

## アフターボンド PC 鋼材の諸特性について

材 寄 勉\*  
南 敏 和\*\*  
小 林 剛\*\*\*

## 1. はじめに

建築のフラットスラブや水タンク分野では、近年アンボンド工法が採用されつつあるが、耐震性を重視される構造物では従来からのセメントグラウトによるボンド工法がまだ主流である。ところがこのセメントグラウトを注入するポストテンション工法で、緊張材挿入および緊張後のグラウト作業といった一連の工事は繁雑である。我々はこの技術的課題に注目し、グラウト作業をせずにセメントグラウトを施したものと同等の構造特性が得られるものはないかと研究開発につとめてきた。その結果、PC 鋼材に常温硬化型のエポキシ樹脂を塗布し、その上をシースで被覆することにより工事現場での緊張定着までは現状のアンボンド PC 鋼材と同様の取扱いができ、かつ緊張定着後は樹脂が硬化することによりコンクリートとの付着が発生する「後硬化型」の PC 鋼材を開発し、アフターボンド PC 鋼材と名付けた。

このような後硬化型の PC 鋼材は、枕木や軌道スラブに使用されているアスファルト塗布型アンボンド PC 鋼棒が加熱したアスファルトを塗布し常温になって固化するという点からは広い意味でその範ちゅうに入るが<sup>1),2)</sup>、コンクリートとの付着を目的とした後硬化型の PC 鋼材の製品化は世界的にみても例をみないものであり、その適用範囲は広いものと考えられる。そこでアフターボンド PC 鋼材の開発過程で得られた基本的諸特性および実用実験の結果について報告する。

## 2. アフターボンド PC 鋼材の概要

アフターボンド PC 鋼材は、図-1 に示すように PC 鋼材に常温硬化型の樹脂を未硬化なグリース状の状態に塗布し、シースで被覆したものである。この常温硬化型の樹脂は、後述するようにエポキシ樹脂で硬化促進剤の添加量をコントロールすることにより硬化時期を自由に設定できるものである。この樹脂は未硬化な状態ではアンボンド鋼材で一般に使用されているグリースと同等の

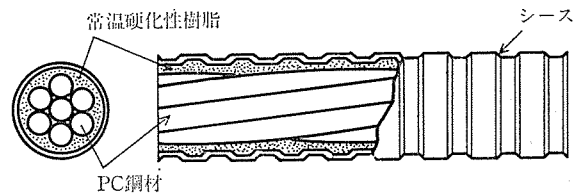


図-1 アフターボンド PC 鋼材の概要

粘度を有しているため、その硬化時期を緊張作業時以降になるように設定しておけば取扱いは現在のアンボンド鋼材と全く同じでよく、しかも緊張定着後 PC 鋼材とシースとの間に充填されたエポキシ樹脂が自然硬化し、シースを介して PC 鋼材とコンクリートとの間で付着が得られるものである。

シースは破れにくく、耐水性、耐薬品性、特に耐アルカリ性にすぐれ、耐候性についてもある程度の低・高温に対して比較的安定である点から現在アンボンド鋼材に広くシースとして使用されているポリエチレンシースを採用している<sup>3)</sup>。シースの形状は用途によりアンボンド PC 鋼材と同じ丸型も可能であるが、コンクリートとの付着性を向上させるため図-1 に示しているような凹凸をつけたものを標準としている。

アフターボンド PC 鋼材はすべての PC 鋼材に適用可能であるが、現在製造しているのはモノストランドの PC 鋼より線である。その外径およびシース厚みの標準仕様は表-1 のとおりである。

アフターボンド PC 鋼材の使用時の利点としては次のようなものがある。

- 1) 所定の位置に配筋し、緊張定着するだけでよく、シースの配置、鋼材の挿入、グラウト作業が必要な

表-1 アフターボンド PC 鋼より線の仕様

PC 鋼より線の公称径 (mm)	アフターボンド PC 鋼より線の外径 (mm)	シース厚さ (mm)
12.4 } 12.7 }	19.0	約 1.5
15.2	22.0	約 1.5
17.8	27.5	約 1.5
19.3	27.5	約 1.5
21.8	30.5	約 1.5

\* Tsutomu ZAIKI : 神鋼鋼線工業 (株) 開発部  
\*\* Toshikazu MINAMI : 神鋼鋼線工業 (株) 生産技術部  
\*\*\* Takeshi KOBAYASHI : 神鋼鋼線工業 (株) 開発部

◇論文報告◇

いため施工が容易である。

- 2) 摩擦係数が小さい。
- 3) 一定期間後に樹脂が自然硬化し、シースを介して PC 鋼材とコンクリートとが一体化する。
- 4) 全長にわたり防食性に優れた樹脂を塗布し、さらにその上からシー스로被覆された二重防食構造になっているので耐食性が非常に優れている。
- 5) シース径がメタルシーすに比べて小さいので薄いスラブにも使用でき、配筋設計が容易である。

