

# クイ軸方向支持力の決定に関する2・3の問題について

河野文弘\*  
 佐々木晴美\*\*  
 佐田頼光\*\*\*

## まえがき

基礎グイの設計に際し、1本のクイの軸方向支持力を決定する方法には、載荷試験による方法、クイ打ち公式による方法および現場の土の物理的、力学的諸定数を用いて静力学的支持力理論から推定する方法などがあげられる。

このうち、載荷試験とクイ打ち公式による2つの方法は、いずれも現場にクイを搬入し、クイを打ち込んだ後でなければ決定できない不便がある。これに対して、静力学的支持力理論による方法は、クイ材の購入以前にクイの支持力を推定できるというきわめて大きな利点を持つ。

しかし、一般にクイの静力学公式に対する信頼感が高くはないのが現状である。これは、土中深く打ち込まれたクイの支持機構、クイ周辺における土圧状態などが十分明らかになっておらず、また、土質試験の精度にも問題が残されているためである。

土質研究室では、数年前から各地方部局の工事現場における基礎グイ試験に協力参加し、得られたデータに検討を加えて、クイ基礎の合理的、かつ、経済的な設計方法を確立しようとしている。

この報文は、これら一連の調査試験の中から、載荷試験を実施してクイの軸方向支持力を求めた現場について、静力学的クイ支持力公式に基盤土質調査試験結果を適用して推定したクイ支持力の信頼度を吟味し、あわせてクイ軸方向支持力の決定に関する2、3の問題について検討したものである。

## 2. クイ支持力推定に利用した土質試験調査

静力学的支持力理論によるクイ支持力は、クイ先端支持力と周面摩擦抵抗との和であるとして求められ、したがって、クイ先端および周辺の土の物理的、力学的諸定数がまず第1に必要なファクターとなる。これらの諸定数を求めるための適当な土質試験調査として表-1にあげるようなものが考えられる。

表-1 クイ軸方向支持力決定に必要な土質試験調査

検討項目	必要な土質特性	試験方法	適用土質	直接求められる値	間接的に求められる値	探査深度	備考
先端支持力	N値, コーン指数, 内部摩擦角, 粘着力, 湿度	標準貫入試験	玉石以外の土質	N値	内部摩擦角 粘着力 コーン指数	—	採取試料について、とくに物理試験を行なうことが望ましい。試験深度に対するN値補正の考慮が必要。
		土試型静的貫入試験	泥炭, 軟弱な粘性土	コーン指数	粘着力	10m	比較的軽量作工物でクイが長くない場合に適。
周面摩擦力	潤密度	オランダ式静的貫入試験	粘性土, シルト, ゆるい砂	コーン指数 外管押込抵抗	同上	20m~ 40m	先端抵抗と周面摩擦を分離して測れる。
		ペーンセン断試験	泥炭, 軟弱な粘性土	セン断強さ	同上	—	
		不攪乱試料に対する室内土質試験	泥炭, 粘性土, シルト	粘着力 内部摩擦角 湿度	—	—	

ここに示した試験の中で標準貫入試験は、現在一般に広く利用されており、ボーリングを併用することにより

\*土質研究室長 \*\*研究室主任研究員 \*\*\*同室

土層を確認しながら土の相対密度を知ることができ、クイ支持力の計算に必要な粘着力、内部摩擦角などの相関関係が比較的良好に検討されていることなどの点で便利で

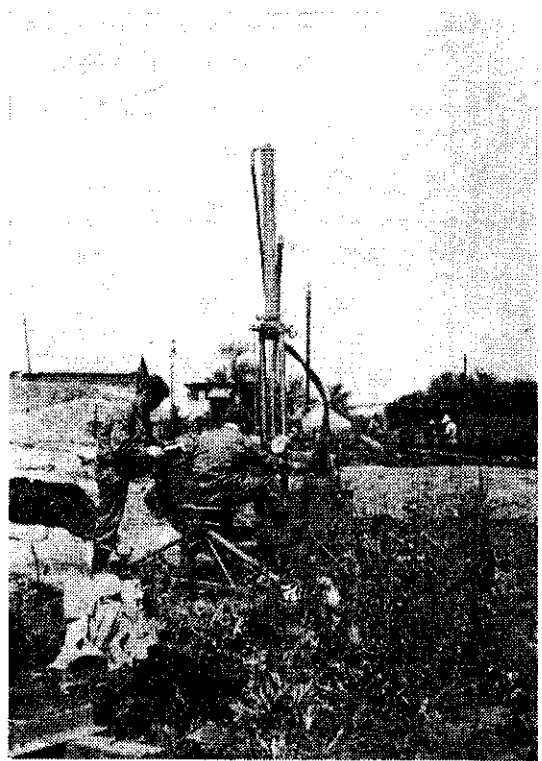
あるが、探査深度が大きくなるとロッドの弾性圧縮やバックリング、振動などによる打撃エネルギーの損失、ロッド重量の増加による打撃効率の低下、およびロッドと孔壁との摩擦などのために測定された N-値は実際より大きくなる傾向があることなどに問題がある。このようなことから試験深度に対する N-値の補正が必要となり、これに対する 2,3 の考え方<sup>1,2)</sup> または資料<sup>3,4)</sup> があるが現在のところ確定した方法はない。

