

# 長崎クリーンセンター（仮称）建設工事における 永久アンカーの設計・施工

森 脇 登 美 夫\*

## 1. はじめに

長崎市内におけるし尿処理は、地形的な制約もあって下水道整備が不十分で、前処理後の下水の2/3を海上投棄している現状にある。しかし、観光都市としてのイメージダウン、海上投棄に関わるコスト増等、近年の社会的な背景によって、標記クリーンセンター（し尿処理施設）を建設することになった。

この施設は、長崎市内のほぼ中央に位置しており、市街地に近い。このため、基本計画では周辺環境の保全・調和には特に注意が払われ、同施設主要部の処理槽および処理プラントは可能な限り地下部分に構築、地上部分には多目的広場、ゲートボール場等を配置し、市民の憩いの場として供用される。

同クリーンセンターは、図-1に示すように〈管理棟〉と〈処理棟〉の2棟で構成されている。また、敷地西側には浦上川が流れており、地下水位は高い。このため、地上1階、地下2階の処理棟については、躯体施工中と汚水の満たされた竣工後においても、浦上川の洪水時には、水圧による浮力が建物荷重を上回る。永久地盤アンカーは、この処理棟の浮上がり防止対策として採用されたもので、施工本数は162本、総施工延べ長さは約1700mにのぼる。

## 2. 地盤の概要

工事着手前に行った地盤調査結果によると、地表面か

ら深さ13m付近まで埋土層、砂質シルト層および砂層からなる沖積層が堆積しており、その下方は厚さ2~3mの砂礫層、以下、安山岩を主体とする岩盤が続いている。同施設建設のための掘削深さは約15m、基礎形式は直接基礎である。このため、永久アンカーの定着地盤は、自由長約5mを加えて深さ20m以深となる。図-2は、アンカーの定着地盤の調査を目的として行った合計3本の追加ボーリングの結果をまとめたものである。この調査結果によると、深さ15m以深にみられる岩盤は、岩級分類でいう $C_M \sim C_L$ 級の凝灰角礫岩と安山岩の2種類あることが判明した。このうち、凝灰角礫岩の一軸圧縮強度( $q_u$ )は230 kg/cm<sup>2</sup>、孔内水平方向載荷試験結果による変形係数( $D$ )は27500 kg/cm<sup>2</sup>である。これに対して安山岩の強度定数は小さく、 $q_u$ は約130 kg/cm<sup>2</sup>、 $D$ は2500 kg/cm<sup>2</sup>である。

また、深さ20mおよび27m付近で採取した地下水の化学分析結果によると、pHは7.6~7.9の弱アルカリ性、硫酸イオン含有量は約0.14 g/lで、いずれも規定値以下の値を示しており、セメント系グラウトの使用が可能であることが判明した。

## 3. 施設（建物）の概要

### 3.1 建物の用途・規模

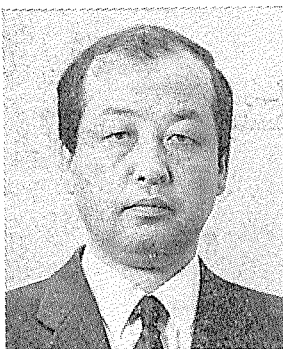
図-1に示すように、この施設は管理棟部分と処理棟部分で構成されている。各棟の構造種別・規模等を表-1に示しておく。

