

浜名大橋における外ケーブル方式補強の定着部性能確認実験

オリエンタル白石(株) 技術研究所	正会員	中村 敏之
国土交通省 浜松河川国道事務所		杉山 真一
オリエンタル白石(株) 東京支店		嶋田 貢一
オリエンタル白石(株) 名古屋支店		福井 正

1. はじめに

昭和51年に竣工した浜名大橋¹⁾は、中央ヒンジ部を有する5径間連続プレストレストコンクリートラーメン1室箱桁橋である(写真-1)。この構造形式の橋梁は、構造解析が容易で力学的に合理的な橋梁形式であることから、昭和40年代から昭和50年代はじめにかけて、コンクリート橋の長大化にともない数多く建設されてきた。しかし、近年の車両の大型化やクリープ変形などから、想定以上の中央ヒンジ部の垂れ下がりやの進行が報告されている。浜名大橋においても、中央ヒンジ部の垂れ下がりが顕著化しており、これにより走行性の低下や騒音・振動などの問題が生じてきたため、中央ヒンジ部を取り除き、既設ウェブ内側に定着させる外ケーブル方式補強工法で連続化することとなった。しかしながら、連続化に必要なプレストレスを与えるには大容量テンドン(19S15.2)を使用するため、従来の定着部構造では外ケーブルの緊張直後で定着装置の背面において、図-1に示すように、局所的に大きな引張応力が作用する。そのため、引張応力に対する補強として、引張応力が作用する範囲に鋼板接着を施すこととし、定着装置と補強鋼板および接着層で構成される新しい定着部構造を採用することとした。そこで、この定着部の構造安全性を確認するため、筆者らは事前に要素実験²⁾を行い、その結果を反映した実物大実験を行った。本稿は、このうち実物大実験について報告するものである。

2. 定着部構造および要素実験の概要

本橋で採用した外ケーブル定着部構造の概要図を図-2に示す。基本的な構造および設計手法³⁾は従来どおりであり、場所打ちコンクリート製の定着装置と既設ウェブはPC鋼棒で



