

## アンカーの設計・施工

川 本 俊 征\*

グラウンドアンカーは、地盤条件に対する適切な判断と現場でのアンカー打設の施工技術が重要な要因であるが、最も重要な検討および対策としては腐食の問題がある。グラウンドアンカーは「アンカー体」、「引張り部」、「アンカー頭部」の三つの要素から成り立っているが、それらの構成材料であるグラウト、PC 鋼材、定着部、それぞれの材料および部材が互いに悪影響を与えないように留意して設計・施工することが必要である。特に永久アンカーの場合、その腐食に対する耐久性に関して十分に調査・検討を行い、必要に応じて試験による性能確認も行い、その結果を参考にして使用材料の決定をすることが望ましい。

本編においては、上記のグラウト、PC 鋼材、定着工法に関してそれぞれの使用材料の特性値や使用例を内外の基準や指針を参考にして記述した。

### 1. グラウト

アンカーにおけるグラウトは、アンカー定着部の PC 鋼材と地盤とを一体化させ、また PC 鋼材を腐食から保護することを目的とする。したがってグラウトに要求される品質としては、まだ固まらないグラウトでは良好な流動性を有し、練混ぜから注入終了までの間に流動性の低下がないこと、注入後の容積変化が小さいことなどであり、固まった後のグラウトについては十分な強度を有すること、収縮が小さいこと、水密性に優れていること、寒中では特に凍結に対する安定性がよいことなどである。



\* Toshiyuki KAWAMOTO  
神鋼鋼線工業（株）エンジニアリング事業部加工製品部

#### 1.1 材料の選定

グラウトに用いる材料は、セメント・水・細骨材・混和材料等があるが、要求される品質を満足するためには、グラウトの強度、施工性等を十分考慮して材料の選定や配合の決定を行わなければならない。

セメントは、一般には普通ポルトランドセメントが用いられるが、工期短縮を必要とされる場合には早強ポルトランドセメントが用いられる。

アンカーモルタルに使用する砂は、寸法は 2 mm 以下が一般で、細砂の量はあまり多くないほうがよく、過度の微粒を含むものは用いないほうが望ましい。

混和材料は無視できる程度の微量（セメントに対して 1% 程度）の混和剤と無視できないと考えられる量（セメントに対して 5% 以上）の混和剤に分けられるが、一般に混和材料は使用目的に対する効果が大きいほどその副作用も大きいと考えたほうがよく、最も留意しなければならない点は、PC 鋼材の腐食と、PC 鋼材あるいはシーブとグラウトとの付着性能等で、これらに悪影響を及ぼさないかどうかを吟味して使用する必要がある。

#### 1.2 グラウトの配合と品質

一般的なグラウトの品質基準は、土木学会、日本建築学会の示方書・規準では表-1 に示す値を規定している。アンカーグラウトの圧縮強度は、永久アンカーの場合  $250 \text{ kg/cm}^2$  以上必要であるが、仮設アンカーでは通常  $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$  の圧縮強度があればよいとされている。

アンカーに使用するグラウトにはセメントミルクまたはモルタルを用いる。仮設アンカーの多くの場合はセメントミルクで、永久アンカーの場合セメントミルクまたはモルタルが使用されている。これらのグラウトは強度は勿論、注入時の施工性の点から配合にも依存するところが大きい。

一般的にアンカーグラウトの場合の配合は、

- セメントミルクの場合：水セメント比 45～50%
  - モルタルの場合：水セメント比 50～55%
- （セメント砂比 1：1）

この付近の値が採用されている。

一例として、東京電力（株）今市発電所の揚水式地下発電所空洞のロックアンカーに永久アンカーとして施工

表—1 グラウトの品質規準

規 準	コンシステンシー (秒)	ブリージ ング率 (%)	膨 張 率 (%)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	水 セ メ ン ト 比 (%)	塩化物含有量 Cl-重量 換算(建設省)
土木学会, コンクリート標準示方書 (昭和 61 年度制定)	数値規定なし。ただし, 通常の減水剤を用いる 場合の流下時間は JA ロートで 15~30 秒の範囲	3 以下	10 以下	$\sigma_{28}=200$ 以上	45 以下	0.3 kg/m <sup>3</sup> 以下
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(1987年制定)	上 記 を 参 考					

表—2 アンカーモルタルの配合

砂 の FM	フロー値 (Pロ ートによる)。 (s)	水結合材比 W/C+CSA (%)	混 和 材 料 CSA/C+CSA (%)	単 位 量					
				水 W (kg)	セメント C (kg)	混和材 CSA (kg)	砂* S (kg)	混和材 NL- 4000 (L)	Al 粉末 Al (g)
1.3±0.1	18±2	42	11	409	864	107	730	19.4	97

