

断面を分割架設するストラット付PC箱桁のストラット接合部

—第二東名高速道路 内牧高架橋(PC上部工)工事—

鹿島建設(株) 横浜支店 正会員 ○齋藤 公生
 中日本高速道路(株) 中央研究所 非会員 本間 淳史
 中日本高速道路(株) 横浜支社 非会員 宇佐美 悠
 鹿島建設(株) 土木設計本部 正会員 山村 正人

1. はじめに

内牧高架橋は、近年適用事例が増加しつつあるストラット付PC箱桁橋である。施工には、断面を分割して段階的に架設する国内に前例の少ない工法を採用した。すなわち、箱桁の中央部分をプレキャストセグメント(以下、コアセグメント)として架設した後、工場製作されたコンクリート製のストラットを取り付け、張出し床版を場所打ち架設する。先行架設されたコアセグメントへのストラットの接合は国内初となるため、新たに接合部構造を開発・適用した。

本文では、内牧高架橋におけるストラット接合部構造、および耐荷力確認試験について報告する。

2. 橋梁概要

第二東名高速道路内牧高架橋は、静岡県静岡市内で内牧川盆地を横断する。上下線共に、橋長が約1kmの21径間連続PC箱桁橋である(図-1)¹⁾³⁾。本橋にはストラット付PC箱桁形式を採用し、上部構造の軽量化と下部構造の縮小を図った(図-2)。本橋の諸元を以下に示す。

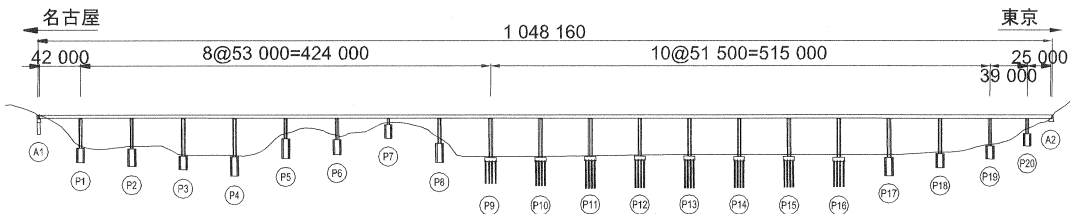


図-1 全体一般図(上り線) (単位:mm)

橋 長:1,048.160m(上り線), 1,024.160m(下り線)

幅 員:全幅 18.050m, 主桁幅 17.680m

有効幅員:16.500m(上下線共)

構造形式:21径間連続PC箱桁橋(上下線共)

支 間 長:42.0m+8@53.0m+10@51.5m

+39.0m+25.0m(上り線),

28.0m+18@51.5m+41.0m+25.0m(下り線)

断面形状:ストラット付一室箱桁(桁高:3.500m)

ストラット:鉄筋コンクリート製 φ300(工場製作)

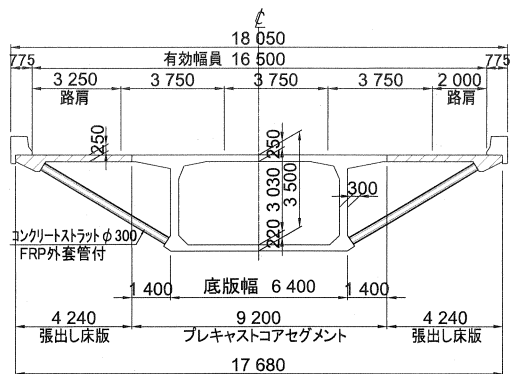


図-2 主桁断面図

2.1. 断面分割型プレキャストセグメント工法

本橋では、大規模な橋梁工事でメリットが生かされるプ

レキャストセグメント工法を採用した。同時に、プレキャスト

セグメントの製作・架設設備を縮小するため、一般には断面全体をプレキャスト化するところを、箱桁中央部分のみをプレキャスト化した。コアセグメントの架設後、工場製作されたコンクリート製のストラットを取り付け、張出し床版を場所打ちで施工した⁴⁾。

