

## 石炭サイロにおけるプレストレスに関する実験

羽 切 道 雄\*  
山 下 善 孝\*\*  
岡 本 修 平\*\*

## 1. はじめに

清水建設では、昭和 56 年 4 月よりプレストレストコンクリート構造の石炭サイロ実証試験を行ってきた。実証試験は、① 構造特性の把握、② 目詰りしない構造の確認、③ 定量払出し能力の確認、④ プラントのシステム化の実証、⑤ 防災システムの実証、で構成されており、今回本誌には、この実証試験のうちプレストレストコンクリートに関する試験結果を報告する。

本試験の目的は、石炭サイロをプレストレストコンクリート構造で建設するにあたり、設計時に用いた各種数値の妥当性の確認、あるいは将来必要となることが予想されるデータを得ることであり、以下の実験を行った。

- 1) 摩擦係数の測定
  - 2) 断面不均一部の導入応力の検証
  - 3) 応力ロスの予測値と実測値の比較
  - 4) フローティングアンカーシステムの実証
- それぞれの試験の概要を述べる。

## 1) 摩擦係数の測定

水平方向のケーブルを 360° 配置、2 ピラスター定着方式としたので、一般の梁などに用いるケーブル（角度変化が 30° 程度）と比べ、摩擦係数が異なるかどうかの確認を目的とした。また、アンボンドタイプのケーブルを本工事用ケーブルとは別に設置して摩擦係数の測定を行った。

## 2) 断面不均一部の導入応力の検証

本構造は筒体下部にホッパーを有し、この部分の壁厚が筒体部分より厚く、かつ一様でないので、この部分の導入応力がどのようになるかを検証した。

## 3) 応力ロスの予測値と実測値との比較

アンボンドケーブルについて、緊張工事後約 15 か月経過時の緊張力の再計測を行って、設計時に設定したクリープ係数、乾燥収縮ひずみの妥当性について検討した。

## 4) フローティングアンカーシステムの実証

ケーブル緊張力の均一化と定着端応力の緩和のために

ケーブルの緊張、除荷を繰り返すフローティングアンカーシステムについて、この考え方および設計法の妥当性について検討した。

## 2. 石炭サイロの概要

## 2.1 設計の概要

本実証試験サイロの設計は一基の容量が 3~5 万トンクラスのサイロの石炭積付け高さを想定して計画がなされた。図-1 に 4 万トンサイロと実証試験サイロとの比較図を示す。実証サイロにおいて石炭の積付け高さの不足分に相当する重量は鋼板にて載荷した。

実証試験サイロの実証項目の主なものとしては、

- ① 構造特性の把握
- ② 目詰りしない構造の確認
- ③ 定量払出し能力の確認
- ④ プラントのシステム化の実証
- ⑤ 防災システムの実証

等であり、これら全項目について長期間にわたる実証試験が行われた。

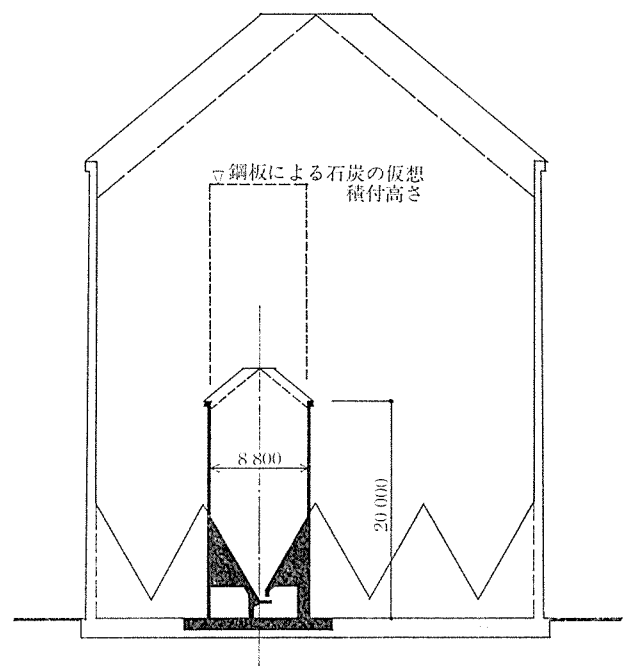


図-1 石炭サイロ実証試験構造体

\* 清水建設(株)設計本部

\*\* 清水建設(株)原子力本部

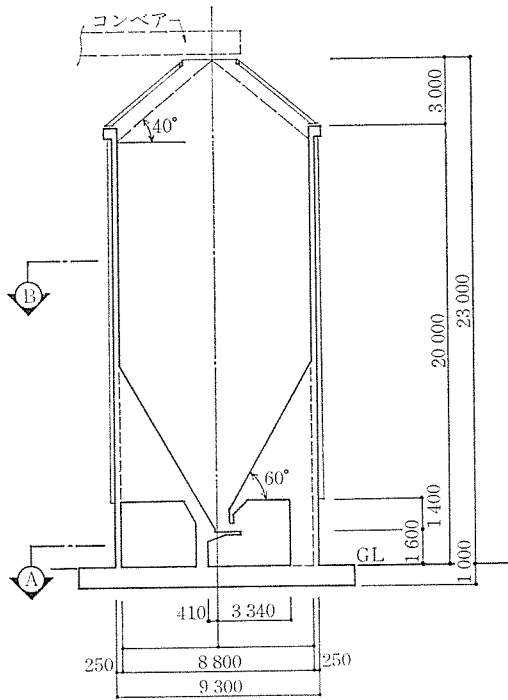
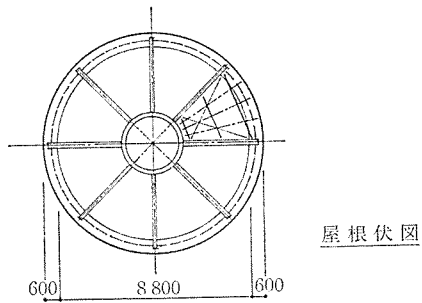
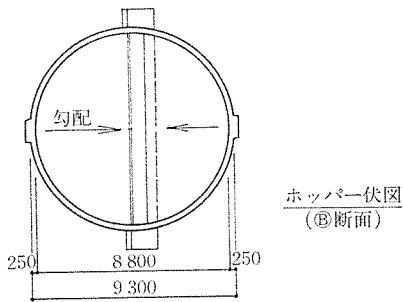


