

アンカーケーブル摩擦抵抗試験報告

厚肉被覆アンボンドケーブル（その 1）

山 田 邦 光*
 内 藤 清 司**
 豊 川 哲 郎†
 須 方 正 文††
 押 野 幸 一†††

1. 概 説

アースアンカーやロックアンカーは、年々、増加の傾向にあり、その用途も多岐にわたっている。また、仮設のみならず永久アンカーとしても多く使用されており、アンカー長も非常に長いものが要求されるようになってきた。

現在、アンカーケーブルの加工は、現場において行われる場合が多い。しかし、施工性を考慮した場合、工場加工のアンボンド PC 鋼より線への要求が高まってきた。従来のアンボンド PC 鋼より線は、被覆が薄かったため、永久用アンカーには不適當であったが、最近、厚肉被覆型シースド PC 鋼より線が開発されたため、永久アンカーに工場加工のアンボンド PC 鋼より線を使える見通しがついた。

しかしながら、長尺アンカーにアンボンド PC 鋼より線を用いる場合、アンボンド被覆内部の摩擦抵抗により、ジャッキによる緊張力が、定着端（アンカー体）には、かなり減少して伝達されるものであり、また、時間の経過とともに変化するものと考えられる。

今回の試験は、これらのデータを得るために行ったものであり、その結果を図-2~11 に示した。

その結果、アンカーケーブル自由長 120 m で試験し

た場合、厚肉被覆型シースド PC 鋼より線の摩擦係数 (λ) は、 $\lambda=0.0007\sim 0.0012$ となり、従来のアンボンド PC 鋼より線の $\lambda=0.0025\sim 0.0035$ より小さく、時間の経過によっても、荷重の変化の少ないことが確かめられた。

したがって、長尺アンカーに使用するアンカーケーブルとしては、厚肉被覆型シースド PC 鋼より線が適していることがわかった。

2. 試験概要

試験用アンカーケーブルは、長さ 120 m のアンボンド PC 鋼より線、19 本より $\phi 17.8$ mm と 7 本より $\phi 12.7$ mm を用いた。

アンカーケーブルの加工は、工場で行った。

19 本より $\phi 17.8$ mm の PC 鋼より線は、厚肉被覆のアンボンド加工を、7 本より $\phi 12.7$ mm の PC 鋼より線は、従来の被覆のアンボンド加工を行った。試験体の作成は、図-1 のごとく地盤に長さ 120 m、幅×深さ=40 cm×40 cm の溝を掘り、図心位置に厚肉被覆型アンボンド PC 鋼より線 $\phi 17.8$ mm およびアンボンド PC 鋼より線 $\phi 12.7$ mm を各々配置した後、コンクリートを打設した。この際、PC 鋼より線の直線性を出すため、両方のストランドとも、50 cm 間隔で位置決め

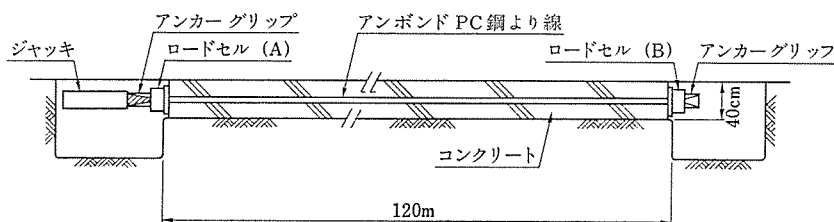


図-1 試験体断面図

* 大成建設（株）技術研究所土木構造研究室室長
 ** 大成建設（株）技術研究所土木構造研究室主任研究員

† 東京製鋼（株）技術部課長
 †† 東京製鋼（株）技術部課長代理
 ††† 東京製鋼（株）技術部

ための支持金具を配置した。

コンクリートが硬化した後、PC 鋼より線の両端にアンカーグリップ、ロードセルを取りつけ、片端からセンサーホールジャッキにより緊張した。

表-1 アンボンド被覆の仕様

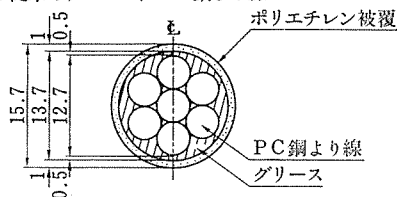
ストランドの種類	アンボンド加工			
	被覆材料	被覆厚さ	ストランドとのクリアランス (設計)	グリースの種類
19本より φ17.8 mm	ポリエチレン	5.0 mm	0.5 mm	KW-20A
7本より φ12.7 mm	ポリエチレン	1.0	0.5	KW-20A