### 3.2 建物重量と浮力の比較

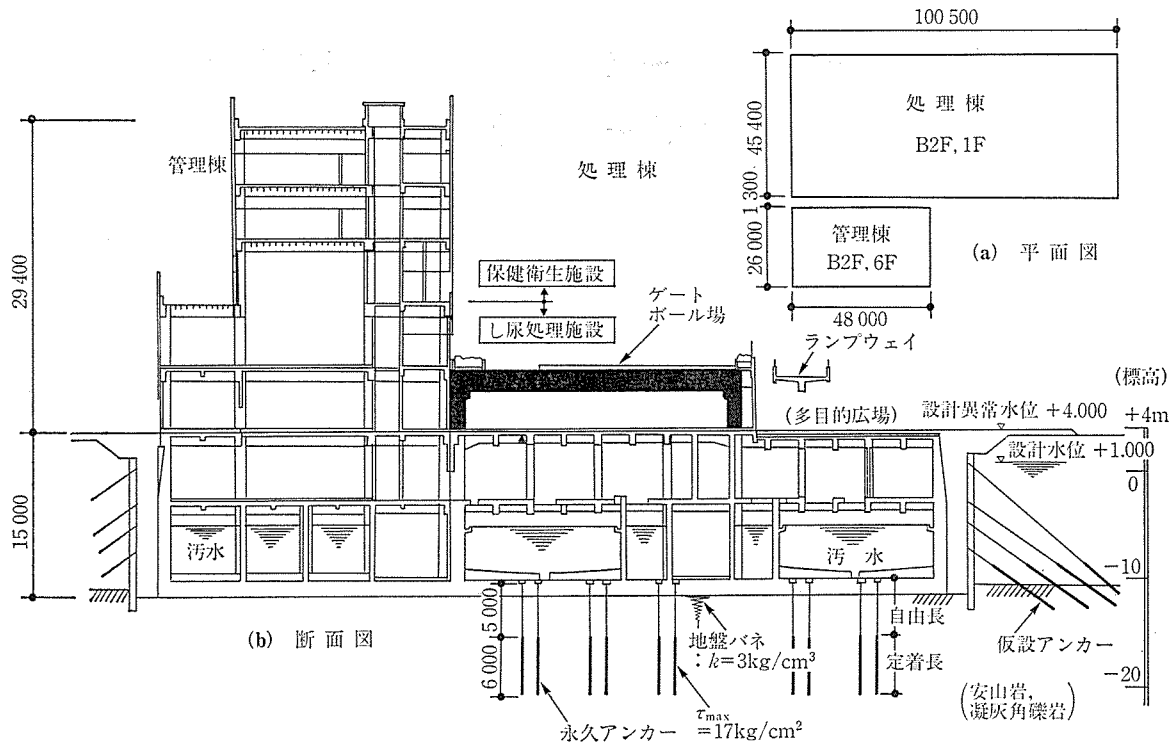
表-2は、常時水位を（設計）G.L. -3m、洪水時

表-1 建物用途および構造規模

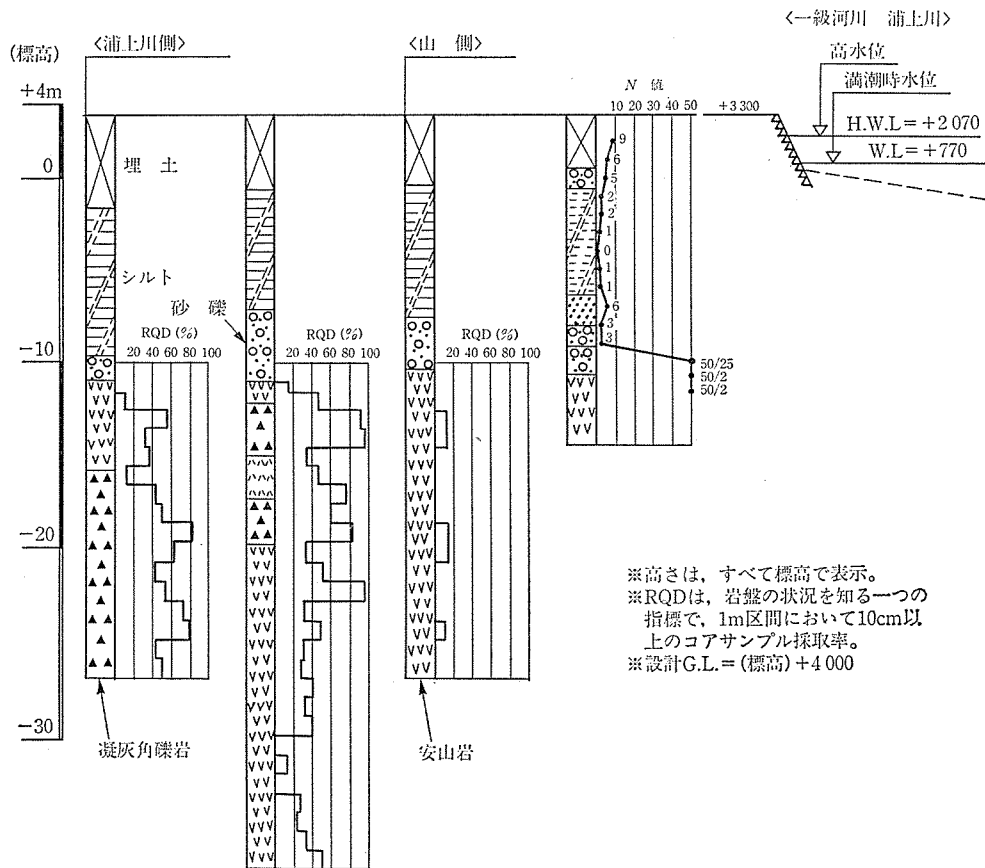
建物用途		し尿処理施設および事務所			
面積	建築面積	3846.66 m <sup>2</sup>	延面積	15381.31 m <sup>2</sup>	
階数	管理棟	地上	6階	地下	2階
	処理棟		1階		2階
高さ	管理棟	軒高	33.30 m	深さ	15.00 m
	処理棟		5.70 m		15.00 m
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造、プレキャストコンクリート造				
基礎形式	ベタ基礎				



\* Tomio Moriwaki  
(株)大林組東京本社技術開発本部企画管理部



図—1 長崎クリーンセンター（仮称）工事概要



図—2 定着地盤調査結果

表—2 建物重量と浮力の比較

施 工 ス テ ッ プ			管 理 棟 (1348.62 m <sup>2</sup> )		処 理 棟 (4677.22 m <sup>2</sup> )	
			重 量 (t)	荷 重 度 (t/m <sup>2</sup> )	重 量 (t)	荷 重 度 (t/m <sup>2</sup> )
(I) 常時水圧作用時 (WL=GL -3m)	⑤ 施 工 中 水 圧 作 用 時	建 物 重 量	27 563.1	20.4	49 569.6	10.6
		浮 力	-16 183.4	-12.0	-56 126.6	-12.0
		差	11 379.7	8.4	-6 557.0	-1.4
	⑥ 竣 工 後 (汚 水 有)	建 物 重 量	32 428.9	24.0	69 552.6	14.9
		浮 力	-16 183.4	-12.0	-56 126.6	-12.0
		差	16 245.5	12.0	13 426.0	2.9
⑦ 竣 工 後 (汚 水 無)	建 物 重 量	28 611.9	21.2	54 680.3	11.7	
	浮 力	-16 183.4	-12.0	-56 126.6	-12.0	
	差	12 428.5	9.2	-1 446.3	-0.3	
(II) 異常水圧作用時 (WL=GL ±0m)	⑧ 竣 工 後 (汚 水 有)	建 物 重 量	32 428.9	24.0	69 552.6	14.9
		浮 力	-20 229.3	-15.0	-70 158.3	-15.0
		差	12 199.6	9.0	-605.7	-0.1

※ 上表において、(差)=(建物重量)+(浮力)で示した。したがって、重量、荷重度で(-)値を示すものは浮上るケースをあらわしている。  
○内数字は、図-8の施工順序に対応している。

(異常) 水位を G.L. ±0m とし、建物重量と水圧による浮力を比較したものである。これによると、浮力が建物重量を大きく上回っているのはいずれも処理棟部分で、躯体施工中で常水位まで水位が回復した場合と、竣工後で汚水が満たされていても異常水位に達した場合の2ケースである。

この浮力対策として、基本計画時には、

- ① 基礎底版コンクリートの打増しによる「躯体重量」の増加案
- ② 水中ポンプ等の強制排水による「水圧の低減」案
- ③ 永久地盤アンカー案

の3案が候補にあがった。しかし、①案は根切り深さが約3m増え、山留め壁を長くし、しかも支保工段数を増やす必要があって工費・工期面で大幅な変更があること、また、②案も供用時におけるポンプ機器類のトラブル発生に対して手の施しようのないこと等から、結局、③案の永久地盤アンカーを採用することになった。

