

特集

P C 用 新 材 料

P C 鋼 材

岡 田 清*

1. ま え が き

最近、PC 技術の目ざましい発展に伴い、その適用分野も飛躍的に拡大されつつあり、多用途に適応すべく、より高性能・特殊性能の鋼種や形状の PC 鋼材の開発が進められている。

PC 鋼材に要求される基本的かつ一般的な特性としては、1) 引張強度が高く、しかも引張強度に対する弾性限比および降伏比が高いこと、2) 適度の伸びとじん性を有すること、3) レラクセーションが小さいこと、4) 応力腐食（遅れ破壊）や繰返し荷重下の疲労抵抗性がすぐれていること、さらに 5) 付着を与えて使用する場合にはコンクリートまたはグラウトとの付着特性がすぐれていることなどが挙げられる。

現在、我が国で一般に使用されている PC 鋼材はいずれも厳重な品質管理と検査のもとに製造され、上記の諸特性を備えたものであって、特殊用途のものを除いては関連の JIS や土木学会 PC 標準示方書、日本建築学会 PC 設計施工規準などで寸法、機械的性質ならびに試験方法が定められている。一方、欧米各国においても、ASTM-AASHTO（アメリカ）、BS（イギリス）、DIN（ドイツ）、NF（フランス）、CSA（カナダ）、AS（オーストラリア）などで独自の規格が設定されている。また、最近ヨーロッパ諸国では EC 内の共通規格ユーロノルム（PC 鋼材は Euronorm 138）が作成される一方において、さらに国際規格の制定に向けて ISO 案の審議が進められつつある。

ここでは、1980 年の JIS 改訂に伴って新たに追加された 19 本より PC 鋼より線（JIS G 3536）と、すでに JIS 化されているが欧米に比べてあまり普及していない PC 鋼より線 B 種について述べるとともに、その特殊性能が注目され今後の活用が期待されている代表的 PC 鋼材として、非磁性鋼、Si-Cr 鋼、総ねじ鋼棒の諸特性を概観することにする。

2. 19 本より PC 鋼より線

PC 鋼より線は、付着特性がすぐれ、可撓性があってしかも 1 本で大きな引張荷重が得られるため施工性がよ

いことに特徴があり、このためその使用実績が急激に増大しつつある。

PC 鋼より線としては、JIS G 3536 に 2 本よりおよび 7 本よりのものが規定されていたが、1980 年の改訂時に表-1 のように新たに 19 本より PC 鋼より線が追加された。

PC 鋼より線の太径化は、PC 構造物の大型化に伴う所要の PC 鋼材数の低減をはかり、施工性の改善を大きな目的としたものである。

19 本より線は、従来の 7 本より線と同様に図-1 のように、心線を中心に側線がらせん状にまきついた構成となっている。PC 鋼より線は、緊張時に側線が心線を締めつけ、両者が密着し一体化する断面構成が前提とされ、また全長にわたってよりピッチが均等であることも要求される。このため、JIS では心線径と側線径の径差ならびによりピッチが規定されている。なお、参考のため表-2 に 19 本より線に対するイギリスの BS 規格（BS 4757 : 1971）¹⁾ を併記する。

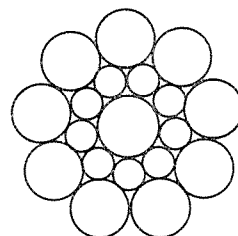


図-1 19 本より PC 鋼より線の断面構成

より線の均等性を確保するため、心線を除いて素線はより線機のプレフォームローラを通して所要の型付けを行いながらより合わされる。

JIS に規定されているものよりさらにレラクセーションを低減化するため、常温下の引張強度の 50% 程度の張力を与えた状態で 300~400°C に加熱することもある。

このような太径 PC 鋼より線は、アースアンカーなど特殊な用途にも活用されている。

最近、フラットスラブをはじめとして、タンク、舗装、空港滑走路、ロックアンカーなどに対して、7 本より線や 19 本より線を用いたアンボンド PC 鋼より線も開発されており、省力化や経済性の点から適用分野の拡大が検討されている。

* 京都大学工学部教授

表一 PC 鋼より線の規格 (JIS G 3536 : 1980)

