

ゲビンデスターブおよびエポキシゲビンデ 非磁性鋼材 SM 工法用アンボンド PC 鋼線 エポキシコーテッド PC 鋼より線

I. ゲビンデスターブおよび エポキシゲビンデ

1. 概 要

ゲビンデスターブは、熱間圧延時に鋼棒の両側面にねじ状のリップが成形された PC 鋼棒で、ストレッチ・ブルーイング処理により全数が降伏点荷重まで製造工程中に緊張され、その品質が確認されている。

エポキシゲビンデは、このゲビンデスターブにエポキシ樹脂を粉体塗装したもので、きわめて耐食性に優れている。

ゲビンデスターブの外観を写真-1 に示す。

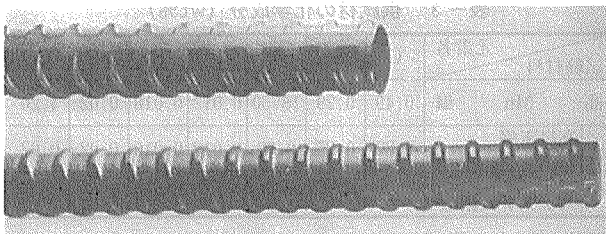


写真-1 ゲビンデスターブの外観

2. ゲビンデスターブ

2.1 特 長

一般の PC 鋼棒とは異なり、全長にわたってねじ状リップが成形されているゲビンデスターブの特長は、以下に示すものが挙げられる。

- 1) リップがついているため、コンクリートとの付着がきわめて良好である。
- 2) 工事現場での調尺切断が可能で、状況に応じ簡単に長さを変更できる。
- 3) 長さを若干長くすれば、緊張時にプルロッドを使用せずに直接センターホールジャッキに取りつけることができるので、緊張作業手間が削減できる。
- 4) 角度定着による強度低下が一般鋼棒に比べて小さい。

2.2 機械的性質

ゲビンデスターブには、呼び名 23 mm, 26 mm, 32 mm, 36 mm の 4 種類があり、これらの機械的性質を表-1 に示す。

2.3 ゲビンデスターブ用部品

ゲビンデスターブの部品には、各サイズに、鋼棒接続のためのカップラー、緊張力を保持するための六角ナット、溝付きナット、溝付きナット用アンカー

表-1 ゲビンデスターブの機械的性質

呼び名 (mm)	公称径 (mm)	母材部 断面積 (mm ²)	引 張 試 験					リラクセーション試験	
			降伏点 (kgf/mm ²)	降伏点荷重 (kgf)	引張強さ (kgf/mm ²)	引張荷重 (kgf)	伸び (%)	リラクセーション値 (%)	
23	23.0	415.5	95 以上	(39 470 以上)	110 以上	(45 710 以上)	6 以上	1.5 以下	
26	26.0	530.9	95 以上	(50 440 以上)	110 以上	(58 400 以上)	6 以上	1.5 以下	
32	32.0	804.2	95 以上	(76 400 以上)	110 以上	(88 460 以上)	6 以上	1.5 以下	
36	36.0	1 018.0	95 以上	(96 700 以上)	110 以上	(111 970 以上)	6 以上	1.5 以下	

注 (1) 降伏点荷重、引張荷重は母材部断面積を基に算出したものである。

(2) 伸び測定の際点間距離は、公称径の 8 倍とする。

(3) リラクセーション試験：常温で試験片を適当な間隔でつかみ、約 1 分間で上表に規定された降伏点の最小値に母材部断面積を乗じた荷重 (降伏点荷重) の 80% に相当する荷重 (載荷荷重) をかけ、その後 10 時間つかみ間隔をそのまま保持して、荷重の減少を測定する。そして、もとの載荷荷重に対するその減少した荷重の百分率をリラクセーション値とする。

●PC建設材料

プレートおよび補強筋が不要なアンカークロックがあり、継合せ、定着を容易に行うことができる。これらの部品は、ゲビンデスターブの引張強さを発揮するまでに著しい変形が生じないような強度を備えている。

3. エポキシゲビンデ

3.1 特 長

ゲビンデスターブの表面に約 200 μ の平均塗膜厚さでエポキシ樹脂を全長にわたって粉体塗装したエポキシゲビンデの特長は、ゲビンデスターブの特長に加え、耐食性がきわめて優れていることである。

