

(70) アフターボンドPC鋼材の実橋梁への適用

神鋼鋼線工業工業(株) 吊構造技術部第3課 正会員 ○岡崎 達也
 日本道路公団 技術部交通技術課課長代理 非会員 大石 嗣雄
 オリエンタル建設(株) (前・木門田川橋JV所長) 正会員 榎村 幸正

1. はじめに

グラウト作業は、PC鋼材とコンクリートとの付着を得たり鋼材の腐食を防止するなど、ポストテンション工法において非常に重要な作業である。しかしながら、このグラウト作業というのは、非常に面倒で多くの時間、労力が必要になる。そこで新しく開発されたアフターボンドPC鋼材は、図-1に示すように常温硬化型樹脂と凹凸形状をもつプラスチックシースで被覆されたポストテンション用の緊張材で、グラウト作業なしで使用できるものである。これに使用されている樹脂はPC鋼材の緊張後に硬化し、シースとコンクリートとの付着が得られるように硬化時間をコントロールすることができる。今回、このアフターボンドPC鋼材が使用された橋梁は山陽自動車道・木門田川橋で、橋長296m、幅員21.4mのPC3径間連続ラーメン橋である。本橋での上床版の横締めは、当初PC鋼線12φ7mmのグラウト施工が予定されていたが、施工の省力化、省工程化を主目的として、グラウト作業が不要となるアフターボンドPC鋼材の使用が検討された。そこで、橋梁への適用を考慮に入れ、温度変動による樹脂性能、変動荷重下でのPC鋼材と樹脂との付着、コンクリートとの付着特性そして曲げ特性について調査した。

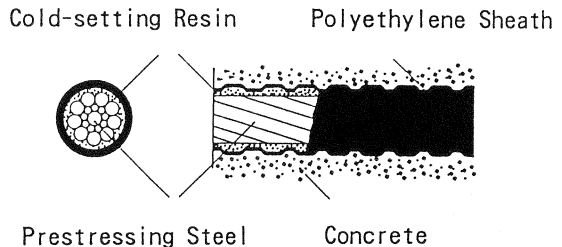


Figure 1 'After-Bond' prestressing steel

本報告では、これらの試験結果および実橋での使用状況について報告する。

2. 試験概要および結果

2.1 温度変動による樹脂性能確認試験

試験に用いた試験片は、樹脂を各試験用の型枠に入れ促進硬化させたものを用いた。試験は、図-2に示すように-10℃~60℃、500サイクルの温度変動を与えるものと、与えないものの2種類について

Test Condition	
*Temperature change	from -10deg.c. to 60deg.c.
*Cyclic number	500 times
*Test item	・Tensile shear strength ・Tensile strength ・Compression strength ・Shore hardness

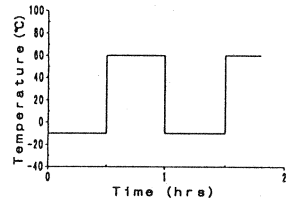


Figure 2 Diagram of cyclic temperature change

て引張せん断強度、引張強度、圧縮強度、表面硬度の4項目について樹脂の性能変化の有無を確認した。

その結果を表-1に示す。表-1より、温度変動を受けたものが、受けないものより若干強度が増加しているものの、有意な差異とは認められなかった。

Table 1 Test results of resin subjected to the cyclic temperature change

	Tensile Shear Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Compressive Strength (N/mm ²)	Shore Hardness (D scale)
As Hardened	13.53	29.42	92.18	84
	13.24	33.34	93.16	85
	13.24 ave. 13.337	30.40 ave. 31.053	93.16 ave. 92.833	84 ave. 84.3
Subjected to Cyclic Temperature Change after Hardened	13.73	29.42	96.11	85
	13.24	31.38	95.12	87
	13.53 ave. 13.500	36.28 ave. 32.360	97.09 ave. 96.107	86 ave. 86.0

2.2 変動荷重下でのPC鋼材と樹脂の付着試験

本試験では、硬化完了までのPC鋼材の応力変動に対しても、十分な付着強度が得られるかについて調査した。試験条件を表-2に示す。

実橋では、おおよそ 1.96 N/mm^2 であるが、本実験では 98 N/mm^2 で起こった。

試験結果を表-3に示す。

試験結果より、応力変動を受けないものに比べて、応力変動を受けたものが若干減少するものの、有意な差異とは認められなかった。

また、図-3には荷重と自由端滑り量との関係を示す。

この図に示すように、ほぼ同様な増加傾向を示していることがわかった。

Table 2 Condition of fluctuating load

	Condition
Lower Stress Limit	Specified U.T.S x 0.6
Stress Amplitude	98 N/mm^2
Number Of Cycle	Two Millions

Table 3 Test results of the resin given the fluctuating load during hardening

	Embedded Length (mm)	Ultimate Load (N)	Bond Strength (N/mm ²)	Average of Bond Strength (N/mm ²)
Hardened without Fluctuating Load	100	76,884	80.22	81.94
	95	76,198	83.65	
Hardened under Fluctuating Load	98	75,511	80.32	79.39
	99	74,531	78.45	