\* アンカーモルタルに使用する砂は, トンネルの掘削ズリを原石とし現場内の骨材プラントで生産しており, 寸法は 2mm 以下, FM=1.3±0.1 とした。

されたが, このときに採用されたモルタルの条件と配合を参考までに記載する (表—2)。

- 条件: 1) コンシステンシー: グラウト中にパイプ(φ20)を閉塞しない条件から, Pロートによるフロー値は練混ぜ直後で 18±2 秒, 練混ぜ後 30 分でも 30 秒以下かつ急激に変化しないこと。
- 2) ブリージング率: 3% 以下。
- 3) 膨張率: 0~5% かつブリージング率を上回ること。
- 4) 圧縮強度: 本体掘削サイクルの関係から養生温度 15°C の条件における 3 日強度が 250 kg/cm<sup>2</sup> 以上であること。

### 1.3 合成樹脂系グラウト

セメント系グラウトは高いアルカリ性で優れた防錆材であり, 技術的に容易で比較的安価であるといった特徴を有し, 最も多く使用されている。

合成樹脂系グラウトの材料としてはポリブタジエン系ポリウレタンなどの熱可塑性樹脂と, エポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂が主に使用されているが, グラウンドアンカー用としては下記の品質を有していることが望ましい。

- ・応力を伝達するのに十分な強度を有すること。
- ・周囲の地盤と反応を起こさないこと。
- ・引張り材の防食材として使用する場合は, 腐食に対し効果的で, 応力状態でクラックを生じず, 性状が変わらないこと。
- ・引張り材に対して十分な付着力を有すること。
- ・引張り材の伸び特性に追従できること。
- ・硬化後の収縮が小さいこと。
- ・空隙を完全に充填できる流動性を有すること。
- ・供用時の応力で, クリープ量が小さいこと。

## 2. PC 鋼 材

### 2.1 PC 鋼材の種類

グラウンドアンカーには PC 鋼材が緊張材( tendon)として用いられる。PC 鋼材は大別すると, ① PC 鋼線, ② PC 鋼より線, ③ PC 鋼棒の 3 種類に分類できる。PC 鋼線および PC 鋼より線は高炭素鋼線材を材料とし伸線加工という冷間加工により高強度が得られるのに対し, グラウンドアンカーに用いられる太径の PC 鋼棒は熱間圧延棒鋼を材料として焼入れ焼戻しという熱処理とキャストレッチ・ブルーイング加工により製造され, 両者には加工法の違いがある。両者の製造方法および細分類を図—1, および図—2 に示す。これら PC 鋼材の基本規格として, JIS では PC 鋼線および PC 鋼より線の場合は表—3, 表—4 に示す JIS G 3536 により, また PC 鋼棒は表—5, 表—6 に示す JIS G 3109 により規定されている。

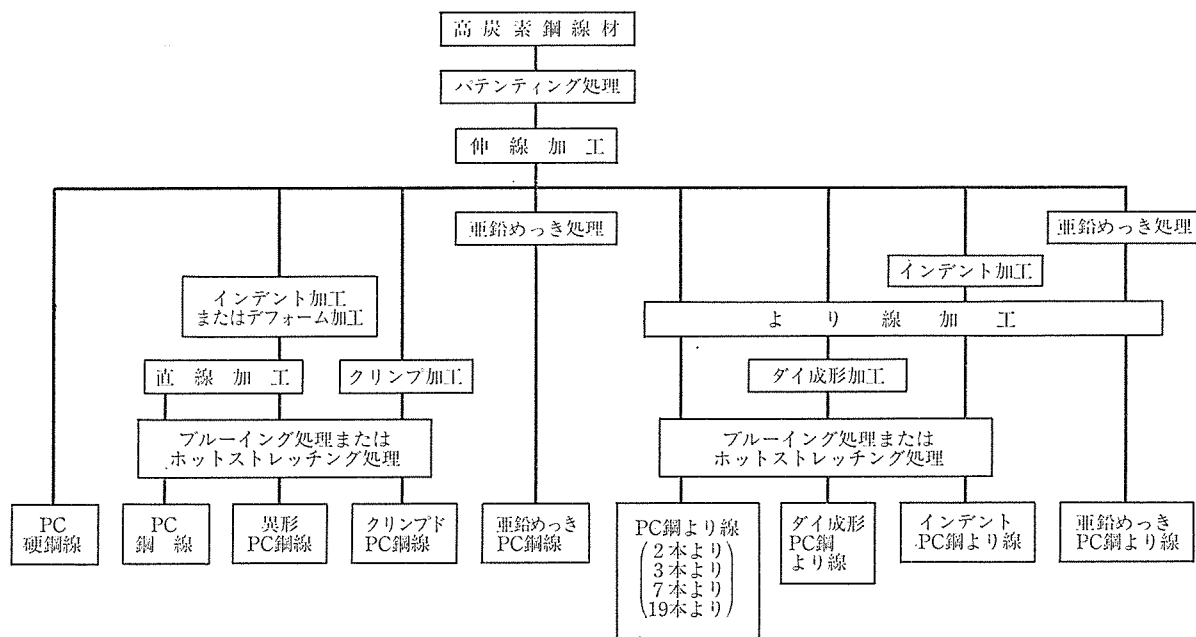
また, 上記 JIS 規格に厳密な意味では含まれないが, 準拠したものとして, グラウンドアンカーによく用いられる鋼材として次のものがある。