表-2 PC 鋼より線の種類と機械的性質 (JIS G 3536)

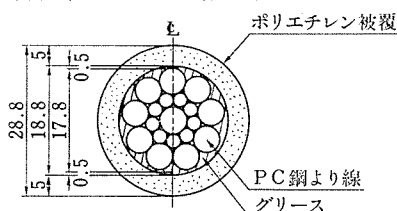
ストランドの種類	19本より φ17.8 mm	7本より φ12.7 mm
断面積 A (mm ²)	208.4	98.71
重量 W (kg/m)	1.652	0.774
引張荷重 P _u (t)	39.5	18.7
降伏荷重 P _y (t)	33.6	15.9
伸び (%)	3.5	3.5
緊張中の許容引張力 (t)	30.2	14.3
定着後の許容引張力 (t)	23.7	11.2
*弾性係数 (kg/mm ²)	19 700	19 700

* 弾性係数は実測値

1. 従来のアンボンド PC 鋼より線



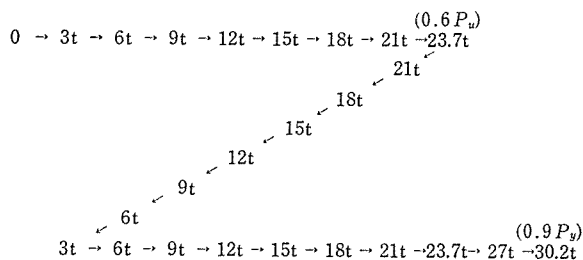
2. 厚肉被覆型シースド PC 鋼より線



3. 載荷方法

(1) 厚肉被覆型シースド PC 鋼より線 φ17.8 mm

緊張荷重



緊張荷重 23.7 t (0.6 P_u) において 30 分間保持。

途中の緊張荷重において 2 分間保持。

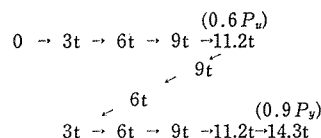
緊張荷重 30.2 t (0.9 P_y) に達した際、ただちに定着を行い、定着後の緊張側、固定側の荷重の変化をロードセルにて測定した。

緊張荷重の管理は、ロードセル荷重に基づいた。

各段階毎の緊張荷重を保持する際には、ジャッキのストロークを固定し PC 鋼より線の伸びを制御する方式と、載荷荷重を一定に保持して PC 鋼より線の伸びを許す方式の両者について試験を行った。

(2) アンボンド PC 鋼より線 φ12.7 mm

緊張荷重



緊張荷重 11.2 t (0.6 P_u) において 30 分間保持。

途中の緊張荷重において 2 分間保持。

緊張荷重 14.3 t (0.9 P_y) に達した際、ただちに定着を行い、定着後の緊張側、固定側の変化をロードセルにて測定した。

緊張荷重の管理は、ロードセル荷重に基づいた。

緊張荷重の保持は、(1) と同様に、ジャッキストロークを固定する場合と、緊張荷重を一定とする場合の両者について試験を行った。

4. 試験データの整理方法

(1) 摩擦係数 (λ)

土木学会、プレストレストコンクリート標準示方書より

$$P_x = P_i e^{-\lambda \cdot x}$$

$$\therefore \lambda = -\frac{1}{x} \log e \frac{P_x}{P_i}$$

ここに、

P_x : 固定側荷重 (kg)

P_i : 緊張側荷重 (kg)

x : アンカーケーブル自由長 (cm)

λ : 摩擦係数 (1/m)

(2) 単位面積当りの摩擦抵抗 (τ)

$$\tau = \frac{P_i - P_x}{\pi \cdot d \cdot x}$$

ここに、

P_x : 固定側荷重 (kg)