これに対して、静的コーン貫入試験は、クイの載荷試験をある程度再現したものと考えられるので、クイの支持力を求めるための手段としては比較的適用性が高いと考えられるが、乱さない試料採取およびその試料についての室内土質試験が最も多くの資料を与えてくれる点で望ましい。しかし、これは経費ならびに時間の点でどの現場でも実施できるものではない。

したがってここでは、乱されない試料の採取およびその試料についての室内土質試験を実施した現場の試料を中心に、静的コーン貫入試験さらに標準貫入試験の結果などをクイの支持力に対する検討に利用した。

### 3. 土質常数から求めたクイ支持力に対する考察

上述したような土質試験調査から得た土の諸定数に基づき、いくつかの静力学公式によって求めたクイ支持力



写真—1 橋梁基礎グイ試験現場における静的コーン貫入試験の実施

と載荷試験によって求めたそれとの対比を表—2 に示した。

表—2 標準貫入試験結果 (N-値) を適用した静力学公式による支持力の検討

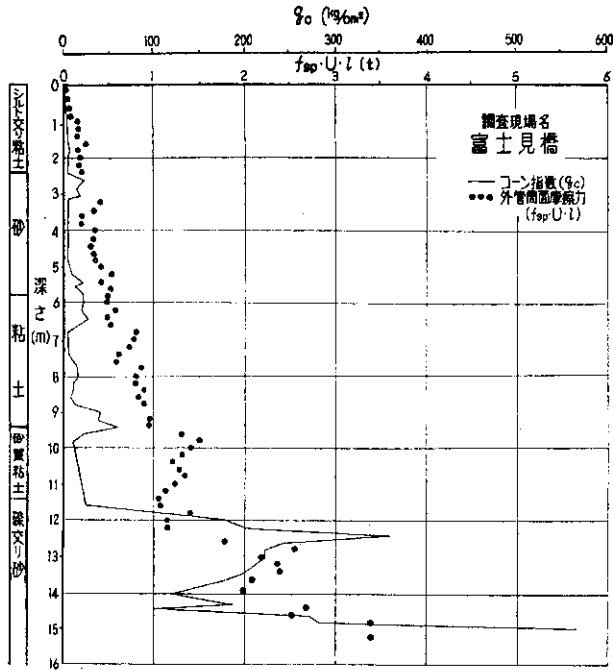
項目 橋梁名	計算値と実測値の比率												クイ試験から求めた許容支持力 (t)	計算値と実測値の比の平均			クイ根入長 (m)	土質			
	Terzaghi 式			Meyerhof 式			Dunham 式			Dörr 式				全体	周面	先端		先端	周面		
	全体	周面	先端	全体	周面	先端	全体	周面	先端	全体	周面	先端									
豊幌跨線橋	0.76	—	—	0.95	—	—	0.71	—	—	0.53	—	—	82.6	—	—	0.75	—	—	34.5	砂利	泥炭シルト
角山橋	0.66	0.59	0.72	0.89	1.43	0.42	—	—	—	1.95	3.96	0.25	40.0	18.3	21.7	0.77	1.01	0.57	41.0	礫交り砂	泥炭粘土
女満別橋	0.72	1.41	0.55	1.05	0.58	1.17	1.58	6.88	0.25	0.51	1.25	0.32	80.0	16.0	64.0	0.77	2.53	0.57	32.0	凝灰岩	有機土シルト
岩見沢跨線橋	0.83	—	—	1.05	—	—	—	—	—	1.11	—	—	80.0	—	—	0.99	—	—	38.5	粘土	泥炭粘土
ク	0.85	—	—	1.12	—	—	—	—	—	1.18	—	—	90.0	—	—	1.05	—	—	45.5	ク	ク
富士見橋	0.67	0.86	0.11	0.76	0.71	0.81	—	—	—	0.71	1.22	0.04	70.0	40	30	0.71	0.93	0.32	23.5	砂質粘土	砂礫粘土
計算値と実測値の平均比率	0.74	0.95	0.46	0.97	0.90	0.80	1.14	—	—	0.99	2.14	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備考 N-値は次式で補正した。
$$E = ewH \frac{W + n^2 W_R}{W + W_R}$$
 クイ試験から求めた許容支持力のうち先端部分の支持力は軸方向支持力から引抜抵抗を引いたもの。安全率はすべて3とした。