### 3. 樹脂の諸特性

#### 3.1 樹脂の硬化特性

使用しているエポキシ樹脂は常温硬化型であるが、単独では硬化せず、アミン系の硬化剤を配合することにより硬化が開始し、硬化促進剤の添加量により硬化までの時間がコントロールできるものである。図-2 はエポキシ樹脂 100 に対する硬化促進剤の添加量と硬化時間の関係を示したものである。また樹脂の硬化は温度の影響を受け、温度が高くなれば、硬化までの時間は短くなる。硬化時間と温度の関係も併せて図-2 に示す。図-2 で明らかなように、例えば 20℃ で 0.15 phr の促進剤を添加すれば約 200 日で硬化するが、0.25 phr に増やせば約 50 日で硬化させることができる。したがって工場での製造の時点であらかじめ緊張時期を考慮して硬化促進剤の添加量を決めて混合すれば硬化時期を設定することができ、6 か月後とか一年後とかに硬化させることが可能である。

樹脂は常温硬化型のため硬化は急に進行するものではなく時間の経過とともに徐々に進行するものであり、緊

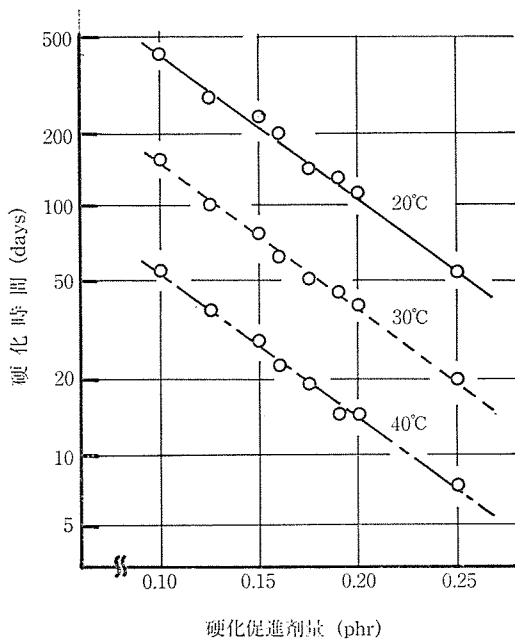


図-2 樹脂の硬化特性

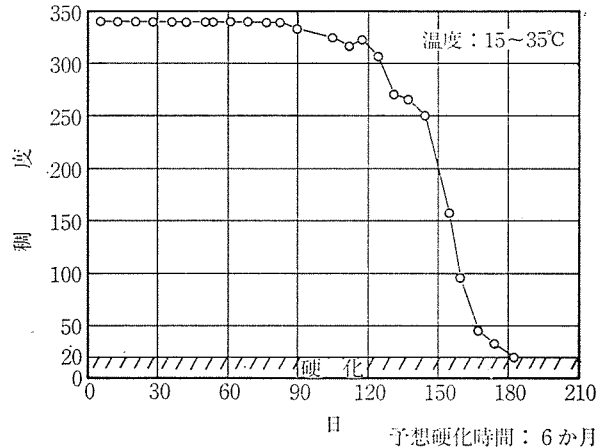


図-3 樹脂の硬化状況

張可能な時期はどのくらいの期間かが問題になる。図-3 は6 か月で硬化するように調整されたエポキシ樹脂の稠度と時間の関係を示したものである。稠度はアンボンド PC 鋼材の塗布グリースの軟度の目安として用いられている尺度であるが<sup>4)</sup>、ここでは樹脂の硬化の目安として用いており、測定は JIS 規格 K 2560 に従って実施した。この図で明らかなように、製造初期では硬化の進行は非常にゆっくりとしたもので稠度はほとんど変化しないが、硬化時期の約 1/2 から急速に硬化が進行していくことがわかる。アンボンド PC 鋼材のグリースの稠度は約 300 であるので<sup>3)</sup>、この図からみるとこの条件では3 か月ぐらいまでがアンボンド PC 鋼材と同じように取り扱える期間といえる。それ以上になると次第に緊張時の摩擦係数が大きくなり、最終的には緊張できなくなると考えられる。

#### 3.2 樹脂の粘性抵抗

樹脂の粘性抵抗は鋼材の緊張時の摩擦係数に大きな影響を与えるが、硬化前の本樹脂の粘性抵抗は PC 鋼より線 12.7 mm に対し 1~2 kg/m を示し、アンボンド PC 鋼より線に使用されているグリースの値の約 2 kg/m とほぼ同等である。

#### 3.3 樹脂の硬化後の特性

本樹脂の硬化後の特性は表-2 のとおりである。コンクリートの圧縮強度は、建築学会設計施工規準・同解説によるとセメントグラウトの4 週圧縮強度は CEB/

表-2 樹脂の硬化後の基礎特性

項目	特性値
圧縮強度	740 kg/cm <sup>2</sup>
引張強度	230 kg/cm <sup>2</sup>
弾性係数	82 000 kg/cm <sup>2</sup>
鋼材との剪断接着強度	135 kg/cm <sup>2</sup>
硬化率(ジョアー D)	85~90
硬化収縮率	1.0% 以下
熱分解温度	約 370°C