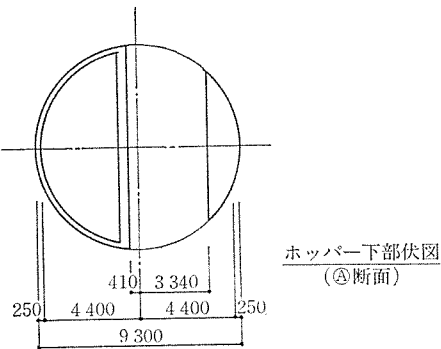
図-2 断面図



屋根伏図



ホッパー下部伏図  
(B断面)



ホッパー下部伏図  
(A断面)

図-3 断面および平面図

図-1 に示すようにホッパー部分は予定される実際のサイロと同じ大きさになっている。

プレストレスは仮想積付け高さ分の鋼板を載荷した満載状態の時に生じる内圧をすべてプレストレスで処理できるだけの導入力を得るべく設計された。ケーブルは円周方向のみに配置し鉛直方向には配されていない。円周方向には 360° 配置として二つのピラスター部にて一本おきに交互に定着した(図-2, 図-3 参照)。

ここでは本実証項目のうち構造特性の把握の一部であるプレストレスに関する各種の実験結果について報告する。

### 2.1.1 設計条件

外 径: 9.300m

内 径: 8.800m

高 さ: 20.000m (GL±0 より筒体上部まで)

構造形式:

P C 構造; サイロ側壁(鉛直方向は RC 構造)

R C 構造; サイロホッパー, 底盤

基 礎; 既製コンクリートぐい (500φ)

屋 根; 鉄骨梁+鉄板貼

設計基準強度:

側 壁;  $F_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

ホ ッ パ;  $F_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

底 盤;  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

許容圧縮応力度 (PC 部材について):

導 入 時;  $f_c' = 0.45 F_c = 135 \text{ kg/cm}^2$

設計荷重時;  $f_c = F_c/3 = 100 \text{ kg/cm}^2$

P C 鋼材:

引張強度; SWPR 7 B  $f_{pu} = 190 \text{ kg/mm}^2$

SWPR 7 A  $f_{pu} = 165 \text{ kg/mm}^2$

降伏点強度; SWPR 7 B  $f_{py} = 160 \text{ kg/mm}^2$

SWPR 7 A  $f_{py} = 140 \text{ kg/mm}^2$

プレストレスの設計で使用した諸元:

摩 擦 係 数;  $\mu = 0.25/\text{rad}$ ,  $\lambda = 0.001/\text{m}$

見込みセットロス; 4.0mm (ストロングホールド工法)

レラクセーションロス; 5%

ク リ ー プ 係 数; 2.0

乾 燥 収 縮 ひ ず み;  $180 \times 10^{-6}$

鉄 筋; SD 30 (D 13 以下), SD 35 (D 16 以上)

### 2.1.2 サイロ壁に作用する荷重

サイロの筒体に生じる静置粉体圧力は日本建築学会の“容器構造設計指針案・同解説”に示されている次式により算定した。

貯蔵高さ  $h$  の円筒槽壁内径  $d$  に対する比 ( $h/d = 2.18$ ) が 1.5 より大きいので深槽としての式を用いる。

$$P_v = \frac{r \cdot r_w}{\mu_f \cdot K_s} \left(1 - e^{-\frac{\mu_f \cdot K_s}{r_w} x}\right)$$

$$P_h = K_s \cdot P_v$$

$$P_f = \mu_f \cdot P_h$$

$$P_\alpha = P_h \sin^2 \alpha + P_v \cos^2 \alpha$$

$$K_s = \frac{1 - \sin \phi_i}{1 + \sin \phi_i}$$

ここで、本設計での条件を下記に示す。

$$\phi_i = 35^\circ$$

$$r = 1.3 \text{ (石炭を圧密した時のかさ比重想定)}$$

$$\mu_f = 0.33$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$r_w = 8.8/4 = 2.2 \text{ m}$$

$$K_s = 0.271$$

## 2.2 施工の概要

ここでは筒体の施工概要について述べる。

### 2.2.1 工程

実験も含めた概略の工程を図-4 に示す。

### 2.2.2 施工法

図-4 に示したように、躯体は7ロットに分けて施工された。型枠工事にはジャンプ 04 (清水建設が保有しているジャンピングフォーム工法の一つ) を用い、コンクリート打設はブーム付きコンクリートポンプ車で行った。

緊張工事はストロングホールド工法 30 トンジャッキを用いて行い、全ケーブルの緊張完了後にセメントグラウト注入した。

項目	58年	6	7	8	9	10	11	60年
躯体工事	1ロット	2ロット	3ロット	4ロット	5ロット	6ロット	7ロット	
緊張工事							■	■
グラウト							■	
試験 緊張および実験							■	■

図-4 施工と実験の工程

## 3. 実験方法

### 3.1 計測

計測を行った項目は、

- ① 緊張定着時のジャッキの圧力およびラムの抜け出し量
- ② 配線したケーブルの中 6 本に貼付したひずみゲージ値
- ③ 筒体の 5 水平断面に配置したコンクリート用埋込みゲージ値

で、各実験項目に応じて緊張定着の各段階で計測した。ゲージの配置を図-5 に示す。

計測に用いた機器は以下のとおりである。

- ① ジャッキの圧力およびラムの抜け出し量の計測  
清水建設で開発した PC 工事用の「自動計測システム」(概要を図-6 に示す) を用い、図-7 に示すように機器を配置して計測を行った。