#### 4. 永久地盤アンカー(VSL-J1永久アンカー)

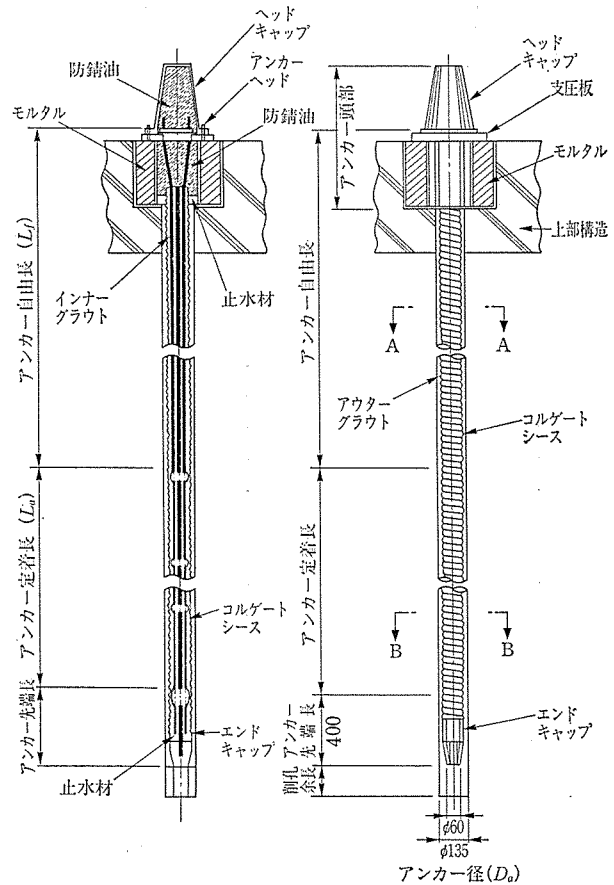
##### 4.1 VSL 永久アンカーの概要

VSL 永久アンカーは、図-3、4に示すようにストレート型アンカーで、先端の防水加工部およびコルゲートシースで引張り材(PC鋼より線)を完全に密閉し、周辺地盤からの浸透水など有害物質に対する引張り材の防錆対策を施している。また、引張り材のうち伸び量の大きな自由長部分はすべてアンボンド加工している。

##### 4.2 性能基本試験結果

VSL 永久アンカー工法では、設計・施工に先行して性能基本試験を行う。性能基本試験には、引抜き試験および長期引張り試験の2種類あり、本工事ではそれぞれ2本および1本の試験用アンカーを施工している。

##### (1) 引抜き試験結果



図—3 VSL 永久アンカー外観図

引抜き試験では、袋パッカーを用いて定着長2mの試験アンカーを施工、完全に引き抜くことによって、極限周面摩擦抵抗( $\tau_{max}$ )およびPC鋼より線とグラウト間の極限付着応力度( $\beta$ )を調査した。本工事では定着地盤が凝灰角礫岩と安山岩の2種類あるため、表-3に示すように、合計2本の試験アンカーを施工した。図-5はA-1試験アンカー、すなわち凝灰角礫岩に定着したアンカーの試験結果を示したもので、引張り材降伏荷重の94%にあたる150tに達しても、引張り材の変位

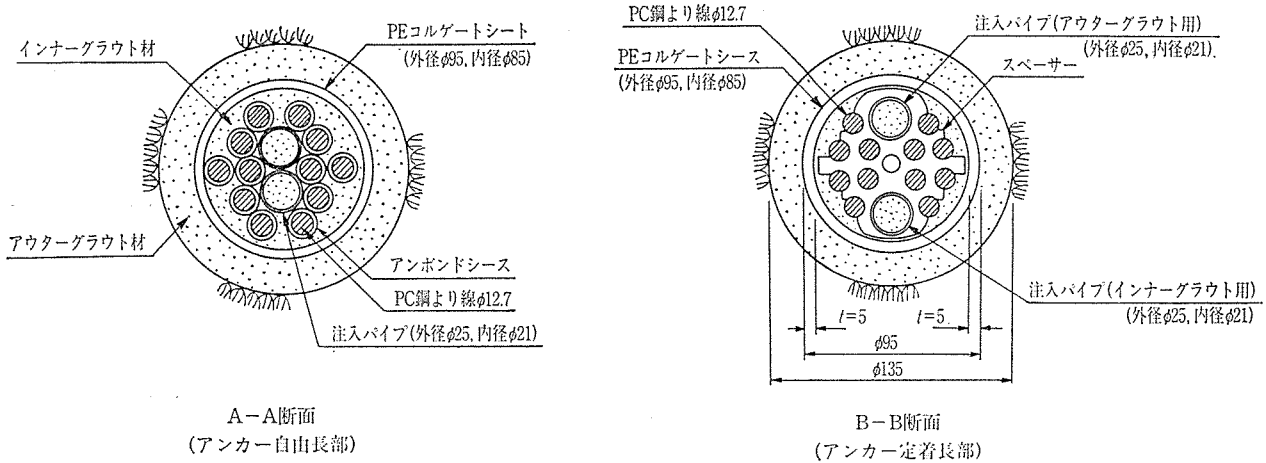


図-4 VSL 永久アンカー断面図

表-3 引抜き試験用アンカーの概要

アンカー No.	A-1	A-2
PC 鋼より線本数	10	10
定着長 (m)	2.0	2.0
定着地盤	凝灰角礫岩	安山岩
自由長* (m)	21.9	20.24
試験結果	150 t でも極限状態を確認せず。	150 t でも極限状態を確認せず。

\* 実験時の自由長で、頭部定着金具(クサビ)位置からの長さを示す

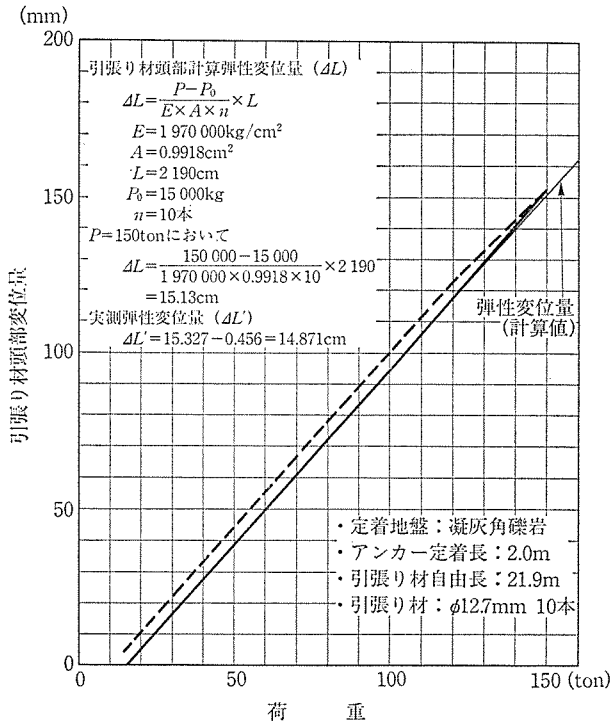


図-5 引抜き試験結果 (A-1 アンカー)

量は計算弾性変位量にほぼ等しく、破壊状態には達していない。また、A-2 試験アンカーについても同様な結果が得られており、設計用  $\tau_{max}$  および  $\beta$  はそれぞれ  $17 \text{ kg/cm}^2$  および  $16 \text{ kg/cm}^2$  とした。なお、 $\tau_{max}$ 、 $\beta$  は次式を用いて算定している。