表-3 付着強度

供試材	付着強度
アフターボンド用樹脂	110 kg/cm <sup>2</sup>
セメントグラウト	55 kg/cm <sup>2</sup>

FIP 指針で 300 kg/cm<sup>2</sup> 以上、土木学会の標準示方書で 200 kg/cm<sup>2</sup> 以上とされており、強度はそれらを十分満足しており、強度面ではまったく問題ないと考えられる<sup>4)</sup>。

### 3.4 鋼材との付着特性

表-3 に樹脂と鋼材との最大付着応力を PC 鋼より線 12.7 mm について測定した結果を示している。なお測定の際の付着面積は、(素線径)×π×(2/3)×6×(付着長さ)とした。この表より明らかなように、樹脂の鋼材との付着強度はセメントグラウトの 2 倍あり、セメントグラウト以上に付着力があることがわかる。

## 4. アフターボンド PC 鋼材の特性

### 4.1 摩擦係数

プレストレス導入時の摩擦係数は設計上重要な意味をもつが、硬化前のアフターボンド PC 鋼より線 12.7 mm を使用し、スパン 19.47 m の直線配筋で実験的に摩擦係数を測定した。その結果を表-4 に示す。日本建築学会プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説に示されているアンボンド PC 鋼材の摩擦係数の実測値 0.002~0.003 と比較してほぼ同等と言える<sup>4)</sup>。この値は実用状態でも確認されている。表-5 は 4 階建ビルの大梁に曲げひびわれを制御する目的でアフターボンド PC 鋼より線が使用された際にアンボンド PC 鋼より線を比較材として測定した直線配筋による摩擦係数 λ および曲線配筋による摩擦係数 μ を示している。アフターボンド PC 鋼より線の直線配筋による摩擦係数 λ は 0.00224

表-4 アフターボンド PC 鋼より線 12.7 mm 摩擦係数測定結果

測定 No.	荷重 (kg)		摩擦係数 λ (1/m)
	緊張側 P <sub>o</sub>	固定側 P <sub>x</sub>	
1	1 030	980	0.002389
2	2 020	1 920	0.002782
3	4 010	3 770	0.003174
4	6 030	5 670	0.003106
5	8 020	7 580	0.002902
6	10 000	9 380	0.003290
7	11 870	11 160	0.003156
8	13 050	12 230	0.003303
平均値			0.003103
8*	12 830	12 180	0.002660

8\* : 8 の測定後 2 分間保持したときの値

(1/m) で実験的に測定した値とほぼ同じで、アンボンド PC 鋼より線の値より若干大きくなっているが、上述の測定例の値とほぼ同等である。曲線配筋による摩擦係数 μ も 0.034(1/rad) と日本建築学会プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説で実際値として示されている値 0.06~0.07(1/rad) より小さい値であった<sup>4),5)</sup>。

またアフターボンド PC 鋼材は硬化時間が設定でき、時間経過とともにゆっくりと硬化していくが、硬化が進行すると摩擦係数は次第に大きくなっていく。表-6, 7 は 6 階建ビルにアフターボンド PC 鋼より線 15.2 mm が外壁のひびわれ防止を目的として使用された際に摩擦係数の経時変化を測定する目的で、硬化時間を 3 か月と 6 か月に調整した 2 種類のアフターボンド PC 鋼より線を使用してプレストレスを与えずにコンクリート中に埋設し、摩擦係数の経時変化を 3 か月にわたり調査した結果である。3 か月硬化のものは初期値 0.0028(1/m) であったが、表-6 に示すように 25 日経過後は 0.0038(1/m) と若干高めになり、さらに 52 日後には 0.0259(1/m) と 1 桁大きくなっており、相当硬化が進んでいる

表-5 摩擦係数測定結果

配筋位置 : 梁			条長 : 11.800 m			予想硬化時間 : 3 か月		
アフターボンド PC 鋼より線 直線配筋			アンボンド PC 鋼より線 直線配筋			アフターボンド PC 鋼より線 曲線配筋		
緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)	緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)	緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 μ (1/rad)
2.04	1.99	0.00210	2.10	2.06	0.00163	—	—	—
4.05	3.93	0.00255	4.08	4.03	0.00104	4.03	3.85	0.0296
6.08	5.89	0.00269	6.15	6.02	0.00181	6.12	5.86	0.0261
8.13	7.86	0.00286	8.12	8.00	0.00126	8.18	7.81	0.0306
10.15	9.88	0.00228	10.27	10.09	0.00150	10.17	9.74	0.0258
12.12	11.17	0.00209	12.22	12.03	0.00133	12.29	11.75	0.0285
14.12	13.10	0.00193	14.24	14.08	0.00096	14.31	13.68	0.0286
16.20	15.93	0.00142	16.34	16.14	0.00104	16.38	15.54	0.0403
18.19	17.82	0.00174	18.39	18.13	0.00121	18.46	17.56	0.0362
20.21	19.56	0.00277	20.28	19.95	0.00139	20.38	19.08	0.0607
平均			平均			平均		
0.00224			0.00132			0.0340		

