

付着型被覆された高強度 PC 鋼材が析端部に与える影響

中日本高速道路株式会社 正会員 ○山口 岳思
中日本高速道路株式会社 鍛冶 竜馬

株式会社日本構造橋梁研究所 正会員 岡田 俊彦
株式会社日本構造橋梁研究所 正会員 寺田 幸平

1. はじめに

プレテンション方式スラブ桁の設計では、交差条件による桁高制限や荷重条件などにより、主桁断面内に PC 鋼材が配置不可能となることがあり、高強度 PC 鋼材を用いて鋼材量を低減したうえで構造成立させる場合がある。しかし、桁端部では鋼材の影響による応力集中が生じひび割れが発生する可能性がある。

一方、塩害対策や水素脆化を防止する目的で、PC 鋼より線にエポキシ樹脂被覆を施した被覆鋼材が採用されている。プレテンション部材に被覆鋼材を用いる場合、付着性を確保するためにエポキシ樹脂表面に珪砂等を施した付着型被覆とする必要があるが、被覆鋼材を使用することで付着力が普通鋼材に比べて大きくなることにより桁端部にひび割れの発生が懸念される¹⁾。

本稿では、プレテンション方式スラブ桁において高強度 PC 鋼材および付着型被覆が桁端部に与える影響について FEM 解析を用いた検討について報告するものである。さらに、桁端部の発生応力抑制策として、付着応力を発生させないように処理するボンドコントロール（以下、BC という。）の有無による影響についても検討を加えた。

2. FEM 解析概要

1) 検討ケース

検討形状は、交差条件によって桁高が制限され、斜角や壁高欄配置によるねじり影響等荷重条件が厳しい場合を想定して、断面形状は図-1、使用材料は表-1のプレテンション方式スラブ桁とした。

なお、外形は JIS A
5373:2016 附属書 B 推

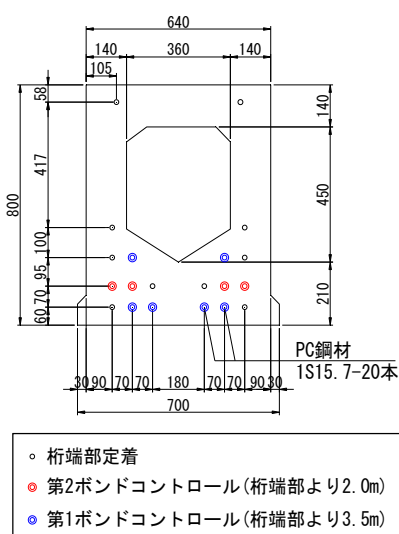


図-1 スラブ桁検討断面
(BC 有りのケース)

表-1 スラブ桁使用材料

使用材料	材料規格
コンクリート	$\sigma_{ck}=70 \text{ N/mm}^2$
PC鋼材	$1S15.7$ $\sigma_{pu}=2,230 \text{ N/mm}^2$ 、 $\sigma_{py}=1,900 \text{ N/mm}^2$ 鋼材径=素線15.7 mm、被覆線16.9 mm
鉄筋	SD345

表-2 検討ケース

検討ケース	case①	case②	case③
被覆の有無	無し ※素線	有り ※付着型被覆線	有り ※付着型被覆線
バンド コントロール の有無	有り ※20本のうち、 10本をBC	有り ※20本のうち、 10本をBC	無し

奨仕様 B-1 に記載されるスラブ橋桁である BS20 を参考とし、桁長は 19.5m とした。

検討ケースは、表-2 に示すとおり、PC 鋼材に関して付着型エポキシ樹脂被覆の有無、桁端部の BC の有無を変化させたケースとした。なお、BC について、ボンドレス本数は道路橋示方書・同解説に従い全鋼材本数の 1/2 以下の本数とし、ボンドレス区間は JIS 標準桁を参考に桁端部から 2.0m および 3.5m の 2 段階とし、最適な配置計画とした。

2) 解析条件

解析プログラムは MIDAS IT 社 midas/Civil2019 を使用し、解析モデルは図-2 とした。主桁は、Solid 要素でモデル化し、橋軸方向は 1/2 モデルとし境界面には対称の境界条件を与えた。PC 鋼材は、線要素でモデル化し、導入プレストレスと等価となるように、PC 鋼材に温度荷重を与えた。

また、付着型被覆は付着力が大きくなることから、文献1)を参考に付着伝達長を素線鋼材は65φ(φは鋼材

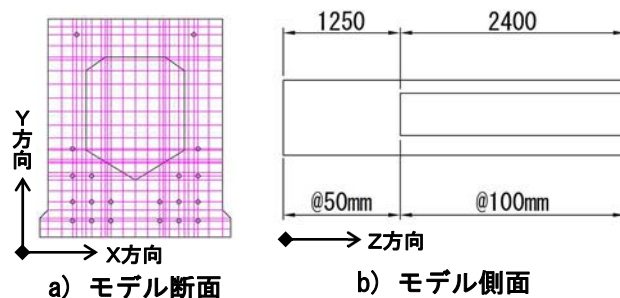


図-2 FEM 解析モデル

キーワード：プレテンション方式スラブ桁，高強度 PC 鋼材，エポキシ樹脂被覆，ボンドコントロール，FEM 解析
連絡先：〒243-0032 神奈川県厚木市恩名 1-14-13 中日本高速道路(株) 厚木工事事務所 TEL:046-206-1192