種 類	(1) 呼 び 名	心線径と側線径の差 (mm)	引 張 試 験			(3) レラクセーション試験	強度レベル (参考値) (kg/mm ²)
			0.2% 永久伸び に対する荷重 (kg)	引張荷重 (kg)	(2) 伸び (%)	レラクセーション値 (%)	
2 本 より線	2.9mm 2本より		2 300 以上	2 600 以上	3.5 以上	3.0 以下	197
7 本 より線 (A種)	(7本より 6.2mm)	0.03以上	3 450 以上	4 100 以上	3.5 以上	3.0 以下	175
	(7本より 7.9mm)	0.04以上	5 600 以上	6 600 以上	3.5 以上	3.0 以下	175
	7本より 9.3mm	0.05以上	7 700 以上	9 050 以上	3.5 以上	3.0 以下	175
	7本より 10.8mm	0.07以上	10 400 以上	12 200 以上	3.5 以上	3.0 以下	175
	7本より 12.4mm	0.08以上	13 900 以上	16 300 以上	3.5 以上	3.0 以下	175
7 本 より線 (B種)	7本より 9.5mm	0.05以上	8 850 以上	10 400 以上	3.5 以上	3.0 以下	190
	7本より 11.1mm	0.07以上	12 000 以上	14 100 以上	3.5 以上	3.0 以下	190
	7本より 12.7mm	0.08以上	15 900 以上	18 700 以上	3.5 以上	3.0 以下	190
19 本 より線	19本より 17.8mm	—	33 600 以上	39 500 以上	3.5 以上	3.0 以下	190
	19本より 19.3mm	—	39 500 以上	46 000 以上	3.5 以上	3.0 以下	190
	19本より 20.3mm	—	43 000 以上	50 500 以上	3.5 以上	3.0 以下	185
	19本より 21.8mm	—	50 500 以上	58 400 以上	3.5 以上	3.0 以下	185

注：(1) かっこを付けた呼び名のより線は使用しないことが望ましい。
 (2) つかみの間隔を、2本より線は 200mm 以上、7本より線は 600mm 以上としたときの破断時伸び。
 (3) 0.2% 永久伸びに対する荷重の最小値の 80% に相当する荷重を初荷重とし、10 時間後における値。
 (4) 7本より線のより線径に対する許容差は、すべての呼び名に対し +0.4mm, -0.2mm とする。19 本より線のより線径に対する許容差は、すべての呼び名に対し +0.6mm, -0.25mm とする。

表二 イギリスにおける 19 本より PC 鋼より線の規格 (BS 4757 : 1971)

種 類	公称径 D (mm)	降 伏 点 または耐力 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	降 伏 比 (P_y/P_u または σ_y/σ_u) (%)	破断時伸び		レラクセーション				より合せ ピッチ P (mm)	記 事	
					伸 び ϵ (%)	測定長 L (mm)	レラクセーション値 ψ_t (%)	初応力 σ_t (%)	測 定 時間 t (h)				
Treated strand	18	1 500 以上 1 590 "	1 760 以上	85 90	3.5 以上	600	7 2.5	12 3.5	70	80	1 000	(12~16)×D	Treated strand のうち上段の数字はブルーイング材、下段はスタビライズド材の規格値を示す
As spun strand	25.4	—	1 560 "	—	—	—	9	14	70	80	1 000	(12~16)×D	
	28.6	—	1 540 "	—	—	—	9	14	70	80	1 000	(12~16)×D	
	31.8	—	1 480 "	—	—	—	9	14	70	80	1 000	(12~16)×D	

JIS では規格化されていないが、PC 鋼より線としては、細径のものに 3 本より線があって主として PC まくら木に活用されている。このほかに、さらに太径のものとして、37 本より線や 91 本より線などの多層より線もあり、特定の PC 工法を対象としてフランスなどでは積極的に実用化が進められている。一方、より線加工を行った後、ダイ加工を与えて素線の充てん率を向上させた、いわゆるダイ成形 PC 鋼より線も製造されている。これはイギリスにおいて開発されたものであって、現在は太径 PC 鋼より線と同様に主として原子力発電用の圧力容器などに使用されている。

3. PC 鋼より線 B 種

PC 鋼より線は元来アメリカで開発されたもので、1962 年 J.A. Roebling 社が従来の 250 K に比べて引張荷重が 15% 高いより線を開発したのを契機に 1968 年に ASTM A 416 が改訂され、いわゆる 270 K の 7

本より線として 3/8''(9.5 mm), 7/16''(11.1 mm), 1/2''(12.7mm)をすでに規格化している。現在では、ANSI/ASTM A 416-80 "Standard Specification for Uncoated Seven-Wire Stress-Relieved Strand for Prestressed Concrete" として、250 K (A種相当)のほかに表一3のように 270 K (B種相当)を定めている。

一方、イギリスではすでにユーロノルムを国家規格として採用しており、BS 5896 : 1980 "Specification for High Tensile Steel Wire and Strand for the Prestress-

