

菰野第二高架橋 (PRC3径間連続エクストラードーズド橋) の設計報告

(株)ピーエス三菱 正会員 ○中村雄一郎
 (株)ピーエス三菱 正会員 三木 淳一
 中日本高速道路(株) 山崎 哲也
 中日本高速道路(株) 正会員 宮部 光貴

キーワード：1面吊り構造，並列ケーブル，コンクリートウェブED橋

1. はじめに

新名神高速道路 菰野第二高架橋は，三重県三重郡菰野町に位置し二級河川三滝川を横過する箇所に計画されたPRC3径間連続エクストラードーズド(以下ED)橋と起・終点側に取付け橋であるPRC5径間，11径間連続箱桁の3連の上部工からなる橋梁である。本稿は，広幅員を有し並列1面吊り斜材ケーブルを採用したPRC3 径間連続ED橋の設計報告を行うものである。本橋の中央径間長は161.0mを有しており，「1面吊り構造」+「コンクリートウェブ」を採用したED橋(複合構造を除く)としては，国内最大級の支間長を有する。これにより斜材容量もED橋では国内最大となる48s15.2B(800tケーブル)が採用されるに至った。今回の設計報告は設計概要を主とし，斜材仕様や斜材定着構造などを中心に報告する。

2. 橋梁概要

本橋は，PRC3径間連続ED橋であり，本来161.0mの支間長自体は過去に実績のあるED橋と比較しても必ずしも長支間ではない。しかしながら，中央径間長150mを超えるED橋の実績を確認すると，道路計画の関係上，上下線分離構造が多く，1室箱桁断面に対し2面吊り構造となっている事例が多い。本橋の場合は，上下線一体構造で広幅員に対応するため3室箱桁断面が採用されており，斜材容量としては並列1面吊り構造のみで全幅員分に対応するため，ED橋としては国内最大容量の48s15.2B鋼材(および37s15.2B)を採用するに至った(海外ではED橋への採用実績あり)。また，斜材容量は斜材本数に起因する事項であり，斜材本数を増やせば当然容量を小さくすることができる。しかし，本橋に対しては，斜材定着ブロックを増やすことによるサイクル工程遅延への影響などを考慮し，1張出し当り8箇所の斜材配置とし，本鋼材容量を採用している。

以下より，全体一般図を図-1，完成予想VR図を図-2，橋梁概要を表-1，主桁断面図を図-3に示す。

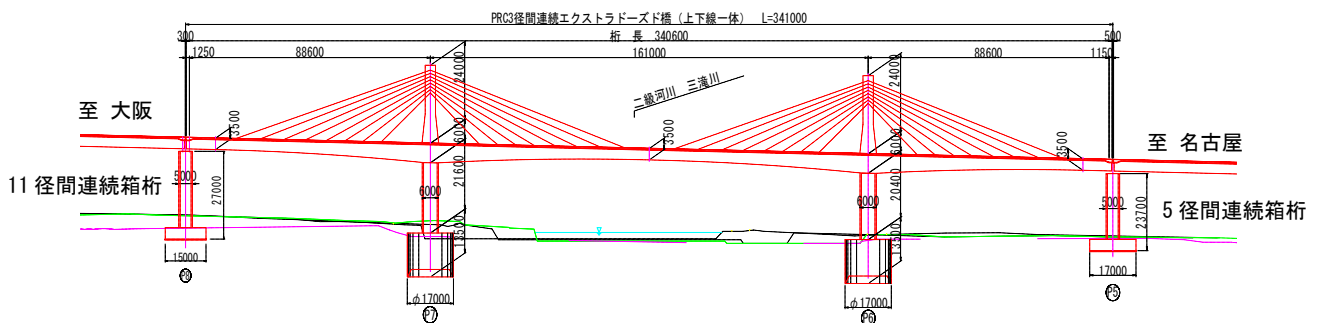


図-1 菰野第二高架橋全体一般図(ED橋部)