2.3 アフターボンドPC鋼材の付着特性

本試験では、アフターボンドPC鋼材を含む3種類の緊張材を用い、直径180mm、長さ200mmのコンクリート試験体に埋め込んだ。そして、コンクリートの圧縮強度が 400 kg/cm^2 に到達した時点で試験を開始した。

その結果を表-4に示す。

表-4より、21.8mmのアフターボンドPC鋼材の最大付着強度は、通常のグラウトを施したPC鋼材と同等であることがわかった。

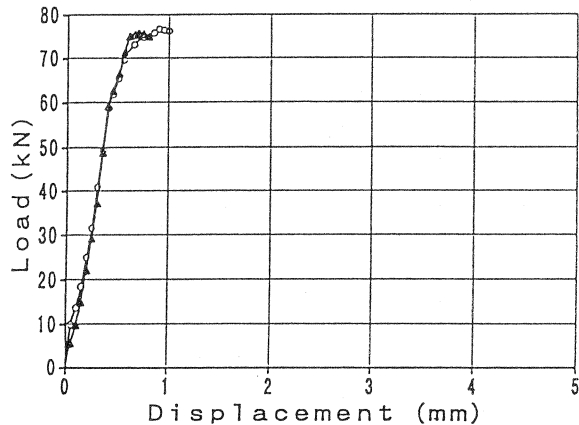


Figure 3 Relation between applying load and displacement at the free end

Table 4 Results of pull-out test

Prestressing Steel	Maximum Pull-Out Load (kN)	Maximum Bond Strength (N/mm ²)
21.8mm 'After-Bond'	73.0	380
	79.1	413
Prestressing Steel	70.4 ave.74.2	367 ave.387
21.8mm Grouted	75.2	392
Prestressing Steel	68.7	358
	ave.74.2	ave.375
21.8mm Uncoated	60.0	313
	86.0	448
Prestressing Steel	76.5 ave.74.2	399 ave.387

2.4 試験桁による曲げ載荷試験

本試験では、21.8mmのアフターボンドPC鋼より線を使用したコンクリート試験体の曲げ特性を確認した。試験体の概要を図-4に、試験体の種類を表-5に示す。

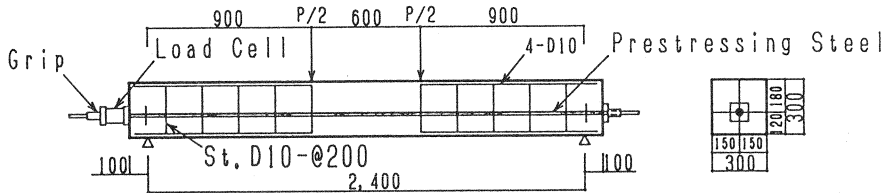


Figure 4 Flexural test beam

Table 5 List of test beams

Identification	Material of Sheath	Prestressing Steel	State of Bond
APC	Polyethylene	21.8mm 'After-Bond' Prestressing Steel	Bonded
GPC	Steel	21.8mm Grouted Prestressing Steel	Bonded
UPC	Polyethylene	21.8mm Unbonded Prestressing Steel	Unbonded

試験は、支点間距離2400mm、載荷点距離600mmの2点載荷とした。

試験体のわりつけは、アフターボンドPC鋼材 (以下、APCとする)、グラウト付きPC鋼材 (GPC) およびアンボンドPC鋼材 (UPC) の3種類の鋼材を用いておこなった。

試験結果を表-6に示す。

Table 6 Results of flexural tests

Identifi- -cation	Stressing Load (kN)	Stressing at Bottom of Beam (N/mm ²)	Bending Moment at First Cracking (kN-m)	Ultimate Moment (kN-m)
APC	368.9	6.55	44.1	92.7
			44.4 ave. 44.3	82.6 ave. 87.7
GPC	380.4	6.76	46.8	83.8
			40.4 ave. 43.6	82.6 ave. 83.2
UPC	336.1	5.96	44.3	78.2
			35.9 ave. 40.1	78.6 ave. 78.4

表-6より、ひびわれ発生モーメントは、3試験体ともほとんど同様な値を示したが、終局曲げモーメントにおいては、APCおよびGPCが同等の値となり、付着のないUPCよりも高い値を示していることがわかった。

図-5および6に載荷荷重とスパン中央部のたわみとの関係、載荷荷重とひびわれ幅との関係を示す。

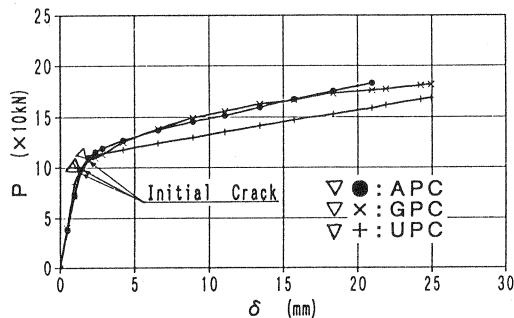


Figure 5 Relation between applying load (P) and mid-span deflection (δ)

