

大口径鋼管グイの閉ソク性に関する 2, 3 の実験

こ 小	まつ 松	まさ 雅	ひこ 彦*
ひじ 肱	ぐろ 黒	かず 和	ひこ 彦**
とみ 富	なが 永	まさ 真	なり 生***

1. はじめに

鋼管グイの鉛直方向支持力は、数々の実施例が教えるように、地盤状態（とくに支持層の支持力）とクイの支持層への根入れ長さ、クイの外径、先端開放グイか、先端閉ソクグイか、などの要素によって千変万化の様相を呈するので一律には定めることができないのが通例である。大口径鋼管グイの場合も例外ではなく、とくにその先端部の閉ソク性状（どれだけ先端閉ソクグイの状態に近い）に関しては、すでに各所で若干の研究・実験^{1), 2), 3)}が行なわれていて、先端開放状態で使用するとクイの外径が大きくなるほど先端部の閉ソク性は低下することが指摘されている。

一方、強大な鉛直方向支持力が要求される構造物の基礎としては、大口径鋼管グイのもつ材料的強さ、施工の信頼性、ジン速性に期待する場合が多い。そこで大口径鋼管グイの先端部の閉ソク性をもっとも有効に発揮させる方法として、従来は

①鋼管内部に（鉄筋）コンクリートを中詰めする方法

②先端部にシューを取り付ける方法

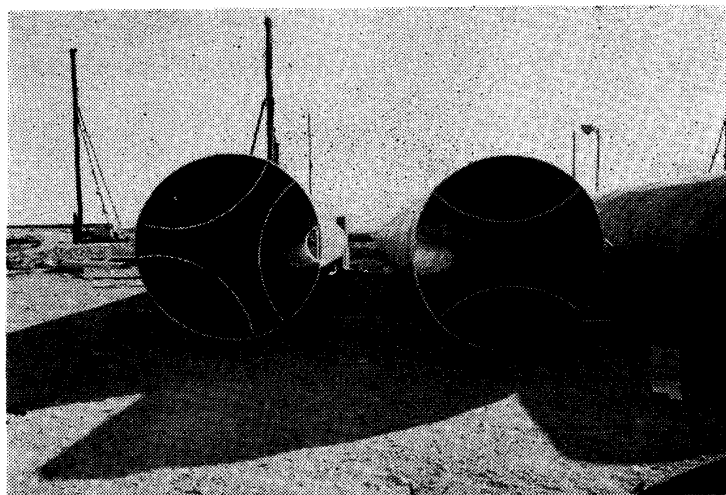
などが用いられていた。しかしながら、①の方法は施工に手間がかかって不経済であるうえに、支持層が深い場合にはスライム処理の方法に難点があって、クイそのものの剛性を増大したいという目的もある場合のほかは、望ましい方法とはいえない。また、②の方法は、打ち込みやすさと支持力性の向上とがなかなか合致しないために、適切な先端部シュー形状の開発はあまりなされていない。

筆者らは、今回水島製鉄所冷間圧延工場の建設に際して使用した大口径鋼管グイ（ $\phi 762 \sim \phi 1,016$ mm）について 2, 3 の実験を行ない、経済的・技術的にもすぐれた先端部シューを開発することができたと思われるので、以下に報告する次第である。