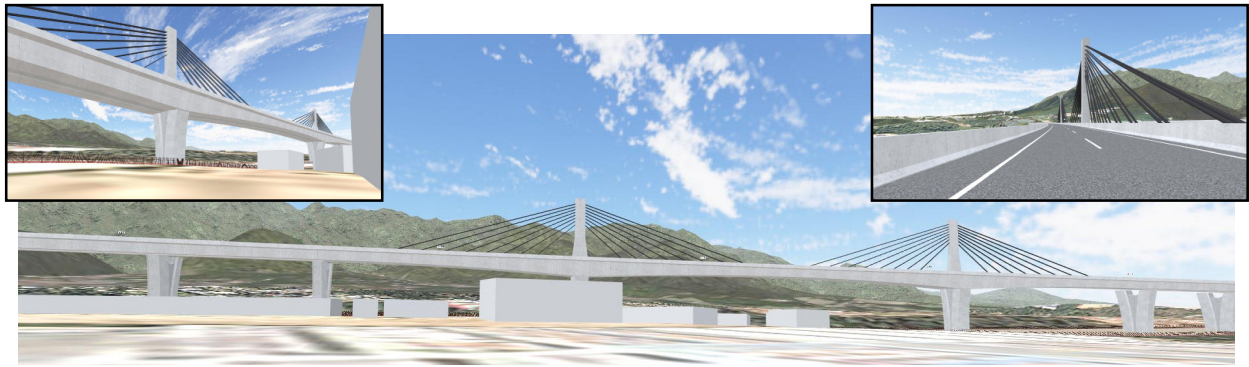


図-2 完成予想 VR 図 (ED 橋部)

表-1 橋梁概要

工事名	新名神高速道路 菟野第二高架橋他3橋 (PC 上部工) 工事
発注者	中日本高速道路(株) 名古屋支社
施工者	(株)ピーエス三菱・(株)富士ピー・エス JV
構造形式	PRC 3 径間連続エクストラードズド箱桁橋
橋長	341m (橋梁全体 : 1103m)
幅員	23.35m
支間長	88.6m + 161.0m + 88.6m
桁高	柱頭部 6.0m, 中央閉合部 3.5m
主塔高	24.0m (桁上面より)
線形勾配	横断 : 3.000% 縦断 : 2.000%
主桁接合方法	ラーメン構造
主塔形状の特徴	独立一本柱
斜材配置形状の特徴	ファン型 1 面吊り (並列 2 本ケーブル)
外ケーブル PC 鋼材	19S15.7 (エポキシ被覆高強度 PC 鋼より線)
張出し架設用 PC 鋼材	12S15.2 (裸+グラウト)
横締め PC 鋼材	1S28.6 (プレグラウト鋼材)
斜材用 PC 鋼材	48S15.2 (外径φ170), 37S15.2 (外径φ150) (セミプレハブタイプ)
斜材防錆仕様	エポキシ被覆鋼材 + PE 被覆管 (黒色)
斜材間隔	主桁側 : 850mm (H/D=5~5.67) 主塔側 : 1050mm (H/D=6.18~7)
斜材制振装置	高減衰ゴムダンパー
斜材主塔側定着方式	鋼殻セルによるセパレート定着 (分離固定式)
斜材主桁側定着方式	コンクリート突起・壁
張出し施工サイクル	29 日 (標準部 13 日 + 斜材定着部 16 日)
張出しブロック長	3m, 3.5m, 4.0m
工期	平成 28 年 2 月 ~ 平成 30 年 11 月