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{\pi \times D \times L_a} \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = 0.9 \times \frac{T_{max}}{\pi \times \phi \times n \times L_a} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 $T_{max}$  : 極限引抜き荷重(150 000 kg)

$D$  : アンカー外径 (13.5 cm)

$L_a$  : アンカー定着長 (200 cm)

$\phi$  : PC 鋼より線 1 本の直径 (1.27 cm)

$n$  : PC 鋼より線の本数 (10 本)

(2) 長期引張り試験結果

長期引張り試験では、本設と同仕様で施工した定着長 5 m の試験アンカーに対して、引抜き試験結果をもとに設定した緊張力を加え、アンカーの長期的な挙動を調査した。

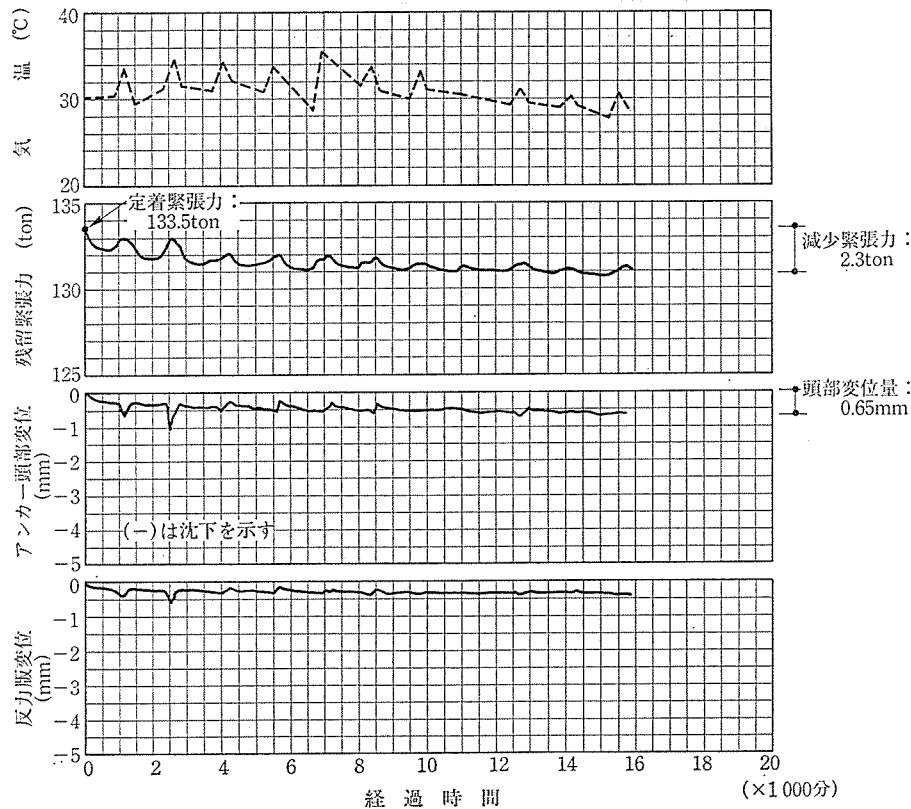
図-6 は、定着時緊張力 133.5 t を加え、約 11 日間保持したときの挙動を示したものである。この図からわかるように、緊張力の減少は非常に少なく 2.3 t にすぎない。また、この間にアンカー頭部は 0.65 mm 沈下している。この試験結果から、アンカーのバネ定数、反力版沈下量等を考慮して、65 年後における残留緊張力を予測すると約 130 t となり、実用上全く問題のないことがわかった。

5. アンカーの設計

アンカーの設計は、図-7 に示すフローにしたがって行っている。以下、順を追って説明していく。

5.1 施工条件および設計条件の決定

永久アンカーの設計では、緊張・定着作業をどの時点で行うかが大きなポイントとなる。図-8 は、本工事における施工順序を示したもので、永久アンカーの施工は掘削完了後(同図中の①)、そして基礎底版への緊張・定着は処理棟 1 階床までの躯体の施工が終わった時点(同図中③)を予定している。



図—6 長期引張り試験結果

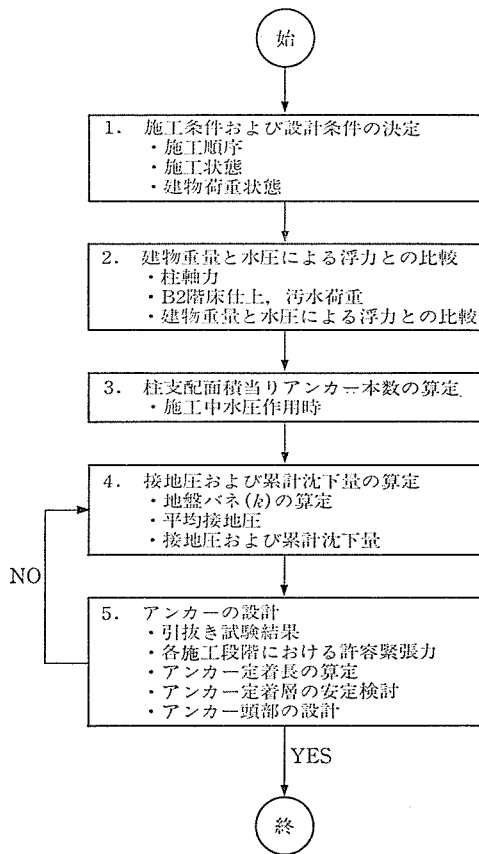
建物重量と水圧による浮力の比較は、表—2 に示すとおりである。この表からわかるように、浮力が建物重量を上回り、最も危険な状態は図—8 のうち⑤の施工状態、すなわち躯体工事が終わり、掘削工事期間中運転していた排水ポンプを止め、地盤中の地下水位が常時水位 (G.L. -3 m) まで回復した状態である。したがって、このときの建物重量と浮力を平面的にみて1グリッドごとに比較し、永久アンカーの必要本数を求めた。なお、このときの設計荷重は PC 鋼より線 (φ12.7 mm, E5 タイプ) 1本あたり 9 t としている。その結果、設計荷重 ( $P_d$ ) 108 t の永久アンカーが 62 本、90 t のもの 72 本、63 t のもの 10 本、36 t のもの 18 本、合計 162 本施工することになった。

