

高強度 PC 鋼より線を用いた PC 橋の施工事例

— プレテンション方式 PC 橋への適用 —

横山 貴信*1・原 幹夫*2・濱岡 弘二*3・田中 雄介*4

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、コンクリートでは 100 N/mm² を超える超高強度コンクリートが実用化されている。

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、降伏強度および引張強度ともに従来の PC 鋼より線（以下「普通 PC 鋼より線」と称す）と比較して、20 % 程度高強度化された PC 鋼より線（以下「高強度 PC 鋼より線」と称す）が開発され、普通 PC 鋼より線より高い緊張力が導入可能となった。

PC 鋼より線の高強度化は 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。

本報告では桁高と上部工重量の低減を目的として、高強度 PC 鋼より線をプレテンション方式 PC 単純中空床版橋に適用した施工事例について報告する。

キーワード：新材料，高強度 PC 鋼より線，プレテンション方式 PC 桁橋

1. 高強度 PC 鋼より線について

1.1 高強度 PC 鋼より線の化学成分

高強度 PC 鋼より線は、材料の化学成分のうち C（炭素）と Si（ケイ素）、Cr（クロム）の含有量を普通 PC 鋼より線より高め、製造工程中の冷延過程を調整することで高強度化を図ったものである。

1.2 高強度 PC 鋼より線の物性値

高強度 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。高強度 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、降伏強度および引張強度共に普通 PC 鋼より線より約 20 % 向上している。リラクセーション特性を比較すると、高強度 PC 鋼より線のリラクセーション値は 1 000 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 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 (1 000 時間) % 以下
7 本より	高強度 PC 鋼より線	138.7	314	267	3.5	2.5
IS15.2	普通 PC 鋼より線*	138.7	261	222	3.5	2.5

※) JIS G3536

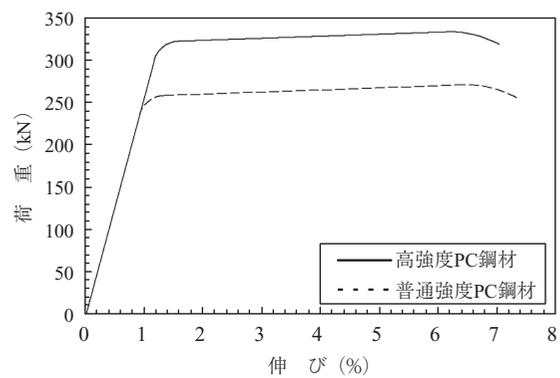


図 - 1 荷重—伸び

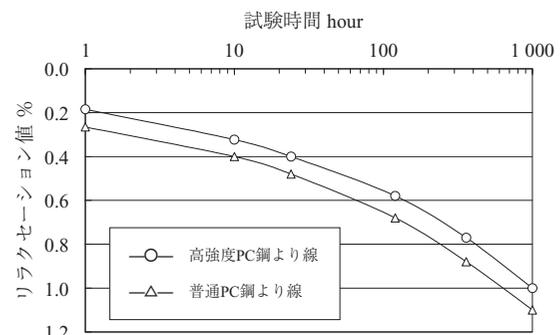


図 - 2 リラクセーション試験結果

*1 Takano YOKOYAMA : (株) 日本ピーエス 技術設計本部 設計課 係長

*2 Mikio HARA : (株) 日本ピーエス 研究開発品質本部 本部長

*3 Kouji HAMAOKA : (株) 日本ピーエス 研究開発品質本部 副本部長

*4 Yusuke TANAKA : (株) 日本ピーエス 技術設計本部 設計課

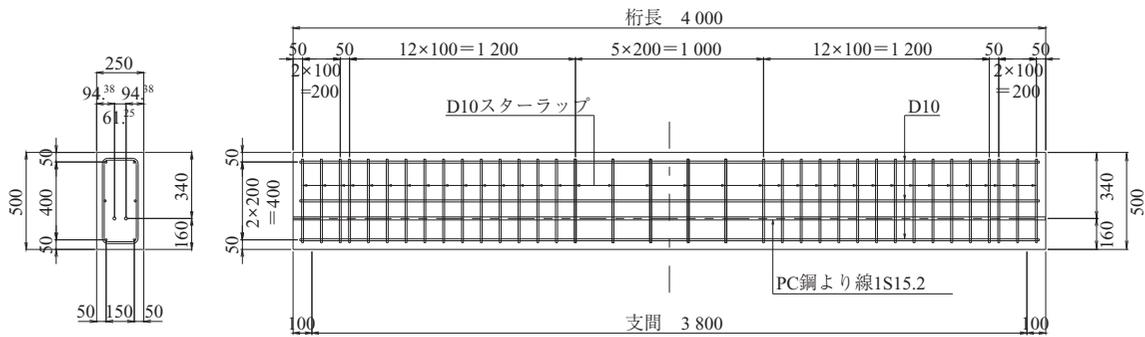


図 - 3 供試体形状

1.3 高強度 PC 鋼より線の付着特性についての実験結果

高強度 PC 鋼より線の付着特性を確認するため、ほか 2 社と共同で付着定着長測定試験、PC 鋼より線応力度変化測定試験および曲げ載荷試験を行っている¹⁾。

図 - 3 に供試体形状を示す。供試体には PC 鋼より線を 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 61.25 mm とした。

