# 本設地盤アンカー(永久アンカー)の開発

Development of Permanent Ground Anchor

小林 康之\* 宮崎 啓一\*\* Yasuyuki Kobayashi Keiichi Miyazaki

武内 義夫\*\*\* Yoshio Takeuchi

#### 要 約

筆者らは,構造物の基礎に用いる本設地盤アンカー工法を開発してきた。鉛直本設地盤 アンカーは,地下水の浮力による建物の浮き上がり防止,地震時・暴風時の転倒モーメン トによる基礎の浮き上がり防止等を主な使用目的としている。アンカーをこのような目的 で使用するためには,構造物の存置期間中の耐久性と信頼性の確保が要求される。

開発にあたっては、アンカーの仕様の検討をはじめとして、実大アンカーを用いた原位 置試験、耐久性に関する試験や設計手法の検討等を行った。

原位置試験では、砂れき、シルト岩および砂の各層を定着地盤としたアンカーの施工性 試験および各種載荷試験を実施し、本アンカーの施工管理方法を確立し、各種の力学特性 を把握した.また、グラウトの耐薬品性試験、アンカー頭部の暴露試験により、アンカー 各部の長期間にわたる耐久性の確認を行った.

これらの試験をふまえて、「本設地盤アンカー工法設計・施工指針」をまとめ、実用建物 への適用を可能とした。

- 目 次
- §1. はじめに
- §2. アンカーの構造と種類
- §3. 原位置試験
- §4. アンカーの耐久性
- §5. アンカー設計上の基本事項
- §6. おわりに
- 謝辞

### §1. はじめに

従来,建築構造物におけるグラウンドアンカーは,主 に仮設構造体として用いられてきた.しかし,近年のア ンカーの耐久性ならびに信頼性の向上にともない,本体 構造物の一部として用い得る本設(永久)アンカーの研 究開発が進められるようになってきた.

本設地盤アンカーの用途は広範囲にわたっている。例 えば、地震時や暴風時に基礎に大きな引抜き力が生じる 高層建物の浮き上がり防止、塔状建物の転倒防止、水圧 による建物の浮き上がり防止、傾斜地における偏土圧対: 策等に有効に用いることができる。

本報では,圧縮型本設地盤アンカー(鉛直)の開発と 工法の確立に際して行った原位置試験および耐久性の検: 討等を中心に報告する.

参考文献

<sup>\*</sup>技術研究所先端技術研究課長

<sup>\*\*</sup>技術研究所土木技術課係長

<sup>\*\*\*</sup>技術研究所先端技術研究課係長

# §2. アンカーの構造と種類

本アンカーは Fig.1 に示すように,アンカー頭部,中間部,定着部および先端部で構成されている.引張り材は高密度ポリエチレンで被覆された多重より PC 鋼より線で,両端にマンションが汪着されている.定着体は



Fig.1 アンカーの構造

クロムモリブデン鋼鋼管で,表面にはリブ加工がしてあ り,ナットで先端部マンションと結合されている.

このアンカーは、アンカー頭部で引張り材(被覆多重 より PC 鋼より線:タイブル)に導入された緊張力が直 接アンカー定着部下端に伝達され、圧縮力として定着体 を介してグラウト、さらに地盤へと伝達されるいわゆる 圧縮型アンカー<sup>2)</sup>である.このため、アンカー体のグラウ トには通常の引張型アンカーのような引張りによる亀裂 が発生せず、耐久性にも優れた機構になっている.

自由長部のスライドパイプは、アンカー中間部分でグ ラウトとタイブルとの間に摩擦が生じるのを防ぎ、さら にアンカー内部への地下水等の侵入を防ぐ役割を持ち、 タイブルのポリエチレン被覆と組合わさって PC 鋼線 に対して二重防食機能を果している.

アンカーと構造物との定着はネジ式定着工法であるため再緊張も容易に行えることも利点の一つである.

また、本アンカーは工場において製作・組立を行うた め高品質を確保できることも大きな特徴である.

本アンカーは Table 1 に示したように, 引張材の強度 によって 6 種類を設けた.

# §3. 原位置試験

3-1 試験概要

砂れき、シルト岩および砂地盤で実大のアンカーを施 工し、その施工性および力学特性等の試験を行った.