- ① JIS G 3536 の解説で挙げられている引張り強度が 10 kg/mm<sup>2</sup> 高い PC 鋼線
- ② PC 鋼より線をさらに複数本より合わせた多重 PC 鋼より線
- ③ 熱間圧延時にねじ状のふしを鋼棒の余長にわたって成形した太径の全ねじ異形 PC 鋼棒

これらの PC 鋼材は JIS の解説や土木学会・コンクリート標準示方書または日本建築学会・プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説等でも紹介されており, その規格例を表—7~表—9 に示す。

### 2.2 PC 鋼材の特性

PC 鋼材は, 実用鋼材としてはかなり高強度の部類に属するものである。また, PC 鋼材に載荷される荷重は



図—1 PC 鋼線および PC 鋼より線の分類

表—3 PC 鋼線および異形 PC 鋼線の品質 (JIS G 3536)

呼び名	標準値 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張り荷重 (kg)	引張り強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏荷重 (kg)	降伏点強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	リラクゼーション値 (%)
5 mm	5.00	19.64	3 250 以上	165 以上	2 850 以上	145 以上	4.0 以上	3.0 以下
7 mm	7.00	38.48	5 950 以上	155 以上	5 200 以上	135 以上	4.5 以上	3.0 以下
8 mm	8.00	50.27	7 550 以上	150 以上	6 550 以上	130 以上	4.5 以上	3.0 以下
9 mm	9.00	63.62	9 200 以上	145 以上	7 950 以上	125 以上	4.5 以上	3.0 以下

表—4 PC 鋼より線の品質 (JIS G 3536)

記号	呼び名	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張り荷重 (kg)	引張り強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏荷重 (kg)	降伏点強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	リラクゼーション値 (%)	断面
SWPR 2	2本より 2.9 mm	13.21	2 600 以上	195 以上	2 300 以上	175 以上	3.5 以上	3.0 以下	
SWPD 3	3本より 2.9 mm	19.82	3 900 以上	195 以上	3 450 以上	175 以上	3.5 以上	3.0 以下	
SWPR 7A	7本より 9.3 mm	51.61	9 050 以上	175 以上	7 700 以上	150 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	7本より 10.8 mm	69.68	12 200 以上	175 以上	10 400 以上	150 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	7本より 12.4 mm	92.90	16 300 以上	175 以上	13 900 以上	150 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	7本より 15.2 mm	138.7	24 500 以上	190 以上	20 800 以上	150 以上	3.5 以上	3.0 以下	
SWPR 7B	7本より 9.5 mm	54.84	10 400 以上	190 以上	8 850 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	7本より 11.1 mm	74.19	14 100 以上	190 以上	12 000 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	7本より 12.7 mm	98.71	18 700 以上	190 以上	15 900 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	7本より 15.2 mm	138.7	26 600 以上	190 以上	22 600 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
SWPR 19	19本より 17.8 mm	208.4	39 500 以上	190 以上	33 600 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	19本より 19.3 mm	243.7	46 000 以上	190 以上	39 500 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	19本より 20.3 mm	270.9	50 500 以上	185 以上	43 000 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	
	19本より 21.8 mm	312.9	58 400 以上	185 以上	50 500 以上	160 以上	3.5 以上	3.0 以下	

他の鋼材と比較して、対引張り強度比はかなり高いレベルにあると言える。

したがって、そのような用途に適するため PC 鋼材には独特な特性が要求され、また使用にあたっては独自の注意が要求されるものである。それらの 2~3 の特徴について以下に示す。