注)  $P_o = P_x \exp(\mu\alpha + \lambda l)$ , 直線配筋の場合… $\alpha = 0$  として計算。  
曲線配筋の場合… $\alpha = 0.65(\text{rad})$ ,  $\lambda = 0.00224(1/\text{m})$  を用いて計算。

表—6 摩擦係数の経時変化(その1)

配筋位置：壁			条長：39.036 m			予想硬化時間：3か月		
アフターボンド PC 鋼より線製造から摩擦係数測定までの時間								
25 日			52 日			92 日		
緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)	緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)	緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)
1.82	1.50	0.00314	2.01	0.21	0.0560	2.00	0	—
3.85	3.00	0.00457	4.14	0.64	0.0460	4.00	0	—
5.90	4.70	0.00401	6.16	1.36	0.0369	6.00	0	—
7.90	6.39	0.00362	8.29	2.29	0.0311	8.00	0	—
9.76	7.88	0.00366	10.11	3.45	0.0257	10.00	0	—
9.96	8.06	0.00361	12.32	5.91	0.0170	12.00	0	—
12.12	9.85	0.00350	12.32	7.10	0.0123	14.00	0	—
14.13	11.23	0.00407	14.03	8.22	0.0119	16.00	0	—
16.16	13.05	0.00366	16.22	9.43	0.0121	18.00	0	—
18.00	14.37	0.00395	18.27	11.75	0.0095			
	平均	0.00380		平均	0.0259		平均	—

注)  $P_o = P_x \exp(\mu\alpha + \lambda L)$ ,  $\alpha = 0.7092(\text{rad})$ ,  $\mu = 0.10(1/\text{rad})$  として計算。

表—7 摩擦係数の経時変化(その2)

配筋位置：壁			条長：39.036 m			予想硬化時間：6か月		
アフターボンド PC 鋼より線製造から摩擦係数測定までの時間								
25 日			52 日			92 日		
緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)	緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)	緊張側荷重 (t)	固定側荷重 (t)	摩擦係数 λ (1/m)
2.06	1.72	0.00280	2.03	1.63	0.00381	2.00	0.03	0.10577
4.08	3.37	0.00308	4.05	3.46	0.00222	4.00	0.07	0.10182
6.09	5.09	0.00278	6.11	5.31	0.00178	6.00	0.35	0.07098
8.20	6.68	0.00344	8.13	7.17	0.00140	8.00	1.40	0.04283
10.22	8.50	0.00290	10.09	8.61	0.00225	10.00	2.37	0.03506
10.07	8.50	0.00253	10.14	8.67	0.00220	12.00	4.26	0.02471
12.10	10.22	0.00251	12.10	10.27	0.00238	14.00	7.14	0.01543
14.20	11.95	0.00260	14.11	11.74	0.00289	16.00	7.97	0.01604
16.18	13.64	0.00256	16.18	13.33	0.00315	18.00	10.07	0.01306
18.21	15.38	0.00251	18.38	15.26	0.00295			
	平均	0.00277		平均	0.00250		平均	0.04730

注)  $P_o = P_x \exp(\mu\alpha + \lambda L)$ ,  $\alpha = 0.7092(\text{rad})$ ,  $\mu = 0.10(1/\text{rad})$  として計算。

ことがわかる。92 日後には緊張側で 18 t の荷重を与えても固定側には荷重は伝達されず樹脂が硬化していることが確認された。また 6 か月硬化のものは 52 日後までは摩擦係数は変化がみられなかったが、92 日後には 0.044(1/m) となり硬化が進行していることが確認された。このことより 6 か月硬化のものを使用すれば製造から 2 か月程度までは十分に緊張が可能で、アンボンド PC 鋼材と同等の取扱いができることがわかる<sup>6)</sup>。

#### 4.2 コンクリートとのボンド性

上述のようにアフターボンド PC 鋼材は、樹脂が硬化し、シースを介してコンクリートと一体化するが、表—8 は 図—1 に示した凹凸のあるポリエチレンシースを用いたアフターボンド PC 鋼より線 12.7 mm の引抜き試験により測定したコンクリートとの付着強度である。この表で明らかなように、アフターボンド PC 鋼より線は最大付着応力が 59 kg/cm<sup>2</sup> あり、PC 鋼より線と同等以

表—8 引抜き試験結果

供 試 材	すべり開始時の荷重 (kg)	最大引抜き重 (kg)	平均付着強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
PC 鋼より線 12.7 mm	2 100	4 640	45
アフターボンド PC 鋼より線 12.7 mm	3 200	6 520	59*

