

ソイルコンクリートを充填した鋼管開端杭の閉塞効果に関する模型実験

関西大学 山肩邦男

(株) 武智工務所 細川義隆 ○平尾幸太郎 大杉富美一

1. 序

開端鋼管杭を用いて埋込み工法で施工する杭においては、先端支持力の発現を計る手段として、杭先端部分をセメントミルク等で充填する工法がいくつかみられる。この場合、管内の閉塞効果は鋼管と充填材との間の付着力および摩擦力によって発揮される。しかし現在のところ、管内に充填されたソイルコンクリートによる閉塞効果の問題は、定量的にはほとんど解明されていない。今回、我々は実際に近いソイルコンクリート充填鋼管について、模型実験を行なうことを計画した。この実験の目的は、鋼管とソイルコンクリートとの付着力および摩擦力についての性状を明らかにすること、固結ソイルコンクリートの剛性を評価することなどによって、先端部の閉塞性を解明する手掛りを得ること

にある。

2. 実験の概要

2-1. 試験体およびその製作法

実験に用いた鋼管は電綫管で、表-1に示す寸法のものである。試験体はソイルコンクリートの充填長さおよび杭径をパラメータとしたシリーズのものと、ソイルコンクリートの養生条件を変えたもの、付着力および摩擦力性能を改善する目的でリブをつけたもの、膨張セメントを使用したものなどである。

鋼管の両端面は管軸に垂直となるように機械切断し、グラインダーで仕上げた。また鋼管の内面はワイヤブラシで清掃した。

管内に充填するソイルコンクリートの配合を決定するにあたっては、まず実際に埋込み工法により施工された杭の先端部、特に支持地盤が砂れき地盤または砂地盤に根入れした杭の先端部分からソイルコンクリートのコアを採取し、圧縮試験を行なった後に、成分の分析および骨材分の粒度分析を行なった。砂、セメント、水の配合を調査した結果から、実験に使用するソイルコンクリートの配合を表-2のように決定

表 - 1

試験体番号	外径 D (mm)	肉厚 t (mm)	充填長さ L (mm)	L/D	養生方法	備考
No. 1	318.5	10.3	300	1	散水	
No. 2	318.5	10.3	600	2	散水	
No. 3	318.5	10.3	900	3	散水	
No. 4	318.5	10.3	1200	4	散水	
No. 5	318.5	10.3	600	2	水中	膨張剤
No. 6	318.5	10.3	600	2	水中	リブ付 R. 12×100
No. 7	318.5	10.3	600	2	水中	
No. 8	508	12.7	500	1	散水	
No. 9	508	12.7	1000	2	散水	
No. 10	1016	12.7	1000	1	散水	
No. 11	1016	12.7	1000	1	水中	

杭の外側に水も散く?

表 - 2

試験体番号	W/C (%)	S/C (%)	I/C (%)	E/C (%)	備考
No. 1	65	60	0.4	0	W/C:水・セメント比
No. 2	65	60	0.4	0	
No. 3	65	60	0.4	0	
No. 4	65	60	0.4	0	
No. 5	65	60	0.4	10	S/C:砂・セメント比
No. 6	65	60	0.4	0	
No. 7	65	60	0.4	0	
No. 8	65	60	0	0	
No. 9	65	60	0	0	
No. 10	65	60	0.4	0	
No. 11	65	60	0.4	0	

I:表面活性剤
E:膨張剤

した。砂の粒度曲線は図-1に示すごとくである。

ソイルコンクリートの充填に先立って、鋼管の外面にワイヤーストレインゲージを軸方向および円周方向に貼付し、充填後のソイルコンクリートの固化時に伴う鋼管のプレストレスおよび載荷時の鋼管からソイルコンクリートへの応力伝達を測定するために供した。ただし、試験体の大きさが異なるので、ストレインゲージ貼付場所は一定していない。