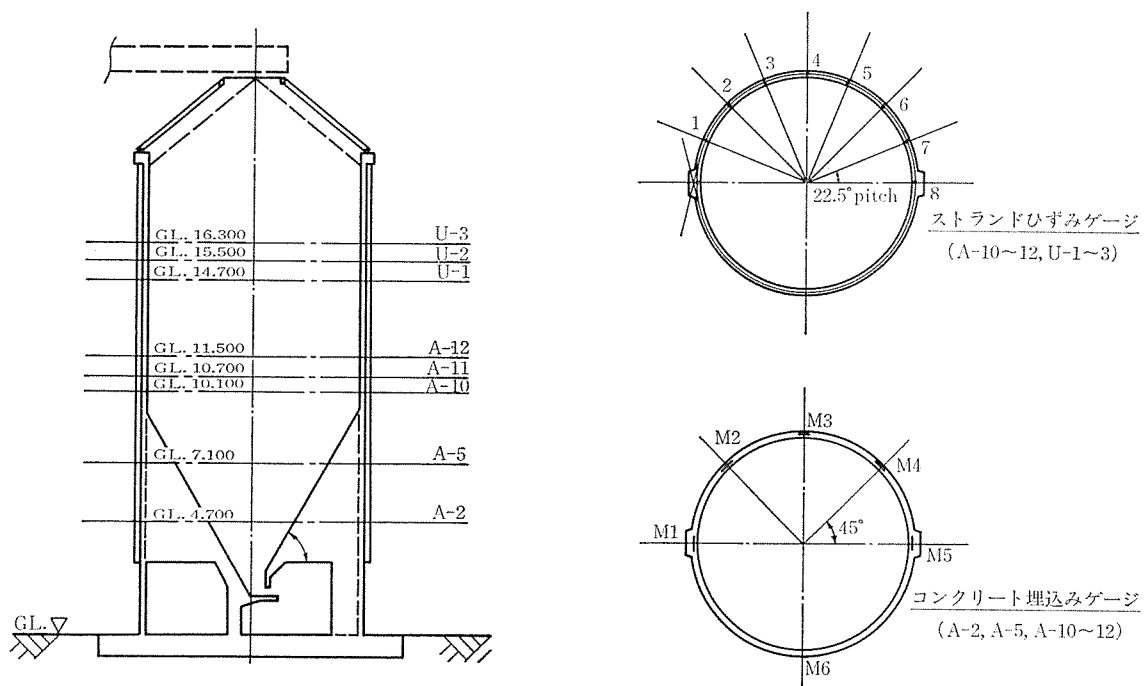
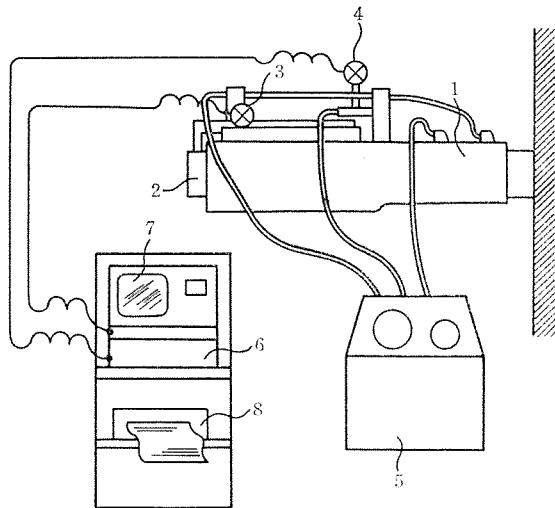


図-5 ゲージの配置



- 1……油圧ジャッキ
- 2……ラム
- 3……変位ポテンシオメーター
- 4……油圧ポテンシオメーター
- 5……ポンプ
- 6……マイクロコンピューター
- 7……モニターテレビ
- 8……グラフィックプリンター

図-6 自動計測システムの概要

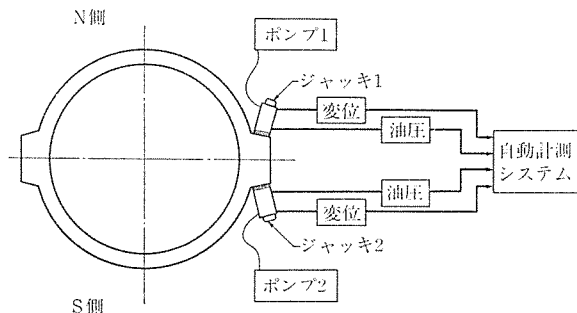


図-7 ジャッキ, ポンプ等の配置

② ケーブルに貼付したひずみゲージ値の計測

図-8 に示すようにケーブルにゲージ(東京測器研究所製: FLE-1)を貼付した。

このようにゲージを貼付したケーブルは6本で、図-5 に示す A-10, A-11, A-12, U-1, U-2, U-3 のケーブルであり、貼付間隔は約 22.5° ピッチとなっている。

ケーブル素線にゲージを貼付したためゲージの主軸とケーブル軸は平行になっていないので、ケーブル配線前にキャリブレーションを行って、ゲージ出力値と緊張力との関係を求めた。これによってゲージ出力値と緊張力とは線形関係があることを確認し、データ整理の際この関係よりゲージ出力値を緊張力に換算している。