付着定着長測定試験は供試体側面の鋼線位置にひずみゲージを貼り付け、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け位置を図 - 4 に示す。

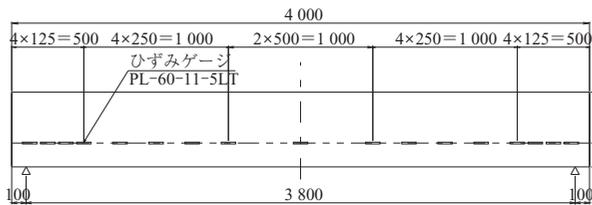


図 - 4 ひずみゲージ貼付け位置

表 - 2 に付着定着長の測定結果を、図 - 5 にコンクリート応力度測定結果を最小二乗法により近似した結果を示す。

表 - 2 供試体条件および付着定着長測定結果

設計基準強度 N/mm ²	PC 鋼より線の種類	付着定着長 mm	供試体名
50	普通 PC 鋼より線	723 (48 φ)	NS50
	高強度 PC 鋼より線	668 (44 φ)	HS50
80	高強度 PC 鋼より線	588 (39 φ)	HS80

実験の結果、付着定着長は道路橋示方書の規定値 (65 φ 以下) 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。

以上の結果より、高強度 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もつと判断できる。

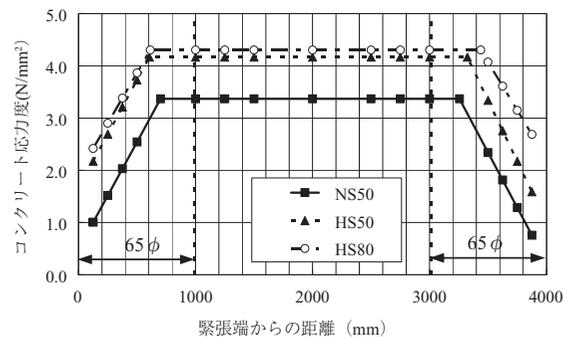


図 - 5 コンクリート応力度測定結果

2. 高強度 PC 鋼より線を用いたプレテンション方式 PC 単純中空床版橋の施工事例

2.1 山王 3 号橋

(1) 概要

山王 3 号橋は当初、普通 PC 鋼より線を用いた JIS スラブ橋桁で設計されていたが、桁高と上部工重量の低減を目的に高強度 PC 鋼より線を用いた設計に変更した。

下記に山王 3 号橋の工事概要を、図 - 6 に当初の横断面図を示す。

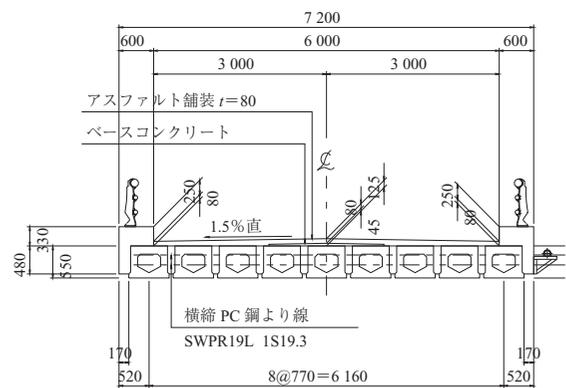


図 - 6 当初設計横断面図 (山王 3 号橋)

- ・工事名：総合流域防災工事 21-3 工事
- ・工事場所：福井県吉田郡永平寺町山王～栗住波地係
- ・発注者：福井県福井土木事務所

- ・ 構造形式：プレテンション方式
PC 単純中空床版橋
- ・ 橋 長：15.500 m
- ・ 有効幅員：6.000 m
- ・ 主桁本数：9 本
- ・ 荷 重：A 活荷重

(2) 材料強度

設計基準強度 50 N/mm² の主桁コンクリートを使用した当初設計に対し、高強度 PC 鋼より線を用いた変更設計では、より高い緊張力を導入できるような主桁コンクリートの設計基準強度を 80 N/mm² とした。

主桁コンクリート、PC 鋼より線それぞれの材料強度を表 - 3 に示す。なお、PC 鋼より線の初引張応力度は当初設計の 1 350 N/mm² に対し、変更設計では 19 % 増の 1 600 N/mm² とした。

表 - 3 材料強度 (山王 3 号橋)

・ 主桁コンクリート		
項 目	当初設計	変更設計
設計基準強度 (N/mm ²)	50.00	80.00
プレ導入時圧縮強度 (N/mm ²)	35.00	51.00

・ PC 鋼より線		
項 目	当初設計	変更設計
PC 鋼より線種類	普通 PC 鋼より線	高強度 PC 鋼より線
呼び名	7 本より 1S15.2	7 本より 1S15.2
引張強度 (N/mm ²)	1 850.0	2 180.0
降伏点応力度 (N/mm ²)	1 600.0	1 860.0
許容引張応力度 (N/mm ²)	プレ導入直後	1 295.0
	設計荷重時	1 110.0
		1 310.0