砂れき地盤(試験サイト A) およびシルト岩地盤(試験サイト B) での試験は東京都青梅市,砂地盤(試験サ イト C) での試験は茨城県つくば市で行った.試験サイ

Table 1 アンカーの種類

	アンカータイプ		F 100 T C	F 130 T C	F 160 T C	F 200 T C	F 230 T C	F 270 T C
規	格 引 張 荷 重 P <sub>u</sub>	(tf)	95.0	126.0	165.1	190.5	222.3	258.5
規	格降伏荷重 Py	(tf)	83.3	110.4	144.4	166.9	196.0	226.2
許家	最大初期緊張力 "Pi	(tf)	70.8	93.8	122.7	141.8	166.6	192.2
合駅新西	最大定着時緊張力 "Pt	(tf)	66.5	88.2	115.5	133.5	155.6	180.9
力	最大有効緊張力 "Pe	(tf)	59.8	79.3	103.9	119.9	140.0	162.8
¥	重よりPC鍋より線の構	成	$7 \times \phi 11.1$	$7 \times \phi 12.7$	$7 \times \phi 15.2$	$19 \times \phi$ 9.5	$19 \times \phi 10.8$	$19 \times \phi 11.1$
hri- š	夏々壬トトロの細トト始の厳み	d hvd	33.3			47.5	54.0	55.5
17/2 1	夏夕里より「C到国より和KV/樹住 (	mm)		48.1	61.6	63.5	67.0	67.0
定	着体外径/内径(	mm)	φ87,	¢66		ø121	/ ø92	
削	孔 径 (	mm)	¢135,	<i>ø</i> 170		φ1	70	

ト A および B は上部層が砂れきで下部層がシルト岩で ある同一の場所であり、武蔵野台地西部で立川段丘の西 縁に位置し、砂れき層は立川れき層、シルト岩は上総層 である. 試験サイト C は霞ケ浦西方の稲敷台地の北縁部 に位置し、定着砂層は成田砂層である.

試験サイトの土質を Fig.2 に示した。

原位置試験で行った試験項目を Table 2, 試験に用い たアンカーの仕様を Table 3 に示した.

3-2 アンカーの施工性試験

(1) 試験方法



Fig.2 試験場所の土質

茄	験項目	試験内容等		
施工性試	験	削孔精度、アンカー体形状等		
アンカー	引張試験	単純、繰り返し、群アンカー特性		
	引抜き試験	極限引抜き力		
9 AF LE	長期安定性試験	緊張力の経時変化		
基礎の	振動特性試験	基礎の振動特性、常時微動測定		
特性	リフトオフ試験	有効緊張力		

Table 3 試験アンカー一覧

定着 地盤	No.	種類	削孔長 <i>L<sub>b</sub></i> (m)	定着長 <i>La</i> (m)	備考	
	A 1 *	F 200 T C	12.0		· 1: 54 - 1: 11 3	
	A 2 *	F 130 T C		0.0	他工作試験	
	A 3	E 970		1.0		
	A 3 *	F 270			引抜き試験	
: - 66	A 4	F 130				
192	Аэ	Paga	11.0	4,0	引張、長期安定性試験	
11	A 6	F 200			線返し引張試験	
2	A 7	Dogu		1.0	群アンカー試験 (引抜さ) 群アンカー試験 (引張、長期安定性) 基礎のリフトオフ試験	
1	A 8	F 210				
	A 9	P 200		4.0		
	A10	F 200				
	All	E 190		2.0	振動試験	
	A12	<b>F</b> 150				
,	B1*	F 200 T C		6.0	施工性試験	
レル	B 2 *	F 270		2.0	·21144 元 :北田公	
台	B 3	F 130	24.0	1.0	5日及さ 試験	
177	B 4	F 200		6.0	引張、長期安定性試験	
Edu	C 1	F 200 T C	52.0	6.0	大深度施工性試験	
179 164	C 2	F 270	16.0	1.5	·2月11日、2月111日、2月111日、2月111日、2月1111日、2月1111日、2月1111111111	
47	С 3	F 130	10.0	1.0	17月7久 ご 前4時火	

注)\*は掘出し観察を行った。

削孔径はF130TCは135mm、F200TCおよびF270TCは170mmである。 種類の欄のTCはタイブルを示す。

本アンカーの標準的な施工方法を Fig.3 に示した. 試験での削孔はロータリパーカッション方式で行った.

試験サイト A および B では, 削孔精度, アンカー組立 材の挿入性および施工能率等を調査した.また, アンカ ー体の出来上り状態を観察するため, 深礎工法によって アンカーを掘り出し, アンカー体の形状や周長, 加力に よるグラウトのクラック発生状況を観察した.その後, 中間部および定着部を水平に切断し, 断面の観察および 定着体のグラウトの被り厚さ等を調べた.