(1) 強度および靱性

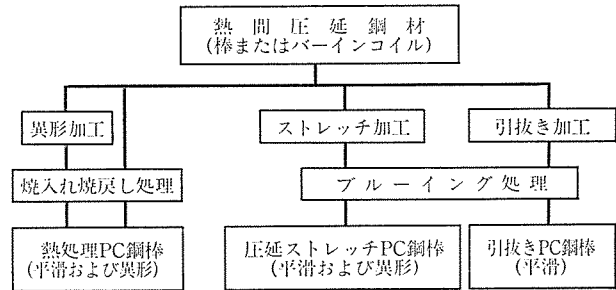
PC 鋼材でまず第一に要求される特性は、強度が高いということである。これは緊張材として強度特性という観点からだけみると高ければ高いほど良いと言うことは自明である。強度が高いということは単に破断強度が高いということのみでなく、弾性限あるいは降伏点も高い

表—5 PC 鋼棒および異形 PC 鋼棒の品質 (JIS G 3109)

種類	記号			引張り強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	リラクゼーション値 (%)
丸棒	A種	1号	SBPR 80/95	95以上	80以上	5以上	1.5以下
		2号	SBPR 80/105	105以上	80以上	5以上	1.5以下
	B種	1号	SBPR 95/110	110以上	95以上	5以上	1.5以下
		2号	SBPR 95/120	120以上	95以上	5以上	1.5以下
	C種	1号	SBPR 110/125	125以上	110以上	5以上	1.5以下
		2号	SBPR 110/135	135以上	110以上	5以上	1.5以下
異形棒	B種	1号	SBPD 95/110	110以上	95以上	5以上	1.5以下
	C種	1号	SBPD 110/125	125以上	110以上	5以上	1.5以下
	D種	1号	SBPD 130/145	145以上	130以上	5以上	1.5以下

表—6 PC 鋼棒および異形 PC 鋼棒の基本径および公称断面積

種類	呼び名	基本径 (mm)	公称断面積 (mm <sup>2</sup> )
丸棒	9.2mm	9.2	66.48
	11mm	11.0	95.03
	13mm	13.0	132.7
	17mm	17.0	227.0
	23mm	23.0	415.5
	26mm	26.0	530.9
	32mm	32.0	804.2
異形棒	7.4mm	7.4	40.0
	9.2mm	9.2	64.0
	11.0mm	11.0	90.0
	13.0mm	13.0	125



図—2 PC 鋼棒の分類

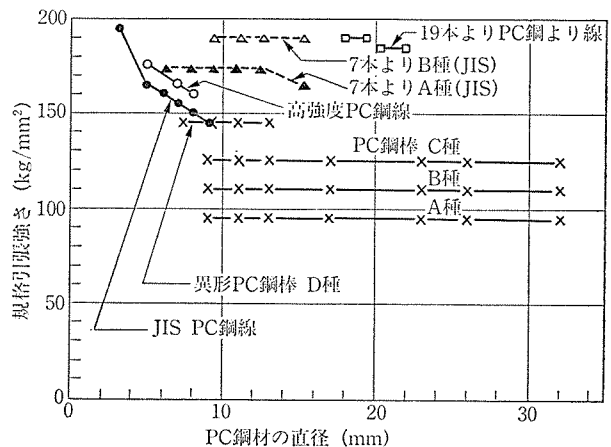
表—7 高強度 PC 鋼線 (JIS G 3536 解説)

呼び名	標準径 (mm)	引張り荷重 (kg)	引張り強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏荷重 (kg)	降伏点強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	リラクゼーション値 (%)
5mm	5.00	3450以上	175以上	3050以上	155以上	4.0以上	3.0以下
7mm	7.00	6350以上	165以上	5600以上	145以上	4.5以上	3.0以下
8mm	8.00	8050以上	160以上	7050以上	140以上	4.5以上	3.0以下

ということである。載荷応力の対引張り応力比の高い緊張材であるため、鋼材の応力-ひずみ曲線において、弾性域の長いものほど適していることは材料特性の有効利用（例えば、耐リラクゼーション特性、耐疲労性の改善）の面からも、また作業性（荷重-伸びが直線関係にあるため緊張管理が容易になる）の面からも言えることである。

しかし、鋼材というものは一般に強度が高くなりすぎると靱性、例えば伸び特性が低下するものである。したがって強度が高ければ高いほど良いというものではなく、強度・靱性両方適度に兼ね備えた強度域の鋼材が最も適していると言える。

この強度、靱性を併せ持たせる方法として、PC 鋼線および PC 鋼より線の場合は、その最終工程において応力除去焼鈍の一種であるブルーイング処理とかスタビライジング処理を施し、弾性限が高く、伸びを回復させる製法をとっている。現在、用いられている PC 鋼材の種類、サイズと強度の関係を図—3 に示す。