表一3 アメリカにおける 7 本より PC 鋼より線 270 K (B種相当)の規格

Grade 270		
直 径	断 面 積	引張強さ
3/8'' (9.53mm)	54.84mm ²	190.3 kg/mm ²
7/16'' (11.11)	74.19	189.7
1/2'' (12.70)	98.71	190.0
0.6'' (15.24)	140.00	190.0

ing of Concrete”において、アメリカと同様に 270 K 相当の 7 本より線を規格化している。フランスやカナダにおいても同様である。

我が国では、1971 年の JIS 改訂で従来 (1960 年制定) の 7 本より線を A 種 (175 kg/mm² 級) とし、新たに B 種 (190 kg/mm² 級) として 9.5 mm, 11.1 mm, 12.7 mm が追加制定され、表-1 のように現在にいたっている。

現在、アメリカでは建築用プレキャスト部材の一部に 250 K が使用されているが、材料や施工コストなどの経済性の点から 90% 近くは 270 K が使用されていると推定される。これに対して、我が国では PC 鋼より線に関してはアースアンカーなど一部の特殊用途を除いて、A 種の使用が大部分を占めている。

JIS に規定されている 7 本より線 A 種、B 種は引張強度がそれぞれ 175 kg/mm², 190 kg/mm² 以上のもので、両者とも通常は 70% 以上の伸線加工で製造されている。

PC 鋼材が高強度化すると、応力腐食や疲労特性の低下が懸念される。しかし、促進試験²⁾ (100°C, 20 wt.% の NH₄NO₃ 溶液および 45°C, 20 wt.% の NH₄SCN 溶液) によると、焼入れ・焼戻しの熱処理されたものと異なり、冷間伸線・ブルーイングされた PC 鋼材では引張強度が応力腐食破壊抵抗性に及ぼす影響は顕著でなく、引張強度に対する負荷応力の比が同じであれば上記の A, B 種の間でほとんど差のないことが認められている。一方、疲労特性に関しては、表-4²⁾ のように B 種は A 種と同等以上の疲労強度を有していると考えられる。

表-4 JIS G 3536 7 本より PC 鋼より線 A 種と B 種の疲労特性 (高平均応力部分片振)

Grade	Size (mm)	Anchor 法	下限応力		振 幅	
			σ_{min} (kg/mm ²)	σ_{min}/σ_B	σ_a (kg/mm ²)	σ_a/σ_B
SWPR-7 B	15.2	A type wedge	115.7	0.61	7.4	0.039
SWPR-7 A	12.4	〃	105	0.6	6.4	0.037
〃	〃	B type wedge	101.7	0.58	8.6	0.049
SWPR-7 B	12.7	〃	113.0	0.59	7.3	0.038

現在、線材品質の安定、パテンチングの改善、伸線加工技術の改善などにより、PC 鋼より線 B 種が安定供給されることが可能であり、PC 鋼材の高強度化によってもたらされる利点を積極的に活用していくことが必要と考えられる。

4. 非磁性鋼

最近、核融合装置、MHD 発電、磁気浮上リニアモーター

カーなどの磁気に関連する構造部材の最適素材として、破壊安全度、耐久性、経済性の点から PC が注目されている。これらの構造部材の緊張材としては、磁気の乱れや渦電流の発生による効率の低下を防止する必要から、非磁性の PC 鋼材が要求される。

非磁性鋼の代表的なものに、Ni-Cr 系オーステナイトステンレス鋼や高 Mn 系オーステナイト鋼が挙げられるが、PC 鋼材としては強度と安定した非磁性を同時に満足することから後者に注目し、種々の成分のものが開発されている。我が国における代表例を表-5 (1)³⁾, (2)⁴⁾ に示す。

表-5 高 Mn 鋼の化学成分 (wt.%)

(1)

元素名		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
試験材料								
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
	SUS 304 ステンレス鋼線	0.07	0.70	1.50	0.019	0.009	8.50	18.50

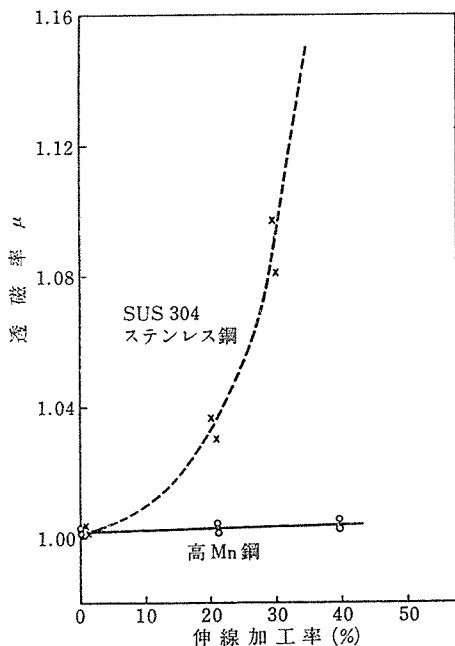
(2)

元素名		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
試験材料								
高 Mn 非磁性鋼棒		0.70	0.75	14.50	0.025	0.005	—	*
ステンレス PC 鋼線		0.084	0.48	0.77	0.034	0.020	8.58	19.10
高炭素鋼棒		0.73	0.30	0.70	0.020	0.020	—	—