試験体の製法および養生方法は次の2通りによった。①地盤に鉄板(2m×3m×20mm)を水平に置き、その上に鋼管を垂直に立てて底面を外側から石こうでシールする。まず管内に水を張り、塩ビパイプφ150mmを挿入して、管底から順次ソイルコンクリートを水と置換する方法によって打設した。打設後、ソイルコンクリートの上面に水を散水して試験時まで養生した。また、②杭先端部が地下水位下にあることを考慮して、鋼製の水槽(2m×3m×1m)を用い、底面にビニールシートを敷いた上に鋼管を垂直に立てる。水槽に水を張り、①と同様な方法でソイルコンクリートを打設し、試験時まで水中養生を行なった。

2-2. 載荷方法

試験は、図-2に示す載荷装置により行なった。図に示すごとく、上端面は鋼管部分のみ載荷するために、試験体と同径・同厚の鋼管(高さ約10cm)を載せ、下端面にはソイルコンクリート部分のみを支持させるため、鋼管の内径よりやや小さめの載荷円板を置き、鋼管を押し下げる方法で載荷した。載荷方法は、5tfまたは10tfきざみの荷重階(荷重保持時間5分)で最大荷重に達するまで荷重制御法で行なった。測定事項は、ロードセルによる荷重とストレインゲージによるひずみのほか、鋼管の下端から5cm上がりの点の変位量 δ である。最大荷重後の押し抜きに対しては、荷重のみを測定した。

3. 試験結果および考察

結果の一覧表は表-3に示すごとくである。試験結果の一部として、荷重 P_o ～変位 δ 曲線を図-3に、ひずみ分布の測定結果を図-4および図-5に示す。また、

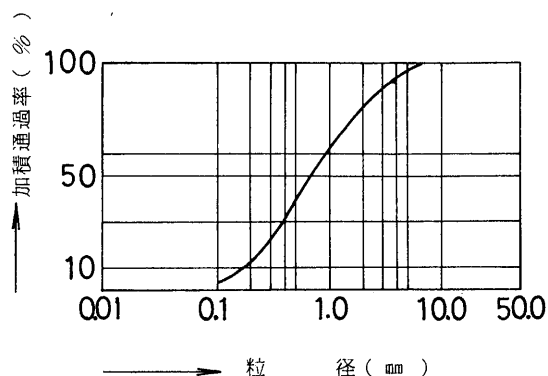


図-1 粒径加積曲線図

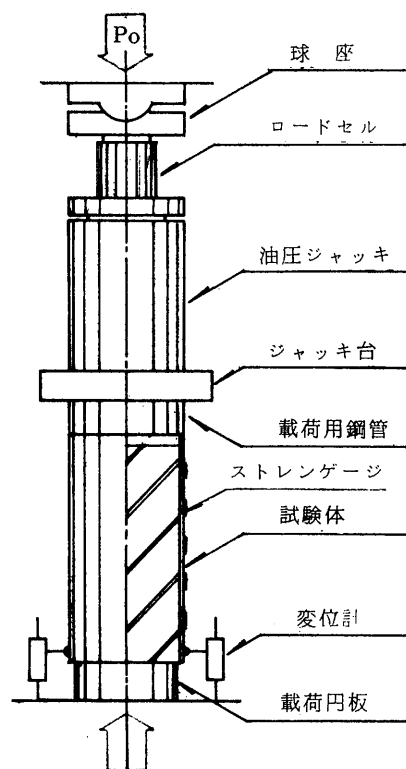


図-2 載荷装置図

応力

平均付着力 \bar{f} (載荷重 P_0 を付着面積 A_f で除した値) と δ との関係、養生条件別に図-6および図-7に示した。これらの結果から管内のソイルコンクリート充填長さ L と管径 D の比 L/D と \bar{f}_{max} の関係を図-8に示した。径 $\phi 318.5$ mm および径 $\phi 508$ mm においては、 L/D が大きくなる程、 \bar{f} の値は小さくなる傾向がみられるが、低下の度合はあまり顕著ではない。また、同図には、同一の L/D 条件下において、養生条件の差によるもののほか、膨張セメントを用いたもの、および管内に支圧板を取付けたものの結果も合わせて示してある。これらの結果から、養生条件による差が大きいことのほか、膨張剤の効果や支圧板としての効果が顕著に表われていることがわかる。