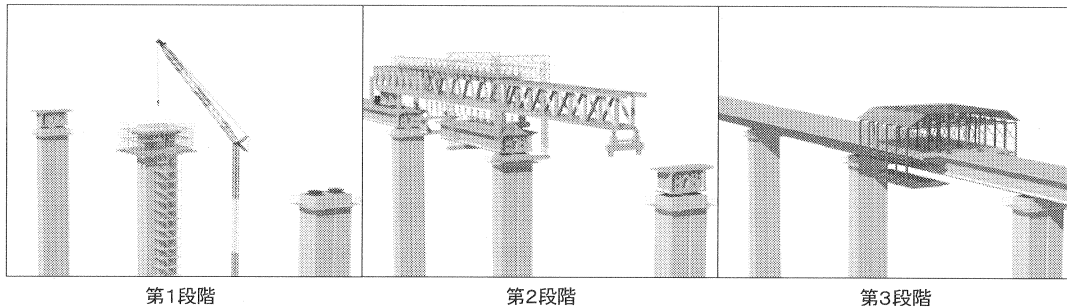


図-3 架設手順

本橋上部構造の架設は、大きく以下の三段階に分かれる(図-3)。

- 第1段階 : 支点部のコアセグメント(柱頭部)を、各橋脚・橋台上に場所打ち架設する。
- 第2段階 : プレキャスト化された支点部以外のコアセグメントを、スパンバイスパン工法にて架設する。
- 第3段階 : 専用の移動作業車3基にて、コンクリート製ストラットを取り付け、張出し床版を場所打ち架設する。

3. ストラット接合部の構造

本橋のストラット下端では、既に架設されたコアセグメントとコンクリート製ストラットを接合する。この方法は、国内に前例がないため、新たに接合部構造を開発・適用した。接合部構造の開発に当たっては、以下の点に留意した。

- ① コアセグメントの製作・架設に伴う誤差、およびストラット下端面の製作誤差を吸収し、ストラットからコアセグメントへの荷重の伝達が確実にされること。
- ② ストラット角度の微調整が出来ること。
- ③ 構造が単純で、短時間で接合作業を完了できること。
- ④ 接合後のグラウト、およびグラウトの充填確認作業が必要ないこと。

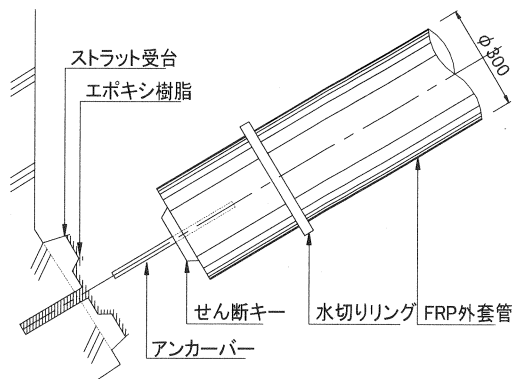


図-4 ストラット接合部構造

以上の条件を満たす接合部構造として、ストラット下端面とコアセグメントの接合面の間にエポキシ樹脂の薄層を設けることで、両者を密着させる方式を採用した(図-4)。軸力および曲げモーメントによって発生する応力はストラットとコアセグメントの接合面で伝達し、せん断は接合面の摩擦およびせん断キーで伝達する。3次元FEM解析の結果、ストラットの接合部には軸引張力が作用しないため、鉄筋・PC鋼材等の引張抵抗材を、接合面を貫通して配置していない。ここで、ストラット下端から突出したアンカー

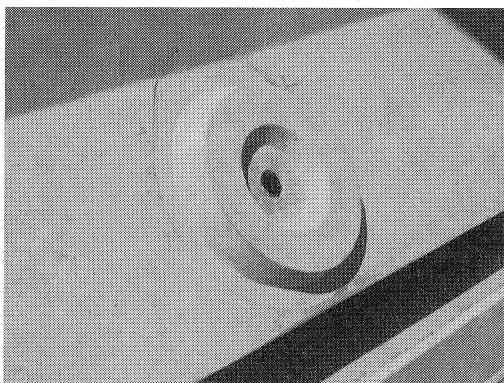


写真-1 ストラット受け台(コアセグメント)