③ コンクリート用埋込みゲージ値の計測

コンクリート用埋込みゲージ(東京測器研究所製: KM-100 F)は図-5 に示す A-2, A-5, A-10, A-11,

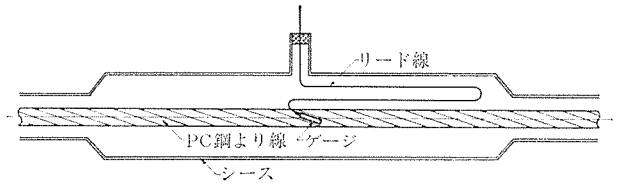


図-8 ひずみゲージの貼付状況

A-12 レベルの円周方向に設置したもので、A-2, A-5 のレベルは特にホッパー部のコンクリート導入応力を調べるためのものである。

3.2 実験手順

前述した4項目の実験を行うにあたり、各々対象としたケーブルおよび緊張載荷ピッチ等が異なるので、各項目ごとに実験手順を述べる。

3.2.1 摩擦係数の計測

A-1~A-6, A-10~A-13, U-1~U-4 の各ケーブルについて計測を行った。

まず、A-1~A-6, A-13, U-4 のゲージを貼付していないケーブルについては、ケーブルの両端にジャッキを装着して、一方のジャッキの圧力を 50 kg/cm<sup>2</sup> (ケーブル緊張力で約 2.2t) ピッチで上げていく、いわゆる片引き緊張をし、両側ジャッキの圧力およびラムの抜け出し量を自動計測したが、載荷は 250~300 kg/cm<sup>2</sup> までとした。終了後、除荷し、緊張側と固定側を入れ替えて同様の計測を行った。

A-10~A-12 のケーブルについては、後述するフローティングアンカーシステム実証実験中と、同実験終了後について、やはり片引き緊張を行い、ケーブル両端に装着したジャッキの圧力とラムの抜け出し量、およびゲージの出力値を計測した。これらのケーブルは片引き緊張前にフローティングアンカー実験による緊張、除荷が行われているので、このことによる摩擦係数の変化があるかどうかについても着目したものである。

U-1~U-3 のケーブルについては、片引き緊張を行ってジャッキの圧力およびラムの抜け出し量を計測した。

3.2.2 断面不均一部の導入応力の検討

ホッパー部の水平断面である A-2, A-5 ケーブル位置と、ほぼ円筒壁体となる A-10~A-12 ケーブル位置で、それぞれのケーブルを緊張した時に生ずるコンクリート埋込みゲージ出力を、ジャッキ圧力 50 kg/cm<sup>2</sup> ピッチで計測した。同時に各断面近傍のケーブル緊張時にも計測を行った。

3.2.3 応力ロスの予測値と実測値との比較

U-1~U-4 のアンボンドケーブルについて試験を行った。摩擦係数計測試験後定着を完了したケーブルについて定着時のゲージ出力を保存しておき、15 か月経過後ケーブル緊張力の解放を行い、ゲージの出力値から緊張

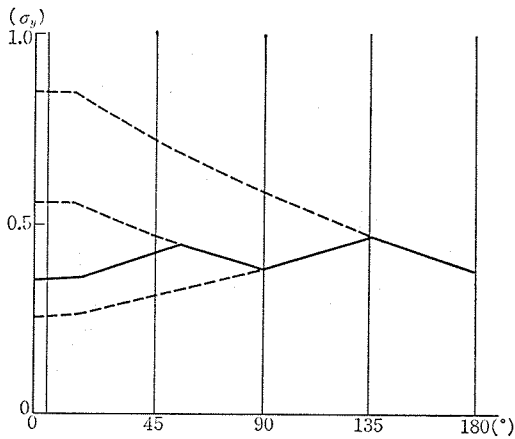


図-9 フローティングアンカーシステムを用いた場合の応力分布予想図

力のロスを求めた。

### 3.2.4 フローティングアンカーシステムについての実証

A-10~A-12のケーブルについて実験を行った。緊張は両引き緊張で行い、応力分布が図-9に示すものになるように緊張力を変化させた。

約2tピッチで計測を行いながら緊張、除荷を行った。このフローティングアンカーシステムに関する実験後、摩擦係数計測のための片引き緊張を行った。

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 摩擦係数の計測

#### 4.1.1 実験結果

緊張の各段階で求めた緊張力を下のe関数式で表わす。

$$T_x = T_0 \cdot e^{-(\mu/R + \lambda)x} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

- $T_0$ : 基準となる点の緊張力
- $T_x$ : 基準となる点から  $x$ (m) 離れた点の緊張力
- $\mu$ : PC鋼材の角度変化に対する摩擦係数 (1/rad)
- $\lambda$ : PC鋼材の波打ちに対する摩擦係数 (1/m)
- $R$ : 円筒部の半径 (フープテンドンの曲率) (m)

(1)式を変換して

$$F_x = \ln(T_x)$$

$$A = \ln(T_0)$$

$$B = -\left(\frac{\mu}{R} + \lambda\right)$$

$$F_x = A + Bx$$

とし、実験値を  $T_i$ ,  $F_i = \ln(T_i)$  とおき、

$$\sum (F_i - F_x)^2 = \sum \{F_i - (A + Bx)\}^2 \dots \dots \dots (2)$$

を最小にする  $A, B$  を求めることによって摩擦係数  $\mu$ ,  $\lambda$  を求めた。ただし、 $\lambda = 0.0133\mu$  (ボンドケーブル),  $\lambda = 0.03\mu$  (アンボンドケーブル) と仮定した。

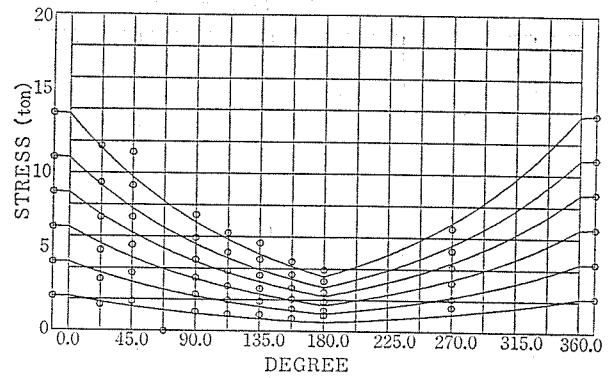


図-10 実験値と求めた  $\mu, \lambda$  による応力分布の比較 (ボンドケーブルの一例)

