

高張力PC鋼より線の高強度コンクリートへの適用性研究

(株)日本ピーエス ○正会員 天谷 公彦
 (株)日本ピーエス 船野 浩司
 (株)日本ピーエス 正会員 濱岡 弘二
 (株)日本ピーエス 正会員 原 幹夫

1. はじめに

近年、コンクリート構造物を構成する材料の高性能化が進んでいる。鉄筋ではSD685といった高強度の鉄筋が使用されるようになり、超高強度コンクリートが実用化される中、軽量コンクリートの分野でも、100N/mm²を超える高強度を有する材料が開発されている¹⁾。

一方、PC鋼材は低リラクセーション化以来、性能の大きな進展が見られなかったが、最近、降伏強度および引張強度共に20%程度高張力化したPC鋼より線(以下「高張力PC鋼より線」と称す)が開発された。PC鋼材の高張力化はPCケーブル配置の自由度を増し、コンクリートの高強度化と相まって、PC構造の高性能化に繋がるのが期待される。そのため、神鋼鋼線工業(株)・住友電工スチールワイヤー(株)・(株)日本ピーエスで、基礎的なプレテンション工法に関して高張力PC鋼より線の適合性を検討している。本稿では高張力PC鋼より線の付着特性について確認実験を行った結果を報告する。

2. 高張力PC鋼より線の物性値

高張力PC鋼より線と普通PC鋼より線の物性値を表-1に、荷重と伸びの関係を図-1に、リラクセーション試験結果を図-2に示す。高張力PC鋼より線の弾性係数は普通PC鋼より線とほぼ同等の値であるが、引張荷重および降伏荷重は、共に普通PC鋼より線より20%程度向上している。リラクセーション特性を比較すると、高張力PC鋼より線のリラクセーション値は1000時間後で1.0%となり、普通PC鋼より線の1.1%と比較して、同等以上の値を示す。

表-1 高張力PC鋼より線の物性値

呼び名	種類	公称断面積 (mm ²)	引張荷重 kN以上	降伏荷重 kN以上	伸び %以上	リラクセーション (1000時間) %以下
PC鋼より線	高張力PC鋼より線	138.7	303	258	3.5	2.5
7本より線15.2mm	普通PC鋼より線 ^{※)}	138.7	261	222	3.5	2.5

※) JIS G3536

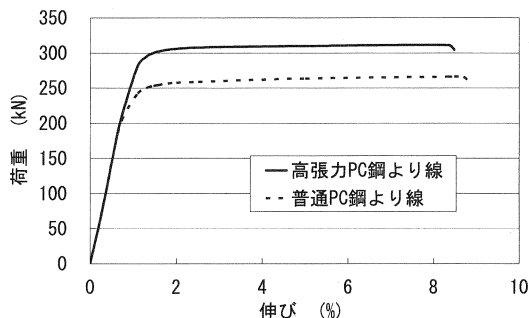


図-1 荷重-伸び関係

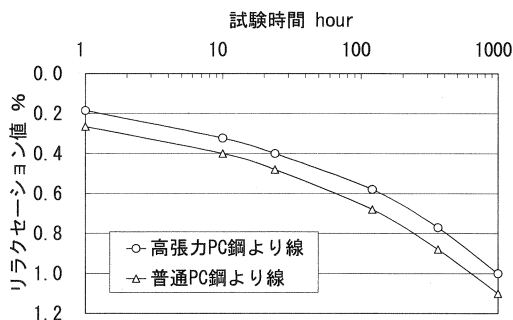


図-2 リラクセーション試験結果

3. 実験概要

3.1 供試体条件

本実験で製作する供試体の一覧を表-2に、供試体の形状を図-3に示す。供試体のパラメータはコンクリートの設計基準強度・種類、PC鋼より線の種類とした。PC鋼より線は2本配置し、鋼材間隔は実際のプレテンション桁の最小鋼材間隔である61.25mmとした。尚、エポキシ塗装高張力PC鋼より線は、付着性を向上させるために特殊表面処理を施したものを使用した。

