

# 報 文 DDI 田沢湖リレーステーション鉄塔基礎における PTC アンカーの設計と施工

小林 勝巳\* 水谷 敏彦\*\* 乾 徹\*\*\* 坂本 富雄\*\*\*\* 浜塚 政治\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

本工事は第二電電株式会社 (DDI) の中継基地の建設に伴うものであり、建設場所は秋田県仙北郡田沢湖町地先 (仙岩峠) である。中継基地内の主要な工作物である鉄塔は高さ約 50m であり、鉄塔上部に 4 基のオフセット・トライリフレクタ・アンテナと、4 基のプレート・パラボラ・アンテナが設置される (写真-1, 図-1)。

そのため、暴風時には基礎に最大で 236.4tf の引抜き力が加わることになり、対策として PTC アンカー案と、コンクリートによるカウンターウエイト案が比較検討され、PTC アンカー<sup>1)-3)</sup>が採用され

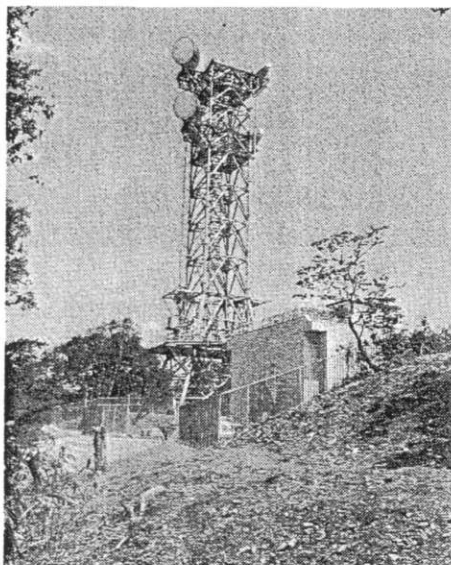


写真-1 DDI田沢湖リレーステーション

た。以下に、本工事における PTC 本設地盤アンカーの設計と施工の概要について報告する。

## 2. 地盤概要

当該敷地は仙台峠の尾根に当たる。地盤上部は沖積世の強風化砂岩または礫岩が主体であり、全体に礫

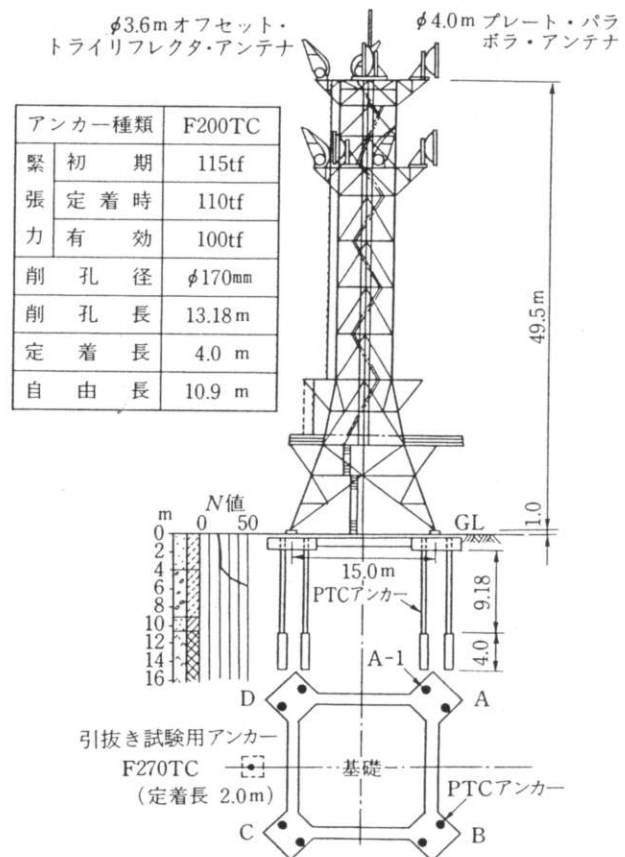


図-1 鉄塔の基礎とアンカーの概要図

\* KOBAYASHI Katsumi ㈱フジタ 技術研究所 建築研究部 主任研究員  
 \*\* MIZUTANI Toshihiko 同上 関東支店 技術部 工事長  
 \*\*\* INUI Tōru 同上 東北支店 土木工部 工事長  
 \*\*\*\* SAKAMOTO Tomio 同上 本社 設計総括部 課長  
 \*\*\*\*\* HAMATSUKA Masaharu 同上 技術研究所 建築研究部 主任研究員