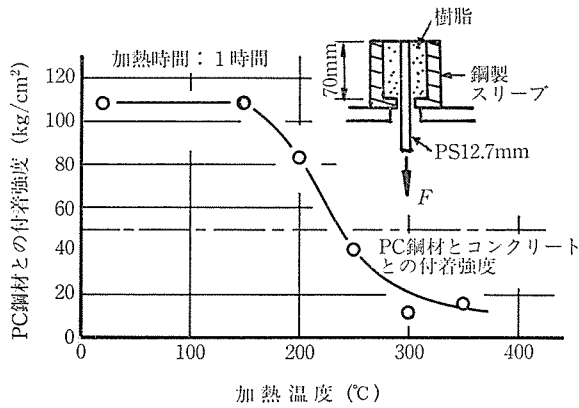
コンクリート圧縮強度：320 kg/cm<sup>2</sup>

\* すべりはシースとコンクリートとの間で生じた。

上の付着強度を有していることがわかる。

#### 4.3 温度特性

アフターボンド PC 鋼材の塗布樹脂はエポキシ樹脂であるため耐熱性が懸念されるが、図—4 は鋼製スリーブに PC 鋼より線 12.7 mm と樹脂を鑄込み硬化させた後、所定の温度に 1 時間加熱後常温に戻し引抜き試験をし、その付着強度を測定したものである。なお付着応力の計算には 3.4 で説明した付着面積を使用した。この図で明らかなように、220℃ 程度までの加熱であれば、



図—4 樹脂の温度影響

常温に戻れば十分な付着強度を保持していることがわかる。

4.4 耐食性

PC 鋼材の耐食性については規定された方法はないが、鋼材の耐食性を調べる方法として JIS 規格 Z 2371 に規定されている塩水噴霧試験が促進試験として一般に実施されている。これに従って 1 000 時間試験を実施したが、樹脂のふくれや鋼材の発錆等の異常は認められなかった。

またコンクリート中での耐アルカリ性についても、日本道路協会「塗装鉄筋の品質試験方法 (案)」において 50°C の水酸化カルシウム (Ca(OH)<sub>2</sub>) を飽和した 3% 食塩水を用いて 300 時間浸漬を行うとあるが、ここで

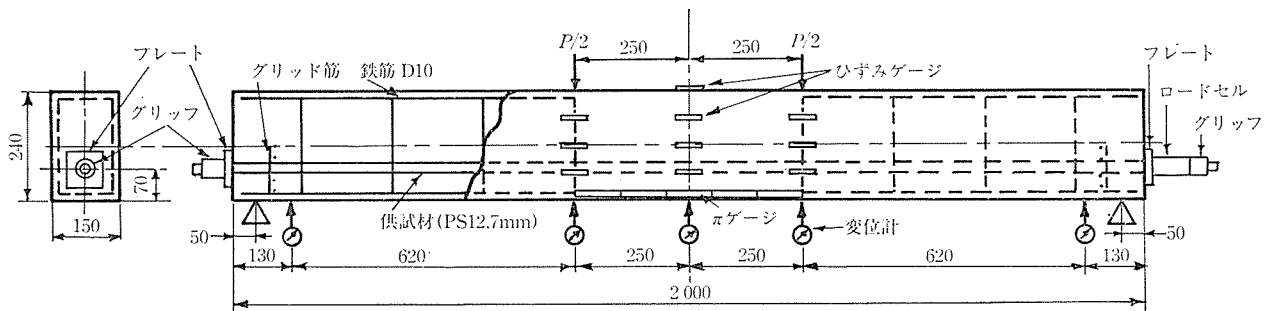
表—9 試験体一覧

試験体記号	緊 張 材	ボンドの有無
AF・B	アフターボンド PC 鋼より線 12.7mm 試験時、樹脂は硬化状態	ボンド有
AF・UB	アフターボンド PC 鋼より線 12.7mm 試験時、樹脂は未硬化状態	ボンド無
GR・B	PC 鋼より線 12.7mm +セメントグラウト	ボンド有
UB	アンボンド PC 鋼より線 12.7mm	ボンド無

は 1 000 時間浸漬を実施した。しかし樹脂のふくれや鋼材の発錆等の異常は認められなかった<sup>7)</sup>。

5. コンクリート部材としての特性

アフターボンド PC 鋼材は、上述のようにコンクリートとの付着強度はセメントグラウトより大きい値が得られているが、実際にコンクリート部材として使用した際の特性について PC 鋼より線 12.7mm を使用してアフターボンド、アンボンドおよびセメントグラウトによるボンドの試験梁を製作し、荷重試験をして確認した。図—5 は試験梁の概要で、表—9 は試験体の一覧表である。表—9 の中で試験体記号が AF・B のものはアフターボンド PC 鋼より線を使用し樹脂が硬化してボンド状態にあるもの、AF・UB はアフターボンド PC 鋼より線で樹脂が未硬化のままのもの、すなわちアンボンド状態にあるもの、GR・B はセメントグラウトをしたもの、



