

(143) 高強度コンクリートを用いたプレテンション鋼材の付着伝達特性

ピーシー桥梁(株)本社技術部 正会員 ○ 中村 定明
 ピーシー桥梁(株)技術開発センター 正会員 竹内 正喜
 ピーシー桥梁(株)本社技術部 正会員 立松 博

1. はじめに

最近、施工の省力化および品質確保の観点から、床版横締めには太径PC鋼より線 1S21.8 を使用したプレテンション部材の適用が検討されている。床版横締めには太径PC鋼材を使用する際には、輪荷重の載荷位置との関係から、付着伝達長をなるべく小さくする事が重要である。しかし、PC鋼材の付着伝達長は、一般には鋼材の直径に比例して大きくなるため、太径PC鋼材ではその使用に対して注意が必要である。

一方、高強度コンクリートを用いた部材では、コンクリートの付着強度が増加するため、付着伝達長は小さくなると考えられる。しかし、現行のコンクリート標準示方書¹⁾では、PC鋼より線の伝達長は、コンクリート強度に関係なく鋼材直径の65倍とされており、高強度コンクリートの利点が活かされていない。本稿では、高強度コンクリートの適用性拡大を目的として、太径PC鋼より線1S21.8を用いたプレテンション部材の付着伝達特性に及ぼす高強度コンクリートの影響について実験を行った結果について報告するものである。

2. 伝達長に関する規準および既往の研究

コンクリート標準示方書¹⁾では、PC鋼より線の伝達長は直径の65倍と仮定してよいと定めている。太径鋼材の付着伝達長に関しては、PC鋼より線φ15.2mm までの性能確認試験が行われ、JISA5313に採用されている。表-1には、海外の付着伝達長の主な規準および算出式を示す。AASHTO²⁾およびACI³⁾の式は、伝達長はPC鋼材の応力度と鋼材径の関数で表され、鋼材径の約50倍としている。また、Mitchellらの研究⁵⁾では、付着伝達長の算定式にコンクリート強度の影響を考慮している。なお、これらの研究に使用された鋼材の最大径は、15.7mm(0.62in)であった。

表-1 伝達長の比較 (単位:MPa, mm)

| 出典元 | 算出式 | 備考 |
|---|---|---|
| JSCE ¹⁾ | $L_t = 65d_b$ | d_b : 鋼材径 |
| AASHTO ²⁾ /ACI ³⁾ | $L_t = 0.048f_{sc}' \cdot d_b \div 50d_b$ | L_t : 伝達長、 f_{sc}' : 有効プレストレス、 d_b : 鋼材径 |
| Eurocode CEB-FIP, C90 | $L_t = \alpha_s \alpha_g \alpha_{10} (A_{ps} \cdot \pi d_p^2) (f_{st}/f_{tpd})$ | α_s : 応力解放の速度に関する係数、 α_g : 鋼材周辺の応力状態に関する係数、 α_{10} : 鋼材の表面状態に関する係数、 f_{st} : 導入時プレストレス |
| Russell and Burns ⁴⁾ | $L_t = 0.072f_{sc}' \cdot d_b$ | f_{sc}' : 有効プレストレス、 d_b : 鋼材径 |
| Mitchellら ⁵⁾ | $L_t = 0.048 \cdot f_{st} \cdot d_b \sqrt{(20/f_{ci}')}$ | f_{st} : 導入時プレストレス、 f_{ci}' : 導入時コンクリート圧縮強度 |

3. 試験概要

3.1 使用材料

(1) コンクリート

コンクリートは、目標強度 $\sigma_{ck} = 50\text{N/mm}^2$ の普通コンクリート、 $\sigma_{ck} = 100\text{N/mm}^2$ の高強度コンクリートの2種類を使用

した。示方配合を表-2に示す。コンクリート打設後は、蒸気養生を行い、材令3日でプレストレスを導入した。実験時(材令3日)および材令28日の硬化コンクリート試験結果を表-3に示す。