(3) 計算結果

表 - 4 に当初設計と変更設計の計算結果比較表を示す。

計算の結果、変更設計では当初設計に比べ桁高を 125 mm 低くすることができた。また桁 1 本あたり 13 % 重量が減少し、死荷重反力は 9 % 低減することができた。

桁高を低くしたことによって増加した曲げ応力度に対しては、PC 鋼より線の本数を桁 1 本あたり普通 PC 鋼より線 14 本から高強度 PC 鋼より線 17 本に増加することで対

表 - 4 計算結果比較表 (山王 3 号橋)

項 目	①当初設計	②変更設計	比率②/①	
桁 高	550 mm	425 mm	0.77	
PC 鋼より線重量	桁 1 本あたり 237.38 kg	288.24 kg	1.21	
主桁重量	桁 1 本あたり 14.27 t	10.73 t	0.87	
全体反力	死荷重	794.96 kN	724.56 kN	0.91
	設計荷重	1 343.90 kN	1 273.50 kN	0.95

応した。

変更設計と同程度のプレストレスを普通 PC 鋼より線で導入する場合、PC 鋼より線の本数は 20 本必要となり、鋼材配置のために主桁下縁側の部材厚を 90 mm から 120 mm へ増やす必要が生じ、桁高の低減が限界となる。高強度 PC 鋼より線を用いると PC 鋼材本数を減らすことができるため、部材厚を増やすことなく PC 鋼材配置が可能となり、普通 PC 鋼材を用いる場合より低い桁高とすることができた。

当初設計と変更設計の主桁断面図を図 - 7 に示す。

(4) 主桁架設

当初設計では主桁の架設は 100 t 吊り油圧式クレーンを用いて橋台背面から架設する計画であった。

変更設計では主桁重量が 1 本あたり 1.3 t 減少したこと



写真 - 1 山王 3 号橋

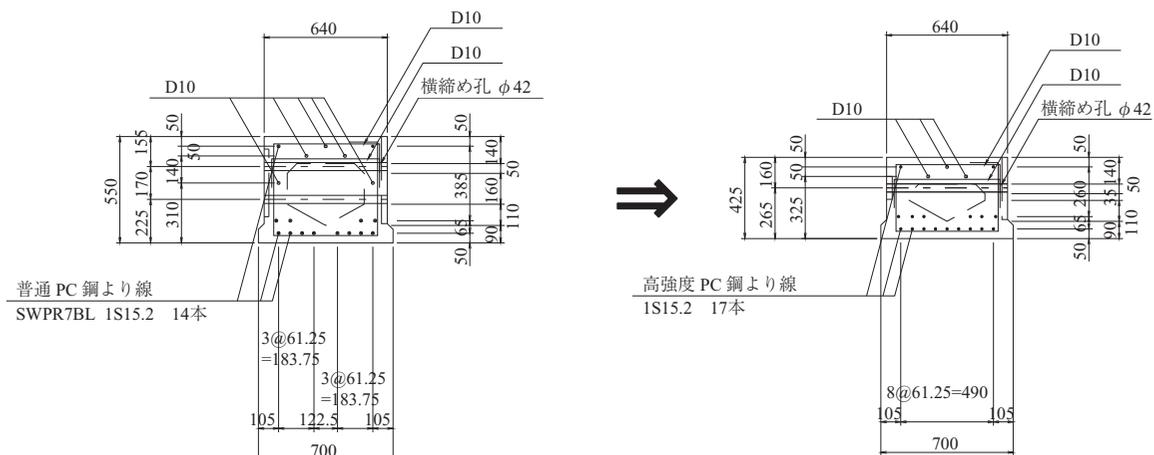


図 - 7 主桁断面図 (山王 3 号橋)

○ 工事報告 ○

で、クレーンの作業半径に余裕をもたせることができたものの、吊上げ能力の小さいクレーンに変更するには至らなかった。橋長が15.5mと短く、主桁重量の低減が限定的であったためであり、より支間が長い主桁に高強度PC鋼より線を適用した場合は、クレーンの能力を小さくすることが可能になる場合があると考えられる。

2.2 山田池公園橋梁

(1) 概要

山田池公園橋梁は当初、3径間連続斜張橋+普通PC鋼より線を用いたスラブ桁橋で設計されていた。歩道橋のため、スラブ桁橋部の桁高はJIS桁よりも低かったが、市道を跨ぐ橋梁であり、さらなる桁高の低減により桁下のクリアランスを大きくするために、高強度PC鋼より線を用いた設計に変更した。下記に山田池公園橋梁の工事概要を、図-8に当初の横断面図を示す。