写真-1 浜名大橋全景

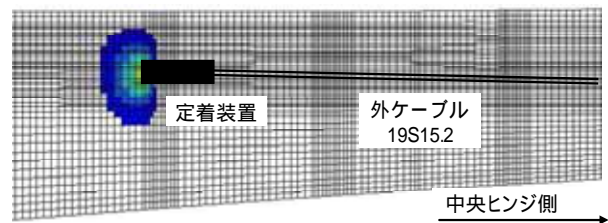


図-1 定着部の引張応力

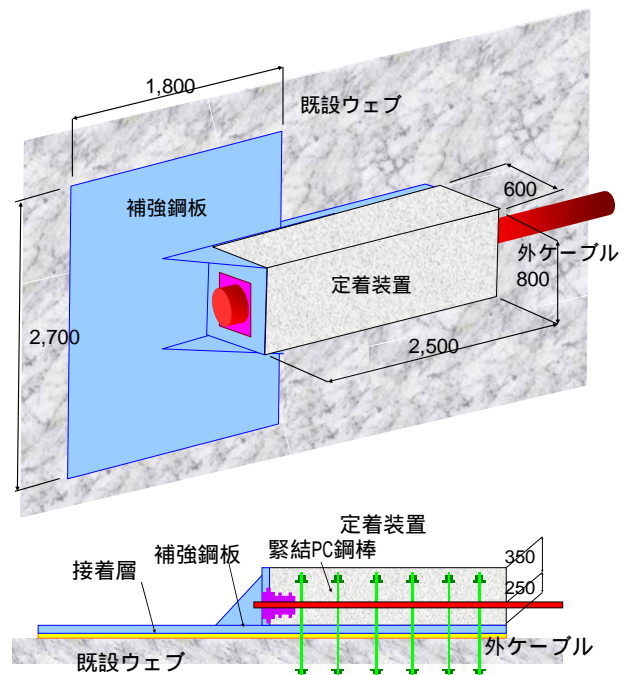


図-2 定着部の構造

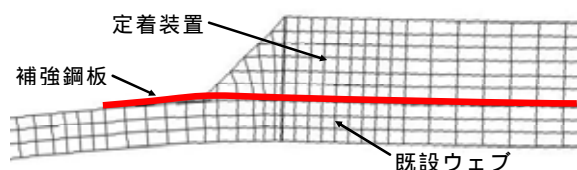


図-3 定着部の変形

緊結した摩擦接合としている。しかしながら、本構造では、定着装置と既設ウェブの間に、補強鋼板（厚さ12mm）とエポキシ樹脂系接着層（厚さ5mm）が存在するため、コンクリートと補強鋼板あるいは接着層の摩擦係数が未知である、FEM解析によると、定着部は外ケーブルの張力により曲げ変形となっているため（図-3）、補強鋼板の端部がはく離する可能性がある、ことが懸念された。そこで、事前に行った要素実験²⁾では、一面せん断実験によって補強鋼板と接着層の摩擦係数が0.7であることを確認し、また、梁モデルの曲げ載荷試験によって外ケーブル緊張直後における定着部の変形に対し、補強鋼板がはく離しないことを確認している。また、梁試験においては、曲げ載荷のみの検証の範囲ではあるが、本構造は通常のFEM解析により再現できることを確認している。

3. 実験方法

3-1 試験体

試験体は実物大レベルとし、実橋の外ケーブル定着装置を設けた既設ウェブを切り出した半断面モデルとし、実橋と同じ形状・配筋の定着装置、補強鋼板、外ケーブルおよび定着具（19S15.2）を配置した。試験体を写真-2に示す。試験体の形状（ウェブ高さ4.0m、長さ6.9m、厚さ0.3m）は、軸直角方向の変形および定着部背面応力が実橋と同等となることようにFEM解析で設定した。実橋と試験体の軸直角方向の変形を図-4に、定着部背面応力分布を図-5、6に示す。また、PC鋼棒の本数および緊結力を設計する摩擦係数は、要素実験における本構造の摩擦係数は0.7であったが、実施工における接着層厚さのばらつきの影響など懸念事項もあることから、安全側で従来に用いられる0.5とした。

3-2 載荷方法および計測方法

実験は、外ケーブルを片引き緊張することで試験体に載荷した。載荷は、外ケーブル緊張直後（以下、設計時）2,688kN（圧力計示度44.2MPa）まで305kN（圧力計示度5MPa）ずつ単調増加し、5サイクル行った。試験体形状および計測箇所を図-7に示す。試験体には、ウェブ外側の高さ方向で中央位置の軸直角方向に変位計を取り付け、定着部の曲げ変形の挙動を捉えるものとした。さらに定着装置の軸方向と軸直角方向に変位計を取り付け、外ケーブルの緊張による定着装置のウェブに対する相対変位から浮きやずれを確認することとした。ウェブ内側には高さ方向の中央位置にひずみゲージを貼り、軸方向のひずみ分布を捉えるものとした。得られた実験値は、試験体のFEM解析値と比較し、それらが一致することで実橋との整合性を確認するものとした。また、目視により、載荷ステップごとにひび割れの有無と補強鋼板のはく離状況を観察した。なお、測定箇所は、定着面からの距離で表示し、図-7の右側を+方向とする。