試験サイト C では、削孔精度および施工能率等を調査 した.また、削孔長52mの大深度施工時におけるアンカ ー組立材挿入等の施工性も調べた。

なお,原位置試験アンカーに使用したグラウトの配合は Table 4 に示したものである.

Table 4 使用グラウトの配合

<b>A</b> C	台	(kg/m <sup>i</sup> )		範囲および管理値			
セメント C	水 W	混和材	₩/ C (%)	压縮強度 <b>σ</b> 28 (kgf/cm²)	フロー値 (sec)	比重	
1227	589	24.5	50	300FA E	15以下	〕±0.04	

注) 混和剤はNL-4000を使用した



Fig.3 アンカーの施工方法

### (2) 試験結果

#### a) 削孔精度

削孔後のケーシングの傾斜を挿入式傾斜計で測定し た。削孔精度は地盤条件や削孔方法等によって影響を受 けるが、Table 5 に示したように、概ね1/150程度の 精度で削孔可能なことが確認できた.52mの大深度施工 (C1)での結果が他と比較して高精度なのは、削孔機を 据え付ける作業床をコンクリート盤としたことによっ て、削孔機の姿勢の安定性が向上したためと思われ、削 孔機の姿勢の安定性は削孔精度の確保にとって重要な要 因であることがわかる.

b) 周長および被り

アンカー体の出来上り状態は、定着層が砂れき層の場 合とシルト岩層の場合とで大きく異なっていた.

サイト Aの砂れき層に定着したアンカー (A 1)の定 70

着部は、Photo1に示したように、地盤へのグラウトの 浸透のための外側にれきが付着し太く不規則な形状とな った、定着体部分の周長は70~100cmであり、平均では設 計周長の1.6倍(90.8cm) であった.

サイト Bのシルト岩層に定着したアンカー (B1) で は、Photo2に示したように、定着部はほぼ均等な円柱 形であった、周長もほとんど均一であり、設計周長の約 1.1倍 (58.7cm) であった.

Table 5 削孔精度

	A 1	B 1	C 1		
アンカー種類	F 200 T C				
削孔径 (mm)	φ170				
アンカー長	GL-12.5m	GL-24.5m	GL-52.0m		
定着地盤	砂れき	シルト岩	砂		
削 孔 精 度	1/167	1/163	1/472		

A 1アンカーの断面は、定着体の周囲に色の濃い部分 があり、その周囲にれきとグラウトが混ざった部分があ る二層構造となっていた。前者の色の濃い部分はほぼ削 孔径に等しくグラウトのみで形成されているが、後者は グラウトの自重およびグラウトの加圧によってグラウト が砂れきに浸透した部分と考えられる。一方、B 1アン カーでは定着体は、その径は削孔径とほぼ等しく、ほと んどの部分が色の濃いグラウト部分であり、その最外部



Photo 1 A1アンカーの外観



Photo 2 B1アンカーの外観

に厚さが0~5mm程度のグラウトと土が混ざったと思われる薄い層が形成されていた.

定着体のグラウト被り厚さは Fig.4 に示したように, 20mmを下回る箇所はなく,耐久性が期待できることが確 認された.



Fig.4 定着体グラウトの被り厚さ

### 3-3 アンカーの力学特性試験

(1) 試験方法

引抜き試験における載荷装置を Fig.5 に示した. 引張 試験や繰り返し試験等においても載荷装置はほぼ同様で ある.

引抜き試験での載荷は多サイクル方式とし、土質工学 会のアースアンカーの設計・施工基準<sup>11</sup>を参考に想定極 限引抜き力までの荷重で5サイクルを設定し、引き抜け ない場合には最大荷重0.9P<sub>y</sub>まで載荷した。他の試験で も同様の考え方で載荷パターンを検討した<sup>10)11</sup>

複数のアンカーが近接した群アンカーを想定した試験 では2本のアンカー (アンカー間隔1 m) に同時に同じ 載荷パターンの荷重を作用させた.