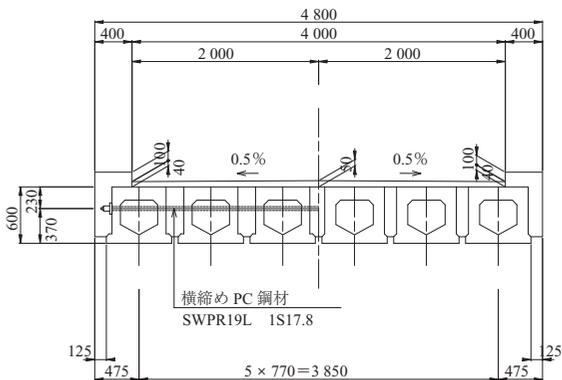


図 - 8 当初設計横断面図

- ・ 工事名：山田池公園南北連絡橋上部工整備工事
- ・ 工事場所：枚方市山田池公園山田池南町
- ・ 発注者：大阪府枚方土木事務所
- ・ 構造形式：ポストテンション方式PC3径間連続斜張橋
+プレテンション方式PC単純中空床版橋
- ・ 橋長：158.000 m
ポストテンションPC3径間連続斜張橋 138.0 m
+プレテンション方式単純中空床版橋 20.0 m
- ・ 有効幅員：4.000 m

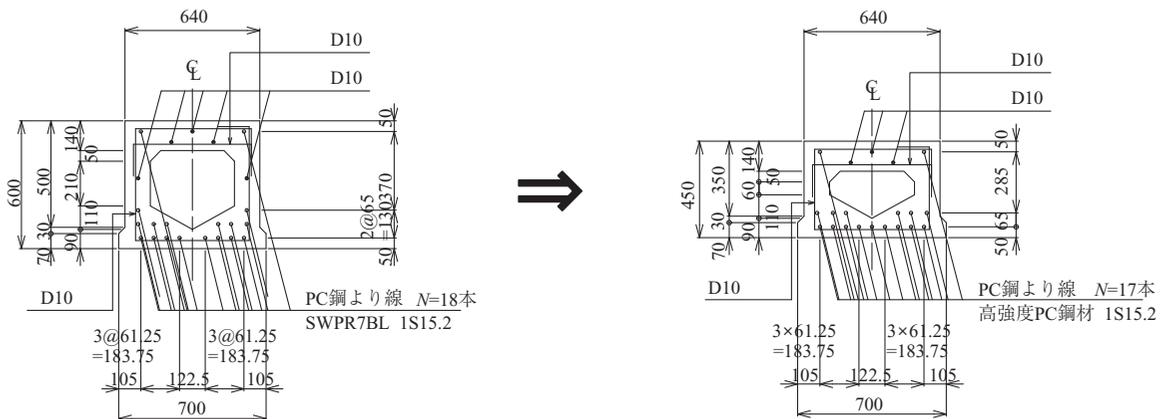


図 - 9 主桁断面図 (山田池公園橋梁)

- ・ 主桁本数：6本
- ・ 荷重：群集荷重

(2) 材料強度

設計基準強度50 N/mm²の主桁コンクリートを使用した当初設計に対し、高強度PC鋼より線を用いた変更設計では、より高い緊張力の導入と、主桁自重による応力度を低減できるように、主桁コンクリートに設計基準強度80 N/mm²の高強度軽量人工骨材コンクリートを使用した。

主桁コンクリート、PC鋼より線それぞれの材料強度は前述の山王3号橋と同様(表-3)である。なお、PC鋼より線の初引張応力度も同様に当初設計の1350 N/mm²に対し、変更設計では19%増の1600 N/mm²とした。

(3) 計算結果

表-5に当初設計と変更設計の計算結果比較表を示す。

表 - 5 計算結果比較表

項目	①当初設計	②変更設計	比率②/①
桁高	600 mm	450 mm	0.75
PC鋼より線重量 桁1本あたり	394.44 kg	372.52 kg	0.94
主桁重量 桁1本あたり	14.27 t	10.73 t	0.75
全体反力 死荷重	631.51 kN	517.57 kN	0.82
設計荷重	770.81 kN	656.90 kN	0.85

計算の結果、変更設計では当初設計に比べ桁高を150 mm低くすることができた。また桁1本あたり25%重量が減少し、死荷重反力は18%低減することができた。

桁高を低くしたことによって曲げ応力度は増加するが、高強度軽量人工骨材コンクリートの使用により主桁自重による応力度が減少したため、PC鋼より線の本数は桁1本あたり18本から17本に減らすことができた。

山王3号橋と同様に、変更設計と同程度のプレストレスを普通PC鋼より線で導入する場合、鋼材配置のために主桁下縁側の部材厚を増やす必要が生じ、桁高の低減が限界となる。高強度PC鋼より線を用いることで部材厚を増やすことなくPC鋼材配置が可能となり、普通PC鋼材を用いる場合より低い桁高とすることができた。

当初設計と変更設計の主桁断面図を図-9に示す。



写真 - 2 山田池公園橋梁（手前の径間が高強度 PC 鋼材を用いたプレテンション方式単純中空床版橋）

(4) 主桁架設

当初設計では主桁の架設は 160 t 吊り油圧式クレーンを用いて橋台背面から架設する計画であった。

変更設計では主桁重量が 1 本あたり 3.5 t 減少したことで、120 t 吊り油圧式クレーンに変更することが可能となった。ただし、実施工では現地の状況から 60 t 吊り油圧式クレーン 2 台による相吊架設を行った。

3. 試設計による検討

高強度 PC 鋼より線の支間長別の効果を検証するため、プレテンション方式 PC 単純中空床版橋、プレテンション方式単純 T 桁橋、プレテンション方式 3 径間連結 T 桁橋を対象にして試設計を行った。