図—3 PC 鋼材の種類別規格強度

(2) 耐久性

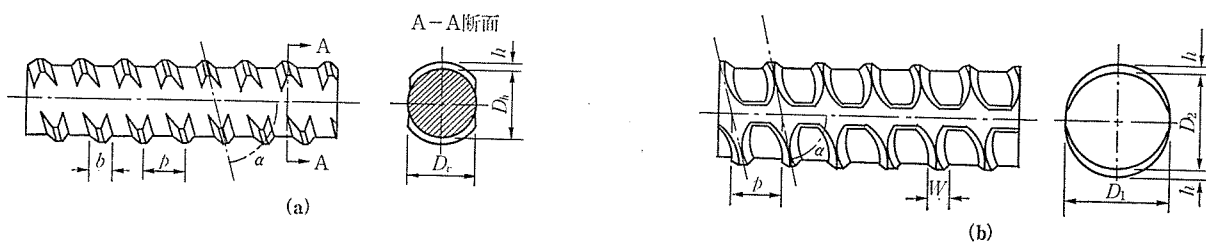
PC 鋼材は長期間緊張力がかけられた状態で使用されるので、特性が変化せず安定していることが重要なことになる。これを通常、耐久性が良いという言葉で表現している。

表—8 多重より線の種類・記号・呼び名・寸法諸元および機械的性質

種類	記号	呼び名	構成	標準径 (mm)	公称 断面積 (mm <sup>2</sup> )	単位重量 (kg/km)	標準張 合わせ ピッチ (mm)	引張り試験					リラク セーシ ョン値 (%)
								0.2% 永久 伸びに 対する 荷重 (kg)	耐力 (降伏点) (kg/mm <sup>2</sup> )	引張り荷重 (kg)	引張り強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	
P多 重 鋼 7 本 よ り 線	SWPR 7B~7	多重より 24.3mm	(7本より8.1mm 7本)	24.3	227.1	219	460	43 500 以上	(160)	51 000 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下
		多重より 28.5mm	(7本より9.5mm 7本)	28.5	383.9	304	530	62 000 以上	(160)	72 800 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下
		多重より 33.3mm	(7本より11.1mm 7本)	33.3	519.3	409	620	84 000 以上	(160)	98 700 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下
		多重より 38.1mm	(7本より12.7mm 7本)	38.1	691.0	545	720	111 300 以上	(160)	130 900 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下
P多 重 鋼 7 本 よ り 線	SWPR 7B~19	多重より 47.5mm	(7本より9.5mm 19本 +(3.45mm 6本)	47.5	1 042.0	877	710	168 900 以上	(160)	197 600 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下
		多重より 55.5mm	(7本より11.1mm 19本 +(4.00mm 6本)	55.5	1 409.6	1 178	820	228 000 以上	(160)	267 900 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下
		多重より 63.5mm	(7本より12.7mm 19本 +(4.53mm 6本)	63.5	1 875.5	1 570	950	302 100 以上	(160)	355 300 以上	(190)	3.5 以上	3.0 以下

表—9 太径異形 PC 鋼棒の例および機械的性質

種類	呼び名	公称径	母材部 断面積 (mm <sup>2</sup> )	単位重量 (kg/mm)	種 別		引張 試 験					
					鋼 種	号	降 伏 点 (kg/mm <sup>2</sup> )	降 伏 荷 重 (kg)	引 張 り 強 さ (kg/mm <sup>2</sup> )	引 張 り 荷 重 (kg)	伸 び (%)	リ ラ ク セ ー シ ョ ン 値 (%)
異形棒 (a)	23 mm	23.0	415.5	3.42	B 種	1 号	95 以上	(39 470)	110 以上	(45 710)	6 以上	1.5 以下
	26 mm	26.0	530.9	4.38	B 種	1 号	95 以上	(50 440)	110 以上	(58 400)	6 以上	1.5 以下
	32 mm	32.0	804.2	6.63	B 種	1 号	95 以上	(76 400)	110 以上	(88 460)	6 以上	1.5 以下
	36 mm	36.0	1 018	8.27	B 種	1 号	95 以上	(96 700)	110 以上	(111 970)	6 以上	1.5 以下
異形棒 (b)	26 mm	26.0	548	4.48	B 種	1 号	95 以上	(52 100)	110 以上	(60 300)	5 以上	1.5 以下
	32 mm	32.0	806	6.54	B 種	1 号	95 以上	(76 600)	110 以上	(88 700)	5 以上	1.5 以下