これらの傾向の原因を考慮する資料として図-9にソイルコンクリートの打設時から試験時までの間の鋼管の軸方向ひずみ量および円周方向

表 - 3

試験体番号	付着面積 A_f (cm^2)	最大載荷重 $P_{max}(tf)$	P_{max} 時の変位量 δ_{max} (mm)	最大平均付着応力度 \bar{f}_{max} (kgf/cm^2)	ソイルコンクリート圧縮強度 F_c (kgf/cm^2)		採取コアヤング率 E_c (kgf/cm^2)
					テストピース	採取コア	
No. 1	2808	86.0	1.24	12.8	250.6	—	—
No. 2	5615	55.2	0.64	9.8	250.4	220.7	—
No. 3	8423	82.3	1.80	9.8	203.7	272.2	—
No. 4	11231	93.9	2.33	8.4	114.6	—	—
No. 5	5616	161.1	2.17	28.7	203.7	253.0	$\times 10^5$ 1.22
No. 6	5616	152.0	11.11	27.1	250.4	—	—
No. 7	5616	102.0	0.63	18.2	250.4	—	$\times 10^5$ 1.24
No. 8	7581	57.7	1.19	7.6	286.4	—	—
No. 9	15161	104.9	1.52	6.9	286.4	286.1	—
No. 10	31121	73.4	2.61	2.4	269.1	—	—
No. 11	31121	58.3	1.87	1.9	248.2	—	$\times 10^5$ 1.30