* 川崎製鉄（株）水島製鉄所土建部部长・工博

** 川崎製鉄（株）水島製鉄所土建部副部长

*** 川崎製鉄（株）水島製鉄所土建部掛長



2. 実験の目的と内容

水島製鉄所内の A, B 2 地点（図-1）において、

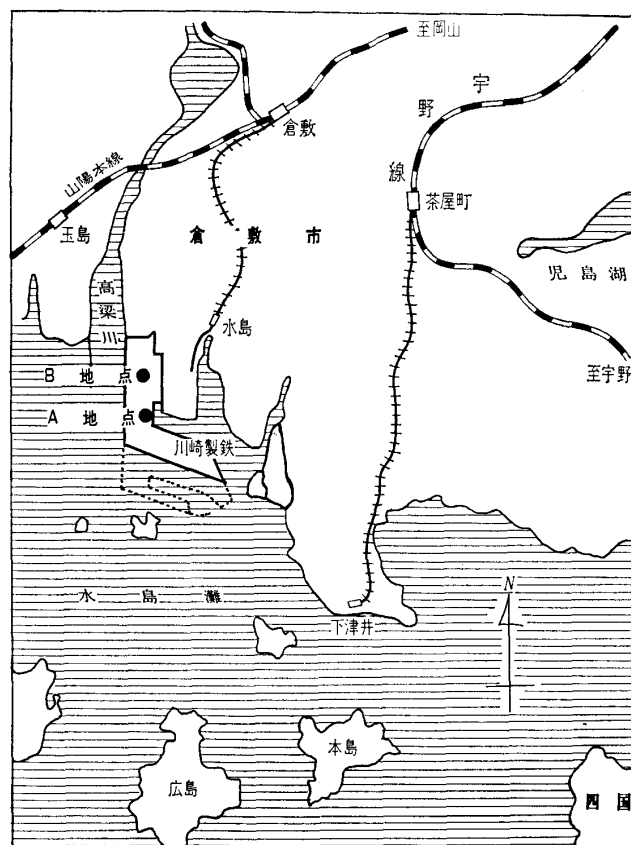


図-1 試験位置図

φ1,016 mm の大口径鋼管
グイを中心に、表-1 に示
すような一連の打込み試験
・載荷試験を実施した。こ
れらの実験は、

- (a) クイ径に応じた支
持層への根入れ長さ
の効果
- (b) 先端部に特殊なシ
ューをつけた場合の
効果
- (c) 打込み前にあらか
じめ管内に土砂を
中詰めした場合の効
果

を確かめることを目的とした。これらの実験は前後2回
に分けて実施した。まず昭和38年に実施した打込みお
よび載荷試験によって、先端部をオープンにした大口径
鋼管グイの場合、普通程度の根入れ長さ（支持層への）
ではその先端部閉ソク性が小さいことを確認したあと、
昭和43年には大口径鋼管グイの先端部閉ソク性を向上
させる目的で、有効な先端部シューの開発をねらって行
なったものである。実験の時期と場所が2種類あるのは
上の理由による。

3. 地盤と土質

図-2 に水島製鉄所敷地の代表的な土質縦断面図、およ
びB地点の土質柱状図を示す。地盤構成は地表下およそ
18~22 m までが、埋立層、チュウ積層（いずれも細砂
あるいは軟弱な粘性土層からなる）であり、その下に厚
さほぼ30 m の洪積砂レキ層が存在している。この砂レ
キ層のN値は40以上、極限支持力は数100 t/m²以上⁴⁾
もあり、水島製鉄所の重要構造物基礎はすべてこの洪積
砂レキ層に大小の鋼管グイを Bearing Pile として支持
させている。

埋立層およびチュウ積層の粘土質土は図-3の塑性図

表-1 試験結果一覧表

	外 径 (mm)	肉 厚 (mm)	長 さ (m)	試 験 位 置	先 端 形 状	砂レキ層へ の根入れ (m)	打 込 試 験		載 荷 試 験		
							実 施 年 月 日	P_d (t)	実 施 年 月 日	P_u (t)	P_s (t)
No.1	φ1,016	10 ²	20	A	○	1. ⁸	38.2.13	650	38.4.3	135	260
2	"	"	28	A	○	9. ⁸	38.4.24	990	38.5.16	360	700
3	"	"	21	B	○	3. ²	42.2.7	950	43.4.1	400	750
4	φ762	7 ⁸	21	B	○	3. ⁹	43.3.23	460	43.4.15	400	550
5	φ660	10 ³	20	A	○	1. ⁸	38.2.22	520	38.3.16	170	250
6	φ457	7 ¹	23	A	○	4. ⁹	39.4.7	240	39.5.19	130	200
7	"	"	"	A	●	"	39.4.7	280	39.6.10	180	250

P_d : 打止まり時の動的極限支持力 ($P_d = \frac{ef \cdot 2W_b \cdot H}{S + k/2}$) $ef=0.4$
 P_u : 載荷試験(log P~log S法)による降伏支持力
 P_s : 載荷試験による静的極限支持力