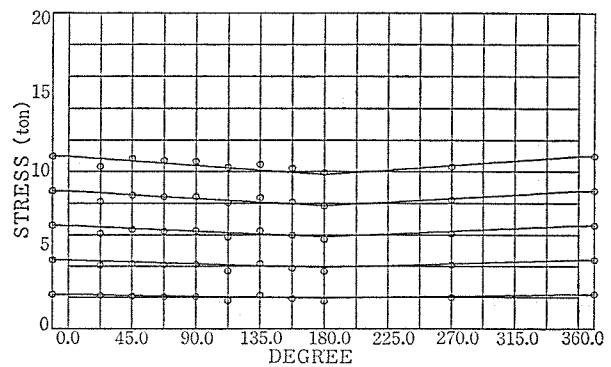


図-11 実験値と求めた  $\mu, \lambda$  による応力分布の比較 (アンボンドケーブルの一例)

この結果は以下のものであった。

- ① ボンドケーブル  $\mu = 0.4113 \quad \lambda = 0.0054$
- ② アンボンドケーブル  $\mu = 0.0316 \quad \lambda = 0.00095$

実験値と求められた  $\mu, \lambda$  による応力分布の比較を図-10, 図-11に示す。

また、片引き緊張試験データは、以下のように整理した。

$$\mu = \frac{1}{\sum \alpha + \beta \sum l} \ln \frac{1}{(1+r)^2} \cdot \frac{P_2}{P_1}$$

ここに、

- $\sum \alpha$ : PC鋼材の総角変化 (rad)
- $\sum l$ : PC鋼材の長さ (m)
- $\beta$ : 0.0133 (ボンドケーブルの場合)  
0.03 (アンボンドケーブルの場合)
- $r$ : ジャッキの内部摩擦 (0.015)
- $P_1$ : 固定側ジャッキの圧力 (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P_2$ : 緊張側ジャッキの圧力 (kg/cm<sup>2</sup>)

この結果を表-1, 表-2に示す。

#### 4.1.2 考察

実験結果をまとめると以下のようなになる。

◇報告(投稿)◇

表-1 ボンドケーブルの摩擦係数測定結果

No.	ケーブル No.	最終緊張力*1	緊張方向*2	摩擦係数 $\mu$
1	A-1	B	1	0.411
2	A-1	B	2	0.385
3	A-2	B	1	0.329
4	A-2	C	2	0.419
5	A-3	B	1	0.385
6	A-3	B	2	0.308
7	A-4	B	1	0.284
8	A-4	D	2	0.342
9	A-5	D	1	0.362
10	A-5	B	2	0.391
11	A-6	B	2	0.337
12	A-10	A	1	0.391
13	A-10	B	1	0.352
14	A-10	A	2	0.452
15	A-10	B	2	0.452
16	A-11	A	1	0.443
17	A-11	B	1	0.452
18	A-12	B	1	0.452
19	A-12	A	2	0.483
20	A-12	B	2	0.443
21	A-13	A	1	0.397
22	A-13	A	2	0.435
23	A-13	B	1	0.373
24	A-13	B	2	0.442

\*1 A:  $0.85\sigma_y$ ~, B:  $0.8\sigma_y \sim 0.85\sigma_y$ , C:  $0.7\sigma_y \sim 0.8\sigma_y$ , D:  $\sim 0.7\sigma_y$

\*2 図-7 でジャッキ1側からの緊張を1, ジャッキ2側からの緊張を2とする。

表-2 アンボンドケーブルの摩擦係数測定結果

No.	ケーブル No.	最終緊張力	緊張方向	摩擦係数 $\mu$
1	U-1	D	1	0.0295
2	U-1	D	2	0.0246
3	U-2	D	1	0.0482
4	U-2	D	2	0.0518
5	U-3	D	1	0.0176
6	U-3	D	2	0.0392
7	U-4	D	1	0.0454
8	U-4	D	1	0.0440
9	U-4	D	2	0.0392

(1) ボンドケーブル

- ① 摩擦係数は,  $\mu \approx 0.37$  であった。
- ② 最終緊張力の大きさは摩擦係数には影響がなかった。
- ③ ゲージを貼ったことによって摩擦係数が大きくなった。
- ④ ジャッキ圧力から求めた摩擦係数とゲージ出力値から求めた摩擦係数とに有意差はなく,  $\mu \approx 0.41 \sim 0.44$  であった。

(2) アンボンドケーブル

- ① 摩擦係数は,  $\mu \approx 0.04$  であった。
- ② 最終緊張力の大小, ゲージの有無も, またゲージ出力値から求めるかジャッキ圧力から求めるかの

いずれも摩擦係数に影響を及ぼさなかった。

以上より, ボンドケーブルの場合について言えば実験から求められた $\mu$ は設計に用いた $\mu$ よりも大きかったと言える。これにはケーブルの角度変化が大きく, 曲率半径が小さかったことが影響しているものと思われる<sup>1)</sup>。

4.2 断面不均一部の導入応力

A-2, A-5, A-11 の各水平断面におけるコンクリート導入応力分布を図-12~図-14に示す。各応力値はモールドゲージ出力値にコンクリートのヤング係数  $E_c = 2.57 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  を乗じて得たもので, 圧縮応力を正符号としている。