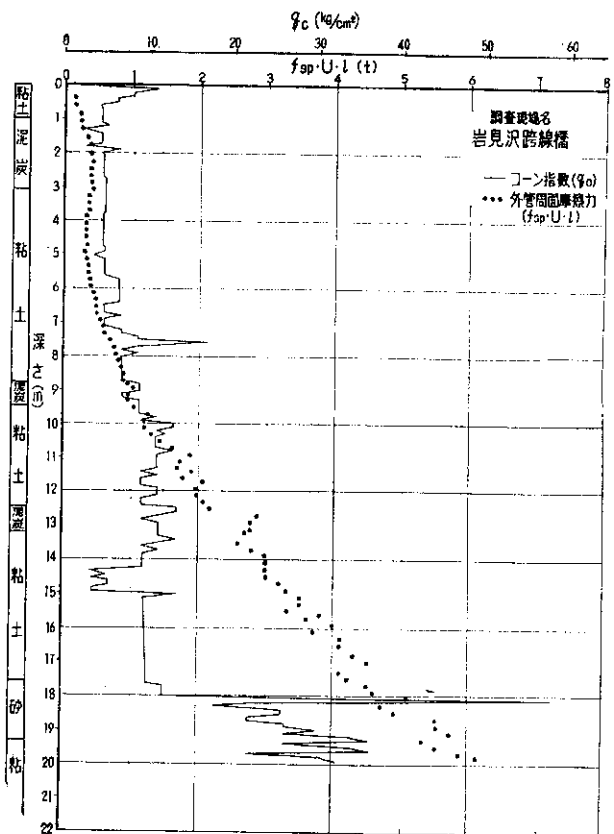
ここでとりあげた公式について、それらの適用性を検討すると、Meyerhof, Terzaghi の式による計算結果が、載荷試験による結果と比較的よく合い、他の公式に比べ

信頼度が高いように思われる。また、全支持力を周面摩擦抵抗と先端支持力においてこの問題について検討を試みたが資料が十分でないため結論が得られなかった。

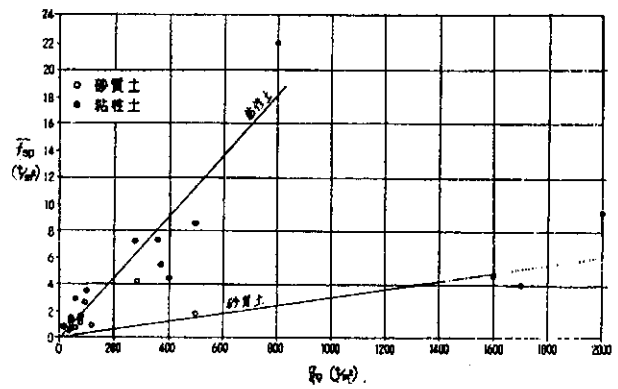
これらの結果からもわかるように、静力学公式を利用する場合はできるだけ精度の高い土質調査試験を必要とすると考えられる。