横浜市港北区大綱町74  
 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2  
 仙台市青葉区国分町3-6-1 仙台パークビルディング内  
 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-6-15  
 横浜市港北区大綱町74

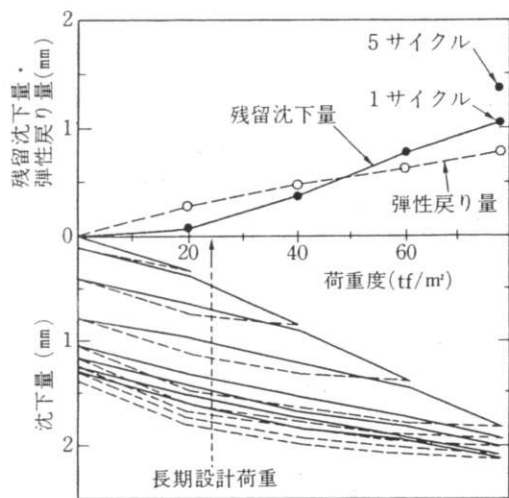


図-2 基礎の支持層における平板荷試験結果

状コアで採取されるが、軟質で固結度が小さい。その下部 (GL-9 m 以深) には、風化の少ない硬質な砂岩および凝灰岩が現われる。これらはいずれも第三紀中新世の国見峠層である。凝灰岩は暗緑灰色の新鮮な岩であり、5~10cm間隔で見られる亀裂も、亀裂面が密着した状態にある。

鉄塔基礎の支持層は  $N$  値20程度の強風化岩とし、PTCアンカーの定着層は風化の少ない凝灰岩とした。アンカーの緊張による基礎の沈下が懸念されたため、基礎の支持層 (GL-2 m) において平板荷試験を実施した。結果は、長期の設計荷重時における沈下量が1mm以下の値であった (図-2)。

### 3. 基礎の設計

鉄塔に作用する外力は、風および地震について検討している。図-3に暴風時 (風速60m) および地震時 (基準せん断力係数0.59) の45度方向の基礎に対する外力 (鉄塔自重を含む) を示す。鉄塔基礎はこれらの外力に対して安定を保つように設計し、特に引抜き力に対しては、最大引抜き時 (暴風時45度方向、1脚当り236.4tf) にも基礎が浮上らないようにした。アンカーは各基礎に2本ずつとし、有効緊張力をそれぞれ100tfとした。なお、基礎の部材の設計 (フーチングと基礎梁の断面設計) には定着時緊張力を用いている。

長期と暴風時 (45度方向) における、アンカーおよび基礎自重と外力の関係は以下のようにになっている。

#### 1) 長期

$$W_B + W_F + 2 \times P_t < Lq_a \cdot A_F$$

$W_B$ : 鉄塔自重 (85.0tf/1脚)

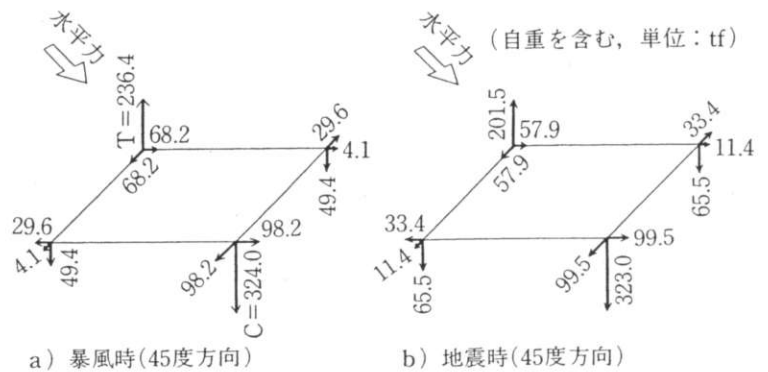


図-3 基礎に対する外力

$W_F$ : 基礎自重 (73.7tf/1脚)

$P_t$ : アンカーの定着時緊張力 (110.0tf)

$Lq_a$ : 地盤の長期許容支持力度 (50tf/m<sup>2</sup>)

$A_F$ : 基礎の底面積 (16.0m<sup>2</sup>/1脚)