P_i : 緊張側荷重 (kg)

d : PC 鋼より線直径 (cm)

x : アンカーケーブル自由長 (cm)

τ : 摩擦抵抗 (kg/cm²)

5. 試験結果

- (1) 片端緊張におけるアンカーケーブル伸び
図-2, 3
- (2) 片端緊張における荷重差
図-4, 5, 6
- (3) 片端緊張における摩擦係数
図-7
- (4) 片端緊張における単位面積当りの摩擦抵抗
図-8
- (5) 片端緊張における荷重の時間的变化
図-9
- (6) 片端緊張における摩擦係数の時間的变化
図-10
- (7) 定着後の荷重の時間的变化
図-11

6. 考 察

アンカーケーブルの伸びは、図-2, 3 からわかるように、荷重上昇時の曲線と戻り曲線がほぼ平行直線的に変化している。

厚肉被覆型シーソド PC 鋼より線（厚肉アンボンド PC 鋼より線と呼ぶ）の場合、図-2 からわかるように、荷重上昇時には、コンクリートの弾性変形を無視した PC 鋼より線の計算伸びと実際伸びがほぼ一致するが、戻り時には、計算伸びより実際伸びが大きい。

一方、従来のアンボンド PC 鋼より線の場合、図-3 からわかるように、荷重上昇時には、計算伸びより実際伸びが小さく、戻り時には、計算伸びより実際伸びが大きい。

これらは、あきらかに、ケーブル自由長部に摩擦抵抗が生じていることを示している。

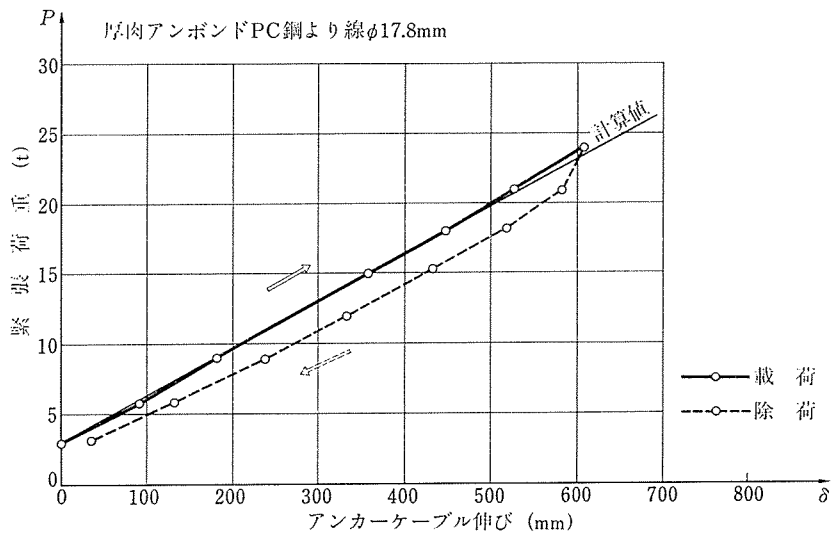


図-2 片端緊張におけるアンカーケーブル伸び

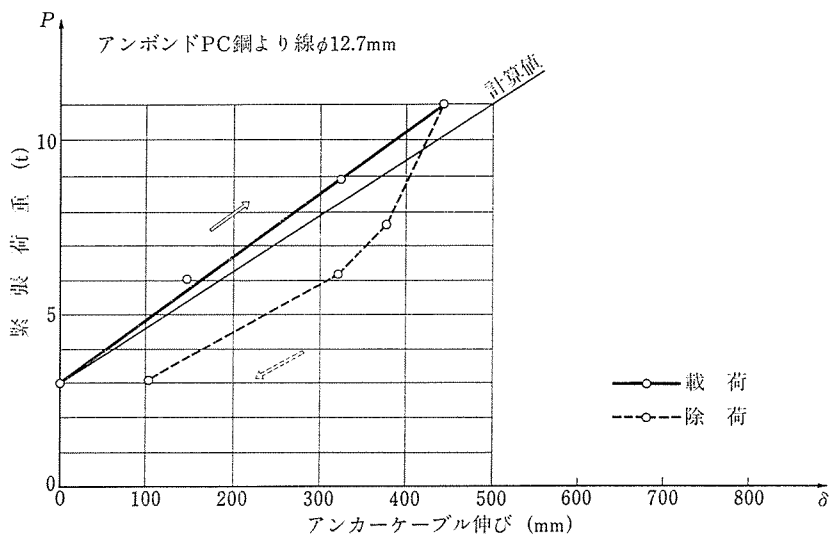


図-3 片端緊張におけるアンカーケーブル伸び

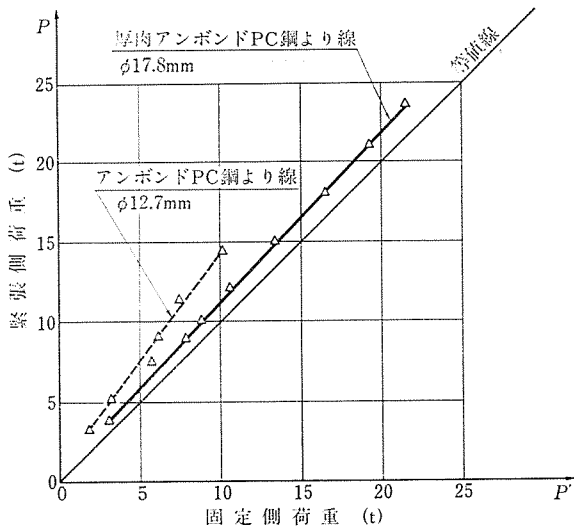


図-4 片端緊張における荷重差

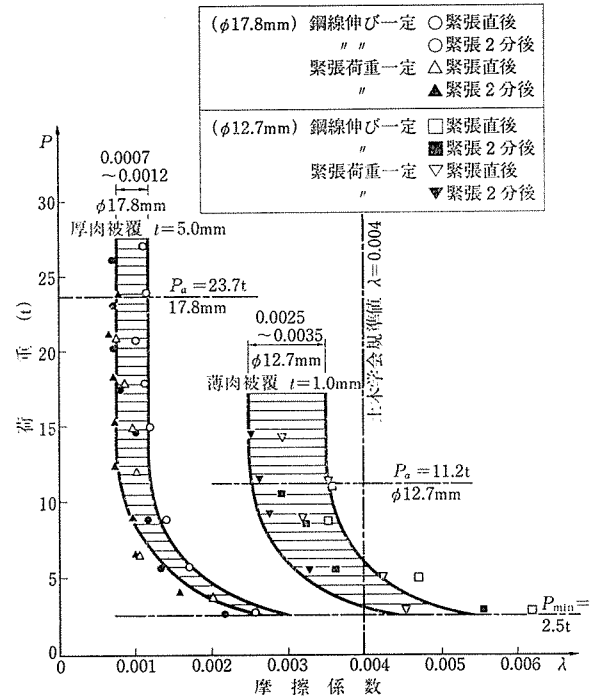