図一 静的コーン貫入試験による外管の押し込み抵抗とコーン指数



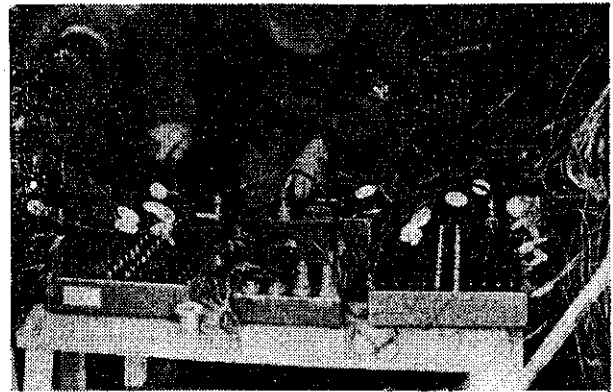
図二 静的コーン貫入試験による外管の押し込み抵抗とコーン指数



図三 各土層における平均コーン指数と外管の平均周面摩擦

図一、および図二は静的コーン貫入試験による外管の押し込み抵抗 ( $f_{sp} \cdot U \cdot l$ ) とコーン指数 ( $q_c$ ) の実測例でこれらの結果から各土層における平均コーン指数 ( $\bar{q}_c$ ) と外管の押し込み抵抗から求められる平均周面摩擦 ( $\bar{f}_{sp}$ ) の関係を示すと図三のようになる。測定値が少なくバラツキの大きいことなどから、ここでははっきりした両者の関係を求めることはむずかしいが、 $\bar{q}_c$  から  $\bar{f}_{sp}$ 、さらにクイ平均周面摩擦 ( $\bar{f}_s$ ) を推定することの可能性を期待させる。

今後測定値を補足することによって両者の関係を見だし、静的コーン貫入試験のクイ支持力決定に対する適用性を高めていきたいと考える。



写真二 载荷試験時におけるクイ応力の測定

また、岩見沢跨線橋と富士見橋において载荷試験時クイ応力測定によって得られた平均周面摩擦 ( $\bar{f}_s$ ) と静的コーン貫入試験によって測定した平均周面摩擦 ( $\bar{f}_{sp}$ ) の関係を求めると次のようであった。

ただし、コーン penetrometer はその容量が十分でなかったため、クイ先端まで貫入できなかったため岩見沢跨線橋においては深さ 14 m、富士見橋については深さ 16 m の範囲における比較結果である。

岩見沢跨線橋：

$$\bar{f}_s = 4.64 \text{ t/m}^2 \quad \bar{f}_{sp} = 1.8 \text{ t/m}^2 \quad \bar{f}_s / \bar{f}_{sp} = 2.6 \text{ (軟弱粘土)}$$

富士見橋:

$\bar{f}_s = 2.93 \text{ t/m}^2$   $\bar{f}_{sp} = 1.95 \text{ t/m}^2$   $\bar{f}_s/\bar{f}_{sp} = 1.5$  (砂質土)

これら両現場においてみられる  $\bar{f}_s/\bar{f}_{sp}$  の差異<sup>5)</sup>の原因としては、土質、クイ寸法とコーンペネトロメーターの外管の寸法の違いによる摩擦の働き方の相違などが想定されるが、まだ十分究明されていない。この問題を明らかにすることにより静的コーン貫入試験のクイ支持力決定に対する適用性を一層高めることができると考えられる。

また、土圧論に基づくクイ周面摩擦抵抗の決定については、実際にクイ周面に作用する土圧は、主働および受働土圧の間にあるものと考えられ、その土圧係数決定法についてはいろいろな考え<sup>6)</sup>があるがまだ研究の余地があるものと思われる。いま、富士見橋、岩見沢跨線橋の載荷時のクイ応力測定結果を図-4、5に示し、これらの結果から各測定点と地表面の間におけるクイの全周面摩擦の深さ方向分布を示したものが図-6、7である。