写真-2 試験体全景

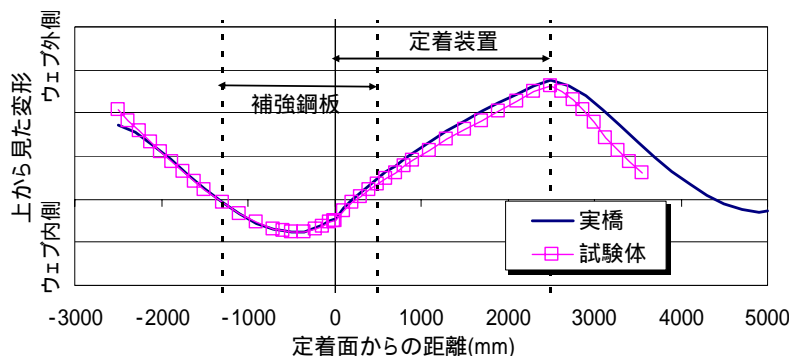


図-4 FEM解析による実橋と試験体の上から見た変形

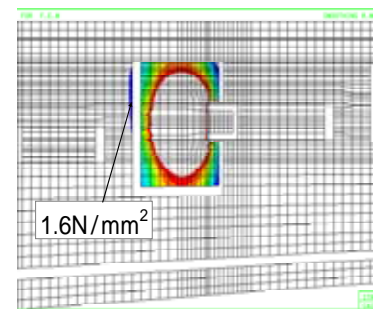


図-5 実橋の応力分布

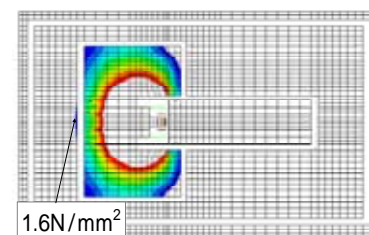


図-6 試験体の応力分布

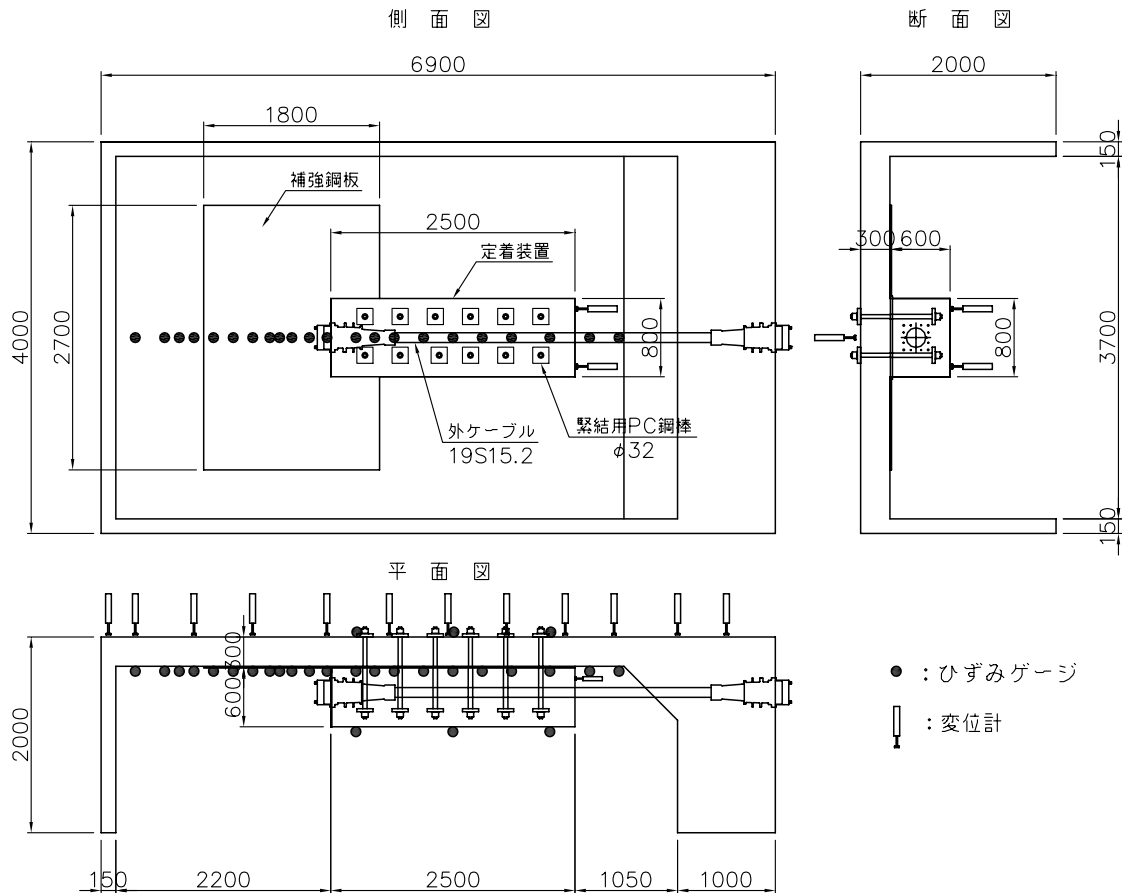


図 - 7 試験体形状および計測箇所

4. 実験結果

4-1 変形およびウェブ内側のひずみ

設計時における試験体の上から見た軸直角方向の変形を図 - 8 に、定着面および定着面から 2500mm の位置 (定着装置の端部) における、荷重と軸直角方向変位の関係を図 - 9 に示す。また、試験体中央列における設計時の軸方向ひずみ分布を図 - 10 に、定着面および定着面から -1,200 の位置 (鋼板の端部) における、荷重と軸方向ひずみの関係を図 - 11 に示す。ただし、図 - 8, 10 の実験値は、FEM 解析値と比較するために、3 サイクル目の無載荷状態をイニシャルとした値を示している。変位分布およびひずみ分布では、実測値と FEM 解析値がほぼ一致し、FEM 解析の再現性と実橋との整合性が確認できた。また、荷重と軸直角方向変位および軸方向ひずみの関係では、1 サイクル目のなじみと思われるものを除けば、わずかな残留が見られるもの