3.1 プレテンション方式単純中空床版橋

(1) 試設計条件

表 - 6 に試設計条件を、図 - 10 に試設計モデルの横断面図を示す。

表 - 6 試設計条件

構造形式	プレテンション方式 PC 単純 T 桁橋
桁長	12.5, 14.5, 16.6, 18.6, 20.7, 22.7, 24.7 m
支間長	12.0, 14.0, 16.0, 18.0, 20.0, 22.0, 24.0 m
幅員	0.6 + 9.5 + 0.6 m
斜角	90° 00' 00"
主桁本数	14 本
荷重	B 活荷重

支間長を 12.0 ~ 24.0 m まで 2.0 m 間隔で変化させ、 $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ で普通 PC 鋼より線を使用した場合と、 $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ で高強度 PC 鋼より線を使用した場合と、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ で高強度 PC 鋼より線を使用した場合の 3 種類で比較計算した。

試設計は桁高を 25 mm 単位で低くしていき、設計荷重作用時および終局荷重作用時に主桁部材が安全である最低桁高を目標に実施した。

PC 鋼より線のプレストレスング中の緊張力は、道路

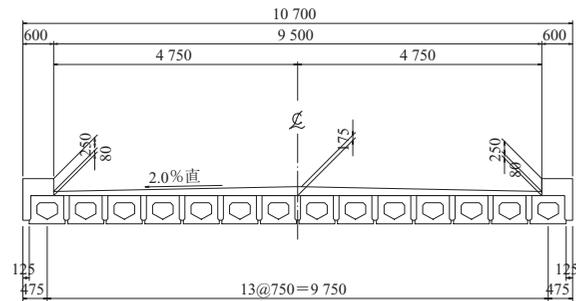


図 - 10 試設計横断面図（プレテン中空床版橋）

橋示方書に定められている PC 鋼材の許容引張応力度から、セットによる減少、温度補正、および余裕量を考慮し、普通 PC 鋼より線は 1360 N/mm^2 、高強度 PC 鋼より線は 1590 N/mm^2 を上限とした。

(2) 試設計結果

表 - 7 に桁高と桁重量についての試設計結果を示す。 $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ に高強度 PC 鋼より線を使用することで、桁高については 9 ~ 11 %、桁重量については 0 ~ 9 % の低減効果を、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ に高強度 PC 鋼より線を使用することで、桁高については 20 ~ 27 %、桁重量については 11 ~ 23 % の低減効果を得られた。

表 - 7 試設計結果

支間長 (m)	桁高 (mm)				
	① $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 普通 PC 鋼より線	② $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	③ $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	比率 ②/①	比率 ③/①
12.0	500	450	400	0.90	0.80
14.0	550	500	400	0.91	0.73
16.0	600	575	475	0.96	0.79
18.0	700	625	525	0.89	0.75
20.0	800	725	600	0.91	0.75
22.0	900	800	675	0.89	0.75
24.0	1000	900	725	0.90	0.73
支間長 (m)	桁重量 (kN/本)				
	① $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 普通 PC 鋼より線	② $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	③ $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	比率 ②/①	比率 ③/①
12.0	77.7	73.1	69.5	0.94	0.89
14.0	95.0	92.0	80.4	0.97	0.85
16.0	114.2	114.0	101.1	1.00	0.89
18.0	140.5	135.2	119.6	0.96	0.85
20.0	174.7	165.3	145.3	0.95	0.83
22.0	214.4	194.8	171.0	0.91	0.80
24.0	251.9	234.5	194.1	0.93	0.77

また図 - 11 に桁高と支間長、図 - 12 に桁重量と支間長についての相関グラフを示す。桁高、桁重量ともに支間長が長くなるほど低減効果が大きくなる傾向となった。これは、支間長が短い桁はもともと桁高が低く、中空枠の縮小に限界が生じ PC 鋼材の配置スペースがなくなり、桁高の低減が限界となるためである。

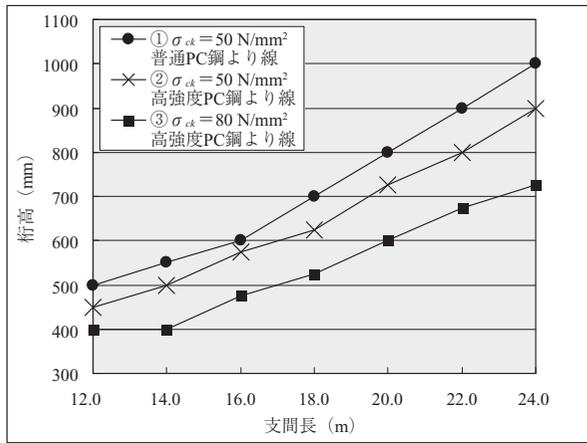


図 - 11 試設計結果 (桁高)