表-2 コンクリートの示方配合

| 種類 | 粗骨材最大寸法(mm) | スランプ、スランプフロー(cm) | 空気量(%) | W/(C+Si)(%) | s/a(%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | |
|-----|-------------|------------------|--------|-------------|--------|--------------------------|-----|----|------|-----|------|
| | | | | | | W | C | Si | S | G | Ad |
| 普通 | 20 | 8±1.5 | 4±1.5 | 39.0 | 35.1 | 146 | 377 | — | 1202 | 631 | 1.55 |
| 高強度 | | 60±5 | 2±1.0 | 25.0 | 39.0 | 145 | 527 | 53 | 1047 | 649 | 14.5 |

*) Si:シリカフェューム

(2) PC鋼材

PC鋼材は、φ21.8mm (SWPR19N) 裸ストランドを使用した。表面形状には、表面加工しない普通タイプ(以下、普通鋼材とする)と図-1に示すインデント加工した鋼材(以下、インデント鋼材)の2種類を使用した。

表-3 硬化コンクリートの試験結果

| 種類 | 材令(日) | 圧縮強度(N/mm ²) | ヤング係数(N/mm ²) | |
|-----|-------|--------------------------|---------------------------|---|
| 普通 | 3日 | 57.3 | 3.18×10 ⁴ | |
| | 28日 | 標準養生 | 64.3 | — |
| | | 現場養生 | 58.8 | — |
| 高強度 | 3日 | 81.0 | 3.51×10 ⁴ | |
| | 28日 | 標準養生 | 100.4 | — |
| | | 現場養生 | 96.9 | — |

3.2 供試体寸法および製造

プレストレス導入試験用の供試体は、250mm×250mm×5000mmのコンクリートはりの中心にφ21.8mmのストランド1本を直線配置して作製した。

供試体の諸元を表-4に示す。この表では、普通コンクリートを使用したものをAシリーズ、高強度コンクリートを使用したものをBシリーズとしている。それぞれのシリーズに対して、鋼材を普通鋼材、インデント鋼材および端部にスパイラル筋(異形PC鋼棒φ7.1mm)を配置した普通鋼材(図-2参照)の3種類を使用した供試体を作製した。

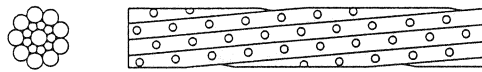


図-1 インデント鋼材

表-4 供試体の諸元

| 供試体記号 | コンクリートの種類 | 鋼材の種類 |
|-------|-----------|---------------|
| A1 | 普通コンクリート | 普通鋼材 |
| A2 | | インデント鋼材 |
| A3 | | 普通鋼材 + スパイラル筋 |
| B1 | 高強度コンクリート | 普通鋼材 |
| B2 | | インデント鋼材 |
| B3 | | 普通鋼材 + スパイラル筋 |

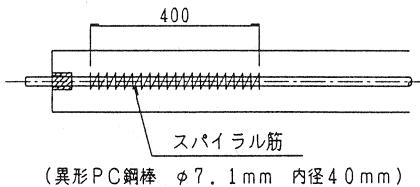
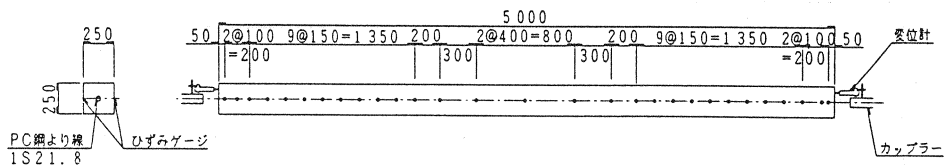


図-2 スパイラル筋配置図(A1、B3供試体)



※ はひずみゲージの位置を示す。

図-3 供試体概略図

各供試体は、図-4に示すようにプレテンションベッド上で各シリーズ3体ずつ1度に製作した。コンクリート打設に先立ち、PC鋼材をプレテンションベッド上で所定の張力(0.9Py=445.5kN)まで緊張し、コンクリート打設後は蒸気養生を行い、その後は湿潤養生とした。