からもわかるように、高塑性無機質粘土であり、圧縮指
数 C_c はほとんど 0.4~0.8 におさまっている。また一

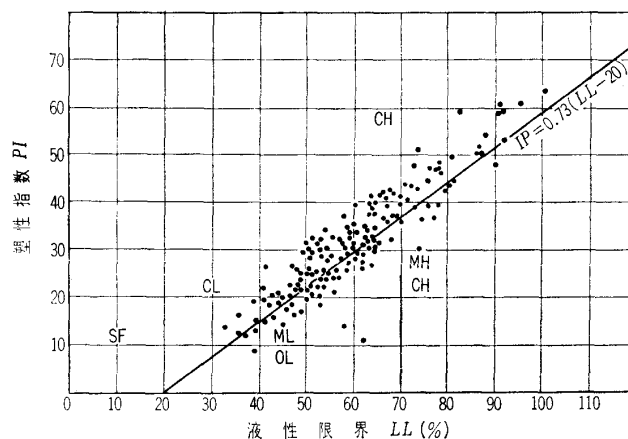


図-3 塑性図

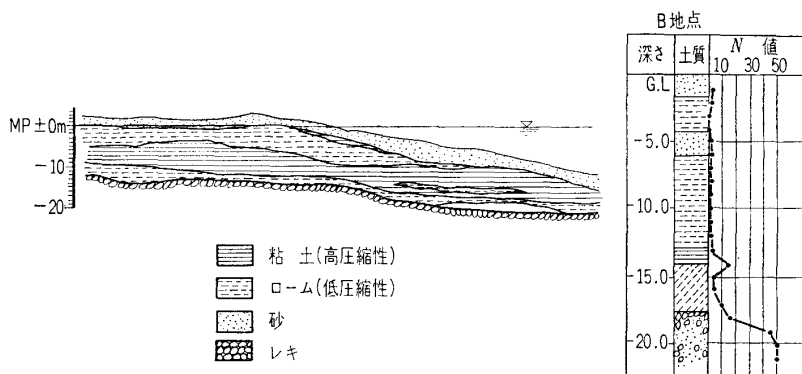


図-2 土層断面図

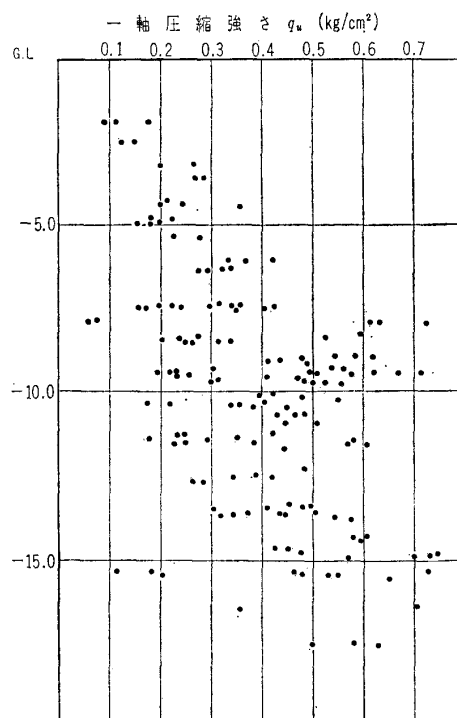
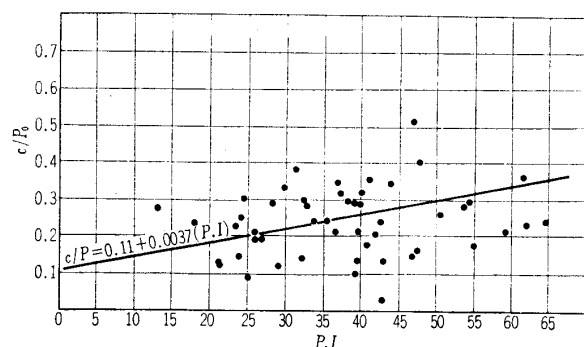


図-4 深さ方向の q_u の分布


図-5 $P.I. \sim c/p_0$

軸圧縮強さ q_u と深さ z との関係を見ると 図-4 のように深さにだいたい比例して増大しており、 C/p_0 と $P.I.$ の関係は 図-5 のとおりである。

4. 打込み試験

打込み試験は、つぎの3種類

- (i) 先端部オープンのままのもの、
- (ii) 図-6, 写真-1 に示すような特殊な先端部シュー (リバーアークシュー) を取り付けたもの、
- (iii) 写真-2 に示すように、管内に良質土砂の中詰めしたもの (中詰め土砂で軟弱土がクイ内に入らないのを防ぎ、あわせて先端部閉ソク性を増すのがねらい)、