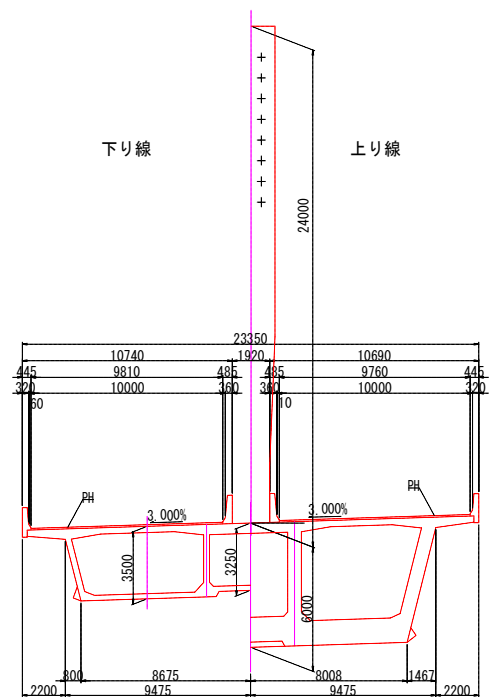


図-3 主桁断面図

3. 設計概要

3. 1 斜材仕様について

斜材の防錆仕様については、ED橋での採用実績の多い「エポキシ樹脂被覆鋼材」を採用した。48s15.2 鋼材のED橋における国内の使用実績はこれまで無く、海外で1橋 (同じくエポキシ被覆鋼材) 使用されているのみである。斜張橋においては、より大容量の鋼材が使用されているケースも多々あるが、鋼材の応力度の許容値は0.4Puであり、0.6Puを許容するED橋としては、疲労耐久性上の信頼性に着目し、定着体のウェッジ部も400μ~1200μのエポキシ樹脂で被覆されているため、ウェッジ部とPC鋼材の応力集中が分散され疲労破壊に対する優位性が期待できる本仕様を選択するに至った。次頁の図-4に、エポキシ鋼材と裸鋼材の形状比較図を示す。また、本橋の特色として「並列ケーブル」を構造上採用しているが、耐風安定性上想定しなければならない特有の現象として、風下側の斜材ケーブルが振動を起こす「ウェイクギャロッピング」がある。これは、W(斜材間隔)/D(斜材径)が1.5~6の範囲で

発生するとされているが、とくに4D以下の場合、制振装置等によりスクルトン数を上げて振動に対する発現風速を下げる効果は薄いと考えられている。したがって、斜材間隔をなるべく広く取るか、斜材径をなるべく小さくすることで、W/Dを大きくする必要があり、本橋においても斜材間隔を基本設計から、主桁側間隔750mm→850mm、主塔側間隔500mm→1050mmと広げた上で、さらに、より斜材径の小さくなるセミプレハブケーブルも合わせて採用している。セミプレハブケーブル採用により、鋼材径に加えて、一括架設・一括緊張による施工性の向上の利点がある。

また、先に述べた疲労耐久性の確認試験として実施した、48s15.2斜材システムの実物大軸疲労試験の条件を、表-2に示す。結果としては、試験回数200万回試験後に、ストランドの破断ならびに定着具やその他部品を確認した所、損傷もなく健全な状態であった。また、疲労試験後に定着性試験として規格破断荷重の95%以上(測定値95.3%=11901kN)まで載荷したが、同じくストランドの破断および定着具やその他部品に損傷はなく健全であった。

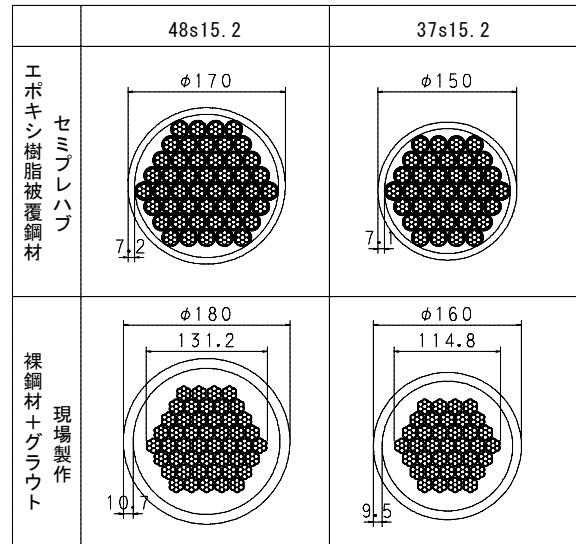


図-4 鋼材形状比較図

表-2 軸疲労試験条件

項目	条件
下限荷重:	引張荷重 $P_u \times 60\%$ (7517kN)
上限荷重:	引張荷重 $P_u \times 60\% + 100\text{MPa}$ (8183kN)
変動荷重:	100MPa (666kN)
試験回数:	200 万回
試験速度	1.25Hz