また、地盤のクリープや鋼材のレラクセーション等に よるアンカーの長期の安定性をみるため、単アンカーと 群アンカーについて緊張定着後(定着緊張力は0.8P<sub>y</sub>= 約133tf (1304kN))約3ヵ月にわたり緊張力や変位等の 変化を計測した。

(2) 試験結果

a) 引抜き・引張特性

引抜き試験では所定の最大荷重(0.9P<sub>0</sub>)内で全てのア ンカーが引抜けたわけではないが、引抜けた試験体のア ンカー頭部荷重とアンカー頭部変位量を Fig.6 に示し た.試験は基本的に荷重制御方式であるので、引抜け始 めると変位の急速な増加のために荷重を一定値に保つこ とが困難となり、変位の増加による荷重の減少がみられ る.その後、除荷し再載荷すると、引抜けた荷重よりも



Fig.5 載荷装置

小さい荷重で変位が増加するのがみられている.

アンカー頭部で測定される変位量には鋼線の伸び量の ようなアンカー体の引抜け程度とは無関係な量が含まれ ている.しかし、今回の試験では定着体上端の変位量を アンカーの引抜け量と考えて良いであろう.

砂れき層における引張試験および引抜き試験の結果を 定着体上端の変位量とアンカー頭部荷重についてまとめ たものが, Fig.7である.この結果から,定着長(*L*<sub>a</sub>) が1 mのものと4 mのものとに分けられ,定着長の長 さがアンカーの挙動に非常に影響することがわかる.本



アンカーの場合にも有効な定着長には他のアンカーと同様に限界があると推定されるが、同一地盤では定着長の 短いものは変位が大きく、試験時に引抜けなかったアン カーでも実際にはアンカー体にかなりの引抜き変位が生 じていることがわかる。

仮設構造体として一般に広く用いられている通常のグ ラウト形式のアンカーでは、グラウトの定着頭部で最大 値を示すような引張力が作用するのが普通である<sup>4)</sup>. し かし、今回のアンカーは Fig.8 のように定着体底部から グラウトに圧縮力が作用するようなタイプであり、掘り 出し試験体の観察結果でもグラウトには引張による亀裂 はみられなかった.

アンカーを引抜くことにより生じる地盤内の破壊面の 形状と位置については、従来、種々の提案等がなされて いる(例えば文献3)). 今回の引抜き試験では、アンカー の引抜きに伴う周辺地盤内部の変位を知るために、アン カー周辺の地表面および地盤内部に変位計を設置した.



Fig.8 定着体のひずみ分布

これによると、引抜けたアンカーでは(Fig.9(a))引 抜きに伴う周辺地盤の変位がアンカー表面の近傍に集中 しており、アンカー表面から50cm程度離れた位置ではほ とんど変位がみられない.

林ら<sup>5</sup>による砂地盤での平面ひずみ模型アンカーの引 き抜き実験では、アンカー表面の近傍にせん断層が観察 されている.また、地盤内部のひずみを解析した結果か ら密で正規圧密または過圧密な砂地盤では、引抜き初期 にはくさび状のひずみ集中領域がみられるが、この領域 は引抜き量の増加とともに成長することはなく、最終的 にはアンカー表面にひずみが集中するのがみられてい る.今回の結果でも引抜けたアンカーでは、アンカー表 面近傍にひずみの集中領域が生じたようである.また、 引抜けなかったアンカーも地盤条件等が引抜けたものと 同じであるから、最終的にアンカー表面にひずみが集中 するようになると想定してよいと思われる.

b)アンカー緊張力の経時変化

繰り返し引張り試験では50回の繰り返しに対して,定 着体上端では約0.16mmのわずかな変位増加しか見られ ず変形性状は安定していた。

一方,長期安定性試験でのアンカーの緊張力は Fig. 10 に示したように,定着時点から徐々に減少している. 定着後の緊張力の減少 (Δp) の原因は,鋼線のレラクセ ーション (ΔP1),基礎地盤のクリープ (ΔP2) および定 着地盤のクリープ (ΔP3) が考えられるが,今回の試験 では,定着体上端の変位が小さく ΔP3=0と考えて良 いであろう.また,地盤を弾性的と仮定して,アンカー のバネ定数を K<sub>a</sub>,フーチングの沈下量増分を Δδとし て, ΔP2=K<sub>a</sub>·Δδとすると,実測結果から ΔP に対し



Fig.10 緊張力の経時減少量

△P2 は砂れき層で20~30%,シルト岩層で7%程度で あり,緊張力減少の約70%以上が鋼線のレラクセーショ ンに起因するものであると考えられる.なお,試験アン カーの65年後の緊張力減少は定着時緊張力に対して約 8.2~9.0%と想定される.

今回の試験結果では緊張力減少の大部分が鋼線のレラ クセーションによって生じたが,引張材に低レラクセー ション材を使用する場合は,この部分の割合はもっと減 少すると思われる.