#### 2) 暴風時 (45度方向)

##### (a) 引抜き脚

$$T < W_F + 2 \times P_e$$

$T$ : 引抜き力 (鉄塔自重を含む, 236.4tf)

$P_e$ : アンカーの有効緊張力 (100.0tf)

##### (b) 押し込み脚

$$C + W_F + 2 \times P_t < s q_a \cdot A_F$$

$C$ : 押し込み力 (鉄塔自重を含む, 324.0tf)

$s q_a$ : 地盤の短期許容支持力度 (75tf/m<sup>2</sup>)

### 4. PTC アンカーの設計

PTCアンカーは、GL-11~15mの新鮮な凝灰岩に定着させ、アンカー体と地盤の極限周面摩擦力度 ( $\tau_{ug}$ ) を15kgf/cm<sup>2</sup>、定着長を4mとした。また、定着体とグラウトの付着抵抗は、室内実験の結果から  $\tau_{ug} \leq 15\text{kgf/cm}^2$  の範囲では保証されているため<sup>1)</sup> 特に検証していないが、後日引抜き試験によって、 $\tau_{ug}$  とともに確認することとした。

アンカーの有効緊張力は、局限周面摩擦力に対して3倍以上の安全率をもたせて設計している。

$$P_e < \frac{1}{3} \cdot R_{ug} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \tau_{ug} \cdot L_a$$

$R_{ug}$ : アンカー体と地盤の極限周面摩擦抵抗力

$d_a$ : アンカー体径 (170mm)

$\tau_{ug}$ : 極限周面摩擦力度 (15.0kgf/cm<sup>2</sup>)

$L_a$ : アンカー定着長 (4.0m)

さらに地盤内せん断すべり (土塊重量) の検討を行い、群アンカーを考慮しても、設計アンカー力に対して土塊重量の方が圧倒的に大きいことを確認している。図-4に基礎1脚についての土塊重量の検

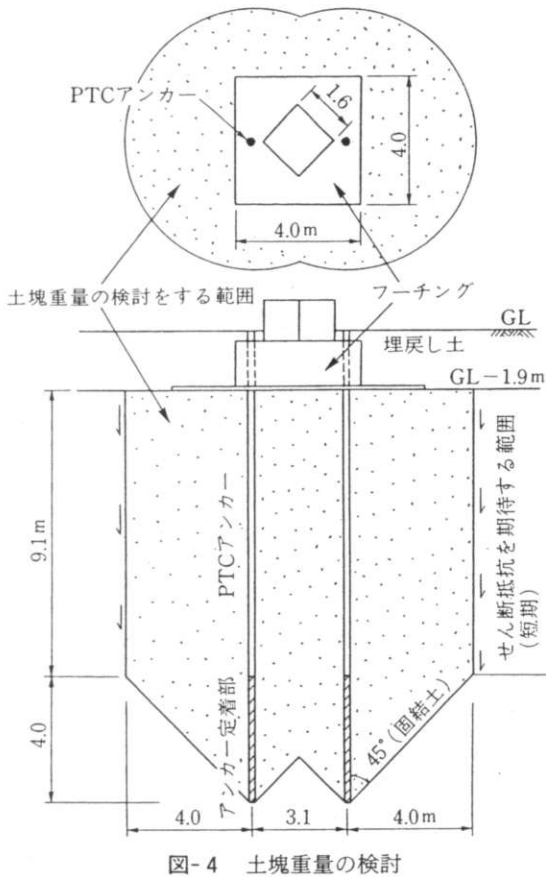


図-4 土塊重量の検討

討範囲を、また、その検討方法を以下に示す。

1) 長期

$$T_{d1} < W_{gg}/1.2$$

$T_{d1}$  : 長期の場合にアンカーに作用する最大力 (定着時緊張力,  $2 \times P_t = 220\text{tf}$ )

$W_{gg}$  : アンカー群が影響を及ぼす土塊重量 (図-4 参照,  $=1,346\text{tf}$ )

2) 暴風時45度方向

$$T_{d2} < W_{gg}/1.2 + \phi_{gg} \cdot S_u \cdot L_z/1.5$$

$T_{d2}$  : 暴風時にアンカーに作用する最大力 ( $2 \times 0.8P_y = 333.8\text{tf}$ ,  $P_y$ は引張り材の規格降伏荷重)

$\phi_{gg}$  : アンカー群が影響を及ぼす土塊の外周長さ (18.8m)