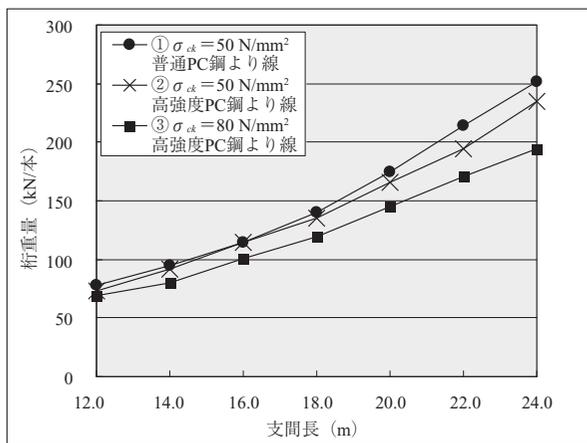


図 - 12 試設計結果 (桁重量)

普通 PC 鋼より線を使用する場合、桁高を低減すると PC 鋼材本数が増加して配置が困難となり、PC 鋼材配置スペースの関係から桁高の低減は限界となる。同一設計基準強度のコンクリートに高強度 PC 鋼より線を使用すると、普通 PC 鋼材と同一のプレストレスを得るための PC 鋼より線の本数が減少するとともに、普通 PC 鋼より線と比べて偏心量を大きく確保できるため、より効率的なプレストレスの導入が可能となり、桁高が低減できる。

また、高強度コンクリートに高強度 PC 鋼より線を適用すると、コンクリートが有する高い圧縮強度を最大限に発揮することが可能となり、さらなる桁高および桁重量の低減が図れる。

3.2 プレテンション方式単純 T 桁橋

(1) 試設計条件

表 - 8 に試設計条件を、図 - 13 に試設計モデルの横断面図を示す。

試設計は、支間長を 18.0 ~ 24.0 m まで 2.0 m 間隔で変化させ、主桁コンクリート強度と PC 鋼より線の組合せをプレテンション方式中空床版橋と同じ 3 種類で比較計算した。

PC 鋼より線のプレストレス中の緊張力も、同様に、普通 PC 鋼より線は 1360 N/mm²、高強度 PC 鋼より

表 - 8 試設計条件

構造形式	プレテンション方式 PC 単純 T 桁橋
桁 長	18.6, 20.7, 22.7, 24.7 m
支間長	18.0, 20.0, 22.0, 24.0 m
幅 員	0.6 + 9.5 + 0.6 m
斜 角	90° 00' 00"
主桁本数	10 本
荷 重	B 活荷重

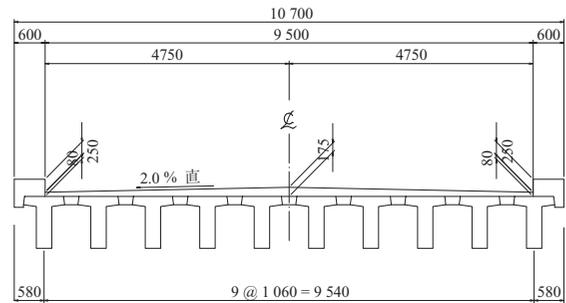


図 - 13 試設計横断面図 (プレテン T 桁橋)

線は 1590 N/mm² を上限とした。

(2) 試設計結果

表 - 9 に桁高と桁重量についての試設計結果を示す。 $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ に高強度 PC 鋼より線を使用することで、桁高については 12 ~ 17 %、桁重量については 10 ~ 14 % の低減効果を、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ に高強度 PC 鋼より線を使用することで、桁高については 25 ~ 29 %、桁重量については 18 ~ 22 % の低減効果を得られた。

表 - 9 試設計結果 (単純プレテン T 桁橋)

支間長 (m)	桁 高 (mm)				
	① $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 普通 PC 鋼より線	② $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	③ $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	比 率 ② / ①	比 率 ③ / ①
18.0	1000	875	750	0.88	0.75
20.0	1100	950	800	0.86	0.73
22.0	1200	1000	850	0.83	0.71
24.0	1300	1075	925	0.83	0.71
支間長 (m)	桁重量 (kN/本)				
	① $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 普通 PC 鋼より線	② $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	③ $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	比 率 ② / ①	比 率 ③ / ①
18.0	175.7	158.6	144.4	0.90	0.82
20.0	210.7	187.9	168.5	0.89	0.8
20.0	247.8	214.4	193.3	0.87	0.78
20.0	87.8	246.9	224.2	0.86	0.78

また図 - 14 に桁高と支間長、図 - 15 に桁重量と支間長についての相関グラフを示す。桁高、桁重量ともに支間長が長くなるほど低減効果が大きくなる傾向となった。