図—5 試験体および試験方法の概要

表—10 ひび割れモーメントと終局モーメントの測定結果

試験体記号	試 験 時			ひびわれ発生モーメント (t・m)		終局曲げモーメント (t・m)		
	No.	有効プレストレス量 (kg)	下縁応力 (kg/cm <sup>2</sup> )	コンクリート圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	測定値	計算値	測定値	計算値
AF・B	1	12 600	79.0	345	2.00	1.74	3.36	2.46
	2	10 950	68.6	370	2.14	1.63	3.47	2.47
	3	11 860	74.3	360	1.96	1.70	3.29	2.46
AF・UB	1	11 000	68.9	354	1.85	1.58	2.50	1.87
	2	12 260	76.8	354	1.57	1.70	2.52	1.87
GR・B	1	12 320	77.2	354	1.96	1.73	3.16	2.46
	2	12 120	76.0	354	1.83	1.72	3.15	2.46
	3	10 240	64.2	380	1.90	1.58	3.22	2.48
UB		12 100	75.8	354	1.83	1.68	2.59	1.87

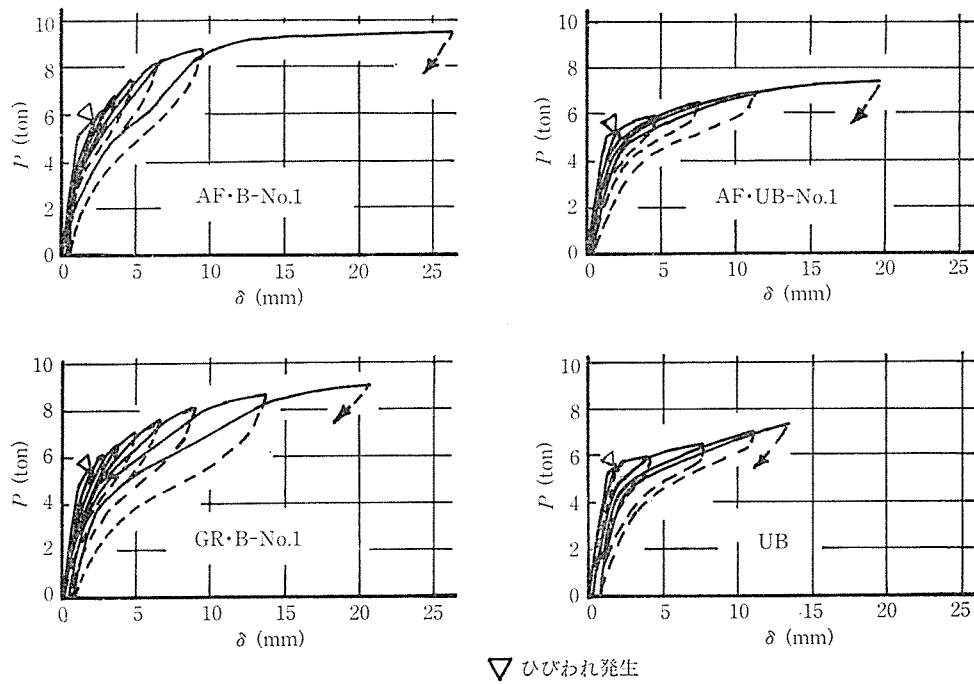


図-6 載荷荷重 ( $P$ ) とたわみ ( $\delta$ ) の関係

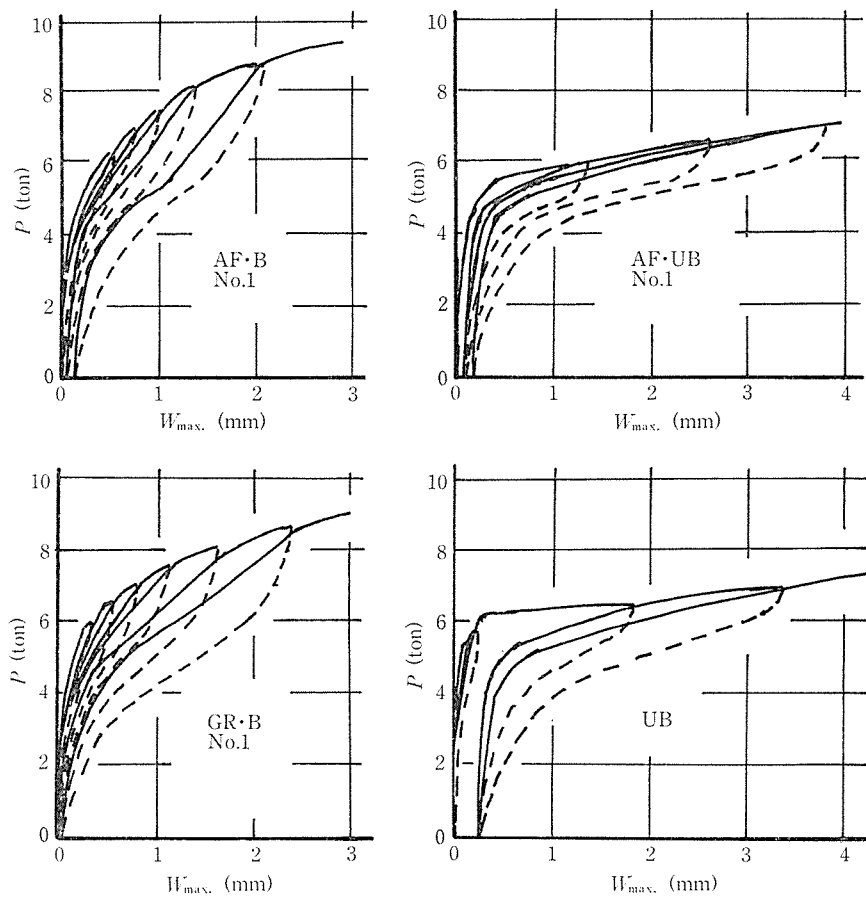


図-7 載荷荷重による最大ひびわれ幅の変化

および UB はアンボンド PC 鋼より線を使用したものである。試験体には水セメント比 44% で早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートを使用した。またセメントグラウトには水セメント比 43% のセメントミルクを用いた。