表-2 供試体一覧

供試体名	設計基準強度	コンクリートの種類	PC鋼より線の種類
NS50	50N/mm ²	普通骨材 コンクリート	普通PC鋼より線
HS50			高張力PC鋼より線
HS50-EPO			エポキシ塗装高張力PC鋼より線
HS80	80N/mm ²	HFA骨材コンクリート ^{※)}	高張力PC鋼より線
HT80			

※) 本稿では便宜上、高強度フライアッシュ人工骨材をHFA骨材と称す。

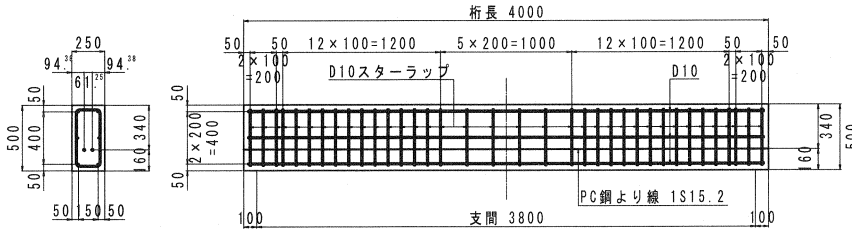


図-3 供試体形状

3.2 実験方法

本実験では、以下の(1)～(3)の3種類の実験を行い、高張力PC鋼より線と高強度コンクリートの付着特性について検討した。

(1) 付着定着長測定実験

供試体側面の鋼線位置にひずみゲージを貼りつけ、緊張力導入時にコンクリートひずみを測定し、最小二乗法により付着定着長を推定した。ひずみゲージの貼付位置を図-4に示す。

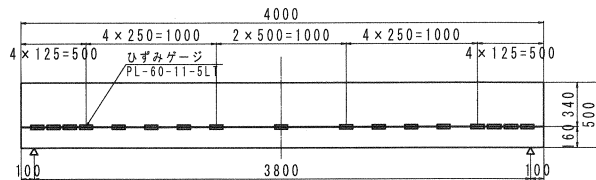


図-4 ひずみゲージ貼付位置

(2) PC鋼より線応力度変化測定実験

供試体の中央部3点のコンクリートひずみの経時変化を緊張力導入後30日間測定し、コンクリートひずみの変化量とPC鋼より線のひずみの変化量が等しいという仮定のもと、PC鋼より線応力度の変化量を算出した。

(3) 曲げ載荷実験

供試体に曲げ荷重を載荷し、高張力PC鋼より線を使用したPC桁のひび割れ発生荷重、曲げ破壊荷重の計算値と実測値を比較し、破壊形状の差異を観測した。載荷位置とひずみゲージおよび変位計の取付位置を図-5に示す。

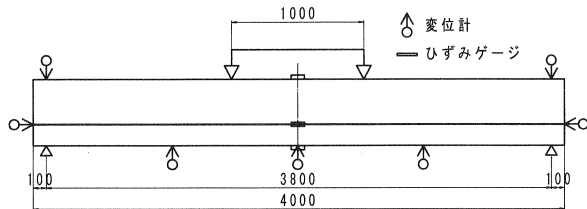


図-5 載荷位置と計測位置

4. 実験結果

4.1 付着定着長測定実験結果

付着定着長測定実験結果の一覧を表-3 に、コンクリート応力度測定結果を図-6 に、最小二乗法による近似結果を図-7 に示す。NS50 と他の4 供試体を比較すると、導入緊張力はNS50 が最も小さいが、付着定着長は最も大きい結果となった。緊張力導入時のコンクリート強度と付着定着長の関係に着目すると、PC 鋼より線の種類に関わらず、緊張力導入時のコンクリート強度が大きい供試体ほど、付着定着長は小さくなった。また、全ての供試体で付着定着長は、道路橋示方書に規定されている 65φ 以下となった。