図-7 片端緊張における摩擦係数

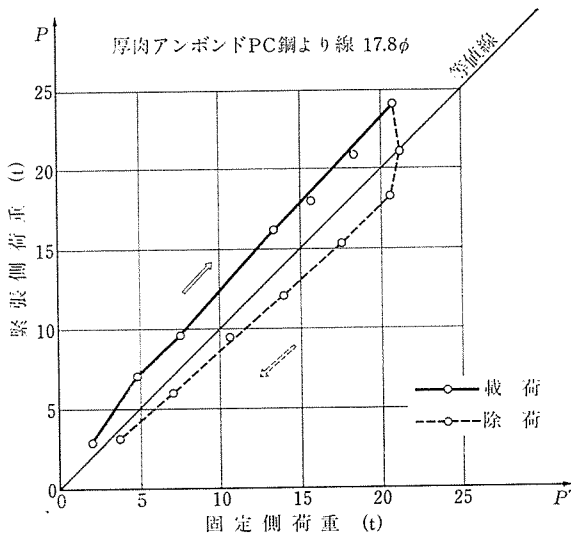


図-5 片端緊張における荷重差

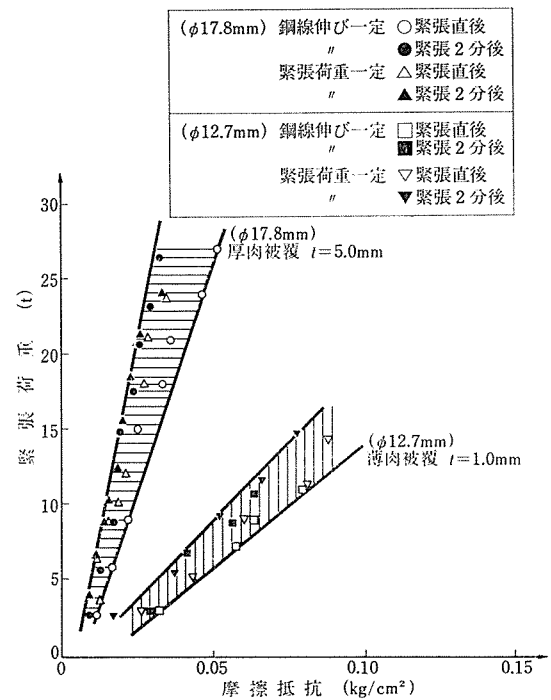


図-8 片端緊張における単位面積当りの摩擦抵抗

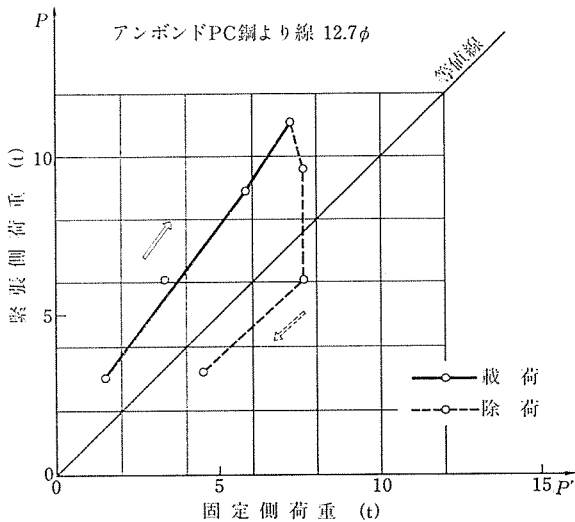


図-6 片端緊張における荷重差

その量は、図-4, 5, 6 のとおりで、緊張側荷重 P_1 と固定側荷重 P_2 の値が等しい場合、すなわち摩擦抵抗が全くなければ、曲線は等直線上にプロットされる。しかし、図-4, 5, 6 では、固定側荷重の方が小さい値を示し、しかも直線状に変化している。その値は、厚肉アンボンド PC 鋼より線の場合、8~12%、従来のアンボンド PC 鋼より線の場合、20~30% 減少する傾向にあり、

