

地盤改良された硬い沖積粘土のサンプリング

REPORT OF SAMPLING TEST FOR THE STIFF ALLUVIAL CLAY

なが はら まさ ひろ
長 原 昌 弘*

1. ま え が き

広島市の臨海部には、軟弱な沖積粘土が厚く堆積している。

この沖積粘土層を圧密促進工法で改良中の現場で、一軸圧縮強度 q_u が 2 kg/cm^2 程度に改良された粘土のサンプリングを行ったところ、通常のサンプリング（固定ピストンサンプリングで肉厚 1.5 mm のステンレス製チューブを使用）ではチューブの変形、先端試料の脱落などの不都合を生じたため、サンプリング方法、サンプリングチューブの種類を変えて実験を行った¹⁾。

その結果 q_u が 2.0 kg/cm^2 程度（今回の一軸圧縮試験結果では、 q_u の上限は 2.5 kg/cm^2 あった）の粘土では、固定ピストンサンプリングで、厚肉のチューブを用いたものがよりすぐれているという結論が得られた。

以下に当実験の経緯、実験の結果について述べてみる。

2. 地 盤 条 件

当地区の地盤は、埋立て土、上部砂層、沖積粘土層、下部砂層、砂礫層に大別され、このうち沖積粘土層は約 20 m 厚である。

この粘土層は、圧密促進工法により全層改良されている。地盤改良前の土性は、図-1に示すように、土質条件から三層に区分される。

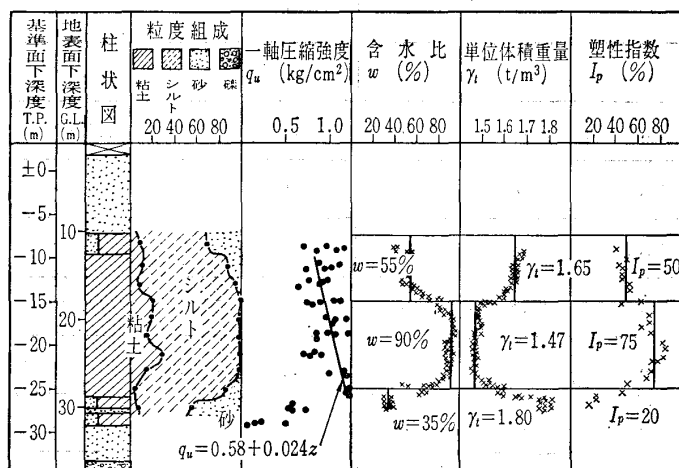


図-1 地盤改良前の土性

*復建調査設計(株)

3. 比較実験の経緯

当現場では、従来肉厚 1.5 mm のステンレススチール製のチューブを使用し、固定ピストン式シンウォールサンプラーでサンプリングを行っていた。

地盤改良により、 $q_u \approx 2.0 \text{ kg/cm}^2$ 程度に強度が上昇した鋭敏な沖積粘土地盤（Bor. No. 1 地点）で、前述の方法でサンプリングを行った結果、一部ではあるがシンウォールチューブ下端が変形又は先端の試料が抜けたのがみられた。

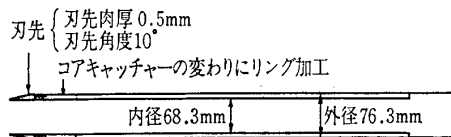
これは、サンプラー引抜き時に生ずる負圧に起因するものと推察され、Bor. No. 1' 地点で追切り工法（運研61年型工法）を主体とし、デニソンサンプリング及び肉厚 4 mm のステンレスチューブ（図-2に示すコンボジットサンプラーのチューブを代用）を使用した従来の固定ピストンサンプリングも試みた。

表-1 に示すようにサンプリングの間隔は深度方向に 1 m ピッチで、このうち運研式を 2 m ピッチで、他（デニ

表-1 Bor. No. 1 地点のサンプリング法及び試料採取状況

深度 GL (m)	サンプラーの種類	肉 厚 mm	刃先角度	試 料 採取率	サンプリ ング時の異常
17	追切りサンプラー	1.5	5	94.4	
18	固定ピストン式サンプラー	4	10	98.7	
19	追切りサンプラー	1.5	5	98.8	チューブ傷
20	デニソン型サンプラー	"	"	74.3	採取率悪し
21	追切りサンプラー	"	"	98.8	
22	固定ピストン式サンプラー	4	10	99.4	
23	追切りサンプラー	1.5	5	98.1	
24	デニソン型サンプラー	"	"	72.5	採取率悪し
25	追切りサンプラー	"	"	98.1	
26	固定ピストン式サンプラー	4	10	98.8	
27	追切りサンプラー	1.5	5	97.4	チューブ傷
28	固定ピストン式サンプラー	2	"	97.5	
29	"	4	"	98.6	
30	"	"	"	100	
31	"	"	"	97.1	
32	"	"	"	100	
33	"	"	"	98.6	