当該断面のケーブルを緊張した状態のコンクリートに導入される応力は, ケーブル緊張力分布とほぼ相似な分

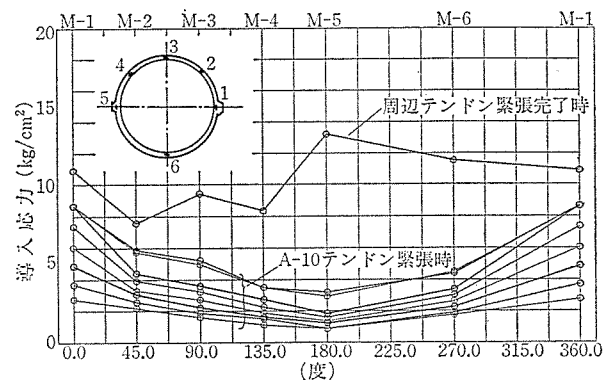


図-12 A-10 tendon レベルのコンクリート導入応力分布

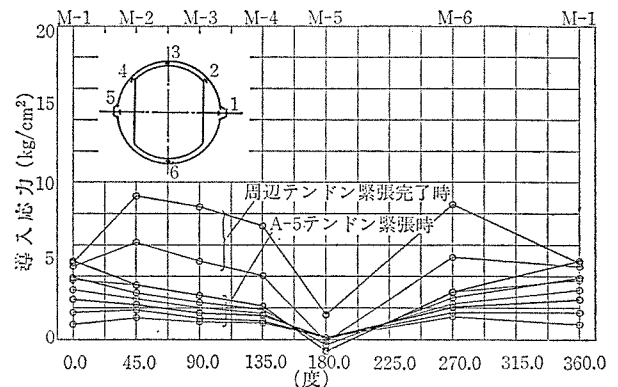


図-13 A-5 tendon レベルのコンクリート導入応力分布

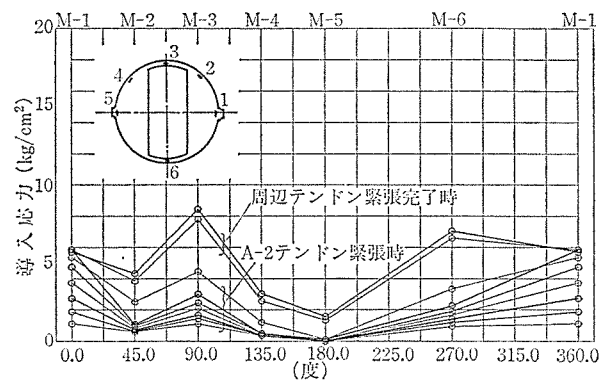


図-14 A-2 tendon レベルのコンクリート導入応力分布

布となるが、ホッパー部断面(A-5)の $\theta=180^\circ$ 位置で $1\sim 2\text{ kg/cm}^2$ の引張応力が発生していた。これは断面変化部に曲げモーメントが生じたことによるものであるが、コンクリート許容引張応力度( $f_{ct}=0.07F_c=21\text{ kg/cm}^2$ )以下であり、ひび割れ観察においてもひび割れは生じていないことが確認されている。

周辺ケーブルの緊張工事完了時には、断面増加部を除いてコンクリート躯体への導入応力は所定の値になっていることが確認できた。

### 4.3 応力ロスの予測値と実測値の比較

アンボンドケーブル U-1, U-2, U-3 の緊張後 60 週後に行った除荷時の試験結果を図-15, 図-16, 図-17 に示す。

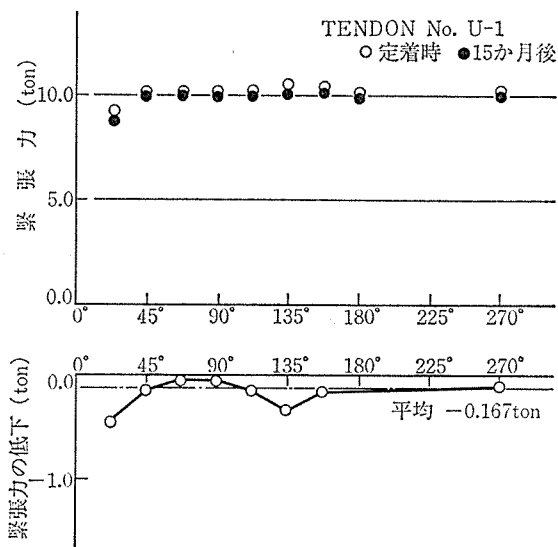


図-15 アンボンドケーブルの応力ロス (U-1)

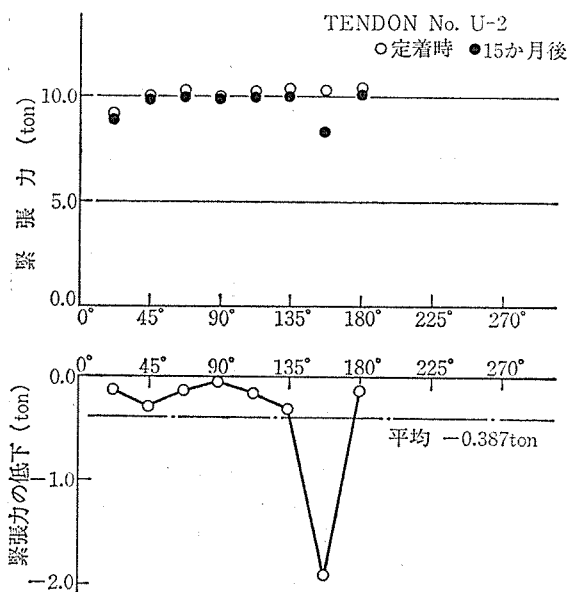


図-16 アンボンドケーブルの応力ロス (U-2)

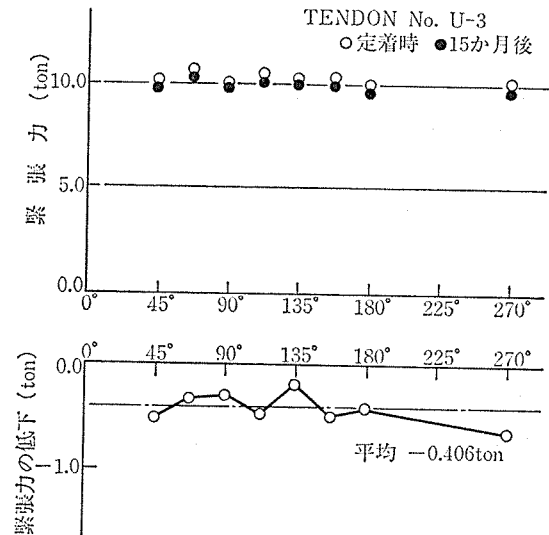


図-17 アンボンドケーブルの応力ロス (U-3)