3. 2 斜材定着構造について

斜材定着部の構造は、主塔側は維持管理上の優位性があり採用実績も多い「鋼殻セルによるセパレート定着(分離固定式)」を採用し、主桁側はウェブがコンクリート構造であるため接合性の良い「コンクリート突起・壁」による構造を採用した。とくに主桁側は大容量ケーブル2本(1箇所当たり)が斜材定着構造上成立するかが大きな課題であったが、部材の増厚やPC鋼材などによる補強を行い対応した。基本設計からの変更点は、以下のとおりである。図-5 には、中央BOX部断面図・側面図を記載している。

- 1) 斜材定着位置となる中央BOX部のみ上床版厚を300mm→500mmとした。(図-5 着色部)
- 2) 隔壁部厚も中央BOX部のみ300mm→600mmとした。
- 3) 床版部軸方向(1s28.6鋼材新規4本~6本)・直角方向(1s28.6横締め鋼材追加0~4本)に引張補強PC鋼材を追加した。(補強量は、斜材容量、定着角度よりFEM解析にて決定)

上記1), 2) の対応に至った理由として、荷重増となるものの斜材定着部となる中央BOX部のみの増厚で済んだため、その影響は小さく(主桁重量の+2%程度)、耐震上も問題なかったことと、斜材が定着される上床版部に発生する定着背面の引張応力を低減させる必要があり、部材厚を確保する必要があったためである。一般的に斜張橋を含め斜材構造を有しているコンクリートウェブ橋の1面吊り構造の斜材定着部は、