* 数%添加されている。

図-2(1), (2) は、それぞれ表-5 (1), (2) に示す化学成分を有する高 Mn 系非磁性 PC 鋼棒の透磁率と加工度の関係を、従来の高炭素鋼棒やステンレス鋼と比較したものである。図示のように、高 Mn 系 PC 鋼棒は高加工を加えてもきわめて安定した非磁性を保持していることが明白である。さらに、核融合装置のように 5000 エルステッドという強磁場のもとにおいても、1000 エルステッドの場合と同等の非磁性が確認されている。これは、高 Mn 鋼では高加工を施しても強磁性のマルテンサイト組織が生じないためである。

加工率が增大すると引張強度が増大するが、例えば表-5 (1) の高 Mn 鋼では、図-3 のように 40% 加工で降伏点 148 kg/mm², 引張強度 178 kg/mm² が達成される。伸びと絞り、それぞれ 5%, 35% となり、高炭素 PC 鋼材に比べると逆に若干減少するが、実用上じん性に悪影響を及ぼすほどのものではない。さらに、表-5 (2) のものについて、-150°C~600°C の範囲で温度依存特性が検討された結果、パーライト組織の高炭素鋼では 150°C 付近で引張強度の低下率が停滞するのに対し、オーステナイト組織の高 Mn 鋼では 300°C 付近にその停滞がみられるという。



(1) 表-5 (1) のもの (1000 エルステッドの場合)

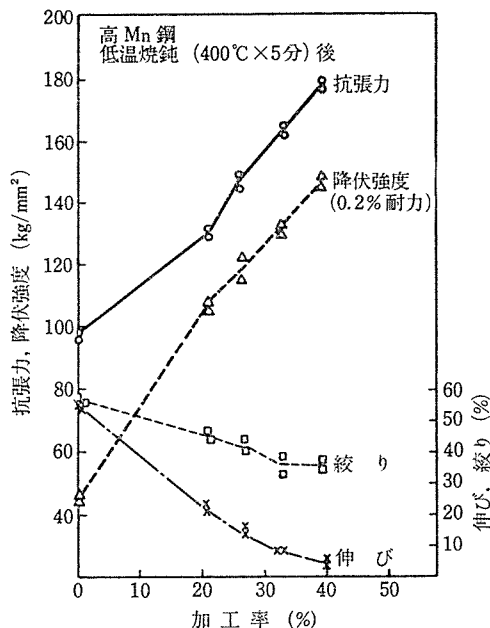
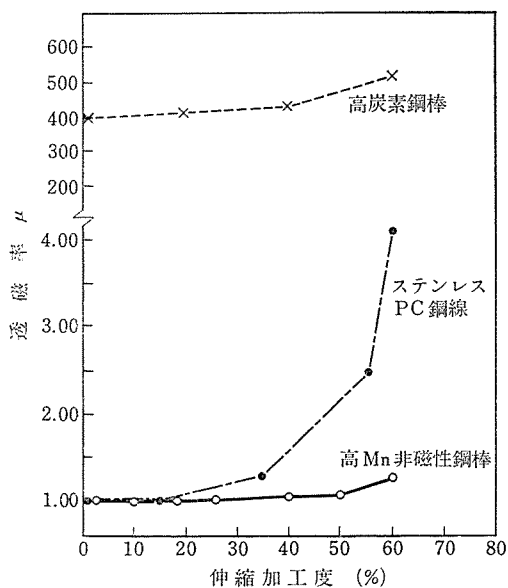


図-3 高 Mn 鋼の機械的性質と加工度の関係



(2) 表-5 (2) のもの (200 エルステッドの場合)

図-2 高 Mn 鋼の透磁率と加工度の関係

高 Mn 鋼では加工度の増大に伴ってじん性が若干低下する傾向にあるため、その疲労特性は高炭素鋼よりやや劣る。しかし、下限応力を引張強度の 60% とした場合、10 kg/mm² の応力振幅では 2×10^6 回の繰返しでは疲労破壊が生じないことが確認されている。PC 構造がコンクリートにひびわれの発生を許さない状態で使用される場合、活荷重によって生ずる PC 鋼材の応力振幅は通常 5 kg/mm² 以下であることを考えると、特に問題はない。

一方、40% 加工を施した高 Mn 鋼の、初荷重を引張

強度の 70%、20°C 下における 10 時間後のレラクセーション値は、低温焼鈍 (400°C : 5 分) で 1.9%、ホットストレッチング (470°C) で 0.3% であって JIS 規格を満足すること、さらに、200°C では高炭素鋼の 40% 程度に減少し高 Mn 鋼は温度依存性も小さいことが認められている。