3.3 実験方法

プレストレスの導入は、材令3日で行った。プレストレスの導入は、プレテンションベッドに定着されているPC鋼材の引張力をゆっくりと解放し、部材にプレテンションを与えた。導入力は、反力台に取り付けたロードセルによって管理し、導入力の25%,50%,80%,100%を解放した時点で、計測を行った。計測項目は、供試体側面のコンクリートひずみおよびPC鋼材の引込み量である。ひずみゲージの貼付位置および変位計の取付け位置は図-3に、各供試体の配置については図-4に示す。

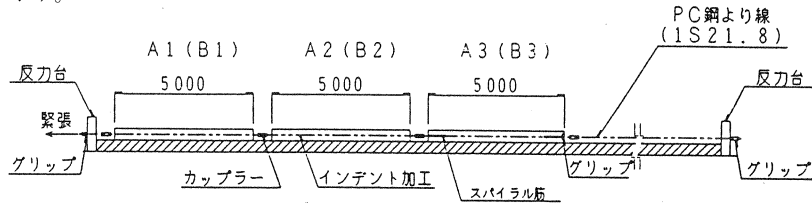


図-4 供試体配置図

4. 試験結果および考察

4.1 付着伝達長

付着伝達長は、部材端から導入プレストレスが一定となる位置までの距離と定義されている。しかし、今回の実験では、付着伝達長付近でひずみ値が一定にならないため、明確に伝達長を決定する事が困難であった。そこで、Russell⁹⁾らが提案している 95 Percent Average Maximum Strain Method (以下、95 percent AMS法とする)により伝達長を決定した。95 percent AMS法の計算手順は以下の通りである。

- ① 計測されたひずみ値を平均化する。

$$(\text{Strain})_x = \frac{(\text{Strain})_{x-1} + (\text{Strain})_x + (\text{Strain})_{x+1}}{3}$$

- ② 平均化したひずみをプロットする。
- ③ 平均化した最大ひずみの 95%を求め、②の図上にレベルラインを引く。
- ④ 部材端から②と③の交点までの距離を伝達長 L_t とする。

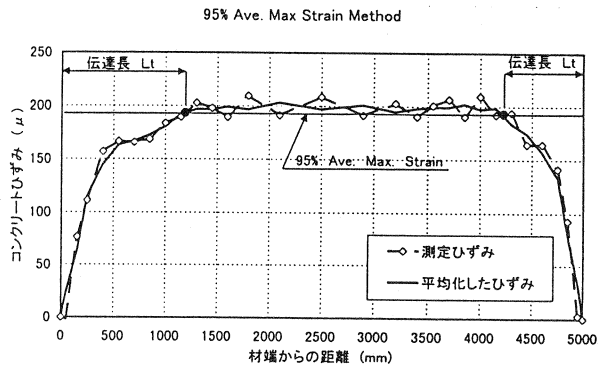


図-5 95 percent AMS法

図-5は、供試体B1の伝達長を 95 percent AMS法で算出したものである。同様に、他の供試体について伝達長を算出した結果を表5に示す。この結果、付着伝達長 L_t は、905mm~1549mm ($41d_b$ ~ $71d_b$)となった。

A1およびB1供試体を比較した場合、伝達長は、1549mm から 987mm に減少し、高強度コンクリートの効果が示されている。他のケースについては、付

表-5 伝達長の計算結果 (単位:mm)

| 供試体記号 | 伝達長 L_t | | | L_t/d_b |
|-------|-----------|------|------|-----------|
| | 左側 | 右側 | 平均 | |
| A1 | 1534 | 1564 | 1549 | 71 |
| A2 | 905 | — | 905 | 41 |
| A3 | 1531 | 1395 | 1463 | 67 |
| B1 | 1182 | 793 | 987 | 45 |
| B2 | 764 | 1104 | 934 | 43 |
| B3 | 1434 | 1510 | 1473 | 68 |