3.2 エポキシゲビンデの機械的性質

エポキシゲビンデの機械的性質は、表-1 に示したゲビンデスターブと同等である。

3.3 エポキシゲビンデ用部品

エポキシゲビンデは、全長にわたり塗装されているため、この塗装部の上から嵌合可能なナットやカップラーが準備されている。

これらのナット・カップラーなどの外面は、エポキシゲビンデと同様に、エポキシ樹脂を粉体塗装したものである。

4. 用 途

このようなゲビンデスターブの用途は、アースアンカー・ロックアンカーや架設用資材が主なものであるが、その特長を生かし、一般 PC 構造物の緊張材としても適用できる。エポキシゲビンデは、さらにその耐食性を生かし、永久アンカーおよび腐食性の高い地盤における仮設アンカーや、海洋構造物および湾岸構造物での緊張材やそれらの建設時に使用する架設用資材として、さらには外気に常時さらされる外ケーブルなどに適用できる。

II. 非磁性鋼材

1. 緒 言

山梨での実験線がクローズアップされているリニアモーターカー、新医療技術としての MRI (磁気共鳴映像による身体の断層写真)、あるいは超電導関連装置等、強力な磁場が発生するところに使用される構造部材には、磁性のある材料が存在すると磁界分布に乱れが生じ、装置本体の効率低下が懸念されるため非磁性材料が必要とされている。

非磁性鋼材は、安定したオーステナイト組織を有するものであり、オーステナイト系ステンレス鋼と高 Mn 系オーステナイト鋼がよく知られている。このうち高 Mn 系オーステナイト鋼 (以下、高 Mn 鋼と略す) を、非磁性 PC 鋼材としての要求特性を満たすよう開発したので、その概要を示す。

2. 製品の種類

表-2 に製品の種類を示す。非磁性鋼線は FKK 規格相当品、非磁性鋼より線は JIS G 3536 SWPR7A 相当品の製造が可能である。

3. 非磁性鋼線の諸特性

高 Mn 鋼の一例として鋼線の化学成分を表-3 に示す。なお、比較材として用いた高炭素鋼 PC 鋼線および SUS304 ステンレス鋼線の成分も合わせて示している。

3.1 透 磁 率

透磁率に及ぼす冷間加工度の影響を図-1 に示

表-2 製品の種類

種 類	サイズ (mm)	強度レベル (kgf/mm ²)
非磁性鋼線	5.0~ 8.0	175 以上
非磁性鋼より線	6.2~15.2	175 以上

表-3 供試材の化学成分 (wt%)

試験材料	元素名	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
高 Mn 鋼		0.49	0.29	18.50	0.012	0.018	0.02	4.20
比較材	高炭素鋼 PC 鋼線	0.80	0.25	0.70	0.010	0.016	0.02	0.02
	SUS304 ステンレス鋼線	0.07	0.70	1.50	0.019	0.009	8.50	18.50