これにより、最大浮力発生時の状態は、

- ・最大浮力  $\Sigma W = 6557 \text{ t}$
- ・設計荷重  $\Sigma P_d = 14454 \text{ t}$

となり、処理棟の浮上がりは完全に防止される。

表—4 は、処理棟および管理棟の基礎底版下の接地圧・累計沈下量を施工順にまとめたものである。なお、沈下量の算定で用いた地盤のバネ定数 ( $K$ ) は、安山岩における孔内水平載荷試験から求められた弾性係数 ( $E$ ) を日本建築学会「基礎構造設計指針 (1988)」の即時沈下量算定式に適用し、 $30 \text{ t/m}^2/\text{cm}$  としている。この表によると、いずれのケースにおいても処理棟と管理棟の沈



図—7 永久アンカーの設計フロー

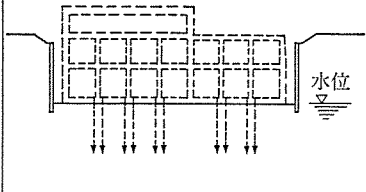
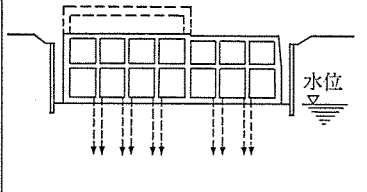
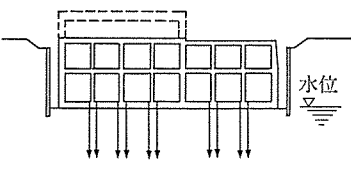
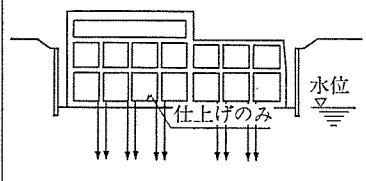
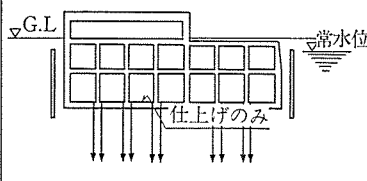
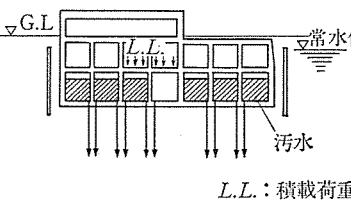
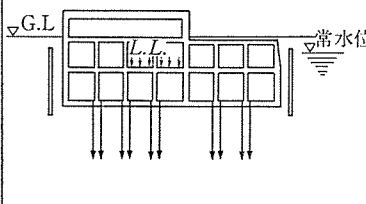
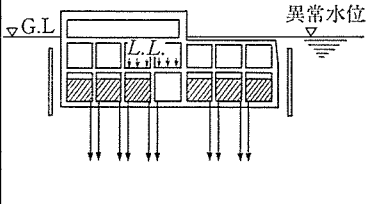
施工順序	①	②
施工状態 (処理棟を示す)		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削完了</li> <li>アンカー施工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1F床まで躯体工事完了</li> </ul>
③	④	⑤
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>アンカー プレストレス導入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2F床まで躯体, 防水工事完了</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋戻し完了</li> <li>排水停止, 常水位回復</li> </ul>
⑥	⑦	⑧
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>建物竣工, 運転時 (常水位)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物竣工</li> <li>用途変更時 (常水位)</li> <li>プラントトラブル発生時 (常水位)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物竣工, 運転時 (異常水位)</li> </ul>

図-8 本施設の施工順序

下量の差は約 0.2 cm と非常に小さい。また、アンカーのバネ定数は、自由長を 5 m, PC 鋼より線 1本あたり 3.89 t/cm としている。このバネ定数を使って水圧による浮力作用時の浮上がり量を算定しているが、いずれのケースも基礎底版とその直下の地盤とは離間していない。

## 5.2 アンカーの設計

### (1) 各施工段階における許容荷重

PC 鋼より線には、JIS G 3536 PC 鋼より線 SWPR 7本より 12.7 mm B種 (低リラクセーション材) を使用した。

#### 1) PC 鋼より線 1本あたりの規格強度

規格引張り荷重:  $P_u=18.7$  t/本

規格降伏荷重:  $P_y=15.9$  t/本

#### 2) プレストレス導入時の許容荷重 ( $P_{ia}$ )

$0.75 P_u$  または  $0.85 P_y$  のうち小さい方を採用。

$\therefore P_{ia}=13.52$  t/本

#### 3) プレストレス導入完了直後の許容荷重 ( $P_{oa}$ )

$0.70 P_u$  または  $0.80 P_y$  のうち小さい方。

$\therefore P_{oa}=12.72$  t/本

#### 4) 常水位時の許容荷重 ( $P_{da}$ )

$P_{oa}$  の 90% 相当荷重とした。

$\therefore P_{da}=11.45$  t/本

### (2) 初期緊張力および定着緊張力

#### 1) 設計アンカー力 ( $P_d$ )

PC 鋼より線 1本あたりの設計荷重 ( $P_d$ ) を、

$P_d=9$  t/本

とする。

表—4 各施工段階における接地圧・沈下量

施工順序	処 理 棟			管 理 棟	
	接 地 圧 (t/m <sup>2</sup> )	累計沈下量 (cm)	緊張後からの沈下量 (cm)	接 地 圧 (t/m <sup>2</sup> )	累計沈下量 (cm)
緊張②直前	9.4 (10.4~8.4)	0.282 (0.312~0.252)	—	13.8 (15.0~12.6)	0.414 (0.45~0.378)
緊張③直後	12.8 (13.7~11.9)	0.384 (0.411~0.357)	—	13.8 (15.0~12.6)	0.414 (0.45~0.378)
土水圧作用直前	14.0 (15.1~12.9)	0.42 (0.453~0.387)	0.036	20.4 (18.0~22.8)	0.612 (0.54~0.684)
施工中水圧作用時	2.0 (3.1~0.9)	0.06 (0.093~0.027)	-0.324	8.4 (6.0~10.8)	0.252 (0.18~0.324)
竣工後(汚水有)	6.3 (7.3~5.3)	0.189 (0.219~0.159)	-0.195	12.0 (11.8~12.2)	0.36 (0.354~0.366)
竣工後(汚水無)	3.1 (4.0~2.2)	0.093 (0.12~0.066)	-0.291	9.2 (7.1~11.3)	0.276 (0.213~0.339)
異常水圧時	3.3 (4.3~2.3)	0.099 (0.129~0.069)	-0.285	9.0 (8.8~9.2)	0.27 (0.264~0.276)

・( )内の値は、偏心を考慮した接地圧および沈下量  
 ・施工順序のうち○内数字は、図—8 に対応  
 ・沈下量の数値のうち(—)値は浮上がり量を表わす  
 ・基礎底版の地盤のパネ定数(K)は、30 t/m<sup>2</sup>/cm