チューブ材質はステンレススチール



図一2 コンポジットサンプラー用チューブ

ソン・固定ピストン)はこの間で行った。

当地点では、デニソン型サンプリングは、採取率が非常に悪く(採取率70%程度しかない)、追切り工法では、 $\phi 105$ mmのドリルパイプ(ケーシングパイプ)を使用したため、サンプラー押込み時 $\phi 95$ mmのセンターリング用ガイド(ノッキングブロックと同様)2個をロッドに取り付け、鉛直性を保つように努力したが、地盤が硬いため深度が深くなるにつれ、鉛直性が保てず、チューブに変形を与えるため、このような強度の地盤では不適と判断し、これより深い深度では、デニソン、運研式サンプリングは中止し、これに替えて厚肉($t=4$ mm)のステンレスチューブ(刃先角度 5° に加工)を使用した固定ピストン式サンプリングとした。その結果は、チューブの変形も起こらず良好な結果が得られた。

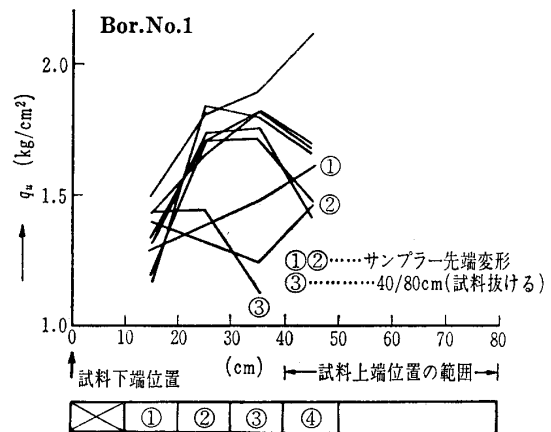
上記の事実をふまえて、Bor. No. 2, 3, 4の3地点では、デニソン、運研式は行わず、表一2に示すように固定ピストンサンプリングによって厚肉($t=4$ mm)のステンレス

チューブ及び真ちゅう製チューブを主体にサンプリングし、肉厚及び剛性の違いによる試料への影響を調べた。

4. 比較実験の結果

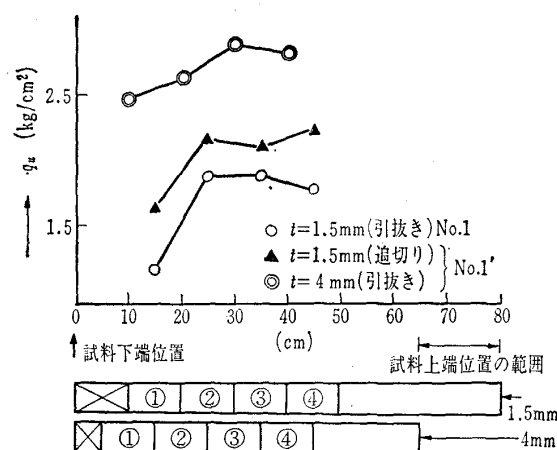
4.1 No. 1 地点 (No. 1' 地点)

3で述べたように、Bor. No. 1 地点では、サンプラー先端に変形を生じたもの、試料が抜けたものがあった。これら、変形を生じているもの、変形がみられないものをも合わせて、採取されたサンプルについて一軸圧縮試験を行った結果は、すべてのサンプルとも乱れの影響が下部20 cm程度生じていた。これは、図一3に示すようにサンプラー