に分けて実施した。打込み試験の結果はすべて建築鋼ゲ

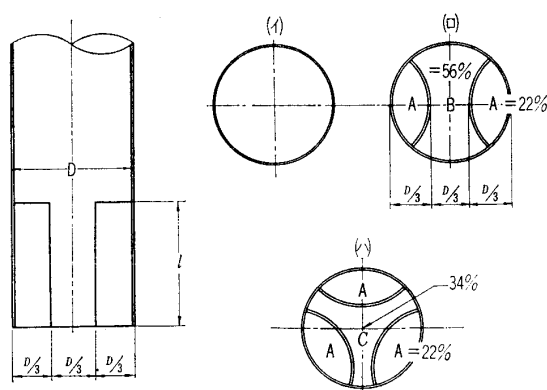


図-6 リバーアークシュー

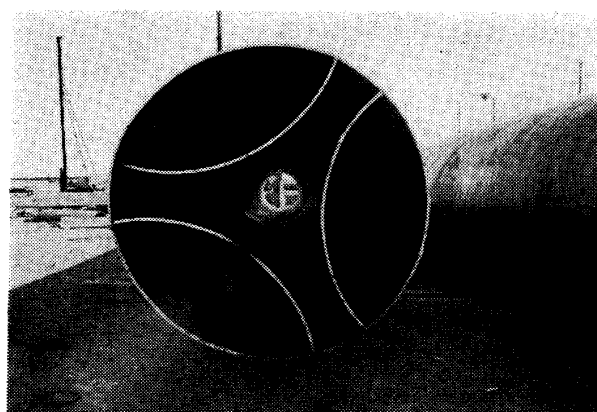


写真-1 リバーアークシューの一例

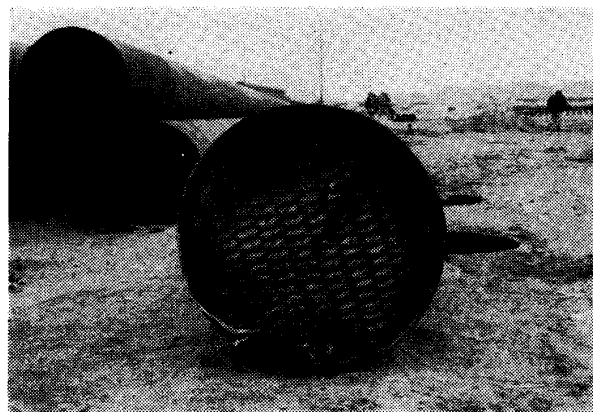
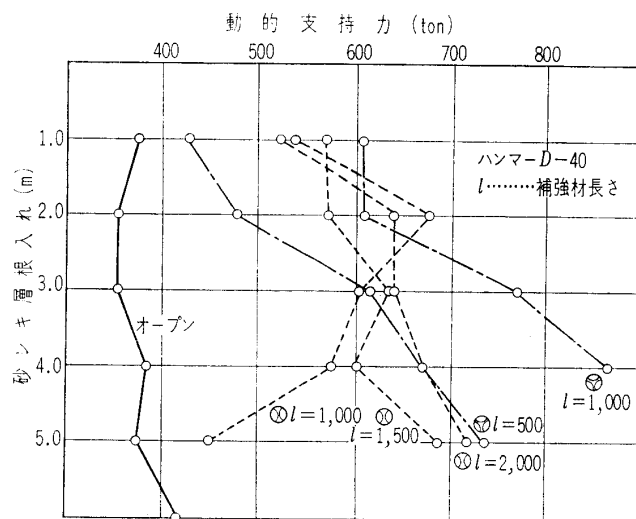
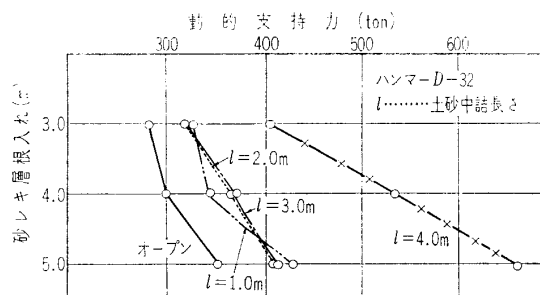


写真-2 マサ土中詰めの要領

イ基礎設計規準のクイ打ち公式を用いて整理し、表-1 に代表的な例を記しておいた。

(ii) については図-6 の (ロ) タイプより (ハ) タイプの方が、動的支持力のバラツキが少なく、また増加率も安定して発揮されることがわかった。図-7 に結果の一例を示す。後記する 載荷試験には、(ハ) タイプ、 $l=1.0$ m のクイを用いた。