表—5 アンカー体の極限引抜き力

① より線 本数 n (本)	② 設計 アンカー力 P <sub>d</sub> (t)	③ 常水位時 許容荷重 P <sub>da</sub> (t)	④ 極限引抜き力(T <sub>u</sub> : t)		⑤ アンカー体 極限引抜き力 W (t)
			P <sub>da</sub> ×3.0	P <sub>u</sub> ×1.3	
12	108.0	137.4	412.2	291.7	412.2
10	90.0	114.5	343.5	243.1	343.5
7	63.0	80.1	240.3	170.2	240.3
4	36.0	45.8	137.4	97.2	137.4

※ 上表において

- ② 設計アンカー力: P<sub>d</sub>=n×9.0(t)
- ③ 常水位時許容荷重: P<sub>da</sub>=0.72 P<sub>y</sub>=n×0.72×15.9(t)

2) プレストレス導入完了直後の荷重 (P<sub>o</sub>)

定着完了直後から始まる導入緊張力の減少量は、供用全期間を通じて、定着緊張力 (P<sub>o</sub>) の 10% 以下と仮定した。

$$\therefore P_o = P_d / 0.9 = 10 \text{ t/本}$$

3) 初期緊張力 (P<sub>i</sub>): プレストレス導入時緊張力

アンカー自由長は 5 m とする。このときの頭部定着具セット時の減少荷重 (ΔP) は、クサビのセット量を 6 mm とすると、ΔP=2.32 t/本 見込んでおく必要がある。

したがって、初期緊張力 (P<sub>i</sub>) は、

$$\therefore P_i = P_o + \Delta P = 10 + 2.32 = 12.32 \text{ t/本}$$

以上、初期緊張力、定着緊張力ともに許容荷重以内におさまるよう設定している。

(3) アンカー体極限引抜き力

アンカー体極限引抜き力 (W) は、PC 鋼より線の常水位時許容荷重 (P<sub>da</sub>) の 3 倍以上、かつ規格引張り荷重 (P<sub>u</sub>) の 1.3 倍以上となるよう設計した。

この工事では、PC 鋼より線の本数 (n) は 12 本、10 本、7 本および 4 本の 4 種類ある。それぞれのタイプご

表—6 永久アンカーの定着長

① PC 鋼より線 本数 n (本)	② 設計 アンカー力 P <sub>d</sub> (t)	③ アンカー体 極限引抜き力 W (t)	④ 定着長 (L <sub>a</sub> : cm)		
			L <sub>1</sub> : τ <sub>max</sub> : 17.0 (kg/cm <sup>2</sup> )	L <sub>2</sub> : β: 16.0 (kg/cm <sup>2</sup> )	決定着長 L <sub>a</sub> : (cm)
12	108.0	412.2	*572	538	600
10	90.0	343.5	476	*538	600
7	63.0	240.3	333	*538	600
4	36.0	137.4	191	*538	600

上表中、(\*)印は定着長決定の対象を示す

ただし、L<sub>a</sub>: L<sub>1</sub> と L<sub>2</sub> のうち大きい方を採用する  
 L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>: 下式によって算定

$$L_1 = \frac{W}{\pi \cdot D_a \cdot \tau_{max}}$$

ここに、L<sub>1</sub>: τ<sub>max</sub> で決定される定着長 (cm)

D<sub>a</sub>: アンカー公称径 (13.5 cm)

τ<sub>max</sub>: 設計用最大周面摩擦抵抗 (17.0 kg/cm<sup>2</sup>)

$$L_2 = \frac{W}{n \cdot \pi \cdot \phi \cdot \beta}$$

ここに、n: PC 鋼より線の本数 (本)

L<sub>2</sub>: PC 鋼より線の付着長、β で決定される (cm)

φ: PC 鋼より線 1 本の公称径 (1.27 cm)

β: 設計用極限平均付着応力度 (16.0 kg/cm<sup>2</sup>)

とに算定した W を表—5 に示す。

(4) アンカー定着長

表—5 に示されている W をもとに、アンカー体の定着長さ (L<sub>a</sub>) を決定した。表—6 にその結果を示しておく。

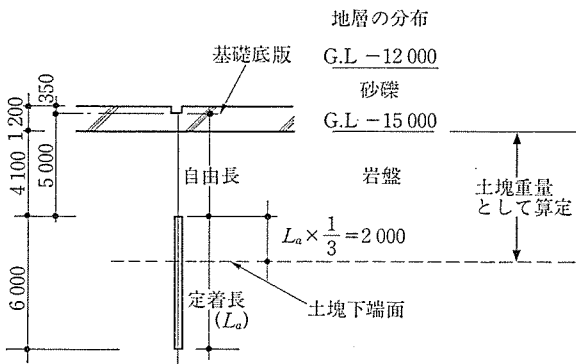
(5) 各施工段階におけるアンカー緊張力

表—7 は、プレストレス導入時から竣工後の常水位時および異常水位時にいたるまでの緊張力をまとめたものである。なお表の中で (\*δ) は、プレストレス導入後におけるアンカー頭部の浮上がり量で、表—4 の値を採用している。これによると、いずれの段階においても有効緊張力は、設計アンカー力 (P<sub>d</sub>) より大きく、かつ許容

表—7 各施工段階における緊張力，許容荷重

アンカータイプ		緊張力，許容荷重 (t)			
		n : 12本 L <sub>a</sub> : 600 K <sub>a</sub> : 46.7	n : 10本 L <sub>a</sub> : 600 K <sub>a</sub> : 38.9	n : 7本 L <sub>a</sub> : 600 K <sub>a</sub> : 27.2	n : 4本 L <sub>a</sub> : 600 K <sub>a</sub> : 15.6
設計アンカー力 : P <sub>d</sub>		108.0	90.0	63.0	36.0
1) プレストレス導入時	初期緊張力 : P <sub>i</sub>	147.8	123.2	86.2	49.3
	許容荷重 (0.85 P <sub>y</sub> )	162.2	135.2	94.6	54.1
2) プレストレス導入直後	定着緊張力 : P <sub>o</sub>	120.0	100.0	70.0	40.0
	許容荷重 (0.80 P <sub>y</sub> )	152.6	127.2	89.0	50.9
3) 施工時 (常水位)	有効緊張力 (Max)	135.1	112.6	78.8	45.1
	*δ=0.324 cm (Min)	123.1	102.6	71.8	41.1
4) 竣工後 (LL. 常水位)	有効緊張力 (Max)	129.1	107.6	75.3	43.1
	*δ=0.195 cm (Min)	117.1	97.6	68.3	39.1
※ 3), 4) 時 許容値	許容荷重 (0.72 P <sub>y</sub> )	137.4	114.5	80.1	45.8
	・W <sub>f</sub> /3 : 摩擦	144.2	144.2	144.2	144.2
	・W <sub>b</sub> /3 : 付着	153.2	127.7	89.4	51.1
5) 竣工後 (LL. 異常水位)	有効緊張力 (Max)	133.3	111.1	77.8	44.4
	*δ=0.285 cm (Min)	121.3	101.1	70.8	40.4
	許容荷重 (P <sub>y</sub> )	190.8	159.0	111.3	63.6