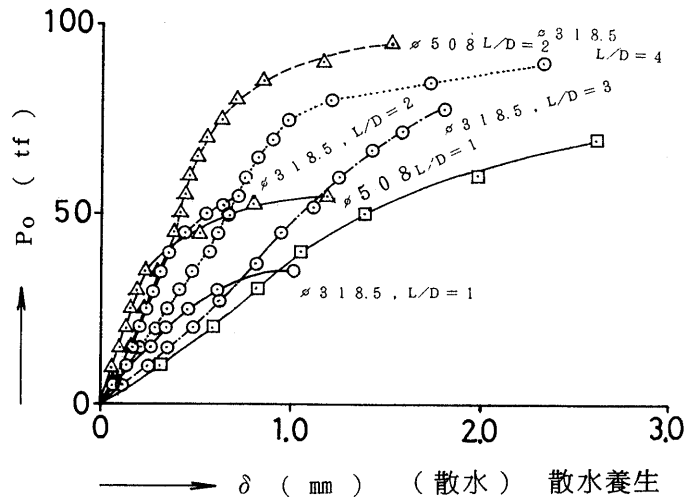


図 - 3 $P_0 \sim \delta$ 関係図

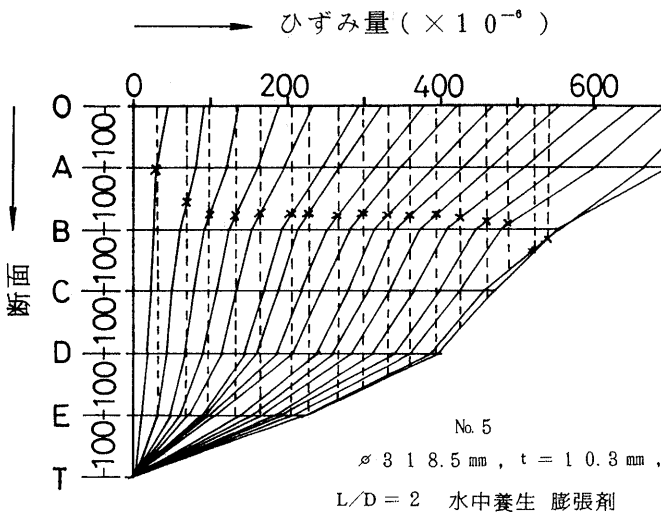


図 - 4 軸方向ひずみ分布図

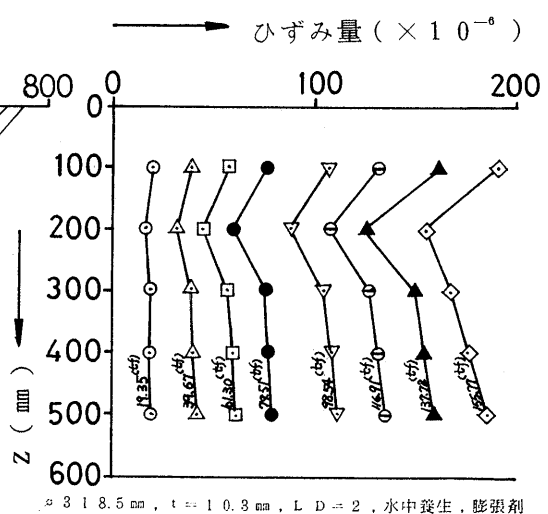


図 - 5 円周方向ひずみ分布図

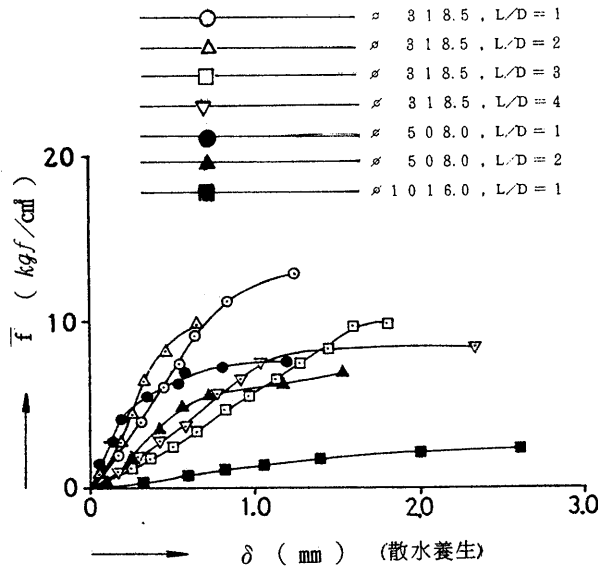


図 - 6 変位量 δ ~ 平均付着応力度 \bar{f} 関係図

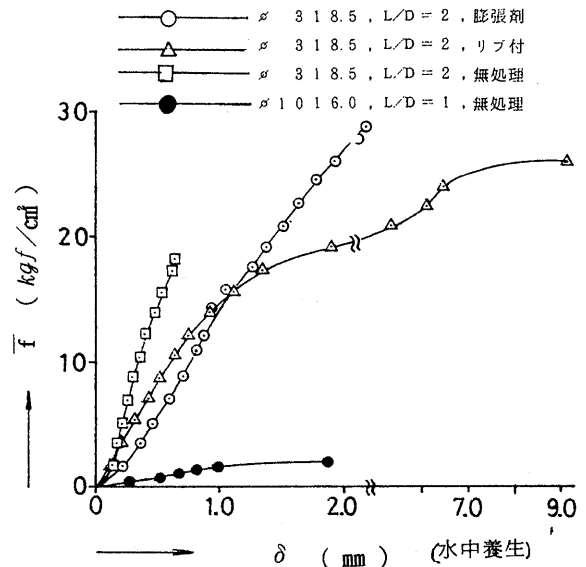


図 - 7 変位量 δ ~ 平均付着応力度 \bar{f} 関係図

ひずみ量から求めた応力値の分布を示しておいた。膨張剤を加えたソイルコンクリートにあつては、円周方向に $\sigma_{\theta\theta} = 120 \sim 280 \text{ kgf/cm}^2$ 、軸方向にも最大 405 kgf/cm^2 におよぶ $\sigma_{\theta\theta}$ のプレストレス(引張り)が作用しているのに対して、水中養生の場合はほぼ零に近い値であつた。散水養生のものは、圧縮方向の $\sigma_{\theta\theta}$ および $\sigma_{\ell\ell}$ が生じていることがわかる。図-8の \bar{f}_{\max} の大小関係は、