図一3 サンプル内部の q_u 分布

表一2 サンプリング状況一覧表

ボーリング番号	サンプリング方法	対象地盤の強度 (kg/cm^2)	シンウォールチューブの形状					チューブ剛性		
			内 径 D_t (mm)	長 さ l (cm)	径 長 比	断面積比	刃先角度	肉 厚 t (mm)	材 質	剛 度 EI ($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$)
1	非回転引き抜き	$q_u \approx 2.0$	75	100	13.3	8.2	5°	1.5	ステンレススチール	52×10^6
	追 切 り		"	"	"	"	"	"	"	"
	デ ニ ソ ン		"	"	"	"	"	"	"	"
	非回転引き抜き		"	"	"	11.0	"	2.0	"	70.7×10^6
	"		68.3	85	12.4	24.8	"	4.0	"	117.3×10^6
	"		"	100	14.6	"	10°	"	"	"
2	"	$1.5 < q_u < 2.0$	"	85	12.4	"	5°	"	"	"
	"		72	100	13.9	23.5	"	"	真ちゅう	69.1×10^6
3	"	"	68.3	85	12.4	24.8	"	"	ステンレススチール	117.3×10^6
	"		72	100	13.9	23.5	"	"	真ちゅう	69.1×10^6
4	"	$1.0 < q_u < 1.5$	75	"	13.3	8.2	"	1.5	ステンレススチール	52×10^6
	"		72	"	13.9	23.5	"	4.0	真ちゅう	69.1×10^6

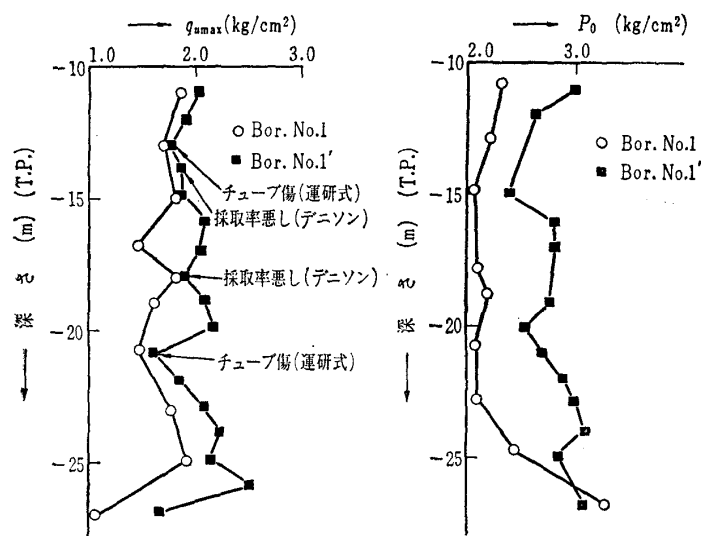
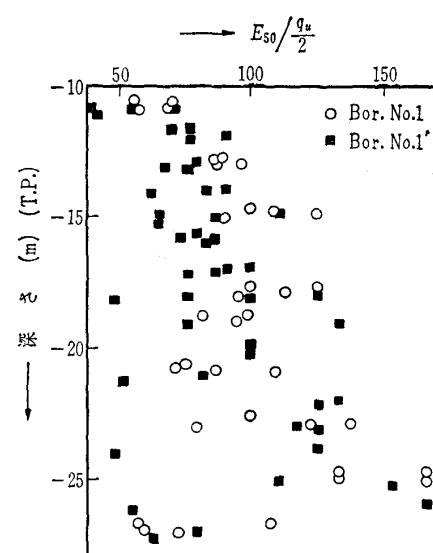
図-4 サンプルング法の違いによる q_u 分布の比較

下端から 10~20 cm に位置する試料の強度が全体に低くなっている。

当地点の比較として行った Bor. No. 1' では、図-4 に示すようにサンプル内部の q_u 分布 (平均値をプロット) を比較すると、肉厚 4 mm のステンレスチューブの場合、試料先端 5 cm のみ取り除き試験したにもかかわらず、追切り・薄肉と比べてかなりの強度が確認された。なお、追切りでは先端部の強度にかなりのばらつきが見られ、厚肉では先端部で多少のばらつきが見られるが、それらの平均は全体の傾向とほぼ等しくなる。

追切り工法については、肉厚 1.5 mm のステンレスチューブ使用の固定ピストンサンプリングと同傾向を示し、ドリルパイプで追切り中、鉛直性が保てずサンプリングチューブ先端に影響を与えたものと考えられる。又、一軸圧縮強度 q_u の最大値を比較してみると、図-5. a に示すように、Bor. No. 1' はいずれも Bor. No. 1 の強度より高い。

圧密試験結果における圧密先行荷重 P_0 の深度分布 (図-5. b) では、No. 1' の方が 0.2~0.3 kg/cm² 程度高くな

図-5. a $q_{u \max}$ の深度分布図-5. b P_0 の深度分布図-6 E_{50}/q_u の深度分布

っている。次に変形係数 E_{50} と一軸圧縮強度 q_u との比は、図-6 に示すように、Bor. No. 1, 1' とともに、ほぼ同傾向を示しており、この比からサンプリング時の乱れは判断しがたい。