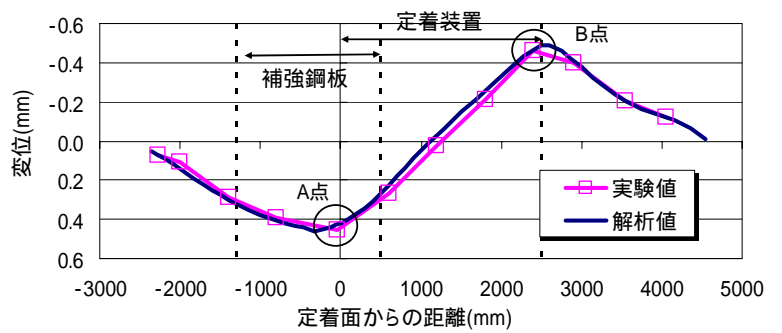


図 - 8 上から見た軸直角方向の変形

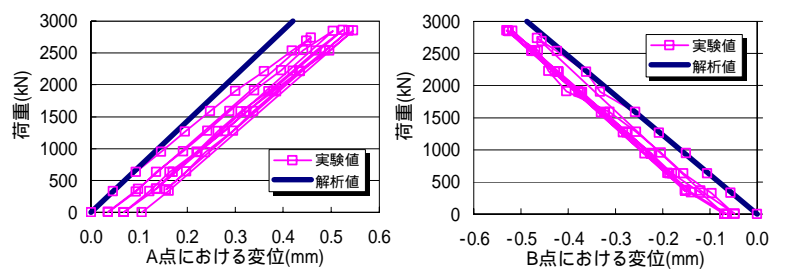


図 - 9 荷重と軸直角方向変位の関係

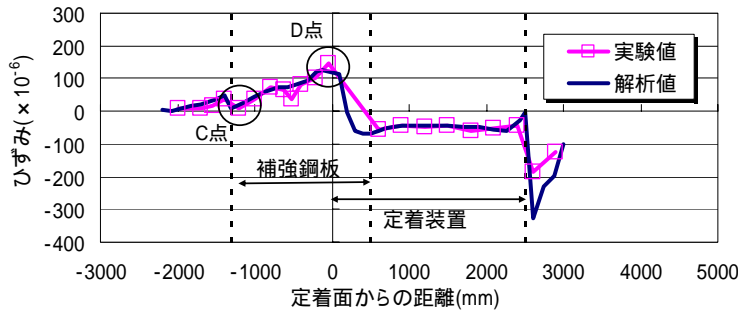


図 - 10 軸方向ひずみ分布

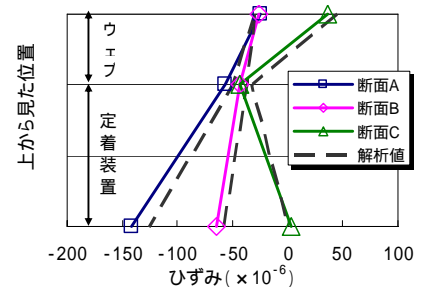


図 - 12 断面ひずみ分布

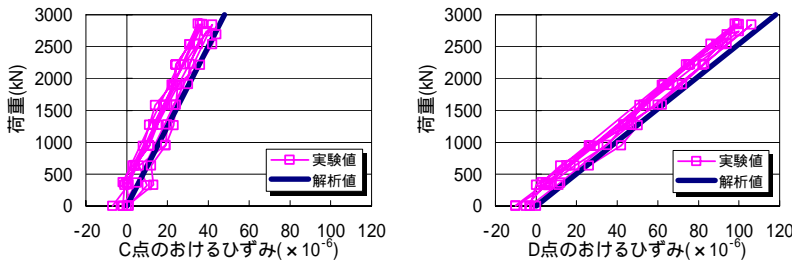


図 - 11 荷重と軸方向ひずみの関係

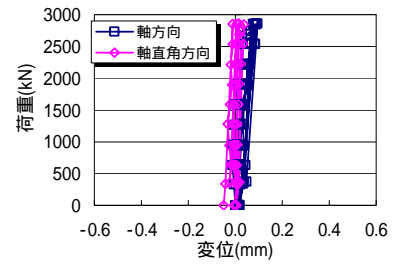


図 - 13 定着装置の相対変位

の弾性的な挙動を示し、設計時の範囲内においては構造的に安全であることが確認できた。

4-2 定着装置の断面ひずみ分布

定着装置における、定着面から160mm (断面A)、1200mm (断面B)、2400mm (断面C) の断面ひずみ分布を図 - 12 に示す。いずれの断面もFEM解析値とほぼ一致し、断面C以外は、直線的な分布を示し、補強鋼板と接着層を介したウェブと定着装置が、構造的に一体化して挙動していることが確認できた。

4-3 定着装置および補強鋼板の変状

軸方向および軸直角方向における、荷重と定着装置のウェブに対する相対変位を図 - 13 に示す。設計時における相対変位量は0.1mm以下と小さく、目視観察による定着装置の浮きやずれなどの変状は認められなかった。また、補強鋼板のはく離も認められなかった。