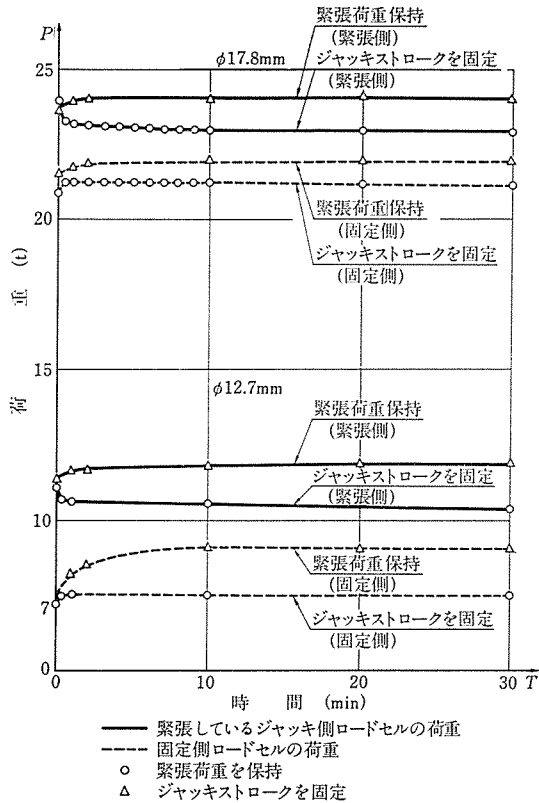


図-9 片端緊張における荷重の時間的变化

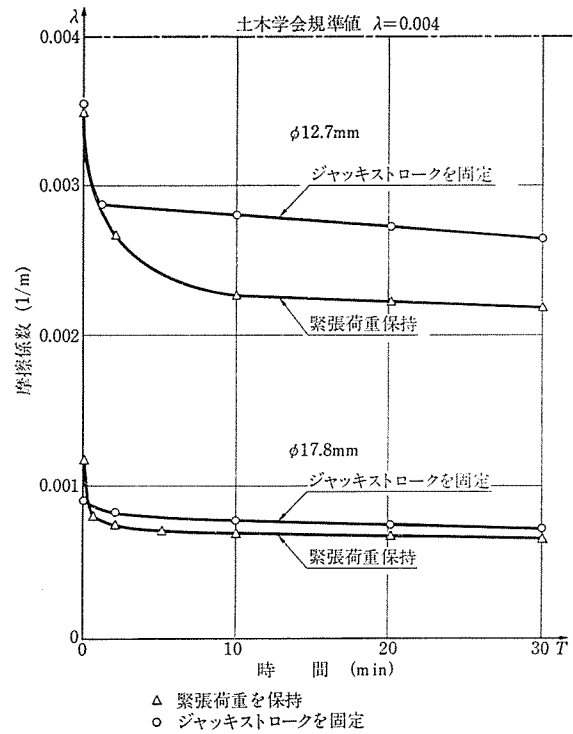


図-10 摩擦係数の時間的变化

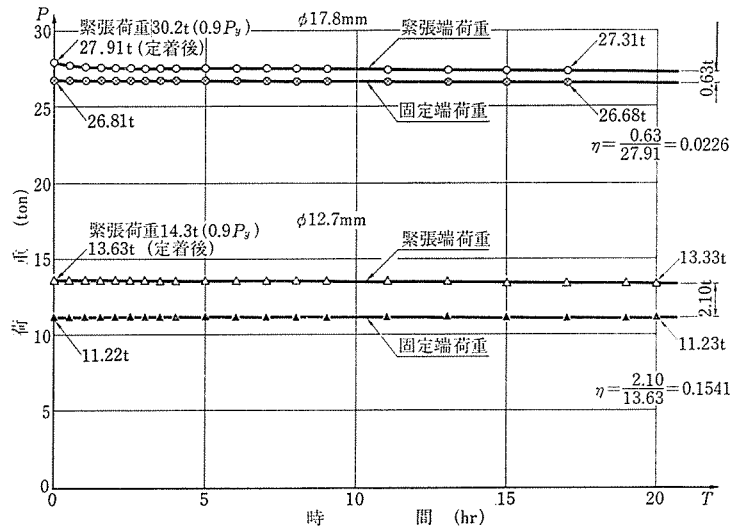


図-11 定着後荷重の時間的变化

荷重の増加に比例して、摩擦抵抗も増えることを意味している。

これを摩擦係数で示すと、図-7 のようになり、荷重が小さいうちは、非常に大きな摩擦抵抗値となり、荷重が大きくなるにつれてその割合は一定となる。

その値は、片端緊張において、厚肉アンボンド PC 鋼より線の場合、0.0007~0.0012、従来のアンボンド PC 鋼より線の場合、0.0025~0.0035 であった。

また、摩擦抵抗値を単位面積で除してみると、図-8 のように、厚肉アンボンド PC 鋼より線の場合も、従来のアンボンド PC 鋼より線の場合も、2つの直線に囲まれた範囲内で比例関係にあり、その値は厚肉被覆の方が小さい。