$S_u$  : 土のせん断強さ (10tf/m<sup>2</sup>)

$L_z$  : 地表面から定着地盤上端までの長さ (9.1m)

したがって、アンカー定着長および自由長の設計は、アンカーの極限周面摩擦力の検討で決まっている。図-1に本設に使用したPTCアンカーの諸元を示す。有効率(有効緊張力/定着時緊張力)を0.90に設定し、定着時緊張力を110tfに、さらに初期緊張力を定着時緊張力+5tfとした。

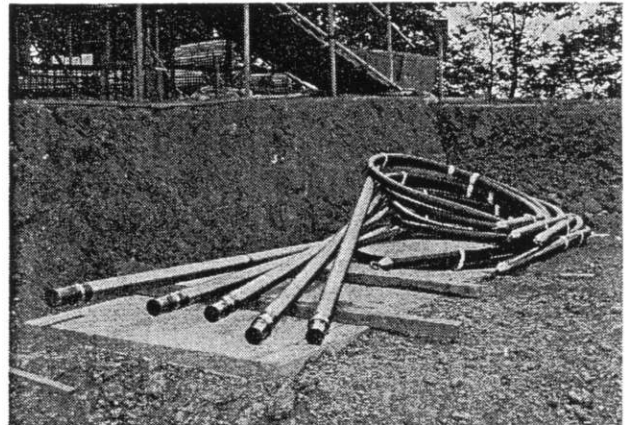


写真-2 アンカー搬入時の状況

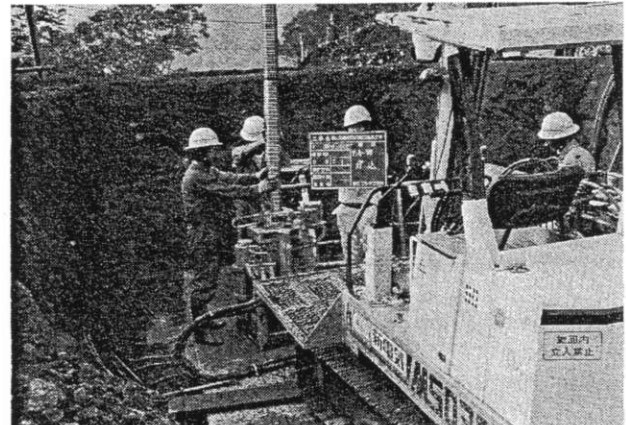


写真-3 アンカー組立材挿入

5. アンカーの施工

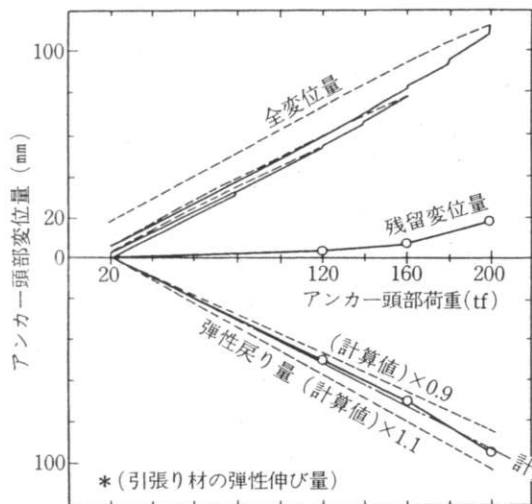
アンカーの緊張・定着は基礎上面で行うが、打設は基礎底面(基礎下均しコン上)で行った。写真-2~3にアンカー組立材搬入時、およびアンカー組立材挿入時の状況を示す。

施工に際しては、PTC工法管理シートに従い削孔管理、アンカー組立材の設置精度の管理、グラウトの注入管理を行い、所定の品質を確保した。注入率(実注入量/計算注入量)が2.2~3.0と比較的大きな値になったが、これは自由長下部から定着層上部の砂岩が、予想以上に亀裂の多い岩盤だったためと考えられる。