次に、高 Mn 鋼の NH₄SCN 溶液 (20 wt.%, 50 ± 1°C) による応力腐食促進試験結果の一例を図-4 (1) に示す。ただし、高 Mn 鋼は溶体化処理、伸線加工、低温焼鈍の組合せにより、また高炭素鋼はパテンチング時の温度と伸線加工の組合せにより 110~180 kg/mm² の引張強度を得、負荷応力をその 70% としたものである。図示のように、引張強度の増加に伴う破断時間の減少率は高 Mn 鋼の方が小さく、高炭素鋼より応力腐食抵抗性が大きい。

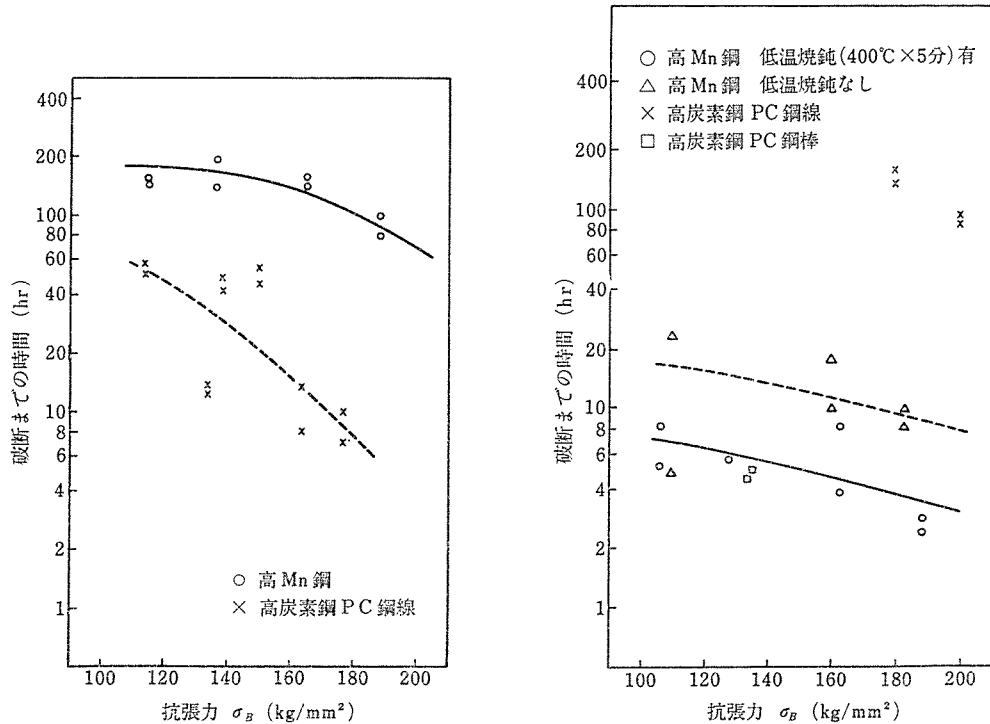
これに対して、NH₄NO₃ 溶液 (20 wt.%, 90 ± 1°C) による試験では、図-4 (2) のように高 Mn 鋼は高炭素鋼 PC 鋼線よりは早期に破断するが、高炭素鋼 PC 鋼棒と比較すると同程度かむしろ良好な抵抗性を示す。

以上のことから、高 Mn 鋼の応力腐食抵抗性は少なくとも高炭素鋼 PC 鋼棒と同程度以上と判断される。

なお、高 Mn 鋼の線膨張係数は、高炭素鋼より若干大きい、PC 鋼材としての使用上とくに問題となるほどのことでもないとされている。

5. Si-Cr 鋼

近年、原子力発電用の圧力容器などに PC を応用することの利点が広く認められ、これとともに高温度下に



(1) 20% NH₄SCN, 50±1°C 溶液による場合 (2) 20% NH₄NO₃, 90±1°C 溶液による場合
 図—4 高 Mn 鋼の応力腐食促進試験結果 (表—5 (1) のもの)

においてすぐれた機械的性質を保持し、低レラクセーション特性を有する PC 鋼線やより線の開発・研究が進められている。

PC 鋼線の高引張強度化には、冷間伸線加工による方法と焼入れ・焼戻し硬化による方法があるが、後者は応力腐食の危険性が高いことから一般には前者が採用されている。

Si 鋼線あるいは Si-Cr 鋼線は、通常の高炭素鋼 PC 鋼線に Si または Si-Cr など、いわゆる合金炭素を添加することによって高引張強度・高じん性を付与し低レラクセーション化をはかるとともに、応力腐食に対しても従来の冷間伸線加工 PC 鋼線と同程度の抵抗性を有するよう開発されたものである。