4.2 No. 2, 3 地点

No. 1, 1' の結果から、Bor. No. 2, 3 地点では、厚肉 ($t=7$ mm) のステンレスチューブと真ちゅう製のチューブで、剛性の違いによる比較を行った。

この結果両地点とも、一軸圧縮強度、圧密先行荷重の深度的比較では、図-7. a, b 及び図-8. a, b に示すように有意差がみられない。なお、ステンレスチューブの内径は 68.3 mm で、真ちゅうのチューブは内径 72 mm である。

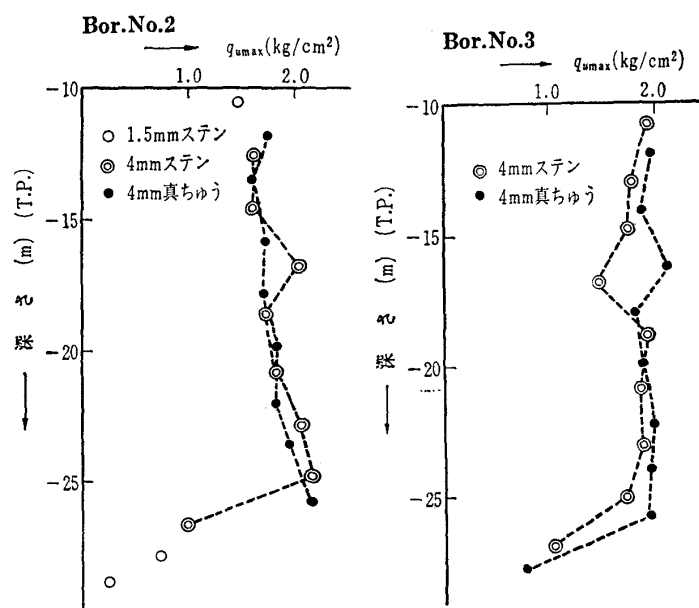


図-7. a Bor. No. 2 地点の

 $q_{u \max}$ の深度分布

図-7. b Bor. No. 3 地点の

 $q_{u \max}$ の深度分布

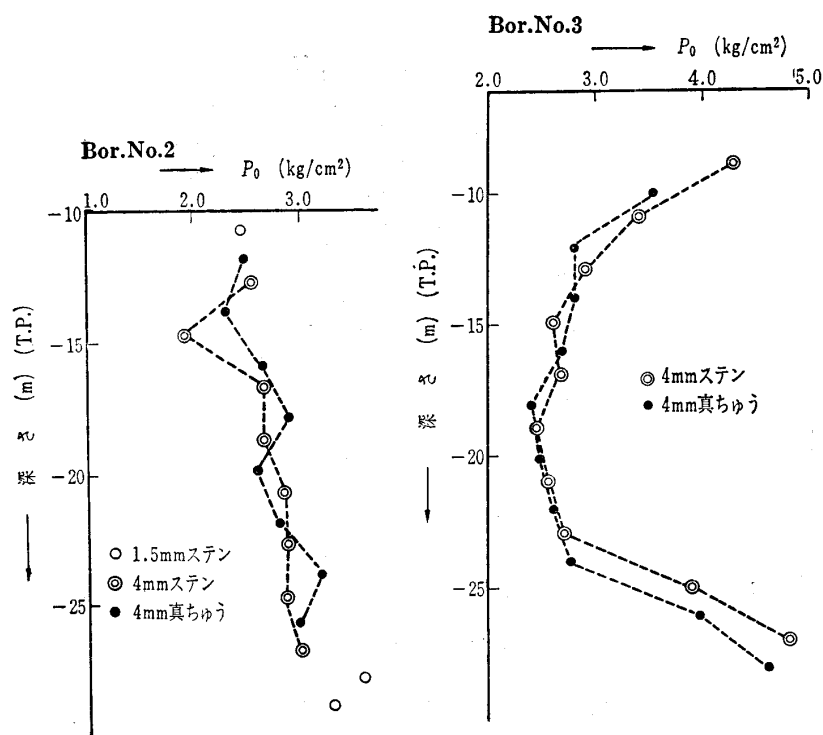


図-8. a Bor. No. 2 地点の P_0 の深度分布

図-8. b Bor. No. 3 地点の P_0 の深度分布

4.3 No. 4 地点

Bor. No. 4 地点（非改良地盤である）では、当実験以前に通常のサンプリング（固定ピストンサンプリングで肉厚 1.5mm のステンレス製チューブを使用）で、 $1 \sim 2 \text{ kg/cm}^2$ の q_u が得られていた。このような強度の粘土のサンプリングに厚肉 ($t=4 \text{ mm}$) を使用した場合、押込みに伴う抵抗が大きくなるため、乱れの影響が出る可能性も考えられる²⁾。従って、当 Bor. No. 4 地点では肉厚の違いによる乱れの影響を調べる目的で、1.5mm ステンレスチューブと 4mm 真ちゅう製チューブの比較実験を行った。