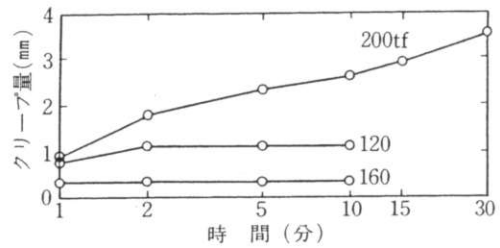
6. アンカーの試験

6.1 引抜き試験

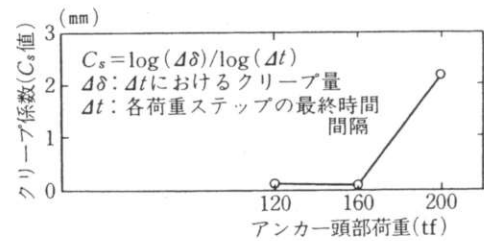
設計に用いた  $\tau_{ug} = 15\text{kgf/cm}^2$ を確認するために、試験アンカー(F270TC)の引抜き試験を実施した。試験アンカーは定着長2mとし、施工時に自由長部分のグラウトを水洗いして、自由長部の周面摩擦力の影響を除去している。試験結果を図-5に示す。



a) アンカー頭部荷重-変位関係



b) アンカー頭部変位のクリープ量



c) アンカー頭部変位のクリープ係数

図-5 引抜き試験結果

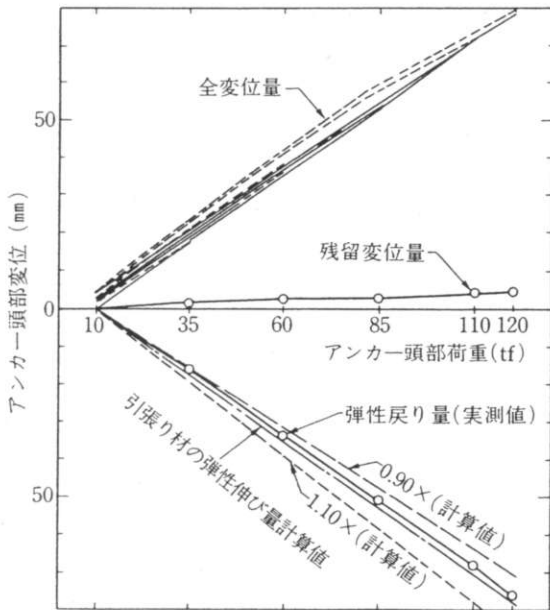


図-6 本設アンカーの確認試験の例(A-1アンカー)

最大荷重 200tf まで载荷したが、アンカー体が明確に引抜けるには至らなかった。しかし、アンカー頭部変位のクリープ量-時間関係、およびクリープ係数 ( $C_s$  値) から判断すると、ほぼこの値が極限と考えられる。極限荷重を 200tf とすると、地盤の極限周面摩擦力度 ( $\tau_{ug}$ ) は  $18.7\text{kgf/cm}^2$  となり、設計の安全性を確認することができた。

### 6.2 本設アンカーの緊張・定着と確認試験

緊張・定着の時期は基礎コンクリート打設後で、鉄塔の施工が始まる前である (平成 2 年 10 月)。また基礎の不同沈下を防ぐため、各基礎の 2 本のアン

表-1 多サイクル引張り試験のまとめ

(最大荷重 < 120tf 時におけるアンカー頭部変位量)

アンカーNo	A-1	A-2	C-1	C-2	管理値
全伸び量 (mm)	79.73	79.57	82.99	82.16	
(全伸び量/計算値*)	(1.03)	(1.02)	(1.07)	(1.06)	
弾性変位量 (mm)	75.10	73.87	76.20	74.38	(0.90~
(弾性変位量/計算値*)	(0.97)	(0.95)	(0.98)	(0.96)	1.10)
塑性変位量 (mm)	4.63	5.70	6.79	7.78	(0.5%
(塑性変位量/定着長)	(.12%)	(.14%)	(.17%)	(.20%)	以下)
クリープ量** (mm)	0.82	0.89	0.82	0.73	
$C_s$ 値 (mm)	1.10	1.00	0.86	0.90	2mm以下

\* 計算値は、引張り材の弾性伸び量の計算値であり、引張り材の自由長を 13.99m とした。

$$(\text{計算値}) = P \cdot L_{ef} / (E_s \cdot A_s)$$

$$= (120 - 10) \times 10^3 \cdot (13.99 \times 10^2) / (1.9 \times 10^5 \cdot 10.42)$$