図中、上図の○印は緊張工事終了後の定着時緊張力分布で、●印は 60 週経過後に定着を解放して得た残存緊張力分布である。図中の下に 60 週中のクリープ等の影響で生じた応力ロスを示す。実験から得た 60 週間中の応力ロスは平均  $0.32\text{ t/1本}$  であった。

応力ロスをクリープ、乾燥収縮より推定する。ここでは「プレストレストコンクリート設計施工基準」(建築学会)より、クリープ係数、乾燥収縮ひずみを求めた。

時間  $t_0$ ; コンクリート打設 ( $=0$ )

$t_1$ ; 緊張時 ( $=20$  週)

$t_2$ ; 計測時 ( $=60$  週)

とすると、

クリープ係数

$$\varphi(t) = a \cdot b_1 t / (1.5 + 0.25 t) \quad (t: \text{週})$$

乾燥収縮ひずみ

$$S_n = 5.0 \times 10^{-4} a \cdot b_2$$

$$(a=1.0, b_1=1.0, b_2=1.0 \text{ を用いる})$$

$(t_2 - t_1)$  までに生ずるクリープのクリープ係数は

$$\varphi_{t_2-t_1} = \varphi_{t_2} - \varphi_{t_1}$$

$$= 60 / (1.5 + 0.25 \times 60) - 20 / (1.5 + 0.25 \times 20)$$

$$= 0.566$$

となる。

また、乾燥収縮については  $S_n = 5 \times 10^{-4}$  として、

$$S_{t_2-t_1} = (\varphi_{t_2} - \varphi_{t_1}) \cdot S_n / \varphi_{n-t_1}$$

$$= 0.566 \times 5 \times 10^{-4} / (4 - 20 / (1.5 + 0.25 \times 20))$$

$$= 3.04 \times 10^{-4}$$

以上の係数を用いて tendon 1 本当たりの緊張力の低下を計算する。

クリープによるロス ( $\Delta f_3$ ) は、

$$\Delta f_3 = \frac{n \cdot \varphi_{t_2-t_1} \cdot \sigma_c}{1 + n \cdot \frac{\sigma_c}{f_i} \left( 1 + \frac{1}{2} \varphi_{t_2-t_1} \right)}$$

◇報告(投稿)◇

ここで、

$\sigma_c$ : コンクリート圧縮力 (=10.1 kg/cm<sup>2</sup>)

$n$ : ヤング係数比 (7.78)

$f_i$ : ケーブル平均緊張応力 (=10 200 kg/cm<sup>2</sup>)

したがって、

$$\Delta f_3 = 49.62 \text{ kg/cm}^2 = 0.496 \text{ kg/mm}^2$$

また、乾燥収縮によるロスは、

$$\Delta f_4 = \frac{E_p \cdot S_{l_2-t_1}}{1 + n \cdot \frac{\sigma_c}{f_i} \left(1 + \frac{1}{2} \phi_{l_2-t_1}\right)}$$

ここで、

$E_p$ : ケーブルのヤング係数 ( $2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ )

したがって、

$$\Delta f_4 = 601.21 \text{ kg/cm}^2 = 6.01 \text{ kg/mm}^2$$

以上より  $\Delta f_3$ ,  $\Delta f_4$  による緊張力の低下は、ケーブル1本当たり

$$\Delta T = (\Delta f_3 + \Delta f_4) \times a = 642 \text{ kg} = 0.642 \text{ t}$$

ここで、

$a$ : ケーブル断面積 (=98.71 mm<sup>2</sup>)

これに比較して、実測値は 0.320 t であった。実測値はケーブルのレラクセーションによる応力ロスを含んでいるにもかかわらず、予測値よりも低い値であった。

#### 4.4 フローティングアンカーシステムの検討

フローティングアンカーシステムに関して、A-10, A-11, A-12 のケーブルについて試験を行った。その一例を図-18~図-22 に示す。図中○印はフローティングを行っている状態でのケーブル各位置の緊張力値である。また、図中の太線は、実験値と対応すると予想される緊張力分布を示し、細線は、フローティング各段階までに行った緊張、あるいは除荷の緊張力分布を示している。太線、細線は基本的に下式で求めたものである。