一軸圧縮試験の結果、図-9、図-10. a に示すように、サンプル内部の q_u 及び、 q_u の範囲は、肉厚 1.5mm と 4mm と同傾向である。又、圧密試験結果の圧密先行荷重

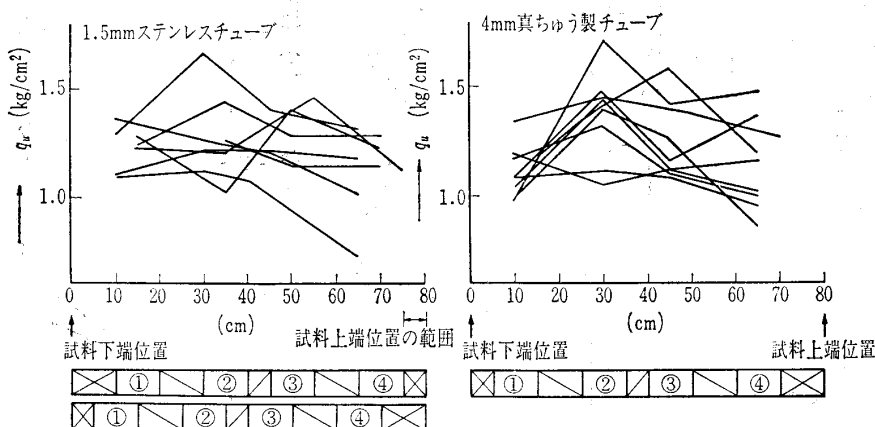


図-9 サンプル内部の q_u 分布の比較

P_0 の深度分布を図-10. b に示す。この結果、両地点とも同程度の値で肉厚による差はみられなかった。

5. ま と め

5.1 圧密促進工法で、 $q_u=2 \text{ kg/cm}^2$ 程度に強度増加された沖積粘土のサンプリング方法について

①通常のサンプリング

固定ピストンサンプリングで、肉厚 1.5mm のステンレス製チューブの使用は、引抜き時に生じる負圧に起因すると思われるチューブの変形・ q_u の低下が著しく適さない。

②デニソン型サンプリング

採取率が非常に悪く、 q_u の低下が著しく適さない。なお、固定ピストン式デニソンサンプラーについては今回は試みていない。

③追切り工法

ドリルパイプの鉛直性が深度が深くなるに従い保ちにくく、チューブに変形を与え強度低下を起こす恐れがあり適さない。

④厚肉のチューブを使用した通常のサンプリング

固定ピストンサンプリングで肉厚 4mm のチューブを使用した場合は、上記①・②・③に比べ、チューブの変形もなく、強度の面も高く、すぐれた方法と判断した。

5.2 厚肉 (4mm) の材質について

当実験で使用した厚肉 4mm の材質と内径は、ステンスチューブ (内径 68.3mm)、真ちゅう (内径 72mm) であるが、一軸圧縮強度、圧密先行荷重の結果からは剛性、内径による差は見られなかった。

5.3 非改良地盤で $q_u=1 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ の沖積粘土のサンプリング方法について

厚肉のチューブを使用した場合、押込みに伴う抵抗が大きく、乱れがでる可能性が考えられたが、1.5mm のステンレスチューブと 4mm の真ちゅう製チューブの当実験結果では、一軸圧縮強度、圧密先行荷重とも差が見られなかった。よって従来から一般に行われている 1.5mm のステンレスチューブを使用した、通常の固定ピストンサンプリングで十分品質の良いサンプルが採取可能であるが、サンプリング技術によるミスを未然に防ぐ面からは、厚肉のチューブを使用する方が良いと考える。

今後の検討として、剛度、厚さをどの程度にすればより良い品質の試料が採取できるか、機会をみてやって行きたい。

参考文献

- 1) サンプルング研究委員会(1978): 昭和53年度サンプルングシンポジウム発表論文集, 土質工学会,
- 2) 奥村樹郎(1974): 粘土のかく乱とサンプルング方法の改善に関する研究, 港湾技研資料, No. 193, pp. 104~111
(原稿受理 1979. 2. 13)