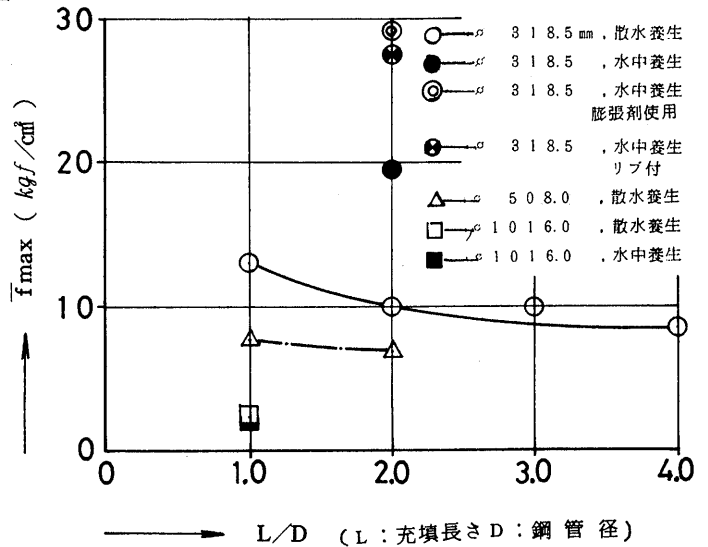


図 - 8 $L/D \sim \bar{f}_{\max}$ 関係図

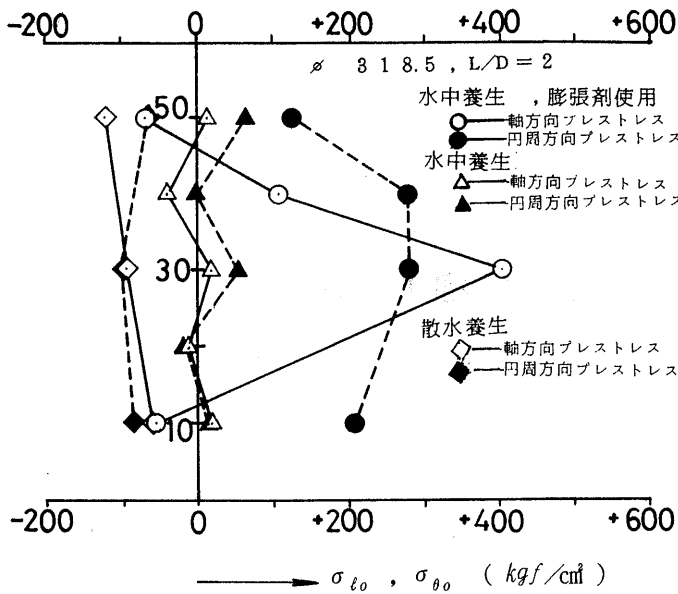


図 - 9 プレストレス応力分布図

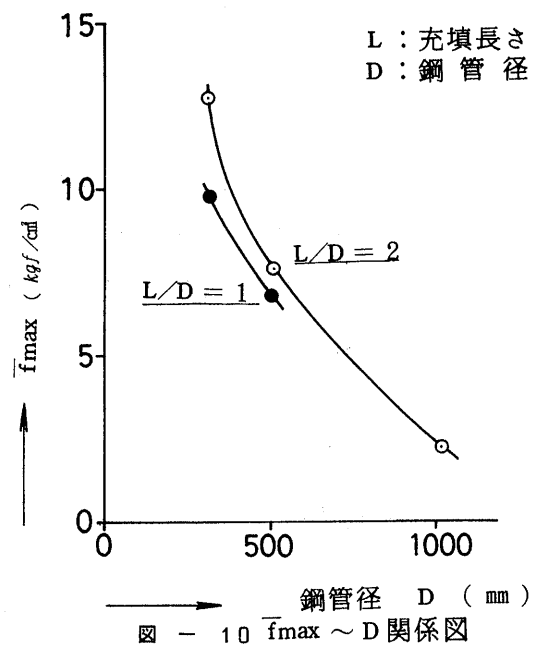


図 - 10 $\bar{f}_{\max} \sim D$ 関係図

σ_{θ} の正負および大きさとよく相関していることが指摘できる。なお、鋼管の直径 D と \bar{f}_{max} 値の関係を示したのが図-10であるが、鋼管径の増加に伴って \bar{f}_{max} 値が著しく低下している。