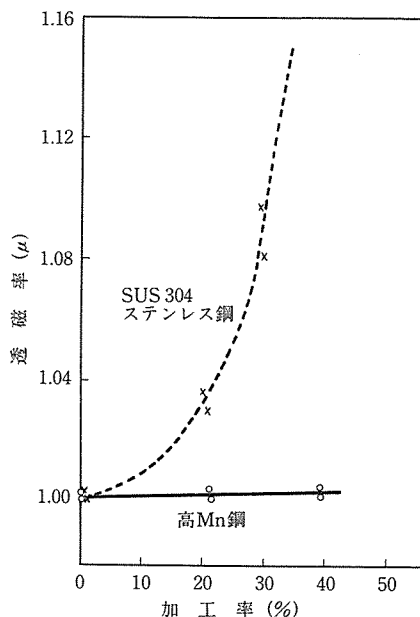


図-1 冷間加工による透磁率の変化

す。

SUS304 ステンレス鋼の透磁率が、加工度の増加に伴い上昇するのに比して、高Mn鋼は強加工を加えても1.005以下で、非磁性として非常に安定している。

3.2 引張特性

高Mn鋼の冷間加工度と機械的性能の関係を図-2に示す。

40%加工度で抗張力178 kgf/mm²、0.2%耐力148 kgf/mm²、伸び5%、絞り35%の値が得られており、PC鋼材として十分適用が可能である。

3.3 引張疲労特性

高Mn鋼の疲労特性は図-3のS-N曲線に示すように、高炭素鋼より若干劣っているものの、PC鋼材として使用しても特に問題ない結果が得られている。

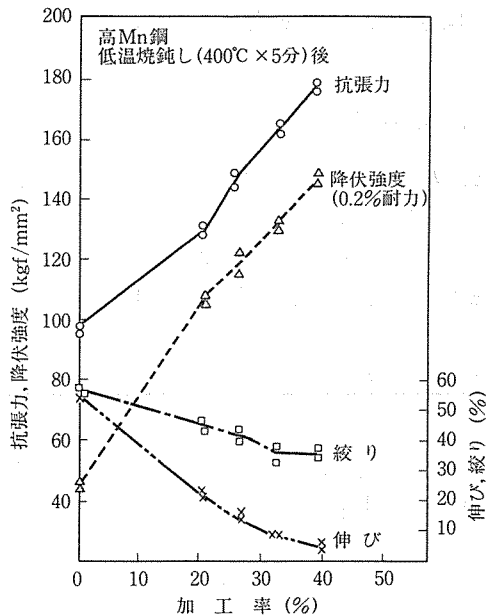


図-2 冷間加工度と機械的性能の関係

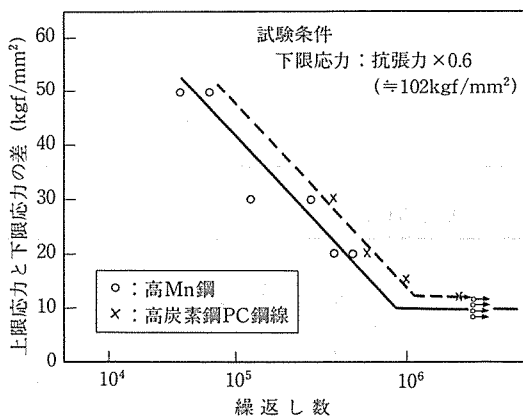


図-3 引張疲労特性

3.4 耐応力腐食割れ特性

高Mn鋼の耐応力腐食割れ特性を図-4および図-5に示す。応力腐食試験条件を表-4に示す。

表-4 応力腐食試験条件

腐食液	濃度 (wt%)	液温 (°C)	負荷応力
チオシアン酸アンモニウム溶液 (NH ₄ SCN 溶液)	20	50±1	破断荷重×0.7
硝酸アンモニウム溶液 (NH ₄ NO ₃ 溶液)	20	90±1	破断荷重×0.7

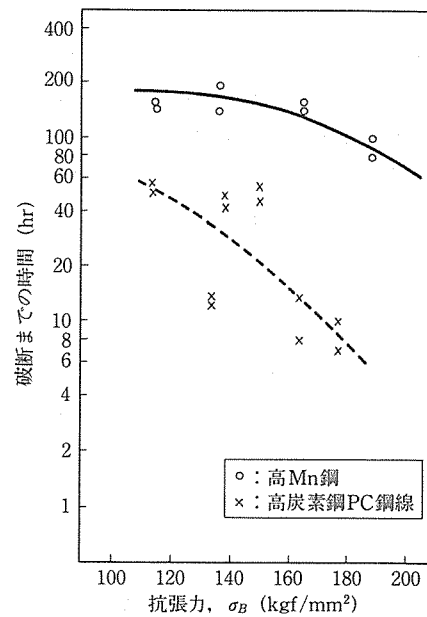


図-4 耐応力腐食割れ特性 (腐食液: 20%NH₄SCN 溶液)

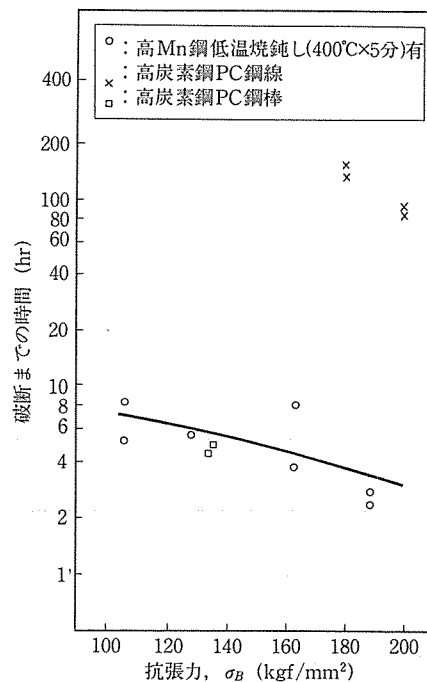


図-5 耐応力腐食割れ特性 (腐食液: 20%NH₄NO₃ 溶液)

表-5 リラクゼーション特性
(初荷重：破断荷重×0.7, 試験温度：20℃)