上表において、  
 設計アンカー力 (P<sub>d</sub>) : 設計上、1本のアンカーに期待する緊張力。定着後の緩みを考慮して定着緊張力 (P<sub>o</sub>) の90%相当としている。  
 n : PC鋼より線の本数  
 L<sub>a</sub> : 定着長 (cm)  
 アンカーばね定数 (K<sub>a</sub>) : 自由長を5mとして算定 (t/cm)  
 定着緊張力 (P<sub>o</sub>) : 初期緊張力 (P<sub>i</sub>) から定着時のセットロスを減じた荷重  
 有効緊張力 (Max) : 定着緊張力 (P<sub>o</sub>) をもとに、水圧負担時の伸び (δ) を考慮した緊張力、P<sub>r</sub>(Max) = P<sub>o</sub> + K<sub>a</sub> · δ  
 (Min) : (0.90 × P<sub>o</sub>) をもとに、水圧負担時の伸び (δ) を考慮した緊張力、P<sub>r</sub>(Min) = 0.90 · P<sub>o</sub> + K<sub>a</sub> · δ  
 極限周面摩擦力 (W<sub>f</sub>) : W<sub>f</sub> = π · D<sub>a</sub> · τ<sub>max</sub> · L<sub>a</sub>  
 D<sub>a</sub> : アンカー公称径 (13.5 cm)  
 τ<sub>max</sub> : 設計用最大周面摩擦抵抗 (17.0 kg/cm<sup>2</sup>)  
 極限付着力 (W<sub>b</sub>) : W<sub>b</sub> = n · π · φ · β · L<sub>a</sub>  
 φ : PC鋼より線1本の公称径 (1.27 cm)  
 β : 設計用極限平均付着応力度 (16.0 kg/cm<sup>2</sup>)



図—9 永久アンカーの概要

荷重以下になっている。

図—9 は、以上の計算結果から決定したアンカーの概観図で、基礎底版上に設けるアンカー頭部からの自由長 (L<sub>f</sub>) は5mとしている。また、図—9 に示した土塊下端面より上方の岩盤重量は、表—7 中の最大有効緊張力の合計の約1.25倍あり、常水位時の浮力に対して十分安全であることを確認している。

## 6. アンカーの施工

### 6.1 施工フロー

図—10 は、永久アンカーの施工手順をフロー図にまとめたものである。以下、その概要について列記しておく。

○削孔 : 二重管式ロータリーパーカッション型削孔機による清水掘り。削孔外径は135mm。

○グラウト材 : 普通ポルトランドセメントを使用したセメントペースト。水セメント比は50%。なお、高減水材をセメント重量の約2%添加。

各施工段階における管理項目等は、図—10 に示すとおりである。

### 6.2 確認試験

本設用アンカー162本全数について、その耐力を確認するため、多サイクル引張り試験 (9本実施) および伸び量試験 (残り153本) を実施した。図—11 は、そのうちPC鋼より線12本タイプの試験アンカー (A-55) の多サイクル引張り試験結果を示したものである。引張り材頭部の変位量は、下限弾性変位量と上限弾性変位量の範囲内にあり、所定の変形性能を有していることがわかる。また、設計アンカー力 (P<sub>d</sub>) の1.5倍に相当する最大荷重 (162.2t) 時にも、破壊状態にいたっていない。

表—8 は、多サイクル試験結果から求めた見かけの自由長 (L<sub>f</sub>') の一覧表である。これによると、L<sub>f</sub>' は設計自由長 (L<sub>f</sub>) より20~40cm長い程度で、耐力上まったく問題はない。

以上、本工事における永久アンカーの施工法の概要を紹介した。アンカーの施工は、昭和63年10月から始め平成元年2月には確認試験を全数終えている。現在、処理棟では地下躯体を施工しており、7月の緊張・定着作業がこれに続く予定である。

## 7. あとがき

本施設の場合、水圧による浮力が建物荷重を大幅に上回るのは、躯体施工中でしかも地下水位が常水位に戻ったときおよび異常水位時 (設計 G.L. ±0 m) の2ケースであるが、総施工本数が162本にのぼる永久アンカーの使用例は国内でも珍しい。永久アンカーは、上記の浮上り防止のほか、処理棟地下2階の沈殿槽部分、すなわち柱がない長スパン (約17m) 部基礎底版の応力緩和材としても有効に配置されている。