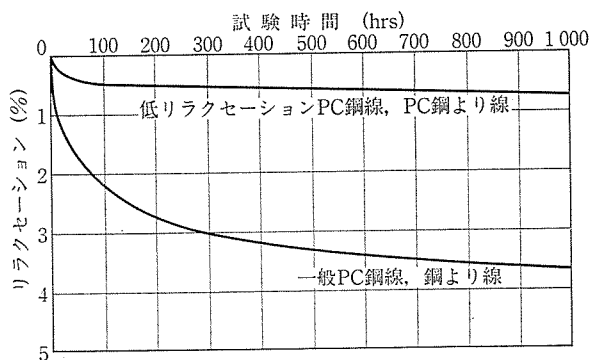
PC 鋼材の耐久性としては、通常次の3特性があげられる。

- (i) リラクセーション特性
- (ii) 疲労特性
- (iii) 応力腐食特性

以下、これらの特性について簡単に紹介する。

- (i) リラクセーション特性

材料は一般に、一定スパンで緊張力がかけられていると時間とともに載荷応力が減少していく現象がある。これを応力緩和(ストレス・リラクセーション)略してリラクセーションと呼んでいる。緊張材の場合、リラクセーション値が小さい方がよいことは言うまでもない。PC 鋼線および PC 鋼より線の場合、最近では製造の最終工程でスタビライジング処理、いわゆるホット・ストレ



図—4 リラクゼーション曲線の例 (20°C)

ツチ処理を施したリラクゼーションの小さな鋼材，すなわち低リラクゼーション鋼材が良く使われるようになってきている。図—4 に一般の PC 鋼材と低リラクゼーション PC 鋼材の特性比較を示す。

(ii) 疲労特性

疲労現象は材料特性の一面として現在，一般に良く知られている。PC 鋼材も疲労現象が存在することは当然である。PC 鋼材の疲労として特徴づけられることは，比較的応力が高い状態の部分片振疲労現象であること，および定着具という応力集中のおきやすい部分があるため，PC 鋼材自体の疲労特性値は充分あっても，定着具による低下を考える必要があるという点であろう。

グラウンドアンカーにおいても，サイクリックな繰返し載荷が考えられる場合は，定着部の設計は充分注意する必要がある。

(iii) 応力腐食特性

材料が腐食雰囲気下で緊張されている場合，ある時間経過とともに突然破断する現象がある。これを応力腐食現象と呼んでいる。PC 鋼材は高強度材のわりには応力腐食現象には鈍感な材料といわれているが，緊張使用中に腐食雰囲気さらすことはさげなければならない。グラウンドアンカーの場合もグラウト等防食設計に充分気をつけて行う必要がある。

3. 定着工法

アンカー用の定着工法は，一般のプレストレストコンクリートに用いられている定着工法を使用しているが，使用状況を考慮して防錆処理・再緊張方式等の適切な処理が必要である。特に永久アンカーの場合は，長期での防食を考慮した構造とするのが一般的である。

3.1 定着工法の種類

PC の定着工法は，昭和 27 年にフレッシュネー工法が我が国に本格的に技術導入されて以来，種々の工法が次々に技術導入あるいは国内で開発されてきた。

詳しくは，プレストレストコンクリート技術協会発行

表—10 ポストテンション定着工法

	定着方式	工 法 名
1	くさび式	アンダーソン, CCL, フレシネー, フープコーン*, KCL*, KTB*, OBC*, SK*, SM*, SWA*, スリーストランド, ストロングホールド, VSL
2	ボタン式	BBR, OSPA*
3	ネジ式	ディビダーク, FAB, SEEE
4	ループ式	レオンハルト, レオバ, プレロード
5	合金式	安部ストランド*

注) \* は国内で考案されたものを示す。

の 1988 年 Vol. 30 の特別号で，現在使用中の 表—10 に示す 22 の定着工法が紹介されている。

なお，現在土木学会では，PC 工法設計施工指針改訂小委員会（委員長：横浜国立大学・池田教授）が設けられ，工法別プレストレストコンクリート設計施工指針の共通編を作成し，各定着工法の共通的な事項を整理し基準化して，PC 構造物の設計施工が容易に行えるように検討されているので，その結果が期待される。

一方，建築分野においては，永久構造物の転倒防止，浮力による浮上り防止，および地すべり抑止などのために永久アンカー工法の開発が行われた。日本建築センター内に設けられた学識経験者による委員会の指導により，現在のところ 図—5 に示す 3 工法が日本建築センターの評定を取得している。