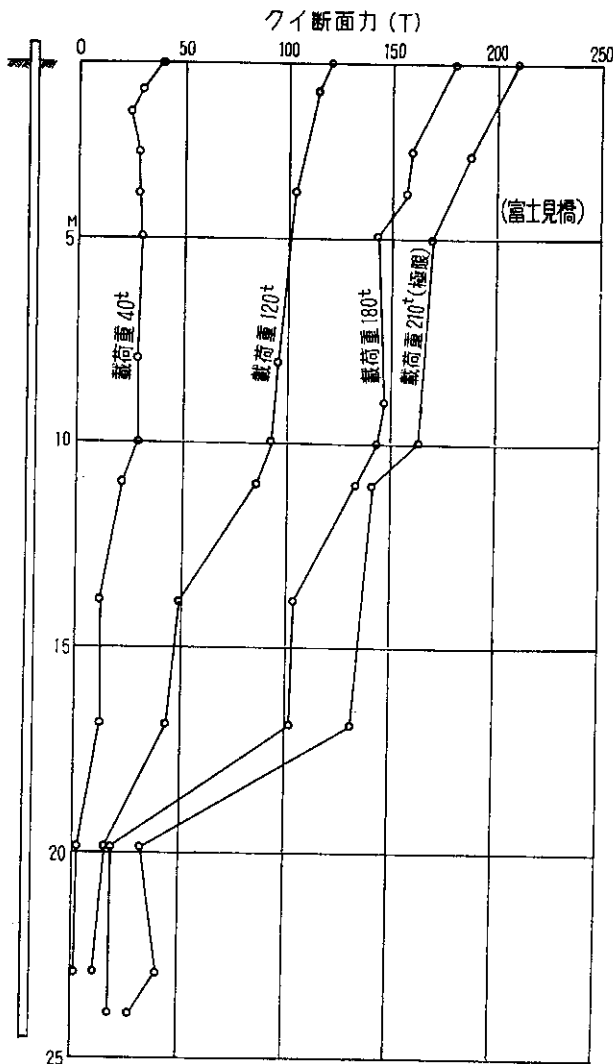


図-4 載荷時におけるクイ応力測定結果

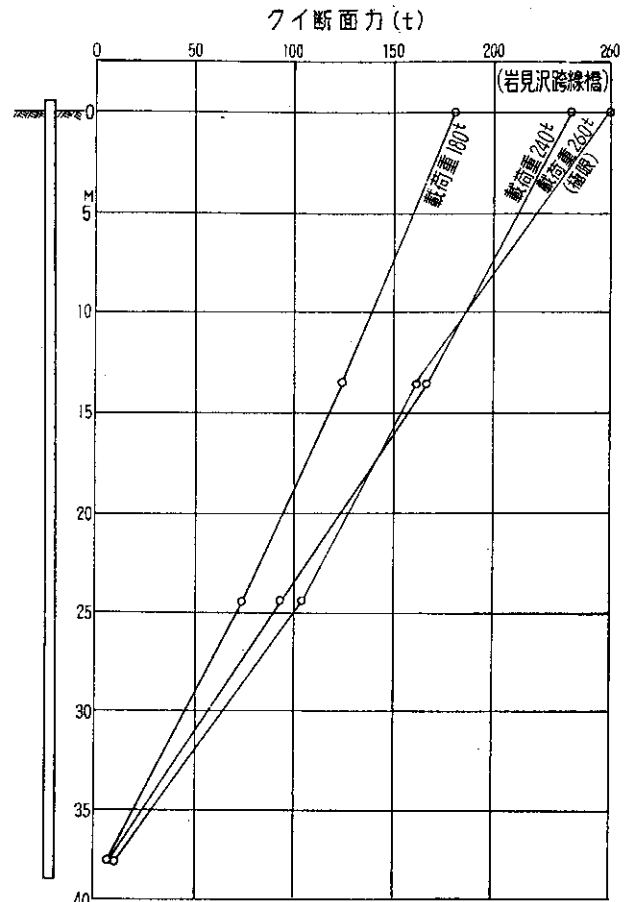


図-5 載荷時におけるクイ応力測定結果

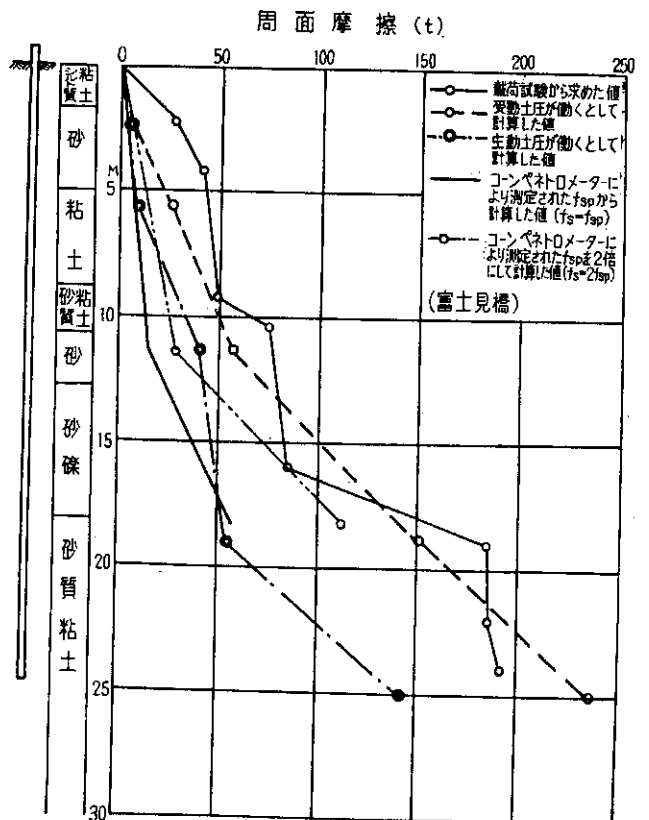
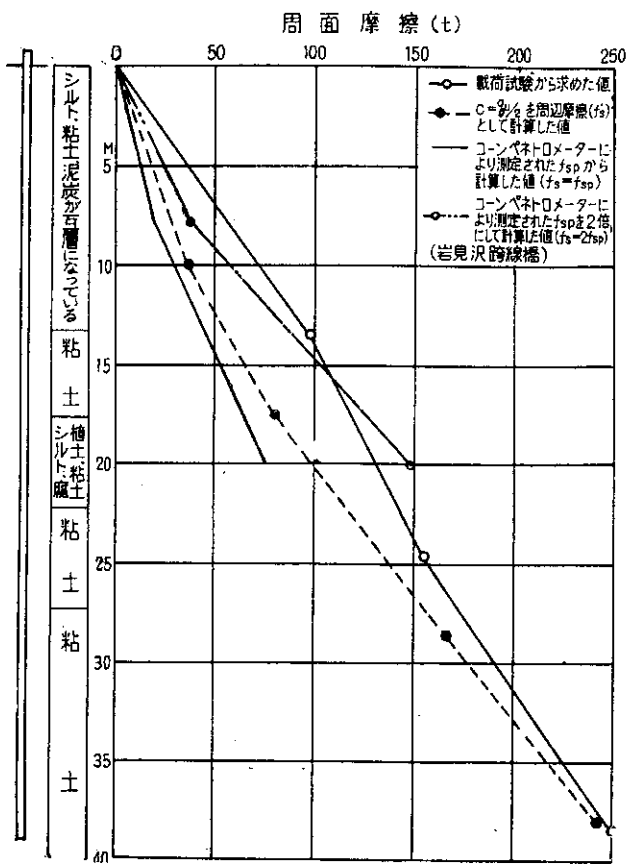


図-6 各深さ区間におけるクイの全周面摩擦



図一七 各深さ区間におけるクイの全周面摩擦

同図には、土圧理論の適用によるクイ面摩擦の計算値、静的コーン貫入試験による外管の周面摩擦 ( $f_{sp}$ ) から仮りに推定したクイ周面摩擦を併示した。これによると砂地盤でのクイ応力測定による周面摩擦は受働土圧が作用するものとして計算した結果に近い値を示しているようである。

また、静的コーン貫入試験のクイ支持力の推定につい

て Meyerhof<sup>5)</sup> は砂地盤における多くの実験結果から平均値として  $f_s/f_{sp} = 2$  を示しているが、今回得られたデータからもわかるように、土質によってかなり変動するものと思われる。これらに関しては今後データをふやすことによりさらに検討を加える必要がある。

#### 4. むすび

本報文では、(1)静力学公式の適用性、(2)静的コーン貫入試験のクイ周面摩擦抵抗の決定に対する有効性、(3)クイ周辺における土圧状態、などの問題の検討を試みた。今後は、試験調査データをふやすことによりこれらの問題を究明するとともに、クイ先地盤に対する貫入を常に容易ならしめるような大容量の静的コーン貫入試験機の開発などにより、載荷試験や打ち込み試験のようにクイを現場に搬入することなしに信頼度の高いクイ軸方向支持力を求める方法を確立したい。

終わりに、現地での静的コーン貫入試験およびその資料整理は、土質研究室成田健一、早坂恵慈の両君によるところが大きいことを付記する。

#### 参 考 文 献

- 1) 土質工学会：土質試験法解説第2集
- 2) 日本道路協会：道路橋下部構造設計指針
- 3) R. D. Chellis: Pile Foundation
- 4) 土木試験所年報：昭和38年度
- 5) G. G. Meyerhof: Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils. A. S. C. E. Vol 82. 1956.
- 6) 西田義親：杭基礎に関する文献集録 1960