表-10 はひびわれモーメント および 終局モーメントの測定結果を、図-6 は 載荷荷重-たわみ曲線を示している。ひびわれモーメントはいずれも大差ないが、終局モーメントについては樹脂が硬化したアフターボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (AF・B) はアンボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (UB) より約 20% 大きく、セメントグラウトをした試験体 (GR・B) とほぼ同等である。また 載荷荷重-たわみ曲線についても樹脂が硬化したアフターボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (AF・B) はセメントグラウトした試験体 (GR・B) とよく似た傾向を示している。

載荷時の ひびわれ発生状況は 図-7 に示すとおり、樹脂の硬化したアフターボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (GR・B) とよく似た傾向を示し、荷重の増加に対しても最大ひび割れ幅はそれほど大きく増加していない。また 図-8 の最終ひび割れ状況に示すように、最終ひび割れ本数は分散する傾向が見られる。したがって樹脂を硬化させたアフターボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (AF・B) は付着が十分にあるため、セメントグラウトした試験体 (GR・B) と同様の ひび割れ抑制効果があることがわかる。

アンボンド部材の場合、定着部の引張力が変化するため耐震部材に使用されていないが<sup>(8),9)</sup>、図-9 に 載荷荷重による PC 鋼より線の定着部の引張力の変化を示す。付着のないアンボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (UB) や樹脂が未硬化のままのアフターボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (AF・UB) では、定着部の引張力がひび割れ発生とともに急激に増加しているが、樹脂を硬化させたアフターボンド PC 鋼より線を使用した試験体 (AF・B) ではセメントグラウトをした試験体 (GR・B) と同様ほとんど増加していない。したがってアフターボンド PC 鋼材の場合、定着部の引張力についても樹脂が硬化しない間はアンボンド部材と同様の挙動を示すが、樹脂が硬化するとコンクリートとの付着が発生し、セメントグラウトと同様の挙動を示すことがわかる。