これらの結果より、高張力PC 鋼材を使用し導入緊張力を 20%程度増加しても、道路橋示方書に定められている従来の付着定着長の規定が適用できると考えられる。

表-3 付着定着長測定実験結果一覧

供試体名	試験条件		導入直後の PC鋼より線応力度 N/mm ²	付着定着長 mm	応力棚の応力	
	導入時強度 N/mm ²	弾性係数 × 10 ⁴ N/mm ²			試験値 N/mm ²	計算値 N/mm ²
NS50	44.6	2.93	1179.57	723 (48 φ)	3.37	3.65
HS50	46.2	3.00	1433.54	641 (42 φ)	4.17	4.32
HS50-EPO	43.6	3.05	1448.81	672 (44 φ)	4.20	4.37
HS80	64.4	3.42	1497.93	588 (39 φ)	4.30	4.34
HT80	63.3	2.59	1456.00	610 (40 φ)	4.24	4.35

※ () 内は付着定着長を鋼材径で除した値

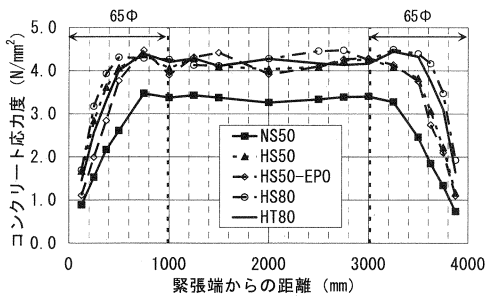


図-6 コンクリート応力度測定結果

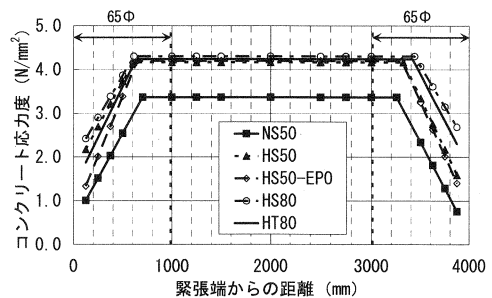


図-7 最小二乗法による近似結果

4.2 PC 鋼より線応力度変化測定実験結果

PC 鋼より線応力度の経時変化を図-8 に、測定結果の一覧を表-4 に示す。導入 30 日後の PC 鋼より線応力度の計算値は、従来の算出方法を用い、クリープ、乾燥収縮、鋼材のリラクセーションを考慮した。PC 鋼より線応力度の実測値は、PC 鋼より線のひずみとコンクリートひずみが等しいという仮定のもと、付着定着長測定実験で用いたコンクリートゲージの中央部 3 点のひずみ変化量より算出した。表-4 より、プレストレス導入 30 日後の PC 鋼より線応力度は、全ての供試体において計算値以上となり、高張力 PC 鋼より線を用いたプレテンション桁でも、従来の算出方法で有効プレストレスが算出可能であることがわかる。

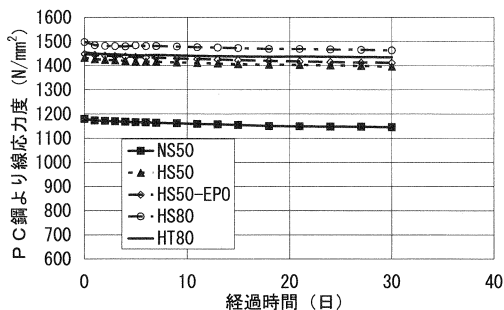


図-8 PC 鋼より線応力度変化測定結果

表-4 PC 鋼より線応力度変化測定結果一覧

供試体名	導入直後の PC鋼より線応力度 N/mm ²	導入30日後のPC鋼より線応力度	
		実測値 N/mm ²	計算値 N/mm ²
NS50	1179.57	1145.39	1139.25
HS50	1433.54	1396.13	1384.43
HS50-EPO	1448.81	1412.18	1387.30
HS80	1497.93	1462.48	1448.99
HT80	1456.00	1434.61	1400.75