3.2 定着具の性能

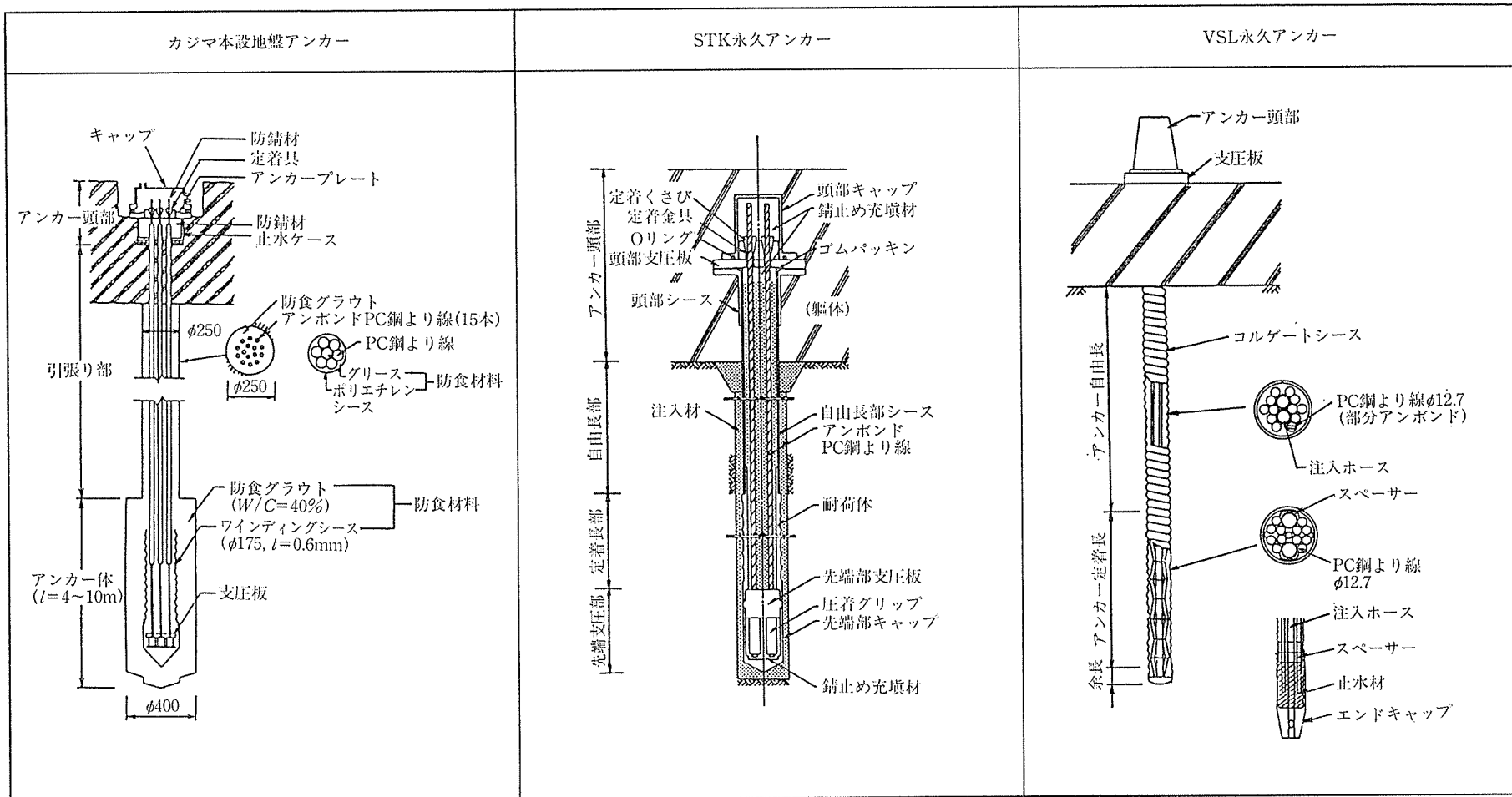
アンカー用の定着具の性能は，基本的には通常のプレストレストコンクリート構造物に使用する場合と同様に，構成する PC 鋼材の規格引張り荷重値を発揮できる構造と強さのものでなければならないが，それ以外に通常のプレストレストコンクリートの場合と比べて台座等の定着具の支圧方式が異なるため，それらも含めた定着具から受ける力をアンカーされる構造物に十分伝達できると同時に，特に永久アンカーの場合はその付近が PC 鋼材に対する腐食の起点となる場合が多いため，防食を考慮した構造としなければならない。