この時の荷重は、ジャッキストロークを固定し、PC 鋼より線の伸びを一定に保持したももの、緊張荷重を一定として、PC 鋼より線の伸びを許すようにしたもの

も、保持時間が0分の場合より、2分の場合の方が小さく、しかも安定している。

片端緊張における荷重の時間的変化を示すと図-9 のようになり、荷重一定保持を試みたが多少の変動がみられ、保持時間が2分ぐらいになると緊張側荷重も、固定側荷重も一定となる傾向が見られる。このなかで、従来のアンボンド PC 鋼より線の緊張荷重を一定に保持した場合には、固定側荷重が一定になるまでに約 10 分の時間を要している。これは、厚肉被覆の場合、摩擦抵抗が小さく、従来のアンボンド PC 鋼より線の摩擦抵抗が大きいことを示している。

このように、厚肉被覆アンボンド PC 鋼より線の方が、従来のアンボンド PC 鋼より線よりも、摩擦係数が小さく、しかも安定していて、バラツキが少ない。その理由として、

- 1) 被覆が厚い場合、長さ方向の曲げ剛性が大きくなるため、変形量が少なく、直線性がよくなり、角変化に対する摩擦係数の影響が少ない。
- 2) 被覆が厚い場合、断面方向の剛性が大きくなり、被覆外部からの円周方向の圧縮力を被覆シースで受けもつことができるので変形を拘束でき、摩擦が小さくなる。

等が考えられる。

定着後の荷重の時間的変化について示すと、図-11 のようになり、固定側荷重は、最初の数時間は、ほんのわずかずつ増加する傾向にあるが、その後は、一定となる。一方、緊張側荷重は、ほんのわずかずつ減少の傾向にある。この理由として、時間の経過とともに、摩擦の影響が現われ、緊張側の荷重は、摩擦切れに伴って、減少し、逆に、固定側の荷重は、伝達と同時に漸次増加していくことであると考えられる（鋼材のレラクセーションおよびコンクリートのクリープ等は、両端にほぼ均等に影響しているものとする）。

7. ま と め

今回の試験の結果から、アンカーケーブル自由長部の摩擦抵抗を、土木学会、プレストレストコンクリート標準示方書に規定されている式

$$P_x = P_i e^{-\lambda x}$$

P_x : 定着端 (アンカー体) 荷重

P_i : 緊張荷重

λ : 摩擦係数 (1/m)

x : アンカーケーブル自由長

より求めた場合、

- 1) 厚肉被覆型シースド PC 鋼より線

$$\lambda = 0.0007 \sim 0.0012 \text{ (1/m)}$$

(厚肉アンボンド PC 鋼より線)