### 6. アフターボンド PC 鋼材の取扱い性

アフターボンド PC 鋼材は上述のように、塗布した樹脂が硬化するまでは工場から工事現場への搬入、配筋、定着具および緊張定着に至るまで現在のアンボンド PC

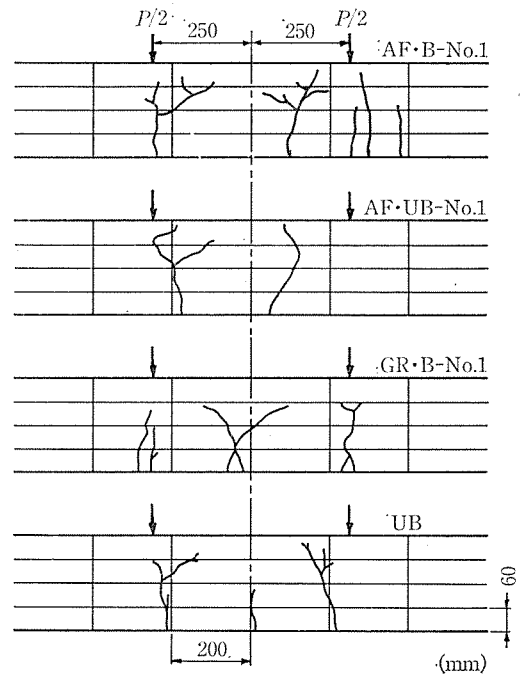


図-8 最終ひびわれ状況

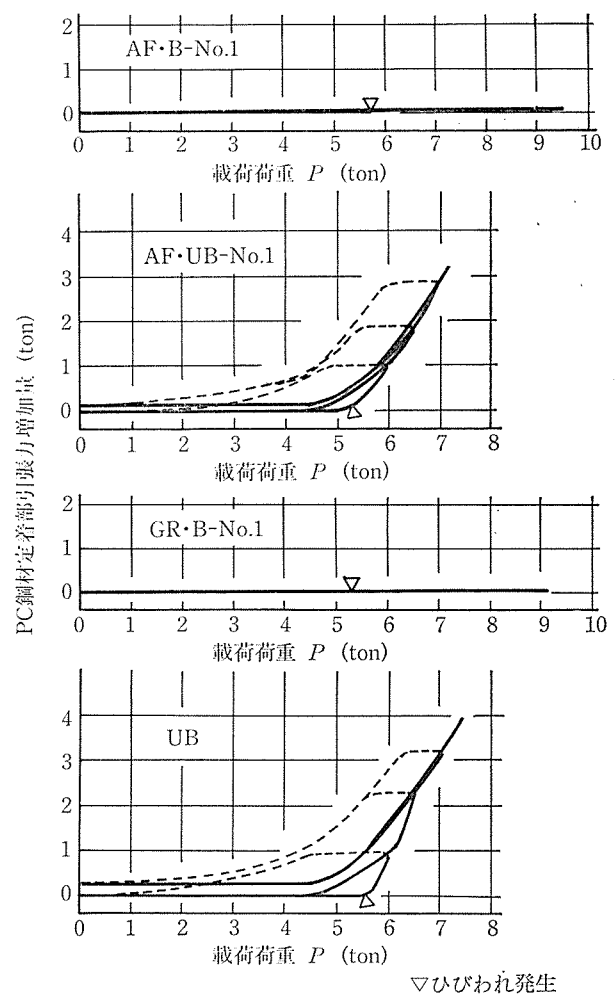


図-9 PC 鋼材の定着部引張力の変化

表—11 緊張作業時の緊張管理結果

ケーブル No.	ケーブル長 (m)	伸 び (mm)		誤 差 (%)
		測 定 値	計 算 値	
1	19.013	122.9	120.9	1.7
2	16.738	104.5	106.7	-2.1
3	19.738	108.1	106.7	1.3
4	16.738	109.4	106.7	2.5
5	19.013	121.7	120.9	0.7
6	19.013	121.7	120.9	1.7
7	19.013	119.2	120.9	-1.4
8	19.013	122.9	120.9	1.7
C1	39.036	240.9	240.1	0.3
C2	39.036	237.2	240.1	-1.2
C3	14.088	92.2	89.3	3.2
C4	14.088	90.9	89.3	1.8
C5	39.036	233.5	240.1	-2.7
C6	39.036	248.2	240.1	3.4
C7	39.036	243.3	240.1	1.3
C8	39.036	243.3	240.1	1.3
C3'	15.328	97.1	97.0	0.1
C4'	15.328	100.8	97.0	3.9

鋼材とまったく同じでよい。ちなみに緊張時の伸び管理について表—11 に一例を示しているように、アンボンド PC 鋼材と同様に  $\lambda=0.0025(1/m)$  を採用して伸びの計算値を求めても実測値はすべて日本建築学会プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説で規定されている計算値の  $\pm 5\%$  以内を満足しており、アンボンド PC 鋼材と同じ取扱いが可能である<sup>4)</sup>。

また緊張定着後についてもそのまま放置すれば樹脂は自然に硬化し、付着が発生してコンクリートと一体化するので、何ら手を加える必要はない。

なお現場での保管については、樹脂の硬化が温度の影響を受けるので、直射日光を避ける保護カバーをかぶせる程度の配慮が必要である。

## 7. おわりに

以上アフターボンド PC 鋼材の諸特性について述べたが、アフターボンド PC 鋼材は上述のようにセメントグラウトと同等以上のボンド性を有し、しかもアンボンド PC 鋼材と同様に取扱い性、耐食性、使用性に優れ、ボンド工法とアンボンド工法の長所のみを併せもっている材料である。本格的な実用化には耐火性をはじめとした他の特性もさらに調査しなければならないが、我々としては耐震性の改善という点からのアンボンド工法の分野への採用だけでなく、グラウトがいらないという省力面や品質面が積極的に評価され、セメントグラウトのかわりにボンド部材として土木分野においても広く適用できるものと期待している。

最後にアフターボンド PC 鋼材の開発にあたって御指導頂いた大阪大学鈴木計夫教授に感謝の意を表します。

### 参 考 文 献

- 1) 日本国有鉄道：PC まくらぎ（ポストテンション方式），国鉄技第 273 号の 3，昭 54.4
- 2) 樋口，宮本ほか：アンボンド PC 桁の静的曲げ実験，プレストレストコンクリート，昭 47.8，pp. 40~49
- 3) 川端：アンボンド工法用 PC 鋼材について，プレストレストコンクリート，1975.4，pp. 42~47
- 4) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説，1987.1
- 5) 三吉，松谷ほか：アフターボンド PC テンドンの摩擦係数試験，日本建築学会大会学術講演概要集，1989.10
- 6) 辻，保田ほか：PRC 梁と X 形配筋柱を用いた中層事務所ビル設計，プレストレストコンクリート，1989.9，pp. 32~42
- 7) 日本道路協会：道路橋の塩害対策指針（案）・同解説，昭 59.2，pp. 42~43
- 8) 竹本：プレストレスト鉄筋コンクリート（PRC）建築の設計法，コンクリート工学，1981.7，pp. 66~71
- 9) 六車：アンボンドプレストレストコンクリート工法，建築と社会，1978.2，pp. 52

【1990 年 4 月 2 日受付】