(iii) については、図-8 に示すように、中詰め土砂の長さが 1~3 m では大差がないが、4 m でいちじるしい効果を発揮した。そこで No. 4 グイでは土砂の中詰め長さを 4 m、砂レキ層への根入れ長さを 3 m として


図-7 打込み試験結果 (その1)
($\phi 1,016 \times 10^3$)

図-8 打込み試験結果 (その2)
($\phi 762 \times 7^3$)

載荷試験を実施した。

4. 載 荷 試 験

試験グイ No. 1～No. 7 に関して載荷試験を実施した。載荷試験結果は 表-1, 図-9, 図-10 に示すとおりである。載荷の方法は多サイクル方式による緩速載荷法を採用し, 500 T 分離式油圧ジャッキ 1～2 台により載荷した。載荷装置の一例を 写真-3 に示す。

6. 実験結果の考察

鋼管グイの鉛直方向支持力(先端支持グイとしての)は,

- (1) 支持層の支持力
- (2) クイの外径
- (3) クイ先端部の支持層への根入れ長さ
- (4) クイ先端部の閉ソク性

などの要素によって左右されるのであるが, 筆者らは水島製鉄所内で使用する鋼管グイの設計支持力(長期の場合は安全率を3とする)として 図-11 のような考え方を採用している(図中・印は載荷試験結果をプロットしたものである)。

すなわち, クイ先端部の閉ソク性が 100% (図-12 (イ)のような場合) のとき, クイの支持力は支持層の支



写真-3 載荷試験装置

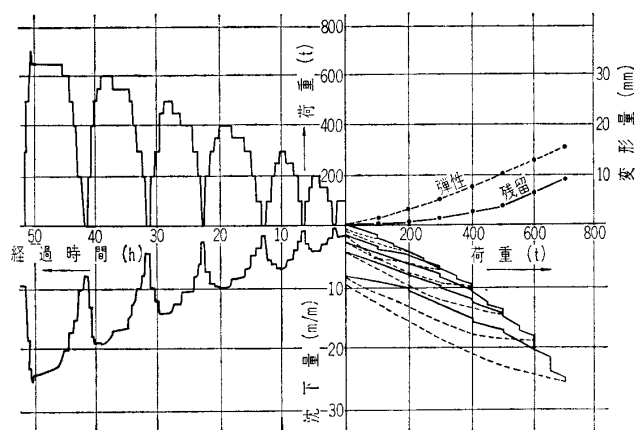


図-9 鉛直載荷結果 (No. 3 グイ)

