付近に横桁定着部を設けることで、橋面の鉛直たわみに対する影響が懸念される。 中間横桁を定着部とすることにより、横桁横締めPC鋼材を配置する必要があり、実施工は困難である。 	×
第2案		<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブル(19S15.2B): 8本 ウェブ突起および中間横桁定着部 許容値を満足しない箇所に効率的な鋼材配置をすることが可能である。 ウェブ突起定着部を分散配置することで、第1案に比べて定着部重量を軽減することが可能である。 ウェブ突起定着部を設けることで横締めPC鋼材が必要であり、ウェブのコア抜き箇所が多くなり、既設せん断PC鋼棒および鉄筋との干渉を避ける必要があることから、実施工には不向きである。 	△
第3案		<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブル(19S15.2B): 12本 支点横桁定着部 支点部まで鋼材を配置することにより鋼材延長は長くなる。 偏向部を設けないため偏心量を大きくすることができず、鋼材本数が多くなる。 剛部材の支点横桁に定着することで局部応力が生じる可能性が小さい。 支点横桁定着部は部材厚を増厚する必要があるが、1.00m程度である。 	×
第4案		<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブル(19S15.2B): 8本 支点横桁定着部 中間横桁偏向部 支点部まで鋼材を配置することにより鋼材延長は長くなる。 中央ヒンジ部に近い中間横桁に偏向部を設けることで、偏心量を大きくすることが可能となり、比較案中最も鋼材本数が少ない。 中間横桁で偏向させることによる補強が必要になると考えられるが、ケーブル角度が緩いため鉛直分力の影響は少ない。 剛部材の支点横桁に定着することで局部応力が生じる可能性が小さい。 支点横桁定着部は部材厚を増厚する必要があるが、1.00m程度である。 	◎
第5案		<ul style="list-style-type: none"> 外ケーブル(19S15.2B): 10本 支点横桁定着部 中間横桁偏向部 支点部まで鋼材を配置することにより鋼材延長は長くなる。 2箇所の中間横桁に偏向部を設けることで、偏心量を大きくすることが可能となるが、第4案に比べると偏心量の影響で鋼材本数が多くなる。 中間横桁で偏向させることによる補強が必要になると考えられるが、ケーブル角度が緩いため鉛直分力の影響は少ない。 剛部材の支点横桁に定着することで局部応力が生じる可能性が小さい。 支点横桁定着部は部材厚を増厚する必要があるが、1.00m程度である。 	○

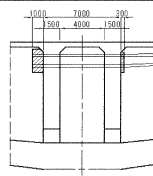
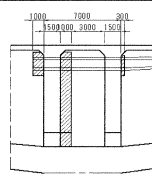
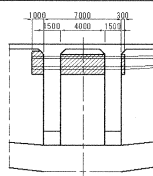
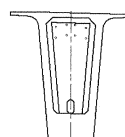
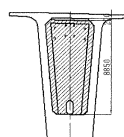
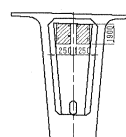
4.3 支点横桁部における定着部の設計

本橋の支点横桁部は2枚壁を有する構造をしており、1枚当りの壁厚は1.50mである。支点横桁部における補強外ケーブルの定着部補強形状の比較検討を行った。表-3に定着部補強形状の比較を示す。

比較検討は、3次元ソリッド要素を用いたFEM解析を実施して、安全性の確認を行った。解析モデルは構造中心を対称境界とした3次元立体1/2モデルとし、設計荷重は、プレ導入時の $0.9\sigma_{py}=1440\text{N/mm}^2$ とした。また、コンクリートの許容引張応力度の目安は $\sigma_{ta}=3.0\text{N/mm}^2$ とし、コンクリートの引張領域に配置する引張鉄筋の許容応力度は $\sigma_{sa}=120\text{N/mm}^2$ とした。

第1案は、定着部側のみ補強した案

表-3 定着部補強形状の比較

	第1案	第2案	第3案
側面図			
断面図			
評価	×	○	△

であり、定着部背面側の既設支点横桁には許容値を超える $\sigma_t = 4.5 \text{ N/mm}^2$ 程度の引張応力度が生じる結果となった。

第2案および第3案は、定着部背面側の既設支点横桁をコンクリート増厚することにより補強した案である。比較検討の結果、本橋では構造的および施工性に優れることより、第2案の補強部材形状を採用して設計を行った。

支点横桁部における定着部および定着部背面側の FEM 解析結果を図-4 に示す。

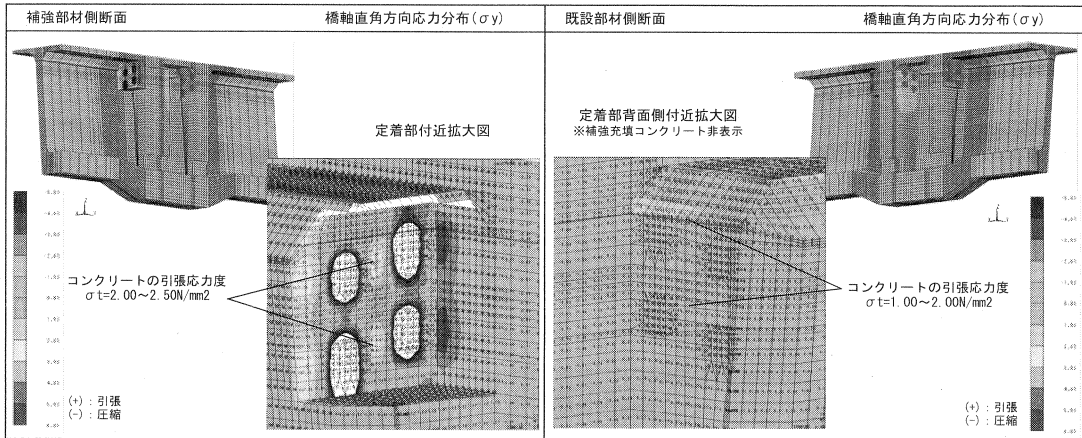


図-4 支点横桁部における FEM 解析結果

5. 施工計画

本橋における上部工補強工事は、中央ヒンジ部を外ケーブルで補強して連続化するため、交通規制を伴う工事となる。そのため、片車線を交通規制しながら施工する案と片ラインを全面通行止めし、片側交互通行で施工する案による比較を行った。

表-4 に交通規制方法の比較を示す。規制期間を短縮することが可能であり、かつ施工時の安全性および構造物への品質に与える一般交通車両による振動の影響が少ない全面規制による施工計画を採用した。

また、供用規制期間を極力少なくすることを目的として、中央ヒンジ部の補強工事を除く、定着部・偏向部の補強コンクリート打設および補強外ケーブルの搬入・緊張作業の補強工事は、供用しながら桁内で実施する計画とした。

表-4 交通規制方法の比較

	全面規制案	昼夜連続車線規制案
概要図	<p>コンクリート打設時 断面図</p> <p>平面図</p> <p>コンクリート打設</p> <p>アンカーケーブル</p>	<p>コンクリート打設時 断面図</p> <p>平面図</p> <p>コンクリート打設</p> <p>アンカーケーブル</p>

6. おわりに

本報告は、有ヒンジ構造を有するラーメン橋の外ケーブルによる連続化補強における計画・設計についてとりまとめたものである。今後、本橋のような同種橋梁の補強設計検討において一助となれば幸いである。

最後に、本橋の補強設計を実施するにあたり、ご指導いただいた関係者の方々に深く感謝の意を表します。