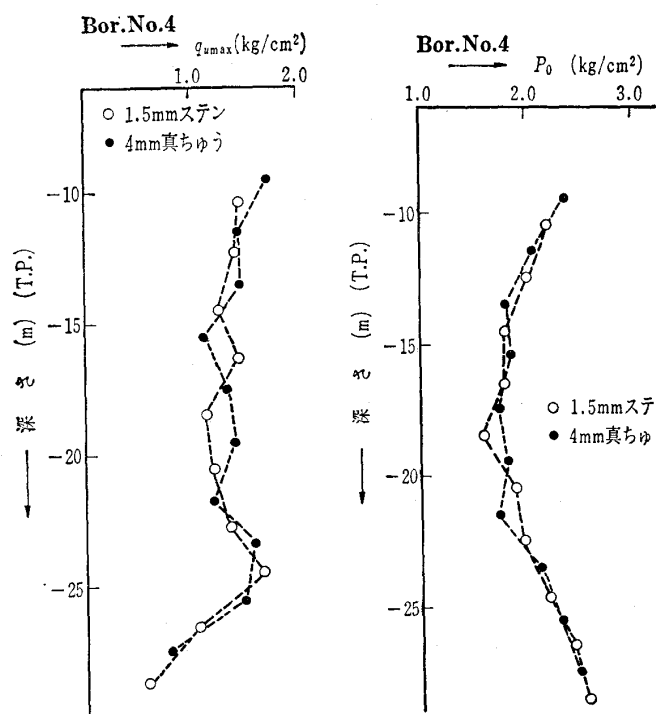


図-10. a q_{max} の深度分布

図-10. b P_0 の深度分布

技術手帳

浸透流

おおねよしお男*

定義と解説

地殻の表面を広く覆っている土は、骨組みを形成する固体成分(土粒子)と、その間隙を占める液体(水)及び気体(空気)成分から成り立っている。この様子を模式的に示すと図-1のようになり、不規則ではあるが互いに連続している間隙の中に水と空気が様々な割合で存在している。そして土中の水は一般に、大きく分けて飽和水帯(地下水)と包気水帯(又は不飽和水帯)、後者は更に毛管水帯や皮膜水帯などに分類される¹⁾。

一般に、土粒子の間隙内を水が移動する状態を透水又は浸透と称し、その一連の流れを「浸透流」と呼んでいる。しかし、不飽和水帯における浸透と飽和水帯における浸透とはその形態が異なり、前者は例えば、地表からの雨水の浸透に見られるような不連続な流れであり、後者は地下水に見られるような連続した流れである。通常、土中の水の浸透という場合は後者の連続した流れを指し、不飽和水帯の不連続な流れは、これを区別する意味で、特に不飽和

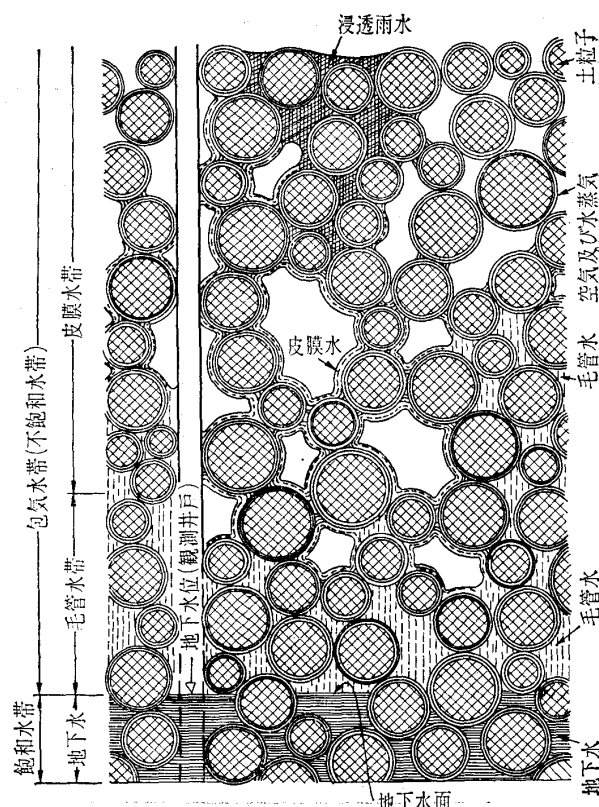


図-1

*工博 愛知工業大学教授 工学部土木工学科