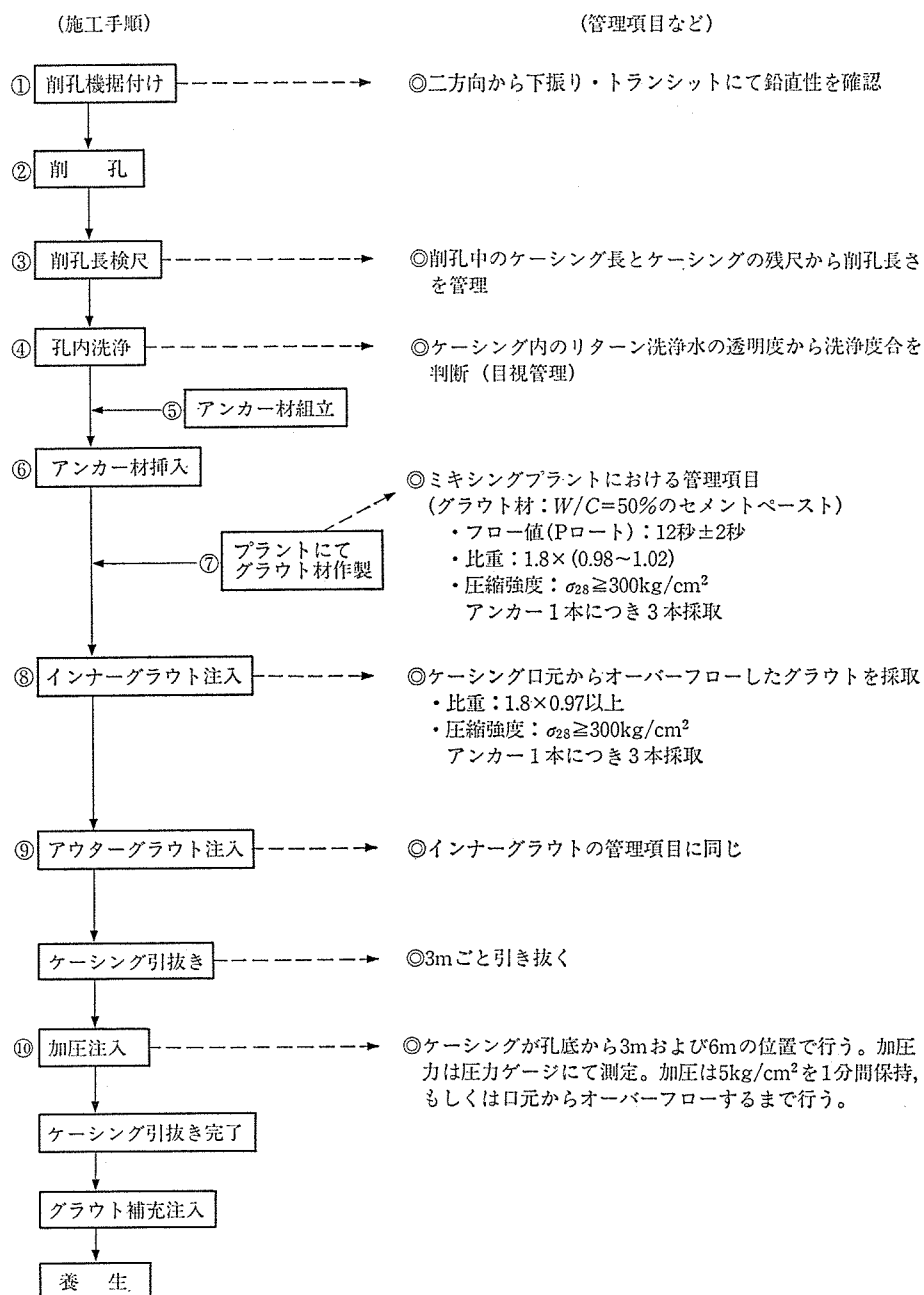


図-10 永久アンカーの施工フロー

表-8 多サイクル引張り試験結果 (見かけの自由長:  $L_f'$ )

アンカータイプ ( $n$ :より線 本数)	設計 アンカー力 $P_d$ (t)	最大 有効緊張力 $P_r$ (t)	試験 アンカー名	定着長 $L_a$ (cm)	自由長 (試験時) $L_f$ (cm)	引張り材 弾性係数 $E$ ( $\times 10^6$ kg/cm $^2$ )	試験荷重 (t)		弾性変位量 (最終 サイクル) $\delta_e$ (cm)	見かけの 自由長 $L_f'$ (cm)
							最大荷重 $P_{max}$	初期荷重 $P_0$		
$n: 12$ 本	108	135.1	A-21	600	610	1.97	162.2	13.7	4.022	632
			A-42	600	570	1.96	162.0	13.7	3.926	614
			A-55	600	600	1.97	162.2	13.7	3.985	626
$n: 10$ 本	90	112.6	B-6	600	570	1.97	135.2	11.5	3.796	597
			B-18	600	610	1.96	135.2	11.5	4.000	626
			B-37	600	600	1.97	135.2	11.5	3.946	620
			B-41	600	610	1.97	135.2	11.5	4.007	630
$n: 7$ 本	63	78.8	C-8	600	580	1.97	94.6	8.0	3.887	611
$n: 4$ 本	36	45.1	D-13	600	600	1.96	54.2	4.6	3.941	615

※ 上表において (見かけの自由長) は次式で算定した。ただし,  $A=0.987 \times n$  (cm $^2$ )

$$L_f' = \delta_e \times \frac{E \times A}{P_{max} - P_0}$$

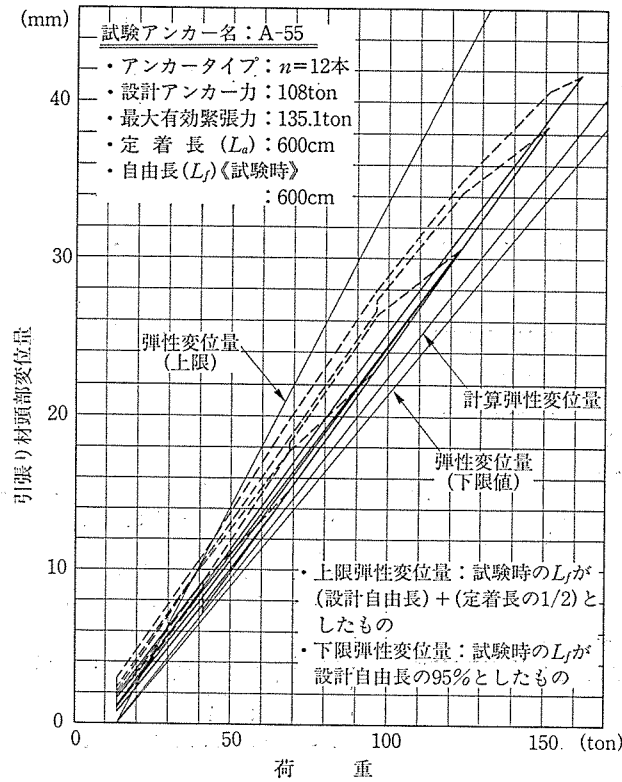


図-11 多サイクル引張り試験結果の一例

VSL-J1 永久アンカー工法は、使用材料、設計・施工、維持管理について、日本建築センター内に設けられた学識経験者（委員長：榎並日本大学教授）の指導のもとで研究・開発された工法である。また、今回の使用にあたっては、日本建築センター基礎評定委員会（委員長：山肩関西大学教授，部会長：風間早稲田大学教授）による審査・指導があった。ここに記して深謝の意を表します。

最後に、永久アンカー工法の採用については、本施設

関連の長崎市担当者各位、ならびに工事関係者のご理解とご協力を得ました。ここに心から感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) VSL 永久アンカー共同研究会：永久アンカーの開発——VSL アンカー工法，基礎工，昭和62年12月号，pp. 56～59
- 2) 永久地盤アンカー工法の研究（その1～その9），日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和63年，pp. 1117～1134

【1989年4月11日受付】