径), 被覆鋼材は 40ϕ とし, プレストレスの分布は付着伝達区間内の付着端部で 0 となる 2 次放物線とした。

3. 解析結果

桁端部の応力度分布を図-3 に示す。桁端部断面 (X-Y 方向) の応力分布は, 断面中央部において割裂方向 (X 方向) に局所的な引張応力が生じた。その最大応力度は case① (素線・BC 有り) が 4.4N/mm^2 に対し, case ② (被覆線・BC 有り) が 5.4N/mm^2 となり, 被覆鋼材とすることで約 20%程度大きくなる結果となった。さらに, case③ (被覆線・BC 無し) では 8.0N/mm^2 に対し, case② (被覆線・BC 有り) と比較すると, BC によって大幅な応力低減が図れることがわかった。ただし, これらの結果は検討ケースに関わらず, コンクリート標準示方書によるひび割れ発生応力限界値 3.9N/mm^2 を超えているため, ひび割れを発生させるほどの高応力度となった。また, 参考までに JIS 標準桁 (B 活荷重) に被覆鋼材を配置した解析結果¹⁾における最大応力度は 3.27N/mm^2 であったことから, 制限された桁断面に対して高強度 PC 鋼材の配置により高張力を発生させた影響と考えられる。

断面中央部の側面方向 (Z 方向) の応力度分布では, 引張応力が生じているのは表面のみの局所的なものとなった。奥行き (Z 方向) に行くにつれ, 素線鋼材と被覆鋼材との応力度の差は小さくなることから, 桁端部

に与える影響は付着伝達長区間のみと考えられる。

4. まとめ

本稿では, プレテンション方式スラブ桁において高強度 PC 鋼材および付着型被覆が桁端部に与える影響について報告した。FEM 解析の結果では, 本検討条件下において, 断面中央部の表面に局部引張応力を発生させ, その最大応力度は case① (素線・BC 有り) < case ② (被覆線・BC 有り) < case③ (被覆線・BC 無し) となった。これによって, 高強度 PC 鋼材に付着型被覆を用いることで, より桁端部に与える影響が大きくなることが判明した。また, BC は応力低減策になり得ることが判明した。

この発生応力は, 桁端部の表層部にひび割れを発生させることから, 過度なひび割れの進展防止のために補強筋を配置することや, 桁端部の長期耐久性の観点からコンクリート塗装など表面被覆を施すことが重要である。また, ひび割れ発生はプレストレス導入時点と考えられるため, 製作工場での観察・検査が重要と考えられる。

【参考文献】

1) ㈱プレストレスト・コンクリート建設業協会 東北支部 PC 橋長寿命化委員会: 高耐久 PC 桁設計施工のポイント [プレテンションスラブ橋けた編], 2016.2

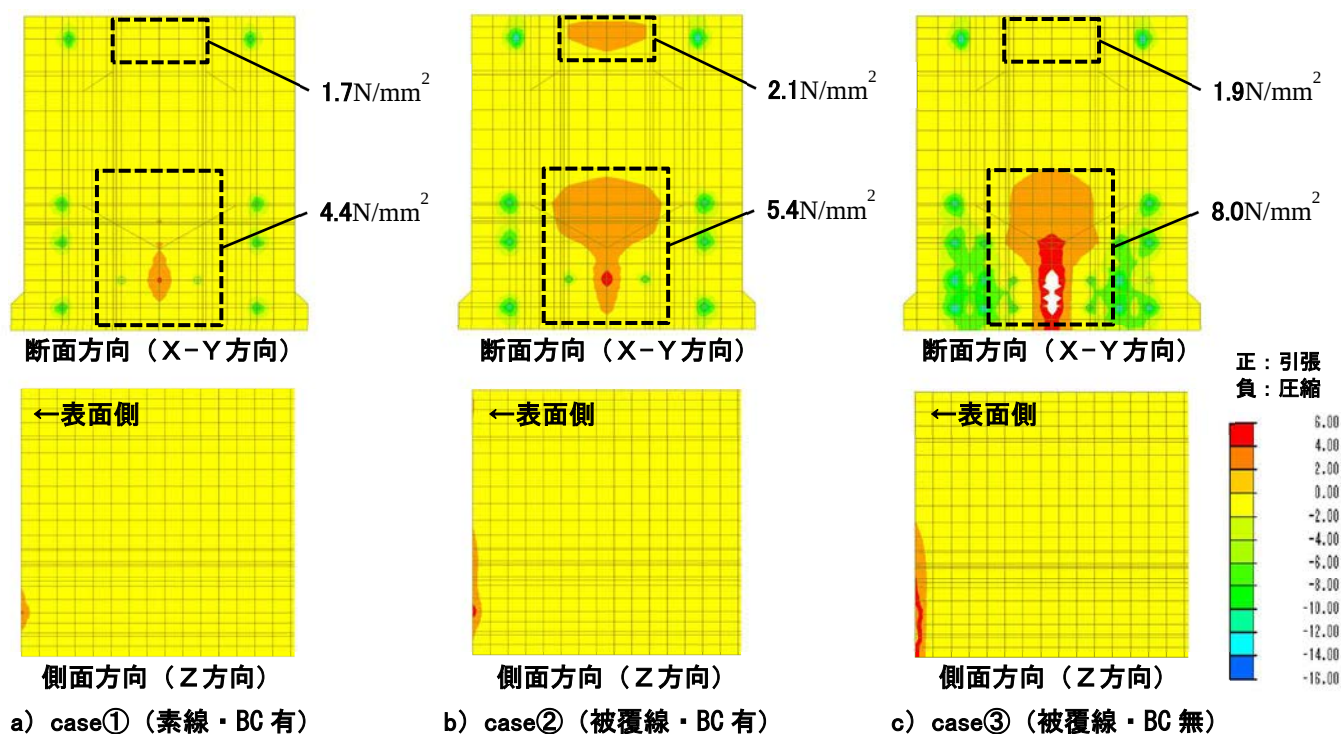


図-3 FEM 解析結果 (応力分布図)