$$T_x = T_0 \cdot e^{-(\mu\alpha + \lambda l)}$$

ここで、

$$\mu = 0.4113$$

$$\lambda = 0.0054$$

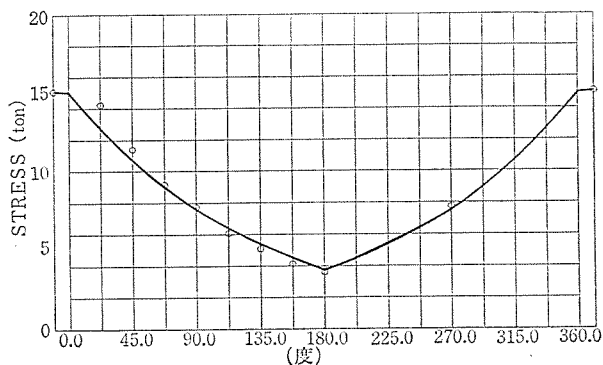


図-18 第1回テンション時緊張力分布

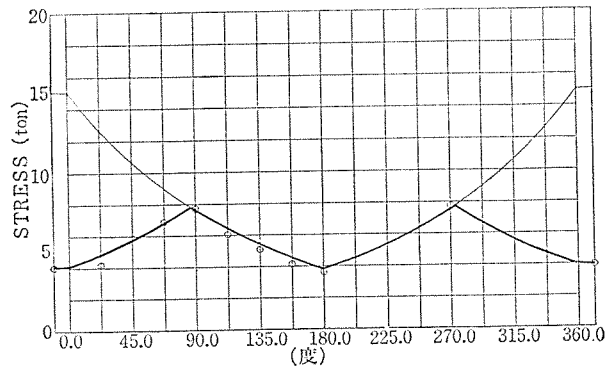


図-19 第1回ディテンション時緊張力分布

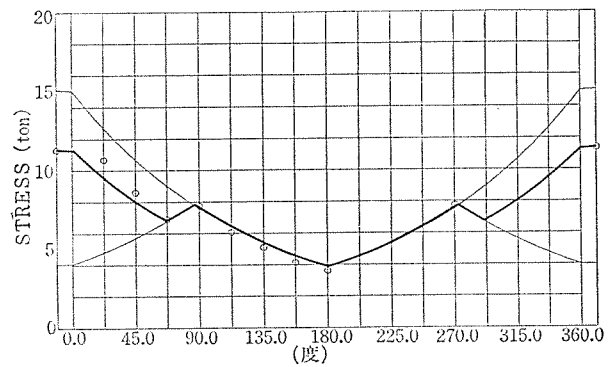


図-20 第2回テンション時緊張力分布

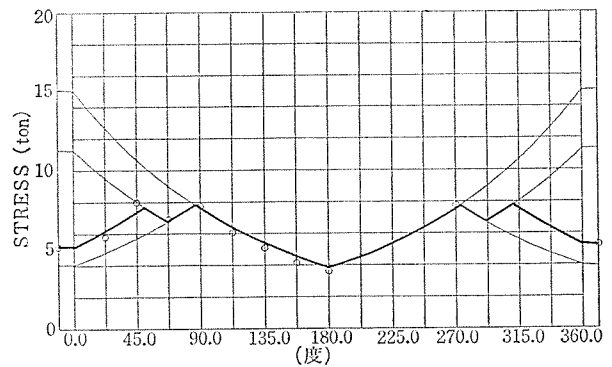


図-21 第2回ディテンション時緊張力分布

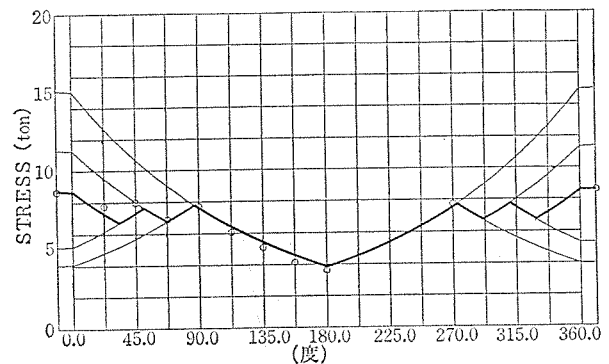


図-22 第3回テンション時緊張力分布



図-18～図-22より、図中の○印(実験値)と太線( $e$  関数式による推定)とは良好な一致を示している。したがって、ケーブルの摩擦係数が得られれば、フローティングを行った場合でも、フローティング中のケーブル緊張力の推定が可能になることがわかる。

この結果はフローティングを2回行う場合(緊張・除荷のサイクルを2度行う)、3回行う場合も同様で、かつ、他のケーブル(A-10, A-11)についても同じ結果を得ている。

フローティングアンカーシステムを設計に取り入れることの可能性を確認したが、フローティングアンカーシステムは、ケーブル緊張力を均一化し、かつ定着端部応力を低減し、安全性を増すが、ケーブルの有効平均緊張力が小さくなり、必要ケーブル断面積が増加する傾向となる。しかし、初期緊張を $0.9\sigma_p$ 程度でフローティングを行うことにより、フローティングを行わない場合とほぼ同程度の有効平均緊張力が得られることが、計算で確かめられる。

## 5. ま と め

以上をまとめると次のようになる。

- 1) 摩擦係数  $\mu$  はボンドケーブルで 0.37, アンボンドケーブルで 0.04 であった。ボンドケーブルの摩擦係数が一般より大きかったのは、角度変化が大き

かったことと、曲率半径が小さかったことが影響しているものと思われる。

- 2) 断面不均一部に生ずる引張応力は、許容値以下で問題とはならないことがわかった。
- 3) 15か月経過後の実測された緊張力の低下は、クリープ、乾燥収縮により予測される値よりも小さい。
- 4) フローティングアンカーシステムを採用した場合でも摩擦係数が正しく得られれば、 $e$  関数式でフローティング中のケーブル緊張力分布が推定できることを確認した。

終りに、本実験の実施に当たり当社技術本部技術研究所杉田主席研究員、特殊技術部宮本部長、坂本次長に指導を戴いた。ここに謝意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) Igor Uherkovich, ほか: Friction and Elongation Test at Condeep Site, Stavanger, Norway, FIP notes 1983/4
- 2) 鈴木, 小林, 須方: 新しいプレストレスングシステムの開発・改良——SSPC工法——, プレストレストコンクリート, Vol. 25, No. 5, 昭和58年5月
- 3) 鈴木, 安藤, 小林, ほか: ストロングホールド工法の改良開発——PC蓄熱塔の設計と確証実験——, 建築技術 1982.11

【昭和60年10月2日受付】

## ◀刊行物案内▶

# PC 定 着 工 法

(1982年改訂版)

本書は、現在我が国において多く用いられているPC定着工法19種についてとりあげ、それぞれの工法の概要、構造、施工法、特長、注意事項などを解説したものであります。

設計者、施工者の利用とともに教育用テキストなどにも広く使用できることと思えます。

また付録としてPC鋼材一覧表(改訂版)等を添付してあります。

ご希望の方は代金を添え(現金書留かまたは郵便振替東京7-62774)プレレストレストコンクリート技術協会宛(電03-261-9151)お申し込みください。

体 裁: B5判 94頁

定 価: 2,800円(会員特価2,500円) 送 料: 350円