5. まとめ

本実験では、浜名大橋の外ケーブル方式補強における、定着装置と補強鋼板および接着層で構成される新しい定着部構造について、実物大レベルでその構造安全性を確認した。実施工で懸念される接着層のばらつきがない条件ではあるが、実験値とFEM解析値との比較において、外ケーブル緊張直後の定着部の変形および軸方向ひずみ分布は概ね一致しており、実橋の挙動を再現することができた。そのうえで、定着装置には浮きやずれなどの変状もなく、断面ひずみ分布からウェブと一体となった挙動であったことが確認でき、補強鋼板のはく離なども見られなかった。このことから、箱桁橋の外ケーブル方式補強において、大容量テンドンをウェブに定着することで定着部に大きな引張応力が作用する場合は、本報告のような構造を採用することで、その機能を満足することがわかった。

参考文献

- 1) 鈴木慎治・石丸征男：浜名大橋の設計について、プレストレストコンクリート，Vol17，No.2，pp21-29，1975.4
- 2) 中村敏之・杉山真一・小野秀雄・福井正：既設PC橋における外ケーブル方式補強工法の定着部構造，コンクリート工学年次論文集，第33巻，2号，pp1417-1422，2011
- 3) プレストレスト・コンクリート建設業協会：外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル（案），pp29-37，2007.4