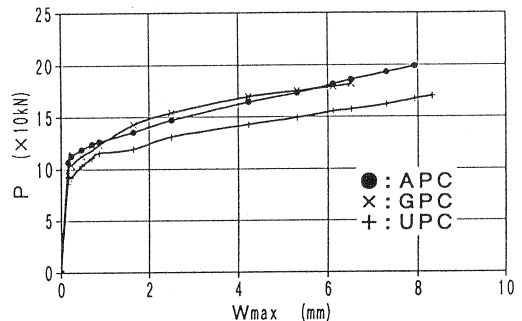


Figure 6 Relation between applying load (P) and maximum crack width (W_{max})

図-5からわかるように、APCの曲線はGPCとほとんど同様な曲線を示し、付着のないUPCにおいては、ひびわれ発生荷重以降で急激に増加した。

また、図-6においても、図-5と同様な傾向を示していることがわかった。

図-7に最終ひびわれ状況を示す。

この図からわかるように、APCのひびわれは、GPCと同様に分散しているのに対して、UPCの場合は集中しているのがわかった。

よって、21.8mmのアFTERボンドPC鋼材を用いた試験体は、グラウト付きPC鋼材を用いた試験体と同様な力学的な特性をもっていることが言える。

以上より、アFTERボンドPC鋼材の使用は、橋梁において何等問題は生じず、床版横締め材料として適切であるという結論が得られた。

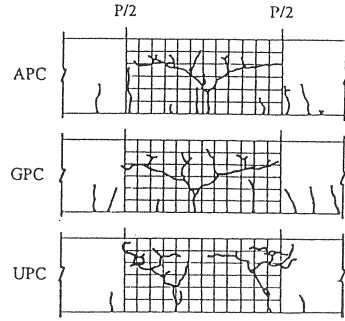


Figure 7 Ultimate crack pattern

3. 施工状況

アFTERボンドPC鋼材の緊張作業状況を写真-1に示す。また、伸びより測定した摩擦係数 μ のヒストグラムを図-8に示す。

アFTERボンドPC鋼材の場合、未硬化状態ではアンボンドPC鋼材で一般に使用されているグリースと同等の粘性を有しているため、取り扱いはアンボンドPC鋼材と全く同じでよい。また、図-8からもわかるように、摩擦係数のばらつきはかなり小さく平均値はメタルシーすを用いた通常のPC鋼材の約1/3である。

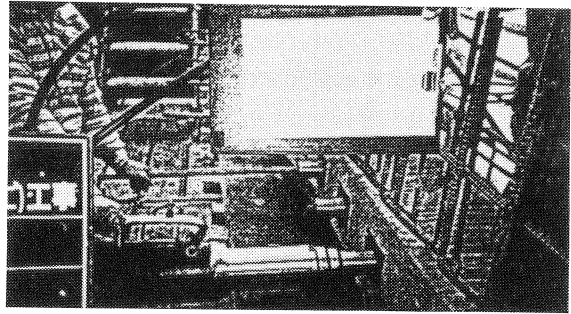


Photo 1

4. おわりに

本論文は、初めてアFTERボンドPC鋼材を実橋の床版横締めに適用するにあたって行った各種試験の概要および結果と施工状況について報告した。本研究によって得られた成果を要約すれば以下になる。

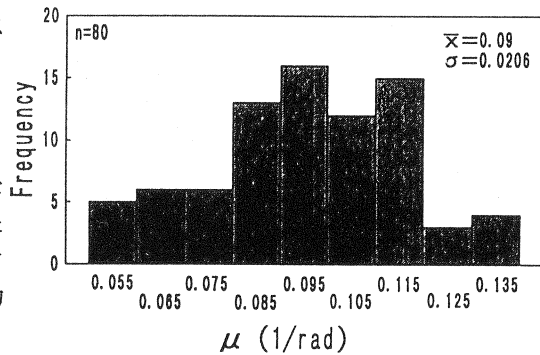


Figure 8 Histogram of friction-coefficient(μ)

- ①温度変動による樹脂の特性変化はなかった。
- ②樹脂の特性は、硬化途中での変動荷重による影響はなかった。
- ③21.8mmのアFTERボンドPC鋼材の最大付着強度は、通常のグラウトを施したPC鋼材と同等であることがわかった。
- ④アFTERボンドPC鋼材を用いたコンクリート部材は、通常のグラウトを施したコンクリート部材と同様な力学的特性をもっていることがわかった。
- ⑤床版横締めで測定したアFTERボンドPC鋼材の摩擦係数 μ は、ばらつきが少なく、平均値もメタルシーすを用いた通常のPC鋼材の約1/3であった。
- ⑥実橋における施工でも大きな問題は無く、省力化、工程の簡略化が計れた。