		10時間後のリラクゼーション値 (%)
高Mn鋼	低温焼鈍(400℃×5分)後	1.9
	ホットストレッチング(470℃)後	0.3
高炭素鋼 PC 鋼線		1.0 (JIS規格：3.0以下)
高炭素鋼 PC 鋼棒		0.6 (JIS規格：1.5以下)

硝酸アンモニア溶液中では、一部高炭素鋼より劣るものの、ほぼ高炭素鋼 PC 鋼棒のみで、実用上は特に問題ない。

チオシアン酸アンモニウム溶液中では、高Mn鋼の方が高炭素鋼 PC 鋼線よりも優れている。

3.5 リラクゼーション特性

初荷重を破断荷重の0.7倍としたときの高Mn鋼のリラクゼーション特性は、表-5に示すように、JIS規格を満足している。

4. 結 語

当社が開発した高Mn鋼は、非磁性PC鋼材としての必要特性をすべて満足しており、非磁性材料が要求される磁気浮上式鉄道の構造部材等への適用が期待される。

III. SM工法用アンボンドPC鋼材

1. 概 要

アンボンドPC鋼材は、JISに規定されたPC鋼より線およびPC鋼棒の外周に防錆、潤滑剤としてグリースを塗布し、さらにポリエチレン等の合成樹脂を被覆加工したものである。

アンボンドPC鋼材は、ポストテンション工法において、鋼材が被覆シースと一体化されている、シース外径が小さい、グラウトなしで施工できる等、施工性、作業性に優れたPC鋼材である。さらに、グリースと被覆材により、PC鋼材の確実な防錆が得られる。また、アンボンドPC鋼材用として各種定着具、専用緊張機器等を準備しており、確実に施工できる。

2. 鋼材仕様

表-6, 7にアンボンドPC鋼より線の仕様を、図-6にその断面形状を示す。

アンボンド被覆材の高密度ポリエチレンは、耐候性、耐薬品性、耐水性等に優れた特性を有しており、

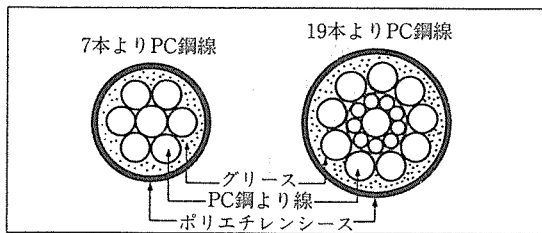
表-6 アンボンドPC鋼より線の仕様(標準タイプ)

種 類	呼 び 名	引張荷重 (kgf)	0.2% 永久伸び に対する 荷 重 (kgf)	ア ン ボ ン ド				
				外径 (mm)	単 位 重 量 (kgf/m)	被 覆 厚 さ (mm)	グリース 重 量 (gf/m)	被覆材 重 量 (gf/m)
7本より線	7本より12.4mm	16300以上	13900以上	15.9	0.819	1.25	35	55
	7本より12.7mm	18700	15900	16.2	0.864	1.25	35	55
	7本より15.2mm	23100	19700	18.7	1.211	1.25	45	65
	7本より15.2mm	26600	22600	18.7	1.211	1.25	45	65
19本より線	19本より17.8mm	39500	33600	21.8	1.797	1.50	60	85
	19本より19.3mm	46000	39500	23.3	2.091	1.50	70	90
	19本より20.3mm	50500	43000	24.3	2.319	1.50	75	95
	19本より21.8mm	58400	50500	25.8	2.662	1.50	80	100

表-7 特殊タイプアンボンドPC鋼より線の仕様

種 類	呼 び 名	引張荷重 (kgf)	0.2% 永久伸び に対する 荷 重 (kgf)	ア ン ボ ン ド				
				外径 (mm)	単 位 重 量 (kgf/m)	被 覆 厚 さ (mm)	グリース 重 量 (gf/m)	被覆材 重 量 (gf/m)
7本より線	7本より15.2mm×2	26600×2	22600×2	18.7×2	2.422	1.50	45×2	133
19本より線	19本より17.8mm×2	39500×2	33600×2	21.8×2	3.594	1.50	60×2	175