Si-Cr 鋼線ならびに Si 鋼線の化学成分を高炭素鋼線と比較して表—6 に示す。

表—6 に示す Si-Cr 鋼線の一般的な機械的性質として、以下のことが明らかにされている³⁾。

加工硬化は、Si 鋼線や高炭素鋼線に比べると小さいため、180 kg/mm² 以上の高引張強度が必要とされる場合には 0.5~0.6°C 以上の高炭素化が要求される。しかし、Si-Cr 鋼線の弾性限と降伏点は、引張強度のそれぞれ 90%、97% と著しく高い。

一方、表—7 に上記 3 タイプの鋼線の高温強度特性を示すが、Si-Cr 鋼線の耐熱性が高炭素鋼 PC 鋼線に比べて著しくすぐれていることが明白にうかがえる。

さらに、20~200°C の温度範囲におけるレラクセーション値を図—5 に示す。図示のように、20°C においては高炭素鋼 PC 鋼線の 0.7×引張強度 に対する負荷応力下の 1000 時間後のレラクセーション値が 6% 程度であるのに対し、Si-Cr 鋼線では 1.8% 程度と著しく小さく、高温下においても同様の挙動が認められる。

このように、Si-Cr 鋼線は特に高温時の特性にすぐれている点に大きな利点があり、それを活用した PC 構造への適用が期待される鋼種の一つである。

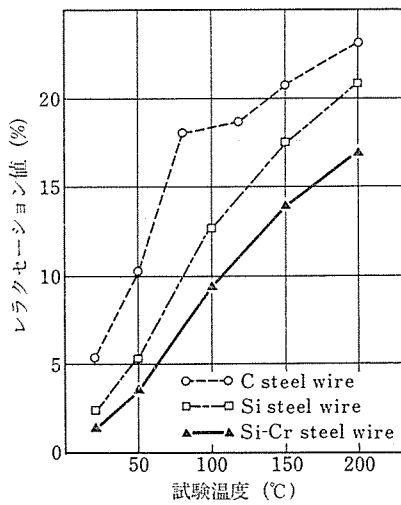
表—6 高炭素鋼線, Si 鋼線, Si-Cr 鋼線の化学成分 (wt.%)

	Specimens	C	Mn	Si	P _{max}	S _{max}	Cu _{max}	Cr	Reference
Specification	C-Steel	0.75-0.85	0.30-0.90	0.12-0.32	0.025	0.025	0.20	—	JIS
	Si-Steel	0.70-0.80	0.30-0.90	1.00-1.50	0.025	0.025	0.20	—	
	Si-Cr Steel	0.50-0.75	0.30-0.90	1.00-1.60	0.025	0.025	0.20	0.20-1.0	SAE 9254
Used sample	C-Steel	0.73-0.80	0.70-0.90	0.22-0.30	0.011-0.020	0.010-0.013	0.05-0.07	—	
	Si-Steel	0.72-0.78	0.52-0.89	1.10-1.49	0.008-0.018	0.005-0.013	0.05-0.06	—	
	Si-Cr Steel	0.52-0.59	0.66-0.73	1.39-1.52	0.008-0.016	0.008-0.012	0.05-0.06	0.58-0.70	

表一七 表一六の化学成分を有する3タイプ鋼線の温度依存特性

Percentage of room temperature strength (%)	Temperature to rupture (°C)			Temperature to yield (°C)		
	C-Steel	Si-Steel	Si-Cr Steel	C-Steel	Si-Steel	Si-Cr Steel
95	150	265	250	—	—	—
90	250	310	325	30	80	140
85	280	330	350	60	135	195
80	305	350	375	150	210	300
75	335	380	395	185	240	325
70	360	—	—	260	275	360
65	—	—	—	295	325	390
60	—	—	—	325	370	(415)
55	—	—	—	350	400	—
50	—	—	—	390	—	—

加熱時間 10分 測定時間 5分
保持時間 5分 400°Cまで試験



図一五 表一六の化学成分を有する3タイプ鋼線のラクラクセーション値 (0.7σ_u, 1000時間)

6. 総ねじ鋼棒

PC 鋼棒は、製造法からは圧延鋼棒、熱処理鋼棒、引

抜鋼棒の3種類に分類され、表面形状からは普通丸棒と異形棒に大別される。

丸棒は、通常両端にねじ転造加工がなされているが、製頭加工が施されることもある。一方、異形棒については、細径のものでは一般にらせん状の溝が設けられて端部でねじ転造または製頭加工が施されている。これに対して、太径のものでは代表的な例としては、図一六のように熱間圧延時にねじ状のリブを成形した総ねじ鋼棒とし、リブそのものが定着用のねじとして活用されるものがある。