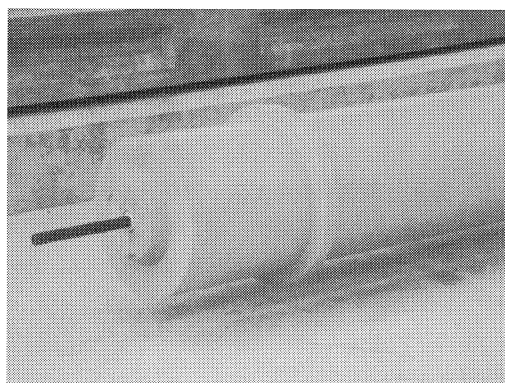


写真-2 ストラット下端

バーは、万一にストラット脱落に備えたフェイルセーフの目的で配置したもので、引張への抵抗を期待したものではない。(写真-1, 2)。

接合面に使用するエポキシ樹脂には、誤差の吸収・角度の調整のため2~3mm程度の厚さが確保でき、硬化後の弾性係数がコンクリートに近い材料 ($E=1.4 \times 10^4 \text{N/mm}^2$)を採用した。

3.1. 耐久性への配慮

ストラット下端接合部の耐久性を向上させるため、以下の細部構造を適用した。

- ① ウェブを流下する雨水等が接合部へ浸入するのを防ぐため、コアセグメントにストラット受け台と呼ばれる円錐台状の突起を設けた(写真-1)。
- ② ストラットを伝う雨水が接合部へ浸入するのを防ぐため、ストラットに水切りリングを設けた(写真-2)。
- ③ 接合部に水が浸入した場合でも鋼材の腐食を避けるため、アンカーバーを炭素繊維ロッドとした(写真-2)。

4. ストラット接合部の模型試験

4.1. 試験目的

本橋で採用したストラット下端の接合部構造には、その性能に不明な点が存在したため、以下の目的で実物大部分模型により確認試験を行った²⁾。

- ① 設計軸力作用時における接合部剛性の確認
- ② 破壊に対する安全性の確認

4.2. 試験方法

試験には、実物大のストラットの一部、およびプレキャストセグメントの底板とウェブの一部を切り出した部分模型を用いた(図-5)。材料には実構造物と同等のものを用いた。

載荷には、鹿島建設所有の大型6自由度加力装置を用い、解析により求められた各荷重組合せでのストラット下端の断面力を忠実に再現した。載荷は、全死荷重時、活荷重時、風荷重時、終局荷重時の順に所定の断面力が得られるまで、軸力と曲げモーメントを同時に増加させた後に一旦除荷し、再び次の目標断面力へ向けて荷重を増加させた。

4.3. 試験結果及び考察

(1) 接合部の剛性について

各荷重ケースでのストラットの水平変位の分布を図-6に示す。全ての荷重ケースで、実験値が下端を剛結合とした線形FEM解析の結果とほぼ一致している。また、全ての荷重ケースでストラットとプレキャストセグメントの接合面に目開きが確認されなかった。したがって、設計荷重作用時のストラット接合部の挙動は弾性範囲内であり、剛結合として取り扱ったほうが実際の挙動に近いと言える。