標準タイプ



特殊タイプ

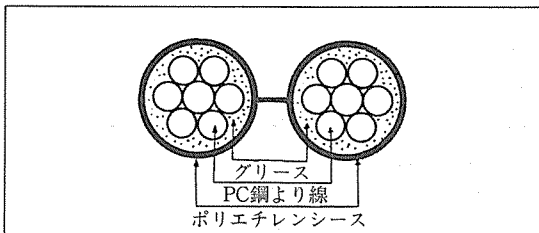


図-6 断面形状

PC鋼材を長期間、安定して保護する。また、防錆、潤滑剤のグリースは、PC鋼材に対する有害な成分、イオン等がきわめて少なく、FIPのアンボンド防錆、潤滑剤の規準を満足する、防錆力の強い高品質なものである。

なお、PC鋼棒についても、同様な加工方法によるアンボンドPC鋼棒や、ボックスカルバート、PC枕木、PC床版などに用いられるアンボンドPC鋼棒（STアンボンド）がある。

3. 摩擦係数

アンボンドPC鋼材の摩擦係数は、工場で連続加工されるため、バラツキが少なく極めて安定している。アンボンドPC鋼より線の摩擦係数は、過去の実験、実績等から、 $\mu=0.06$ (1/rad), $\lambda=0.002$ (1/m) が適切な値である。

4. 定着具

アンボンドに用いる専用のキャスティング定着具の形状寸法を表-8、図-7に示す。本定着具は主に緊張端として使用する。

表-9および図-8に圧着グリップを用いた固定端定着具を示す。

5. 備考

- 1) アウターケーブルや重防食として二重アンボンドケーブルも製作可能。

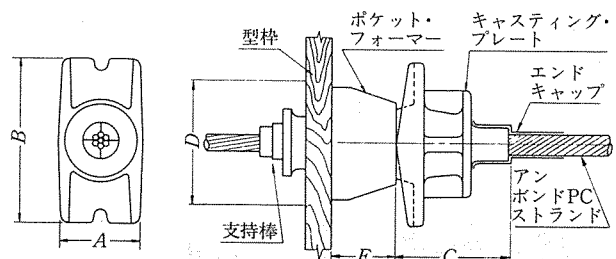


図-7 キャスティング形状

表-8 キャスティングプレートの寸法

PC鋼より線		呼び名	A	B	C	D	E	重量
7本より	12.4 mm φ	SM・Y-13	60 mm	120 mm	80 mm	83 mm φ	55 mm	1.19 kgf
	12.7	SM・Y-13	60	120	80	83	55	1.19
	15.2	SM・Y-15	70	144	98	90	55	1.98
19本より	17.8	SM・Y-18	87	175	113	125	70	3.66
	19.3	SM・Y-19	91	190	120	125	80	4.82
	21.8	SM・Y-22	95	230	133	125	80	7.70

表-9 固定側定着具寸法

PC鋼より線		呼び名	A	B
7本より	12.4 mm φ	SM・F-13	70	96
	12.7	SM・F-13	70	96
	15.2	SM・F-15	80	106
19本より	17.8	SM・F-18	80	148
	19.3	SM・F-19	80	163
	21.8	SM・F-22	100	185

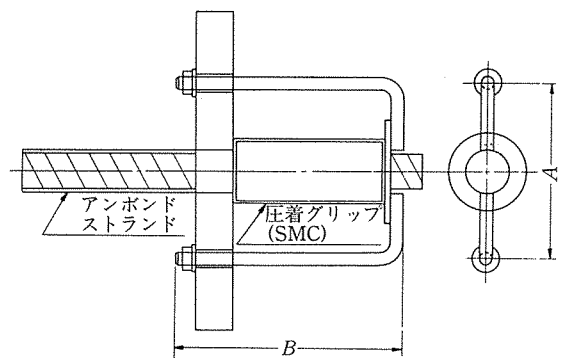


図-8 固定側定着具寸法

●PC建設材料

- 2) SM工法用定着具(アンボンド工法を含めて)は建築センターの評定を取得している。
- 3) 設計施工の詳細は、シングルストランド工法(SM工法)設計施工基準を参照のこと。
- 4) 緊張機器については、ストランド用専用ジャッキおよび油圧ポンプを準備している。

IV. エポキシコーテッドPC鋼より線 — FLO-BOND, FLO-GARD —

住友電工は、このほど市場におけるPC鋼材の防食ニーズに応えるためエポキシコーテッドPC鋼より線を開発した(製法、製品および周辺特許出願中)。

本製品はPC鋼より線に高品質粉体エポキシ塗装を施しているため、優れた防食性を有し、しかもコンクリートとの付着性は、特殊表面処理により従来製品と同等の性能を有しているものである(写真-2)。