着伝達長に変化はあまりない。

4.2 付着伝達特性

図-6に普通鋼材、インデント鋼材および(普通鋼材+スパイラル筋)を使用した場合の($\epsilon_c / \epsilon_{c \max}$)の値を示す。各図には、普通コンクリートおよび高強度コンクリートの結果を示している。この図からわかるように、普通鋼材および(普通鋼材+スパイラル筋)を使用した供試体に対して、高強度コンクリートを使用した場合、普通コンクリートに比べて部材端付近での付着特性は著しく改善されている事がわかる。しかし、(普通鋼材+スパイラル筋)を使用したB3供試体では、($\epsilon_c / \epsilon_{c \max}$)が0.9を越えた辺りで一度フラットになるため、付着伝達長は、普通強度のA3供試体と大差ない結果となっている。

一方、インデント鋼材では、普通コンクリートに対しても付着性能が非常に良いため、高強度コンクリートの効果は少なくなっていると考えられる。

5. おわりに

本研究は、高強度コンクリートの適用性拡大を目的に、太径鋼材 1S21.8 の付着伝達特性に及ぼす高強度コンクリートの影響について実験を行ったものである。得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 普通鋼材を使用した供試体に対して、高強度コンクリートの付着伝達特性は、普通コンクリートに比べ改善される。ただし、今回採用した方法では、伝達長について高強度コンクリートの効果を正しく評価しているとは言えない。伝達長の算定方法については、今後の課題と考えられる。
- ② インデント鋼材を使用した供試体については、普通コンクリートに対しても優れた付着特性を示すため、高強度コンクリートが付着伝達長に及ぼす影響は、他の供試体ほど顕著ではなかった。

6. 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[平成8年 制定] 設計編, 1996.
- 2) AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges, 16th Edition, 1996.
- 3) ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI 318-95),1995
- 4) Bruce W. Russell et al., Measured Transfer Lengths of 0.5 and 0.6 in. Strands in Pretensioned Concrete, PCI Journal, V.41, No.5, pp. 44-65, September - October 1996.
- 5) Denis Mitchell et al., Influence of High Strength Concrete on Transfer and Development Length of Pretensioning Strand, PCI Journal, V.38, No.3, pp. 52-66, May-June, 1993

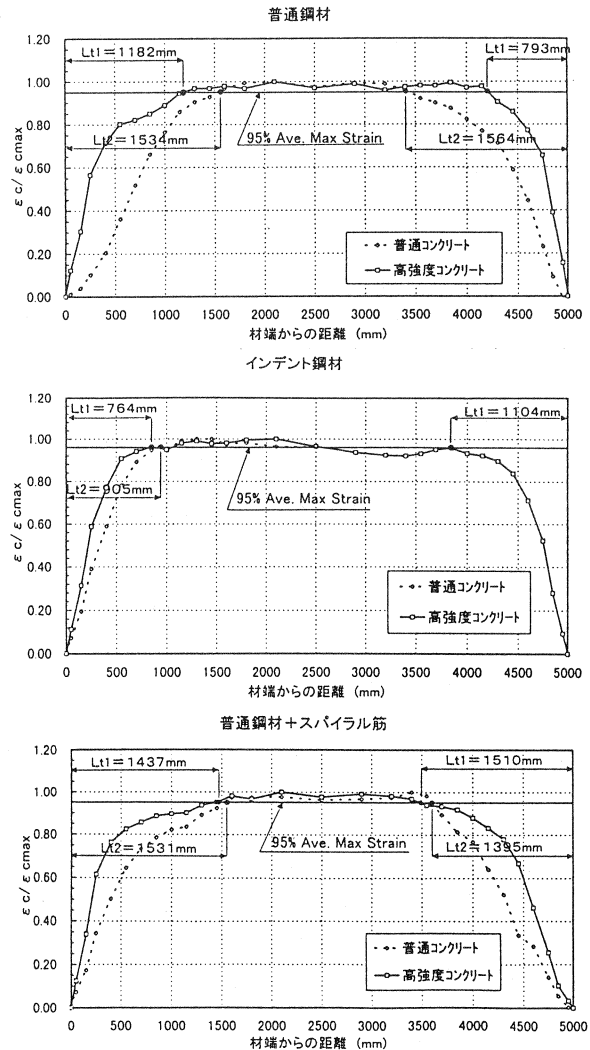


図-6 付着伝達特性