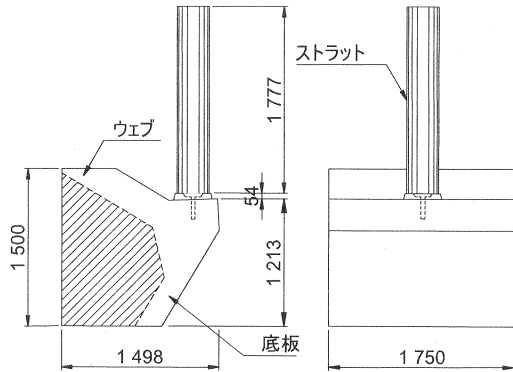


図-5 実物大部分供試体

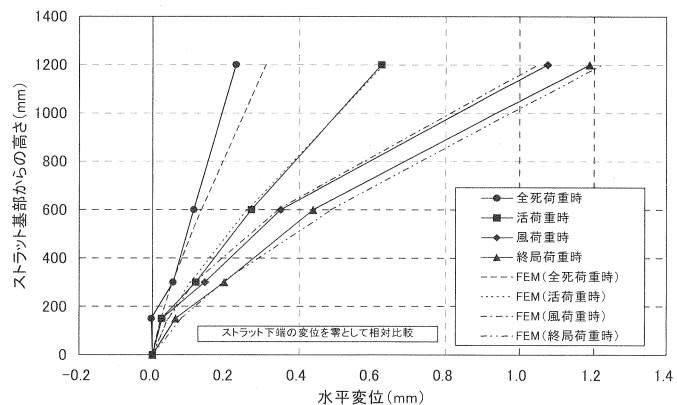


図-6 ストラット水平変位の分布

(2) 破壊に対する安全性について

終局荷重まで軸力と曲げモーメントを増加させた後、曲げモーメントのみを増加させた場合の曲げモーメントとストラット接合部の回転角の関係を図-7に示す。実験では、105kN・m で接合部に目開きが生じた。133kN・m で受け台の圧縮側に縦ひび割れが確認された後、134kN・m で最大曲げモーメントに達した(写真-3)。この値は、終局荷重作用時の6.4倍に当る。

コンクリートの引張強度を 3.4MPa と仮定して求めたひび割れ発生モーメントは 50kN・m、アンカーバーを鉄筋と見なして求めた最大曲げモーメントは 101kN・m であり、いずれも実験値が計算値を上回っている。これらは、ストラット側面に配置された FRP 外套管の端部がコンクリートと付着したことによる引張強度の増加、FRP 外套管の拘束によるコンクリートの圧縮強度の増加、アンカーバーと箱抜き内の接着剤が一体となった抜け出しによる見かけ上のアンカーバー断面積の増加、等によると考えられる。

5. おわりに

内牧高架橋で採用したストラット下端の接合部構造について、以下に要約する。

- (1) 内牧高架橋では、ストラット下端の接合部構造を新たに開発・適用した。
- (2) 接合面にエポキシ樹脂の薄層を設けることで、接合部に要求される条件を満足させた。
- (3) 接合部の耐久性を向上させるため、種々の細部構造を採用した。
- (4) 部分模型試験の結果、設計荷重作用時には、ストラット接合部を剛結合として取り扱ったほうが実際の挙動に近いことが確認された。
- (5) 部分模型試験の結果、終局荷重作用時の曲げモーメントを上回る値で接合部に目開きが生じ、その後破壊に至ったことから、破壊に対する安全性が確認された。

本接合部構造の施工性は非常に良好であり、1ブロックに配置される10本のストラットについて、接着剤の塗布から接合までに要する時間は約半日であった。本報告が同種工事の一助となれば幸いである。

6. 参考文献

- 1) Kimio Saito et al.: Design of Precast Segmental Box Girder Bridge with Struttred Wing Slab, The 1st fib Congress, Japan, Oct., 2002
- 2) 齋藤, 本間, 宮越, 一宮: 内牧高架橋 ストラット接合部の剛性と耐荷力の確認試験, 第58回土木学会年次学術講演会, 2003年9月
- 3) 本間, 青木, 山村, 齋藤: 第二東名高速道路内牧高架橋(上部工)の設計, 橋梁と基礎, 2005年6月
- 4) 齋藤, 能登谷, 中村, 岡本: 断面を分割するストラット付PC箱桁の張出し床版施工, 第14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, 2005年11月

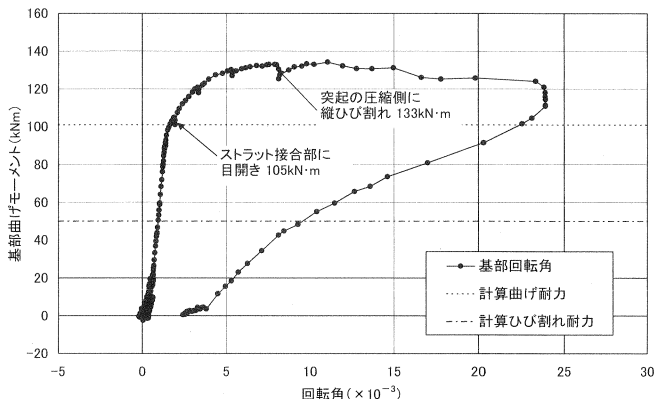


図-7 ストラット接合部の曲げモーメントと回転角



写真-3 圧縮側破壊状況