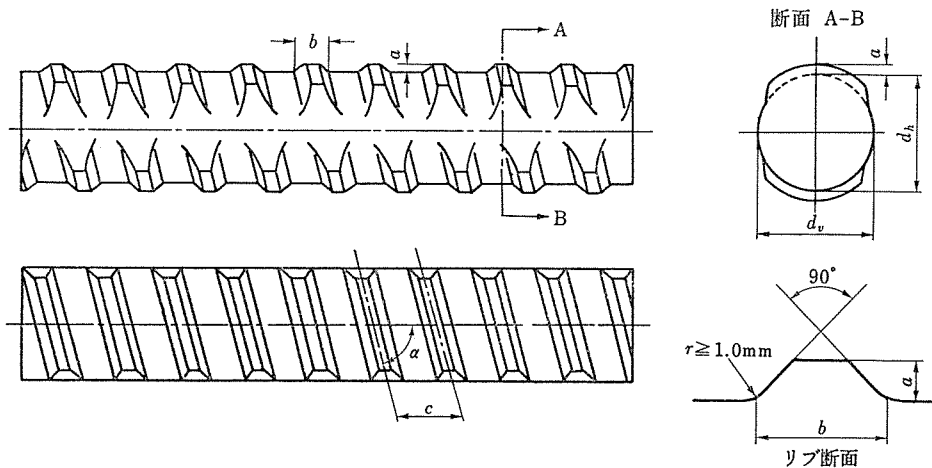
図一六の総ねじ鋼棒は、西ドイツの Dyckerhoff und Widmann 社で開発されたもので、ゲビンデスターブと称せられ現在我が国では住友電工社が製造販売権を有している。

これはキルド鋼を使用し、熱間圧延時に全長にわたってねじ状のリブを成形した後、ストレッチング・ブルーイング処理がなされたもので、製造工程中に降伏点荷重まで緊張することによって品質が確認されている。

現在使用できる寸法ならびに各々の機械的性質を表一八⁶⁾ に示す。

この総ねじ鋼棒の特徴は、以下のとおりである。

- 1) 施工現場においても必要な長さで切断できる。なお、ガス切断によって脆い材質となる硬度変化の範囲は、φ26mmの場合で切断面から7~8mmとされているが、安全のためにナット端面から棒径に相当する長さだけ離れた位置で切断するのが望ましい。
- 2) 緊張作業時にプルロッドが不要で、施工が簡略化される。
- 3) ねじ部での強度低下を考慮する必要がなく、母材径を用いて応力計算することが可能である。
- 4) 曲げ引張荷重作用時の、いわゆる角度定着による



図一六 総ねじ鋼棒—ゲビンデスターブ—の断面特性

表一8 総ねじ鋼棒

(1) 寸 法

呼び名 D mm	単位重量 G kg/m	母材部基本径		母材部 断面積 mm ²	ネジ状リブ寸法			
		d_h mm	d_v mm		高さ a mm	幅 b mm	ピッチ c mm	リード角 α 度
23	3.42	23.0	23.0	415.5	1.4	5.5	12	81
26	4.38	26.0	26.0	530.9	1.7	6.5	12.7	81
32	6.63	32.0	32.0	804.2	2.0	7.0	17	81

- 注 (1) 鋼の重量は単位重量 7.85 g/cm³ として計算。
 (2) 重量誤差は +3%, -2% の範囲まで許容する。
 (3) d_h =ネジ状リブに対し垂直方向の直径。 d_v =ネジ状リブに対し直角方向の直径。

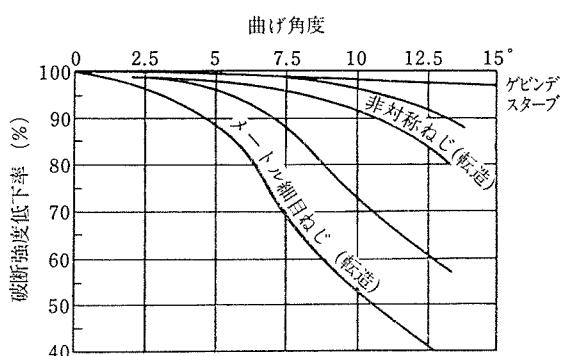
(2) 機械的性質

呼び名	公称径 mm	母材部 断面積 mm ²	引 張 試 験					レラクセー ション設験
			降 伏 点 kg/mm ²	降伏点荷重 kg	引張強さ kg/mm ²	引張荷重 kg	伸 び %	レラクセー ション値 %
23mm	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
26mm	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
32mm	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

- 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) 伸び測定の際の間隔は, 公称径の 8 倍とする。
 (3) レ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レラクセーション値とする。

表一9 総ねじ鋼棒の付着強度試験結果

試験	コンクリート 圧縮強度	自由端すべり量					
		ゲベンデスターブの方向	0.05mm	0.10mm	0.25mm	平均	最大荷重時
試験 1	405	リブを水平	56	76	96	76	118
		リブを鉛直	40	50	75	55	127
試験 2	408	リブを水平	42	61	89	64	116
		リブを鉛直	42	56	100	66	131