また、この防食鋼材に合わせて定着具、緊張装置等の開発も行い、総合システムとしての供給も可能である。

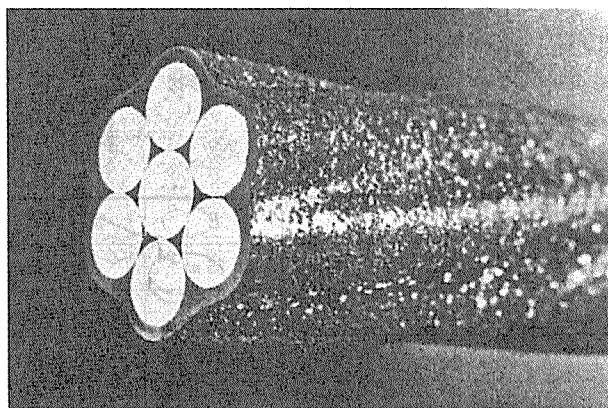


写真-2 エポキシコーテッドPC鋼より線

1. 製品規格

製品の寸法、機械的性質の規格を表-10に示す。本製品は、従来のJIS G 3536-1988で規定されているPC鋼材にエポキシ樹脂を塗布したもので、機械的性質は従来材と全く同等である。

2. 性能

2.1 防食性能

3000時間におよぶ強制腐食試験(塩水噴霧試験)や2年間にわたる塩害地での曝露試験において、腐食や性能変化は認められず、また亜鉛メッキPC鋼より線と比較しても、はるかに高い防食性を示す。

2.2 塗膜性能

鋼材の破断荷重直前まで、クラック、ピンホールの発生は一切なく、また塗膜強度も優れており、従来どおりのスタンドによるインナープル引出しにも塗膜摩擦の心配がない。

2.3 付着性能

コンクリート引抜き試験の結果、従来材に比べ、同等以上の引抜き抵抗力を示し、またプレテンション部材を対象とした付着試験においても、従来材より短い伝達長を示し、高い付着性能を有している。

2.4 耐薬品性能

ASTM-A-775に基づいた耐薬品試験(蒸留水3mol-CaCl₂溶液、3mol-NaOH溶液、飽和Ca(OH)₂溶液での試験)をクリアしている。

2.5 鋼材の機械的性能

エポキシコーティングを行うことによる機械的性能の低下はなく、耐疲労性においては、ウェッジでの定着において応力振幅12.5kgf/mm²で2×10⁶回の繰返しにも耐えることも可能である。そして公称径の32倍の曲げにも何ら異常は認められない。

3. 用途

FLO-BOND, FLO-GARDは、上記性能の特長を

表-10 製品規格

記号	呼び名	FLO-BOND, FLO-GARD		JIS G 3536-1984			
		基本外径	基本膜厚	標準径	0.2%永久伸び に対する荷重	引張荷重	伸び
		(mm)	(μm)	(mm)	(kgf)	(kgf)	(%)
SWPR7A	12.4	13.4	500	12.4	13900以上	16300以上	3.5以上
	15.2	16.4	600	15.2	20800以上	24500以上	3.5以上
SWPR7B	12.7	13.7	500	12.7	15900以上	18700以上	3.5以上
	15.2	16.4	600	15.2	22600以上	26600以上	3.5以上

生かして、以下の用途への適用が期待される。

3.1 塩害地橋梁用鋼材

コンクリートのひび割れによる鋼材の腐食の心配がない。また構造設計上、コンクリートの「かぶり」を減少させることも可能となるため、施工コストの低減も可能。

3.2 斜張橋斜材

架設中の一次防錆処理が不要となり、さらに保護管の内部のグラウトも不要にすることも可能である。

3.3 港湾構造物、海洋構造物

港湾とか海上の厳しい環境において、施工中の鋼材の腐食防止が可能で、かつ構造物としての長期にわたる耐久性を飛躍的に高める。

3.4 アンカー

従来材を用いたアンカーでは、鋼材はグラウトのみで保護されているため、万一の場合、鋼材腐食が

心配されるが、本製品ではそのような心配がない。そして永久アンカーとしての2重防食が可能となると同時に、ケーブルを挿入するためのボーリング径も小さくできる。

3.5 アウターケーブル

グラウトやグリースの注入を必要としないアウターケーブルの適用が可能になる。

以上のように本製品は、従来のPC鋼より線の防食性向上という位置付けに加えて、ユーザーサイドでの設計、施工の革新を生み出す商品になるものと期待するものである。

問 合 せ 先

住友電気工業(株) 特殊線事業部

〒107 東京都港区元赤坂1-3-12

TEL 03-3423-5131