ついで、鋼管の各となりあった断面間の軸方向応力の差から付着力 f_i を求め、その中央位置での鋼管とソイルコンクリートとの相対変位量 δ_i との関係の一例を図-11に示した。 δ_i は、 δ に鋼管のひずみ量を加算したものから、ソイルコンクリートの実測ヤング率 $E_c = 1.25 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ として求めた圧縮量を差引いた値である。ただし鋼管の上下端部では、断面の急変および作用荷重の不均一さを考慮して、これらの部分の f_i は除外してある。図-12は区間毎の最大付着応力度 $f_{i \max}$ と、該当する断面中央部～鋼管下端面間の長さ l を鋼管径 D で除した値 l/D との関係を示したものである。一般的な傾向として、鋼管径が同一であるならば、 l/D が小さい程 $f_{i \max}$ の値は大きくなっていることがわかる。この原因としては、以下のように考えられる。図-13は、図-4および図-5から求めた載荷時の鋼管の円周方向の応力 σ_{θ} の分布である。ただし、鋼材のポアソン比 ν_s としては 0.28 を採用した¹⁾²⁾。 l/D の大きい鋼管上端では、鋼管の軸方向力が大きいため鋼管が円周方向に拡がり、ソイルコンクリートとの間にはだ離れを生ずる傾向が