プレテンション方式 T 桁橋の桁高の低減率は 0.71 ~ 0.75 であり、同支間のプレテンション方式単純中空床版橋

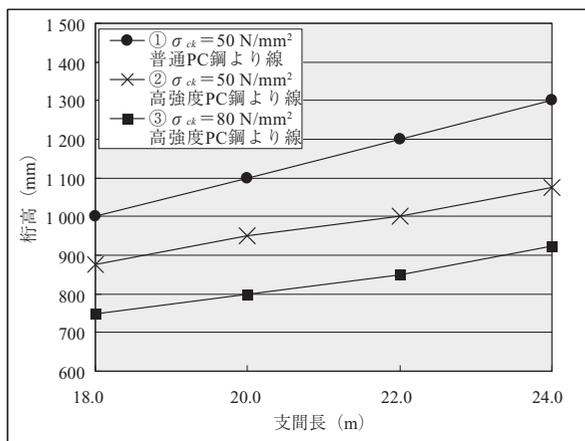


図 - 14 試設計結果 (桁高) 単純プレテン T 桁橋

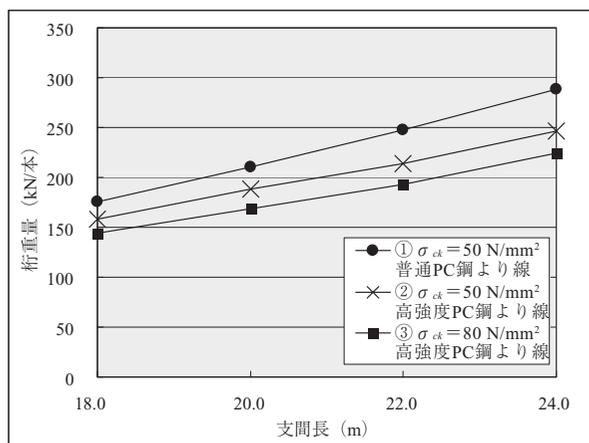


図 - 15 試設計結果 (桁重量) 単純プレテン T 桁橋

の低減率の 0.73 ~ 0.75 と比べ低減効果は大きくなった。プレテンション方式 T 桁橋はプレテンション方式中空床版橋と比べ PC 鋼材配置の制約が少なく、また同一設計基準強度のコンクリートに高強度 PC 鋼より線を用いると PC 鋼材本数が減少し、PC 鋼材図心位置を普通 PC 鋼材を使用する場合より下げて偏心量を大きくすることができるため、より効率的なプレストレスの導入が可能である。しかし、主桁コンクリートが $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ の場合は、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ の場合と比べ導入できるプレストレス量が小さいため、桁高の低減が限界となる。

試設計結果から、プレテンション方式 T 桁橋においても、高強度コンクリートに高強度 PC 鋼より線を適用することで、コンクリートが有する高い圧縮強度を最大限に発揮することが可能となり、さらなる桁高および桁重量の低減が図れることが判明した。

3.3 プレテンション方式 3 径間連結 T 桁橋

(1) 試設計条件

プレテンション方式 3 径間連結 T 桁橋の試設計は、単純 T 桁橋と同様の条件とした。

(2) 試設計結果

表 - 10 に桁高と桁重量についての試設計結果を、また図 - 16 に桁高と支間長、図 - 17 に桁重量と支間長につ

いての関連グラフを示す。桁高、桁重量ともに支間が長くなるほど低減効果が大きくなる傾向となった。ただし、支間が 18m の場合は、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ に高強度 PC 鋼より線を用いても桁高の低減は 25 mm であり、主桁コンクリートの単位重量が増加するため、桁重量は低減できなかった。

表 - 10 試設計結果 (3 径間連結プレテン T 桁橋)

支間長 (m)	桁高 (mm)			比率 ②/①	比率 ③/①
	① $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 普通 PC 鋼より線	② $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	③ $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線		
18.0	1000	975	975	0.98	0.98
20.0	1100	1025	975	0.93	0.89
22.0	1200	1075	975	0.90	0.81
24.0	1300	1125	975	0.87	0.75

支間長 (m)	桁重量 (kN/本)			比率 ②/①	比率 ③/①
	① $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ 普通 PC 鋼より線	② $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線	③ $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ 高強度 PC 鋼より線		
18.0	175.7	172.3	175.8	0.98	1.00
20.0	210.7	199.3	195.6	0.95	0.93
22.0	247.8	226.9	214.5	0.92	0.87
24.0	287.8	256.0	233.4	0.89	0.81