- 2) 従来のアンボンド PC 鋼より線

$$\lambda = 0.0025 \sim 0.0035 \text{ (1/m)}$$

の範囲であった。

これは、土木学会、プレストレストコンクリート標準示方書に示されている $\lambda = 0.004$ (1/m) を満足している。

また、今回の試験より、厚肉被覆型シースド PC 鋼より線は、PC 被覆が厚いため、PC 鋼より線を永久防護することのほかに、従来のアンボンド PC 鋼より線に比

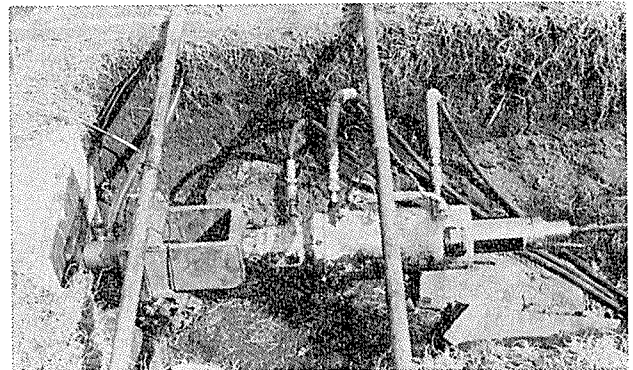


写真-1 アンカーケーブル緊張状況

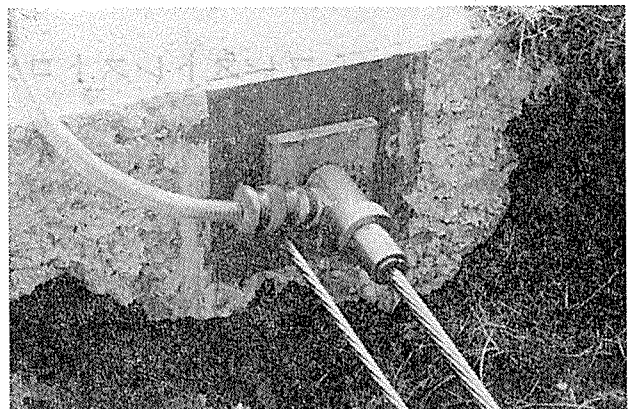


写真-2 アンカーケーブル定着後の状況

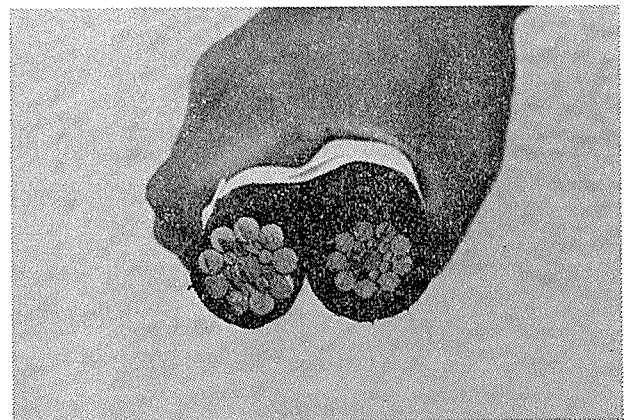


写真-3 PC 鋼より線断面

報 告

して、摩擦抵抗が小さく、しかも安定していることが確かめられた。今後、長尺の永久アンカーを施工するケースが増えてくることが予想されるが、アンカーケーブルとして厚肉被覆型シースド鋼より線の需要が増大するものと考えられる。

試験関係者

大成建設（株） 技術研究所

室 長 山 田 邦 光
係 長 内 藤 清 司
主 任 中 西 章
研 究 員 橋 本 功

東京製綱（株） 研究所

所 長 小 川 光太郎
研 究 員 川 岸 美 裕
研 究 員 緒 方 裕

東京製綱（株） 技術部

課 長 豊 川 哲 郎
課長代理 須 方 正 文
部 員 押 野 幸 一

試験場所

東京製綱株式会社 土浦工場
茨城県新治郡出島村実倉 5707

【昭和 57 年 10 月 8 日受付】

◀新刊図書案内▶

プレストレストコンクリート技術の現況

本書は全国七都市で行った第 10 回 PC 技術講習会のテキストとして編纂したもので、PC 技術の現況と題し、下記に示すとおり内容も豊富なものとなりました。地区によってはテキストの不足を生じた会場もあり、大変な盛況でした。その内容は大きく 4 項目からなっており、すなわち PC の設計に関する各国の規定、PC 鋼材について、建築に関する PC 部材の接合法、さらに今度の編纂に最も力点を置いた PC 橋の架設工法総覧であります。

特に最後の項は、PC 橋梁関係者にとっては、最近の新しい工法も採りいれられていることにもより、大変よくまとまった格好の資料になることと思います。掲載資料を欲ばり、頁数が多くなり過ぎた嫌いがありましたが、ご自身の勉強のためもさることながら社員教育用にも最適かと存じます。ご希望の方は代金を添えて（社）プレストレストコンクリート技術協会（電 03-261-9151）宛お申し込みください。

体 裁：A 4 判 216 頁

定 価：5,000 円 送 料：800 円

内 容：(A) プレストレストコンクリートの設計に関する各国の規定（主としてひびわれ発生許容プレストレストコンクリートについて）。(B) PC 鋼材について。(C) PC 部材の接合法（その力学的基本特性）。(D) プレストレストコンクリート橋の架設工法総覧，1) 概説，2) PC 桁の移動架設工法，3) 場所打ち工法（支保工），4) プレキャストブロック工法，5) カンチレバー工法，6) 移動支保工，7) 押出し工法，8) PC 鉄道橋の架設。