\*\* クリープ量は、荷重保持時間 1 分~30 分の間のもの。

カーの緊張力が同じになるように、油圧ジャッキ 2 台を使って同時に緊張・定着作業を行っている。

本設アンカーのうち、A・C 基礎のアンカーに対しては多サイクル引張り試験を、B・D 基礎のアンカーに対しては 1 サイクル引張り試験を実施した。例として、A-1 アンカーのアンカー頭部荷重-変位量関係を図-6 に、多サイクル試験の結果のまとめを表-1 に示す。

定着完了時にリフトオフ試験を行って導入緊張力を調べたところ 113~115tf であり、セットロス は 0~2 tf とわずかであった。

### 6.3 1 ヶ月後と半年後のリフトオフ試験

長期的な緊張力の管理を行うために、鉄塔完成後 (緊張後 1 ヶ月) と半年後に、全アンカーについて

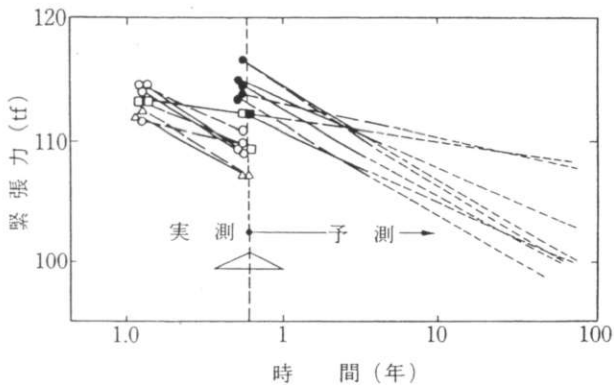


図-7 緊張力—経過時間関係と長期的な緊張力の予測

リフトオフ試験を実施し導入緊張力を調査した。

定着1ヵ月後の緊張力の減少量は、ほとんどのアンカーが2~3 tfであり、D基礎のアンカーのみ5~6 tfであった。また、半年後の緊張力の減少量は、ほとんどのアンカーが4~5 tfであった。この間、基礎の沈下量はほとんどないことを確認しており、緊張力の減少はすべてアンカーに起因するものと考えられる。そこで、1ヵ月後と半年後の緊張力から有効率（有効緊張力/定着時緊張力）を求め、それによって再緊張を行っている。その結果と長期的な緊張力の予測を図-7に示す。結果的に有効率は0.86~0.89の値となり、定着時緊張力は116.5~112tfとなっている。

## 7. おわりに

本工事は鉄塔基礎という土木工事ではあったが、日本建築センターの指導のもとに開発したPTC本設地盤アンカー工法の最初の適用例として実施し、その施工性を確認することができた。今後は建築構造物への適用を進めたいと考えている。

最後になりましたが、本工法の開発においてご指導いただいた日本建築センターの各委員の先生方、実際に開発に携わったPTCアンカー共同開発グループの関係者各位に深謝いたします。また、本工事に当っては第二電電株式会社、日宮コンサルタント株式会社、および特定行政庁秋田県大曲土木事務所のご好意をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

## 〔参考文献〕

- 1) 有山, 小林, 伊勢本ほか: 圧縮型本設地盤アンカー工法に関する研究(その1~3), 第25回土質工学研究発表会講演集, pp. 1541~1548, 1990年.
- 2) 大屋: PTC本設地盤アンカー工法, 土と基礎, 土質工学会, Vol. 138, No. 5, pp. 9~14, 1990年.
- 3) 小林, 平野, 西村, 佐竹, 代田ほか: 圧縮型本設地盤アンカー工法に関する研究(その4~8), 日本建築学会大会講演集, pp. 1655~1664, 1990年.



# 新技術による 法面・斜面对策

B5判・68ページ  
定価2,060円(税込)・送料実費

収  
録  
内  
容

新素材・新技術による各種の斜面・法面对策工法……三木五三郎  
発泡スチロール工法による法面・斜面对策……塚本 英樹  
ポリマーグリッドによる補強土擁壁の設計・施工……福田 直三  
斜面安定工とグラウンドアンカー……山田 邦光  
鉄筋による斜面補強工の模型実験と実態調査……山田 憲夫  
アースネイリング工法とその設計・施工……八戸 裕  
PCフレームアンカー工法とその設計・施工……金氏 眞  
テールアルメ工法とその設計・施工……八田 俊志

発行 総合土木研究所

東京都文京区湯島4-6-12 湯島ハイタウンB-1310  
☎(03)3816-3091 FAX(03)3816-3077 〒113