4.3 曲げ載荷実験結果

曲げ載荷実験結果の一覧を表-5に、各供試体の荷重と変位の関係を図-9に、NS50・HS50・HS50-EPOの終局時のひび割れ発生状況を図-10に示す。いずれの供試体もひび割れ発生荷重、曲げ破壊荷重共に実測値が計算値を上回った。荷重と変位の関係を見ると、高張力PC鋼より線と普通骨材コンクリートを組み合わせた3供試体は、いずれもNS50と同等以上の曲げ剛性を有していた。HT80はHFA骨材コンクリートを使用しており弾性係数が小さいため、NS50と比較して曲げ剛性は若干小さくなったが、曲げ破壊荷重は上回った。また、NS50、HS50およびHS50-EPOの終局時のひび割れ発生状況を比較すると、HS50-EPOは他の2供試体に比べてひび割れの分散性がよく、エポキシ塗装高張力PC鋼より線は、裸線と同等以上の付着強度を有していた。

表-5 曲げ載荷実験結果一覧

供試体種類	載荷実験前コンクリート強度			ひび割れ発生荷重		曲げ破壊荷重	
	圧縮強度	弾性係数	引張強度	計算値	実測値	計算値	実測値
	N/mm ²	× 10 ⁴ N/mm ²	N/mm ²	kN	kN	kN	kN
NS50	60.4	3.49	4.0	129	140	259	327
HS50	67.2	3.55	4.4	152	170	296	360
HS50-EPO	59.5	3.20	3.3	136	170	308	370
HS80	87.0	3.87	5.1	167	200	302	380
HT80	88.0	2.93	4.0	145	160	301	370

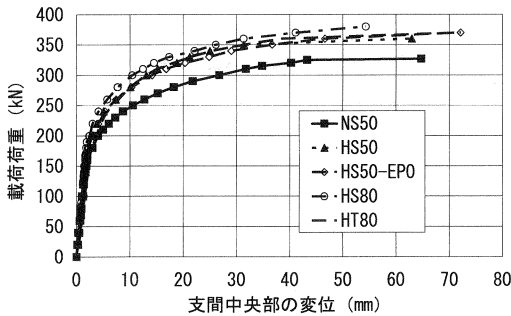


図-9 荷重-変位関係

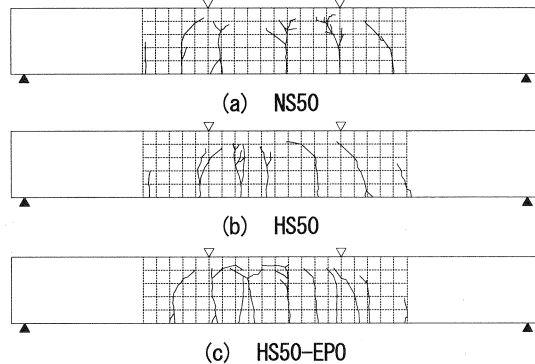


図-10 終局時のひび割れ状況

5. おわりに

高張力PC鋼より線の付着特性を検討した結果、付着定着長は道路橋示方書の規定値(65φ)を満足し、荷重載荷による付着性状の変化も見られなかった。また、エポキシ塗装を施した高張力PC鋼より線の場合も、裸線を使用した供試体と同等以上の性能を示した。

これらの結果では、高張力PC鋼より線をプレテンションPC桁に使用した場合、現在使用されている普通PC鋼より線と同等の付着特性を持つと判断できた。今後、実構造物に高張力PC鋼より線を適用する際の、付着特性に関する基礎資料が得られたと考えられる。

参考文献

- 1) 梅原秀哲, 池田博之, 原幹夫, 濱岡弘二: 高強度フライアッシュ人工骨材を用いたPC橋の施工, 第11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論文集, pp. 757~762, 2001. 11
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編・IIIコンクリート橋編, pp. 198~200, 平成14年3月
- 3) 土木学会: 高強度フライアッシュ人工骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案), pp. 143~146, 2001. 7
- 4) 國富康志, 泉満明, 横山博司: PCストランド鋼材の応力伝達長に関する研究, 第13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論文集, pp. 481~484, 2004. 10