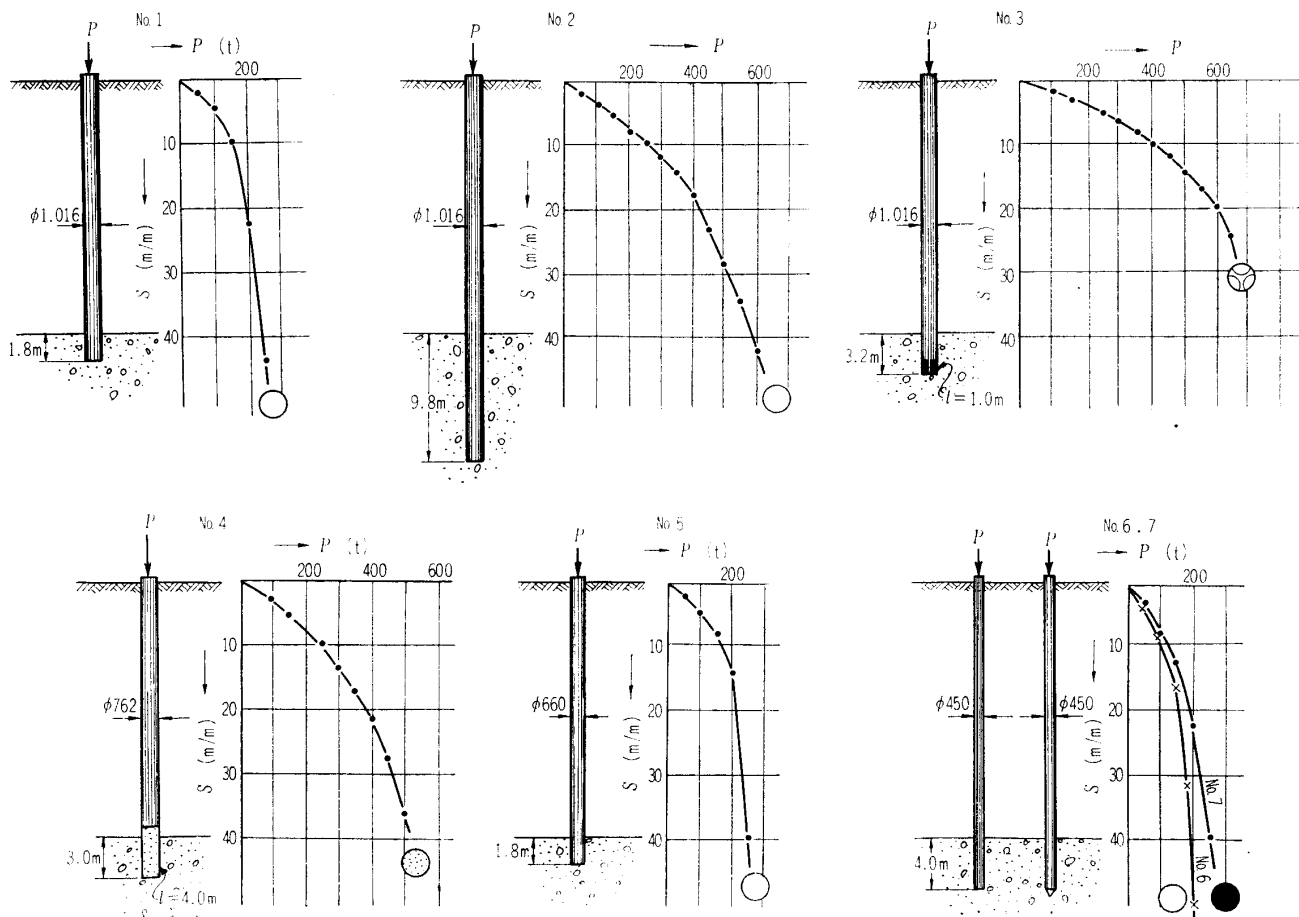
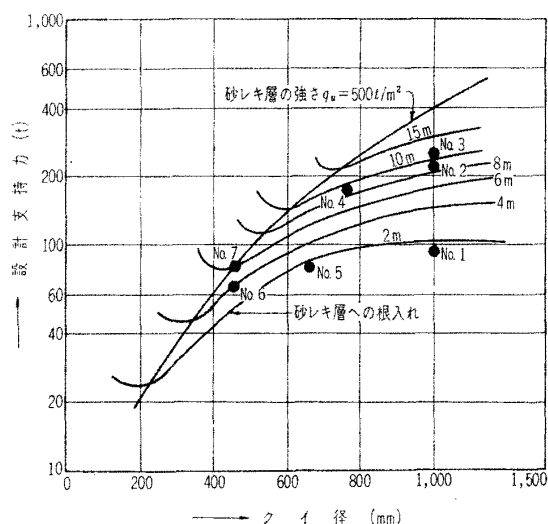
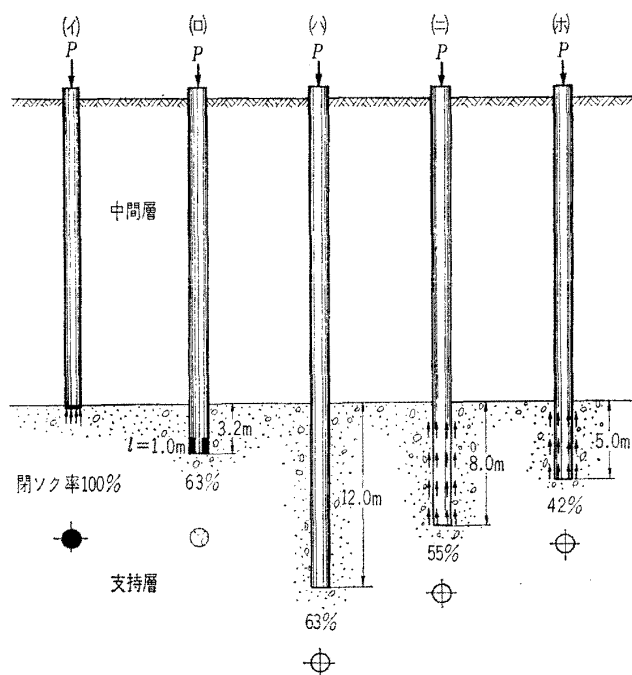