### 3-4 アンカーされた基礎の特性試験

アンカーされた基礎の特性試験としては、アンカーの ナットおよび基礎自体のリフトオフ試験(引抜き試験) と基礎の振動試験を行った。リフトオフ試験では導入緊 張力が明確に確認でき、基礎全体に対する緊張程度を 個々のアンカーの特性から推定すること等についての知 見を得たが、ここでは、アンカーされた基礎の振動特性 について述べる.

(1) 試験方法

基礎の振動試験では、周辺地盤が基礎側面を拘束しないようにのり面形状で基礎側面周囲に空間を設けた。実験は起振機をフーチング上面中央部にセットし、起振機の偏心モーメントを一定値(52.43kgf・cm(514.2N・cm))とし、アンカーの緊張力を変えておこなった。

(2) 試験結果

剛体基礎の水平加振ではスウェイとロッキングの連成 振動が生じる(今回の測定結果には若干のねじれ振動も 含まれているようである).測定結果から各成分値を計算 した共振曲線を Fig.11 に示した.共振周波数は無緊張 の状態からアンカーの緊張力が大きくなるとともに高い 方へ移行し,振幅は小さくなっている.一方,減衰定数



Fig.11 共振曲線

はいずれの成分でもほぼ3~5%であり,緊張力の影響 は明瞭には認められなかった.

# §4. アンカーの耐久性

### 4-1 グラウトの耐薬品性試験

腐食環境下(特に酸性土壌)におけるグラウトの耐食 性の資料を得るために, JIS 原案「コンクリートの溶液浸 せきによる耐薬品性試験方法(案)」に準じた耐食試験を 実施して,浸せき溶液の酸性度がグラウトにおよぼす影 響について調査した.

(1) 試験方法

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し,水セ メント比は45%, 混和剤は高性能減水剤(NL4000,使 用量はセメント重量の2%)を用いた. コンシステンシ ーは P ロートによる流下時間で,練り上がり直後で10 秒,90分後で11秒程度であった. なお,単位セメント量 は1300kg/mである.

試験液は硫酸溶液 (pH 5, pH 3 および pH0.5) と 比較用としての上水道水の4種類を用い,浸せき時間は 最長91日とした.

試験は,外観検査,浸食度,曲げ強度,圧縮強度およ び中性化深さについて行った.

(2) 試験結果

Fig.12 に重量変化率を示す.重量変化率は,各材令日 に試験液から供試体を取り出し, 脆弱な部分を水中で黄



Fig.12 試験液浸せきグラウトの重量変化率

銅製ワイヤーブラシにより取り除いた後の重量の初期値 に対する低下率として示した. Fig.13 に各材令での水 道水浸せき供試体の強度を基準とした圧縮強度比を示し た.

これらの試験結果から, pH 5 溶液ではグラウトの劣 化はほとんど認められないが, pH 3 以下の溶液では明 らかに劣化が進行することがわかる. 一般には pH 5 程 度以上の条件の場所が多く<sup>7</sup>, pH 3 はかなり過酷な条件 であると思われる.



Fig.13 試験液浸せきグラウトの圧縮強度比

### 4-2 暴露試験

アンカー構成部材およびアンカー頭部の耐久性を調査 するために,暴露試験を実施した.暴露場所は千葉港内 の岸壁近傍の海水飛沫地帯とした.

### (1) 試験方法

暴露試験体は、アンカー頭部と自由長部とからなる構造とし、頭部の一方を露出させ、他方をコンクリートによる埋込み型とした.なお、実際の使用状態を考慮して、引張材には $0.54P_y=60tf(588kN)の緊張力を導入した.$ 暴露期間は6ヵ月、15ヵ月および24ヵ月とし、試験体数は各々1体、3体および4体の合計8体とした.試験体の暴露状況<sup>2</sup> Photo 3 に示した.

行った試験は、各材令での外観検査,試験体解体後の 構成部材の腐食状況調査および構成部材(防錆油,Oリ ング,ゴムパッキン、スライドパイプおよび引張材)の 機械的性質の調査等である.

# (2) 試験結果

まだ試験は継続中であるが、調査を終えた15ヵ月経過 後までの試験結果について以下に示した。

解体前の外観検査および解体後の目視検査では、露出 型アンカー頭部の外気に接している部分は一面に発錆し ていたが、その他の部分にはほとんど錆は認められなか



Photo 3 試験体の暴露状況

った.また,Fig.14 および 15 にスライドパイプおよ び引張材の機械的性質の経時変化の一例を示したよう に,各構造部材の機械的性質も初期値とほとんど差異は 見られず,暴露による性状の劣化はほとんど生じていな いことが確認できた.