また，アンカーは状況に応じて再緊張あるいは緊張力緩和が必要であるため，設計段階において緊張力の調整が可能な定着方式または定着具を選定しておく必要がある。

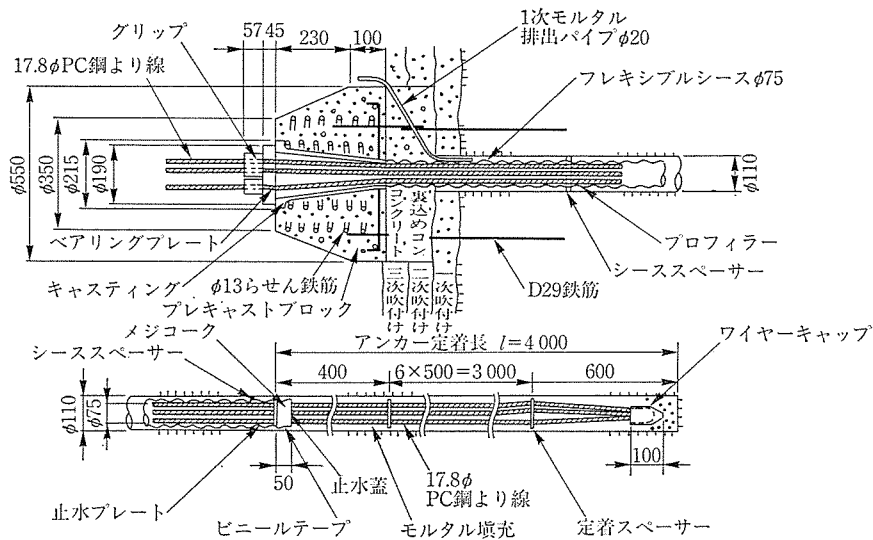
3.3 緊張・定着作業

現在使用されている前述の定着工法は，それぞれ専用の緊張・定着用の機器が準備されているが，アンカーの場合は通常のプレストレストコンクリートの場合よりも作業環境が厳しいため，施工に先立ってトラブルの発生を防止する策を講じておく必要がある。

また，施工に先立って，数箇所荷重計を定着具と台座の間に設置し，荷重の変位をチェックできるように配慮しておく必要がある。



図—5 日本建築センターの評定を取得した永久アンカー工法



図—6 新高瀬川発電所空洞における定着方式 (CCL 工法)

緊張・定着作業終了後は、定着具付近の防食工に十分配慮するとともに、構造物の施工が完了するまで荷重計や地盤の変位を定期的に管理して、構造物およびアンカーケーブルの品質管理に注意しておく必要がある。

図—6 に揚水式地下発電所のロックアンカーとして採用された定着方式の施工例を示す。

#### 4. おわりに

現在、土質工学会ではグラウンドアンカー設計・施工基準作成委員会（委員長：法政大学・山門教授）が設けられ、仮設アンカーおよび永久アンカーを統合して、その計画から設計・施工、維持・管理にいたるまで内・外の基準を参考にした基準の作成作業が行われている。

今回はアンカーの設計・施工に関してその主材料であるグラウト、PC 鋼材、定着工法について概要を述べたが、大深度プロジェクトも種々検討がされている現状から考え、上記の「グラウンドアンカー設計・施工基準」完成後は日本のアンカー技術がさらに大きく伸びることが期待できる。

#### 参 考 文 献

- 1) コンクリート標準示方書 (S 61 年制定), 土木学会
- 2) プレストレストコンクリート設計施工規準 (1987 年制定), 日本建築学会
- 3) アースアンカー工法, 土質工学会
- 4) 特集: アースアンカー工法, プレストレストコンクリート, Vol. 24, No. 5, Sept. 1982
- 5) 特集: 最近のアンカー工法, 基礎工, 1987.12
- 6) 広瀬晴次: PC グラウトの管理, プレストレストコンクリート, Vol. 30, No. 6, Nov. 1988
- 7) PC 定着工法特別号 (1988), プレストレストコンクリート, Vol. 30
- 8) 地下構造物の設計と施工, 土木学会, S 51 年 9 月
- 9) グラウンドアンカー工法, グラウンドアンカー技術協会, 1986 年 6 月
- 10) FIP Report "Recommendations for the design and construction of prestressed ground anchors" (May, 1982)
- 11) PTI Report "Recommendations for prestressed rock and soil anchors" (1986)
- 12) JIS G 3536 「PC 鋼線および PC 鋼より線」
- 13) JIS G 3109 「PC 鋼棒」
- 14) 土井 明: コンクリートと施工法——その移り変り——(その 7) 材料における移り変り——PC 鋼材——, コンクリート工学, Vol. 18, No. 12, Dec. 1980

【1989 年 4 月 17 日受付】