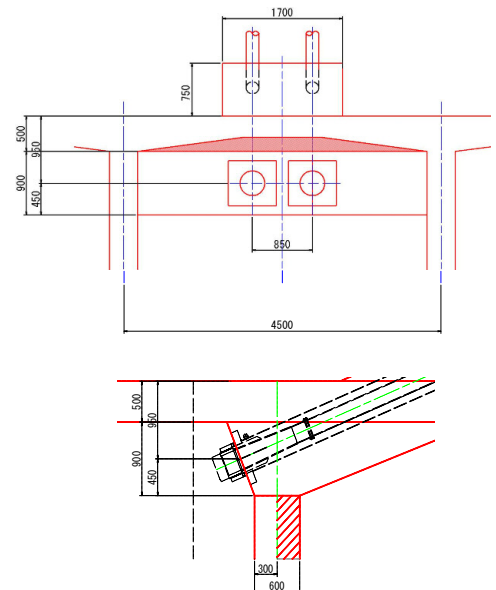


図-5 中央BOX断面図・側面図

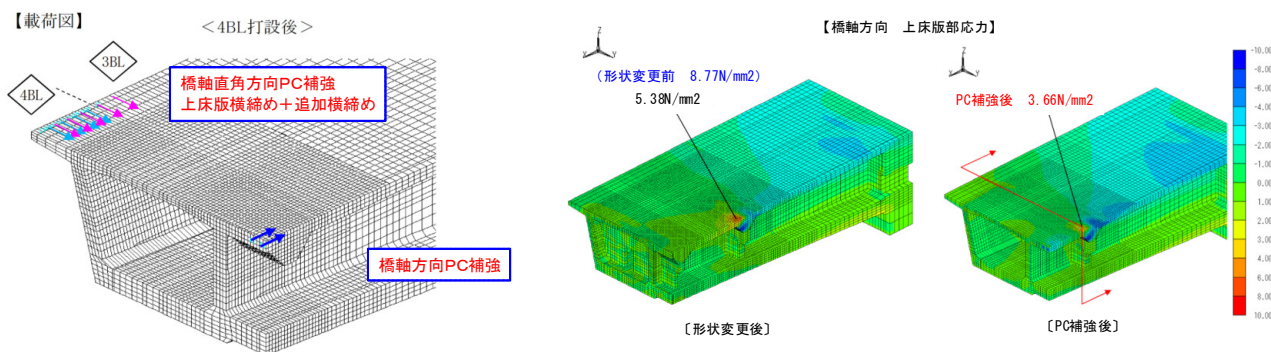


図-6 PC補強（荷重）イメージ図

床版剛性を確保した上で突起定着させている点も参考にした。

ここで、上床版PC補強のイメージ図を図-6に示すとともに、形状変更前および、PC補強前・後のFEM解析による応力度を図-7に示す。形状変更前の各方向応力度は、

8N/mm²以上の引張応力が発生しており、補強等に対応できるレベルでは無かったため、前述1)2)の様な部材寸法の変更を行った。その上で補強により対応できる応力レベル(5N/mm²程度)まで下げた所で、PC鋼材による補強を行った結果、3N/mm²程度まで改善することが出来た。PC補強後も残留している引張力については、補強鉄筋を配置することにより対応している。なお、軸方向のPC補強については、配置スペースの問題により補強本数が限られること、ブロックごとに緊張を行うため定着時のセットロスの影響による鋼材応力の低下が大きいことなどを検討した結果、補強が必要な箇所へ直接的にプレストレスを導入するために、写真-1に示すセットロス補正が可能なタイプの定着体を使用し、PC鋼材応力のロスを無くすことで、前述3)の本数での補強を可能にしている。

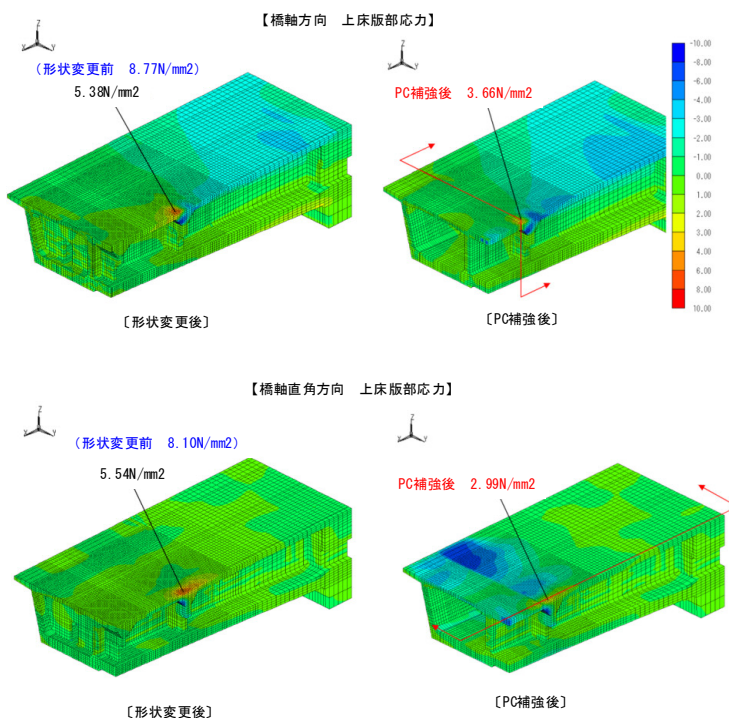


図-7 FEM解析による上床版応力度



写真-1 セットロス補正定着体

4. おわりに

本工事は、平成29年初めより本格的に施工を開始している所である。今回の設計報告では、一部の設計概要のみの報告となったが、施工報告も含め別の機会に報告出来ればと考えている。近年はED橋も長大化して来ており、コンクリートウェブ橋ではなく、複合構造や波形鋼板ウェブの採用も多い。本橋は、斜材1面吊り構造コンクリートウェブを有するED橋の長支間の範疇に入ると思われるが、本稿がほかの類似橋梁の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート技術協会編：PC斜張橋・エクストラドーズド橋設計施工規準（PC技術規準シリーズ）2009年4月