文献<sup>60</sup>等によるとグラウンドアンカーの破損箇所は,ア ンカー頭部に多いと言われており,今後,24ヵ月経過後 の試験結果をも加えてディテールの改良資料としたいと 考えている.



Fig.14 スライドパイプの機械的性質の経時変化.



Fig.15 引張材の機械的性質の経時変化

本アンカーは上部構造の変形を小さくするため、アン カーには必ずプレストレスを導入するようにしており、 設計アンカー力は、原則として導入したプレストレスに よる有効緊張力以下となるようにしている。

また、アンカーの破壊モードは、a)引張り材が破断す る場合,b)グラウトと地盤との摩擦が極限に達する場合、 c)定着体とグラウトとの付着が極限に達する場合、およ び d) アンカーを含む地盤にすべり面が生じてブロック 破壊する場合等が考えられる。力学的には、a)の破壊モ ードが最も明確であるため、設計では本アンカーの破壊 は引張り材の破断によって生じるようにすることを原則 としている。アンカー定着部の極限引抜き力(*Tus*) はグ ラウトと地盤との極限摩擦抵抗力と定着体とグラウトと の極限付着抵抗力などによって算定されるが、さらに上 記の破壊モードを生じさせるため次式を満足するように 決める必要がある。

$$T_{ug} \ge 3 P_e$$
 かつ  $1.5T_d$  かつ  $1.3P_v$ 

P。: 有効緊張力

- *T<sub>d</sub>*: (短期) 設計アンカー力
- Py:引張り材の規格降伏荷重

設計手順の詳細については、参考文献8)を参照して いただきたい。

### §6.おわりに

鉛直本設地盤アンカーの施工性,力学特性および耐久 性等を確認する目的で実施した一連の試験について報告 した.これらの結果を反映させて設計・施工指針をまと めたが,今後も実際の設計,施工を通じてデータの収集 充実に努めたいと考えている.現在の設計・施工指針で は,本アンカーの本設建物への適用は鉛直アンカーに限 定しているが,斜めアンカーとしての本設利用について も研究開発を進めており,近い将来に斜めアンカーの設 計・施工指針をまとめる予定である.

なお、この一連の研究は当社を含めて、安藤建設株、 (株)鴻池組、住友建設株、(株)錢高組、東海興業(株、戸田建 設株、(株)フジタ、三井建設株、新構造技術株、構造工事 (株、日特建設株)および日本基礎技術株との共同研究とし て行ったものである、

#### 謝辞

本研究の実施にあたり、御指導を頂いた財日本建築センター PTC 本設地盤アンカー研究委員会(委員長日大 榎並教授)の諸先生に深甚な感謝の意を表します. 76

### 参考文献

- 1) 土質工学会:アースアンカー工法, pp. 231~236, 昭和51年.
- 2) 土質工学会: グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 平成2年.
- F.H.Kulhawy : Uplift Behavior of Shallow Soil Anchors, Uplift Behavior of Anchor Foundations in Soil(ed. by S.P.Clemence), pp. 1 ~25, ASCE, 1985.
- 4) H.Ostermayer et al. : Research on Ground Anchors in non-cohesive Soils, Groung Anchors,9th Int. conf. on Soil Mech. and Found. Engrg.,1977.
- 5) 林鍾鉄 他:砂地盤内の剛な鉛直アンカーの引き抜 き抵抗メカニズム、土と基礎, Vol.38, No.5, pp.33~38, 1990.
- 6) FIP : Corresion and corrosion protection of prestressed ground anchorage, State of art report, 1986.
- 1) 土質工学会:土質工学における化学の基礎と応用, pp.27~28,昭和53年.
- 8) 西松建設: PTC 本設地盤アンカー工法設計・施工指 針,平成2年.
- 9) 大屋準三: PTC アンカー工法,土と基礎, Vol.38, No.5, pp.9~14, 1990.
- 10) 有山峰夫 他: 圧縮型本設地盤アンカー工法に関す る研究(その1~その3), 第25回土質工学研究発表会, pp.1541~1548, 1990.
- 11)小林康之 他: 圧縮型本設地盤アンカー工法に関す る研究(その4~その8),日本建築学会大会学術講演 梗既集,pp.1655~1664,1990.