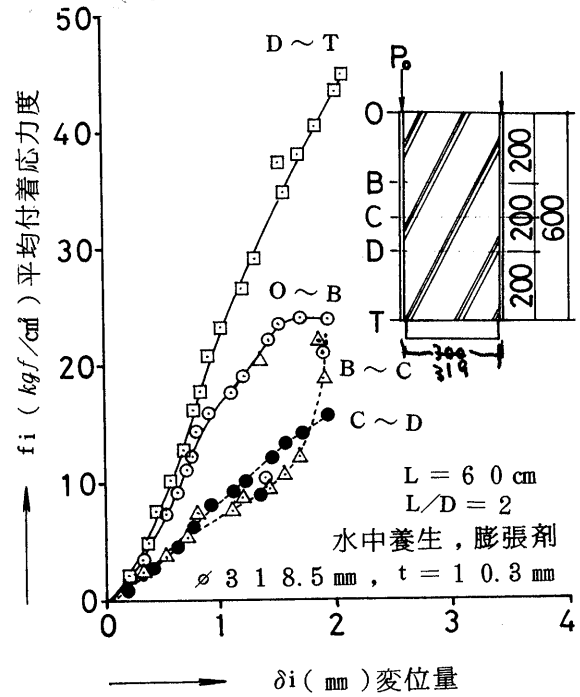


図-11 $f_i \sim \delta_i$ 関係図

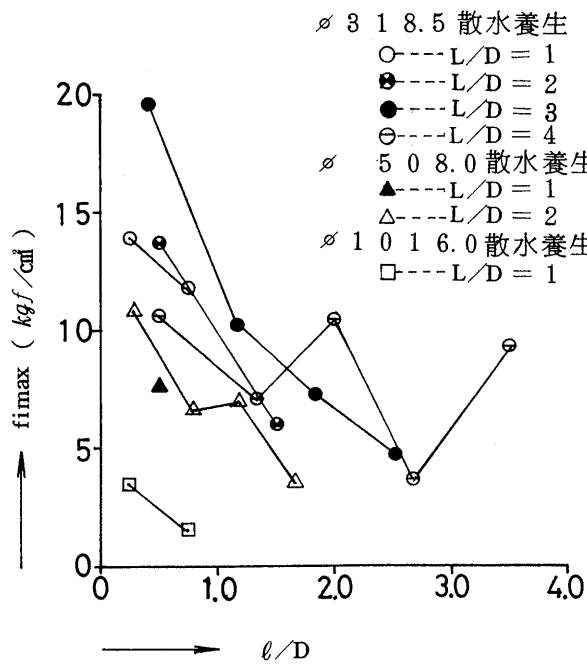


図-12 $f_{i \max} \sim l/D$ 関係図

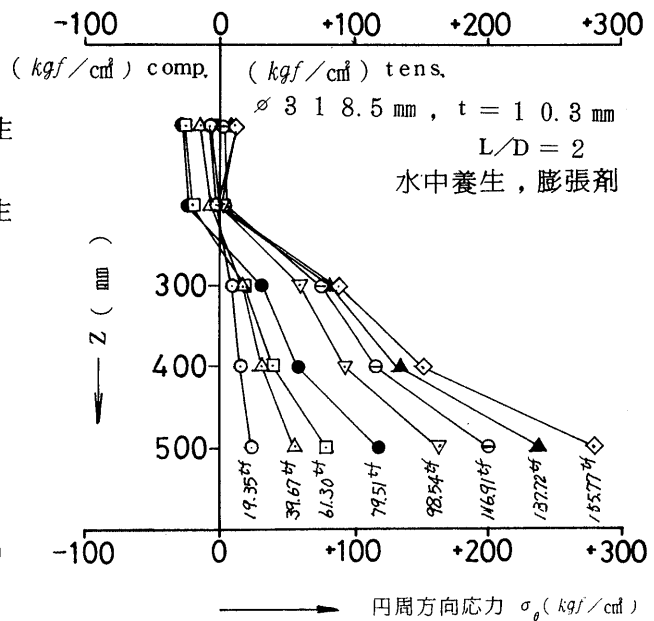


図-13 円周方向応力 σ_{θ} 分布図

みられる。一方 t/D の小さい鋼管下部では、鋼管の軸方向力が小さく、ソイルコンクリートが圧縮力を受けて拡がるうとするので鋼管には大きな円周応力が発生していることがわかる。すなわち、 $f_{i \max}$ の大きさは鋼管の拘束力との関連性が大きいことがわかった。

ひずみ量から軸力を求めるにあたって、鋼管とソイルコンクリートとの間に平面保持を仮定しているのが一般である。今回の実験結果より得られたひずみ量を、比較的土中の条件に近いと考えられる水中養生を行なった4資料の中の一例について示したものが、前出の図-4である。この図中に、鋼管とソイルコンクリートが平面保持的に荷重を受けた場合の理論ひずみ量を破線によって示した。ただし、ソイルコンクリートのヤング率は、実測資料全体の平均値 $\bar{E}_c = 1.25 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ を採用してある。同図においてひずみ分布が平面保持の仮定に近似しているのは、ごく初期の荷重段階のみであって、以後は実測値(実線)と破線の交点(×点)でしか成立していないこと、すなわち、ほとんど全域にわたって鋼管からソイルコンクリートへの付着力の伝達が行なわれていることがわかる。ただし、この実験ではソイルコンクリートの高さが直径の2倍程度であって、ソイルコンクリートの高さがより大きい場合は、平面保持領域が拡大する傾向があるが、今回の実験では定量的に検討できなかった。

謝 辞

本実験に対しては、鋼管杭協会の各位様より多大のご援助、ご示唆を頂いた。ここに関係各位様のご尽力に深甚の謝意を表すものである。

(参考文献)

- 1) 富井政英他：コンクリート充填円形鋼管柱の鋼管から充填コンクリートへの応力伝達機構に関する実験的研究
(その1) 日本建築学会中国・九州支部 昭53.2
- 2) 富井政英他：コンクリート充填円型鋼管柱の充填コンクリートとの間の付着性状に関する基礎的研究 日本建築学会中国・九州支部 昭53.2