図-10



図—11 鋼管ギイの設計支持力～クイ径～砂レキ層への根入れ長さの関係（クイ先端がオープンの場合）



図—12 閉ソク効果説明図（ $\phi 1,016$ の場合）

持力と一致するが、鋼管ギイをオープン状態（図—12 ハ、ニ、ホのような場合）で使用するとクイの先端部の閉ソク性が低下して、ある長さ以上の支持層への根入れがなければ 100% の閉ソク状態とはならない。図—11 はクイ径とクイの設計支持力の関係を、クイ先端部がオープンの場合について、クイ先端の支持層への根入れ長さをパラメーターとして描いたものである。支持層への根入れ長さを一定（たとえば 6.0 m）とすると、クイ径が小さくなるほど閉ソク性は向上し、支持層の強さ（水島の例では 500 t/m^2 の曲線に一致するときが最大の閉ソク状態（閉ソク率 100%）となる。クイ径が 450 mm ぐらいの場合である。それよりさらにクイ径が小さくなる（図—11 では 500 t/m^2 の曲線より左側へ移る）と、

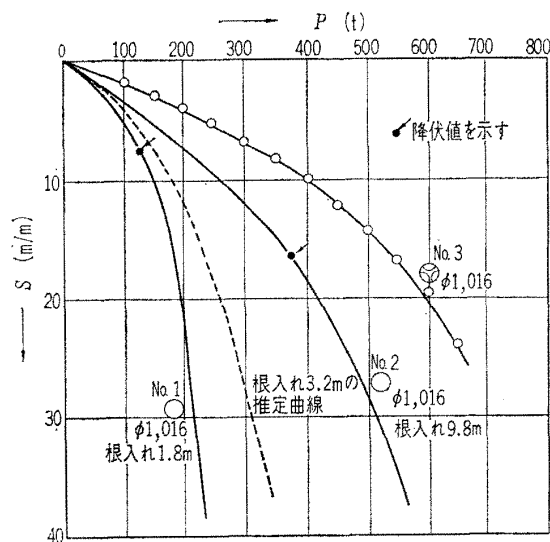
クイ内部は完全に閉ソクされた状態（やはり閉ソク率 100%）となってしまふ。

さらに見方を変えてクイ径が 1,000 mm の先端がオープンの場合を考えてみよう。支持層への根入れが 5.0 m のとき（図—12 の（ホ）のような場合）は図—11 より支持力が 170 t であるから、100% 閉ソク状態の支持力 400 t に比べて $170 \text{ t}/400 \text{ t}=42\%$ の閉ソク効果しかない。根入れ長さを 8.0 m、12.0 m と増していくとともに閉ソク性は $220 \text{ t}/400 \text{ t}=55\%$ 、 $250 \text{ t}/400 \text{ t}=63\%$ と向上し（図—12 （ニ）、（ハ）の場合）、20.0 m 以上の根入れ長さで、初めて閉ソク率 100% の状態に達する。根入れが浅いほど閉ソク性は低いという関係である（図—12 参照）。この考え方の詳細は紙面の都合で文献（1）、（2）にゆずるが、一般的にいて、鋼管ギイは完全閉ソク状態で使用することが望ましく、閉ソク性を 100% にするには支持層への十分な根入れが必要である。上記文献はこのようなクイ径、根入れ長さ、閉ソク性、支持力の関係についての考え方をまとめたものである。図—11、12 からわかるように大口径の鋼管ギイは、完全な閉ソク状態とするためには長い根入れが必要であり、このことは材料コスト、施工性の両面から望ましいことではない。

そこで本報文では、上記の考え方を基にして、閉ソク性を増大させようとする試み（No. 3、No. 4 の試験ギイ）がどの程度の効果を発揮しているかという問題に焦点をしばって考察した。

（1）先端部シューの効果について

図—10、11 よりクイ径 1,016 mm、根入れ 1.8 m、9.8 m の場合の荷重 $P(\text{t})$ ～沈下量 $S(\text{mm})$ 関係を描き、図—11 の関係より図上で根入れ 3.2 m の場合のそれを推定した。図—13 に示す。同図に No. 3 試験ギイの P ～ S 曲線をプロットすると、先端部シューの効果が明