図一7 角度定着の影響

強度低下は, 図一7⁶⁾ のように通常の転造ねじに比べてほとんどみられない。

- 5) コンクリートとの付着特性がきわめてすぐれている。このため, アースアンカーなどの埋込みアンカーにも経済的に適用することが可能である。20×20×20 cm 立方体供試体中に埋め込まれた総ねじ鋼棒

(32 mm φ) の引抜付着強度に関する試験結果を表一9⁶⁾ に示す。それによると, 土木学会コンクリート標準示方書の異形鉄筋に対する許容付着応力度の 3 倍程度の付着強度を有する。

総ねじ鋼棒は上記のような特徴を有するため, 通常の PC 構造物のほかに, 橋梁の縦締めや横締め, 仮設用, ロックアンカーやアースアンカー, さらに高張力異形鉄筋などとしても用いられている。

7. む す び

先に述べたように, 最近とくに PC の有する種々の利点が広く認識され, その適用範囲は年々拡大しつつある。

PC 鋼材の性能は PC 構造そのものの特性を支配すると言って過言ではなく, 新しい構造用途に要求される PC 鋼材の性能は広い視点から検討されねばならないものである。

本稿で取り上げた PC 鋼材は、必ずしも新しい鋼種のものばかりではないが、それぞれが有する本来の特徴が十分に把握され、今後より合理的な活用法の検討がなされることを期待するとともに、日進月歩に発展している PC 技術に即応した新鋼種の開発がさらに進められることを念願するものである。

参 考 文 献

- 1) 谷餘士雄：諸外国における コンクリート 補強用鋼材，コンクリート工学，Vol. 17, No. 7, July 1979
- 2) 神鋼鋼線工業研究開発部第 2 研究室資料：PC 鋼より線 B 種について，Nov. 1981
- 3) 坂村杲ほか 5 名：プレストレスト・コンクリート用非磁性鋼材，住友電気・第 118 号，March 1981
- 4) 坪野秀良ほか 3 名：高 Mn 非磁性 PC 鋼棒の諸特性について，プレストレストコンクリート，Vol. 23, No. 3, May 1981
- 5) 本田一郎ほか 4 名：シリコン鋼，シリコン-クロム鋼 PC 鋼線のレラクセーションについて，プレストレストコンクリート，Vol. 12, No. 2, March 1970
- 6) 住友電工技術資料：ゲビンデスターブ

◀刊行物案内▶

PC による構造物の補強と PC 構造物の設計・施工

本書は第 9 回 PC 技術講習会のためのテキストとして編纂したもので、その内容はプレストレスによるコンクリート構造物の補強または補剛、さらに補修について土木、建築構造物双方の実例を挙げて説明されている。その他、最近、長大化スパンに伴い最も多く採用されているカンチレバー工法による PC 橋の設計・施工について、国内はもちろん、諸外国の実例を示し、片持架設される橋梁形式の PC 桁橋、PC 斜張橋、コンクリートアーチ橋、PC トラス橋について、幅広く詳細な施工要領が示されている。また巻頭には 1980 年 9 月ルーマニア国ブカレストにおいて行われた FIP シンポジウムの報告として、世界におけるプレストレストコンクリート概念について詳述されている。

内容は大きく 3 項目に分かれているが、非常に中味の濃い、PC 技術者にとっては必携の図書としてお勧めいたします。ご希望の方は代金を添えてプレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

体 裁：A 4 判 131 頁

定 価：3,500 円 送 料：450 円

内 容：(A) プレストレストコンクリート概念の世界の現況，FIP パーシャルプレストレッシングに関するシンポジウム（ブカレスト）総括報告，パーシャルプレストレッシングの利点と定義，設計法および設計諸規準，実験的研究，適用例。(B)-1 建築構造物の補修と補強，まえがき，床スラブのひびわれ，たわみ障害と補修，プレストレスによる曲げ耐荷能力の増大，せん断ひびわれの補修，地震被害を受けた建築構造物の補修，結言。(B)-2 PC による構造物の補強の実例（道路橋編），概論，コンクリート構造物に発生する欠陥，ひびわれに関する調査，補修工法，プレストレスによる補修，プレストレスによる補強例。(B)-3 PC 鉄道橋の補修・補強，補修・補強の概念，構造物の検査，PC 鉄道橋の補修・補強の研究の概要，補修事例。(C) カンチレバー工法による PC 橋の設計・施工について，概要，現場打ち工法，プレキャストブロック工法，斜張橋，アーチ橋，PC トラス橋，設計，安全性，断面力，上げ越し計算，施工。