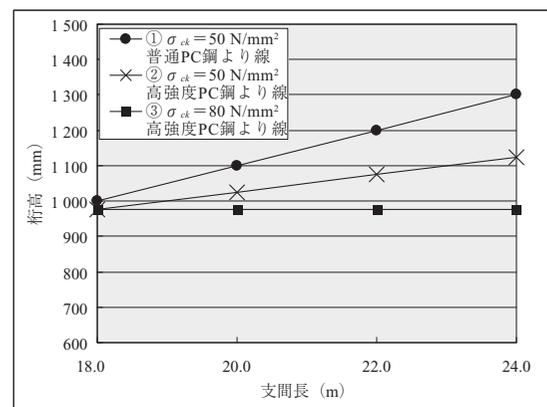


図 - 16 試設計結果 (桁高) 3 径間連結プレテン T 桁橋

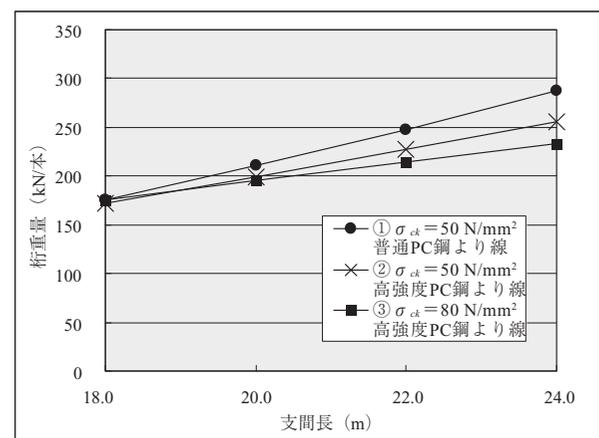


図 - 17 試設計結果 (桁重量) 3 径間連結プレテン T 桁橋

○ 工事報告 ○

プレテンション方式3径間連結T桁橋の桁高の低減率は0.75～0.98であり、単純T桁橋に比べて低減効果は小さく、 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ に高強度PC鋼より線を用いた場合の桁高は、975mmで頭打ちとなった。桁高を低減するとプレストレスを増やす必要が生じ、連結部に生じる2次力による曲げモーメントが増加する。その結果、桁下縁側の連結鉄筋量が増加して鉄筋配置が困難になり、桁高の低減に限界が生じる。桁高が主桁よりも連結部の設計で決定されたため桁高の低減が頭打ちとなった。

試設計結果から、プレテンション方式連結T桁橋に高強度PC鋼より線を用いることで桁高の低減が図れるが、支間20m未満では桁高と桁重量の低減効果は少ないことが判明した。しかし、支間20m以上であれば、プレテンション方式連結T桁橋においても、高強度コンクリートと高強度PC鋼より線を用いて桁高と桁重量の低減を図ることが可能である。

4. 主桁の製作

山王3号橋、山田池公園橋梁とも主桁は弊社工場にて1日あたり2本のペースで製作を行なった。

製作時の留意点として、JISの推奨仕様2-1の桁と比べて緊張力が大きいため、PC鋼より線用のグリップおよび接続具が損傷しPC鋼より線が抜け出る可能性があった。そこで事前に定着効率試験を行い、安全性を確かめた。試験状況を写真-3、4に示す。

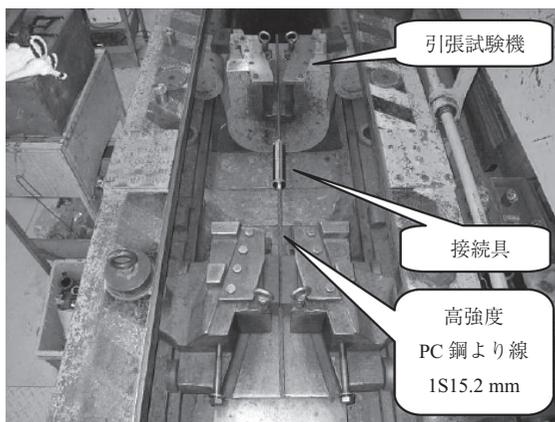


写真 - 3 試験前の状況

試験は長さ1.0mの高強度PC鋼より線1S15.2mm2本を接続具で繋ぎ、引張試験機を用いて規格破断荷重の70% ($0.7 P_u : 220 \text{ kN}$)まで緊張、その後除荷を10回繰り返した後、破断まで引張試験を実施した。

表-11に定着効率試験結果を示す。

試験の結果、破断荷重は規格破断荷重の100%を超え、接続具にも損傷は見られなかった。

型枠・鉄筋組立て、コンクリート打設は通常のJIS桁と同じ方法で行い、問題なく桁製作を終えた。

5. おわりに

高強度PC鋼より線と高強度コンクリートを組み合わせる

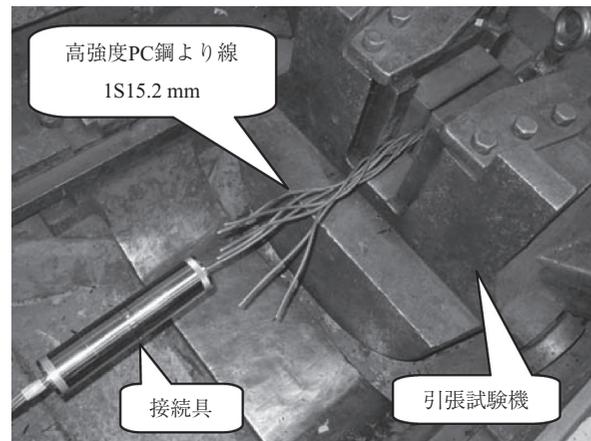


写真 - 4 試験後の破断状況

表 - 11 定着効率試験結果

	破断荷重 kN	規格破断荷重に対する比 %
1回目	320	101.9
2回目	318	101.2



写真 - 5 主桁完成写真（山王3号橋）

ことで、高性能で高耐久な構造物を構築できると考えられる。山王3号橋は、平成22年5月末に架設が行われ、8月に竣工、山田池公園橋梁は平成22年9月に架設が行われ、平成22年12月末に竣工した。

本稿が高強度PC鋼より線の普及と発展に寄与し、同種橋梁の設計・施工の参考になれば幸いである。

最後に、これら2橋の施工にあたり、多大なるご指導とご協力をいただいた関係各位と福井県福井土木事務所、大阪府枚方土木事務所に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 天谷公彦, 船野浩司, 濱岡弘二, 原幹夫: 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, 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論文集, pp.483-486, 平成17年11月

【2011年3月7日受付】