図—13 荷重—沈下量曲線（ $\phi 1,016 \times 10^3$ の場合）

No. 558

リョウ（隙）となってくる。すなわち、根入れ長さが同じ 3.2 m では支持力にして 2.2~2.4 倍となり、閉ソク率は根入れ 5.0 m の場合の 42% に比べて 63% と向上している（図—12 参照）。コストの面でも 13~15% のダウンが見込まれ、施工性をそこなうことも少ないので、図—6, 写真—1 に示すような先端部シューを取り付けることは有効な方法であると考えて差支えない。このシューは大口径鋼管グイの先端部のみを閉ソク性のよい中口径鋼管グイの集合体化したものとみることができる。なおこのシューはクイ材以外に鋼材を準備しておく必要がなく、長目のクイの端を切り落としたもので簡単に現場にて加工できるという便利さをもっている。

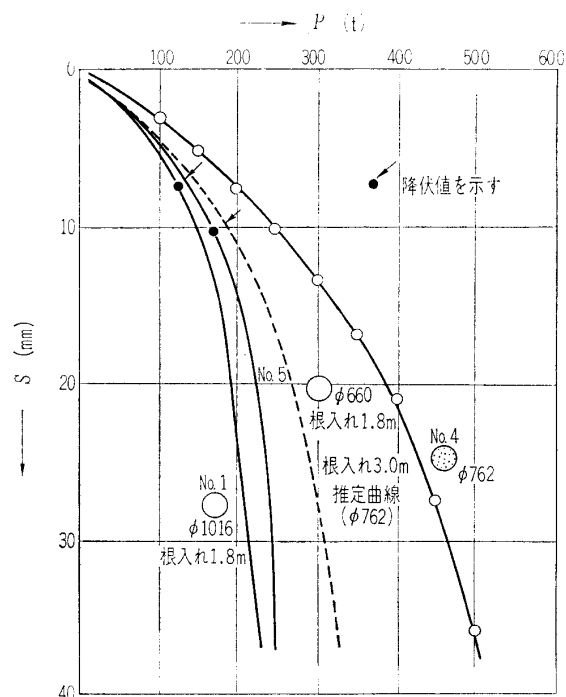
(2) 土砂中詰めの効果について

No. 1, No. 5 試験グイの載荷試験結果（図—10）および図—11 の関係より、クイ径 762 mm, 根入れ 3.0 m の場合の $P \sim S$ 曲線を推定し、さらに No. 4 試験グイの $P \sim S$ 曲線をプロットした。図—14 に示す。同図よりみて、あらかじめ鋼管内に良質なマサ土を 4 m 中詰めしておいてから打設した場合、クイの支持力としてはおよそ 1.5 倍に増大することがわかった。しかしながらあらかじめ管内に土砂を中詰めすることは、鋼管グイ打込みの能率をかなり低下させることが予想され、支持力の増加率が 50% 程度では一般には経済的メリットは小さいようであるが、手軽に支持力のある程度増加させたというような場合には有効と思われる。

7. お わ り に

以上、大口径鋼管グイの閉ソク性に関して行なった実験結果を中心に、一つの考え方をまとめてみたが、今の段階では

- (1) 深い支持層の支持力をどう評価すればよいのか、
- (2) クイの外周面摩擦抵抗を考慮すると 図—11 の関係はどうなるのか、
- (3) 鋼管グイを打ち込むと管内の土砂が沈下するが、沈下量の大きさと閉ソク性との間に因果関係



図—14 荷重—沈下量曲線 ($\phi 762 \times 7^{\circ}$ の場合)

があるのだろうか、

などといった点にまだ未解決の問題が残っているものと考えられる。

大口径鋼管グイの閉ソク性を考慮した経済的な設計・施工を目指しておられる諸兄のご参考になれば幸いである。

おわりに、いろいろとご教示をいただいた建築研究所の大崎順彦博士に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 川崎製鉄：大型鋼グイ試験報告書，昭和 40 年 12 月。
- (2) 山原浩：鋼管グイの閉ソク効果と支持力の機構，日本建築学会論文報告集，第 96, 97 号，昭和 39 年 3 月，4 月。
- (3) 後藤・勝見・松浦：橋脚用大径鋼管グイの支持機構に関する実験的研究，第 19 回土木学会年次学術講演会講演概要，昭和 39 年。
- (4) 小松・肱黒・富永：大口径鋼管矢板ウエルによる深礎工法，土木学会誌，3 月号，1968。

(原稿受付，1968.11.28)

※

※

※