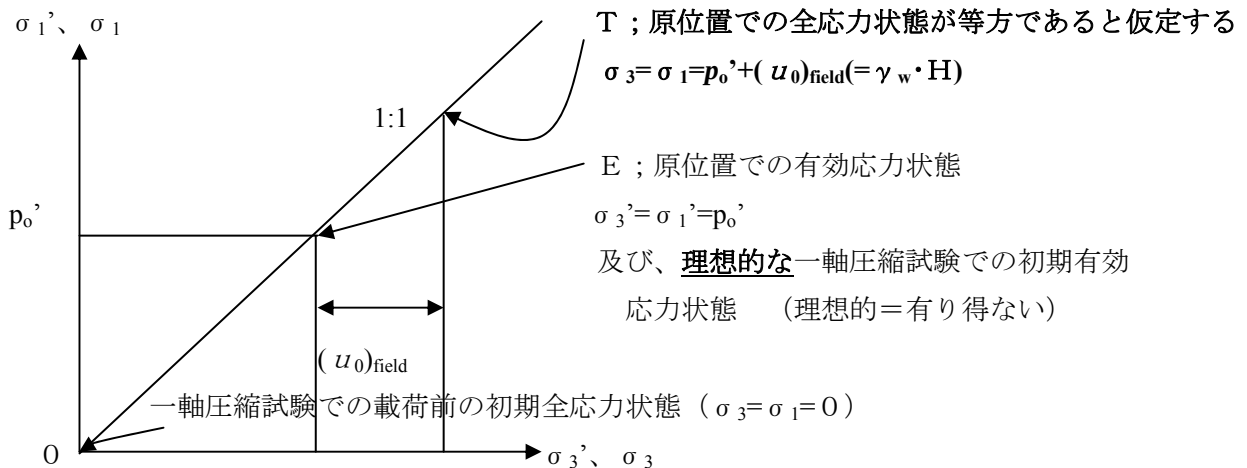
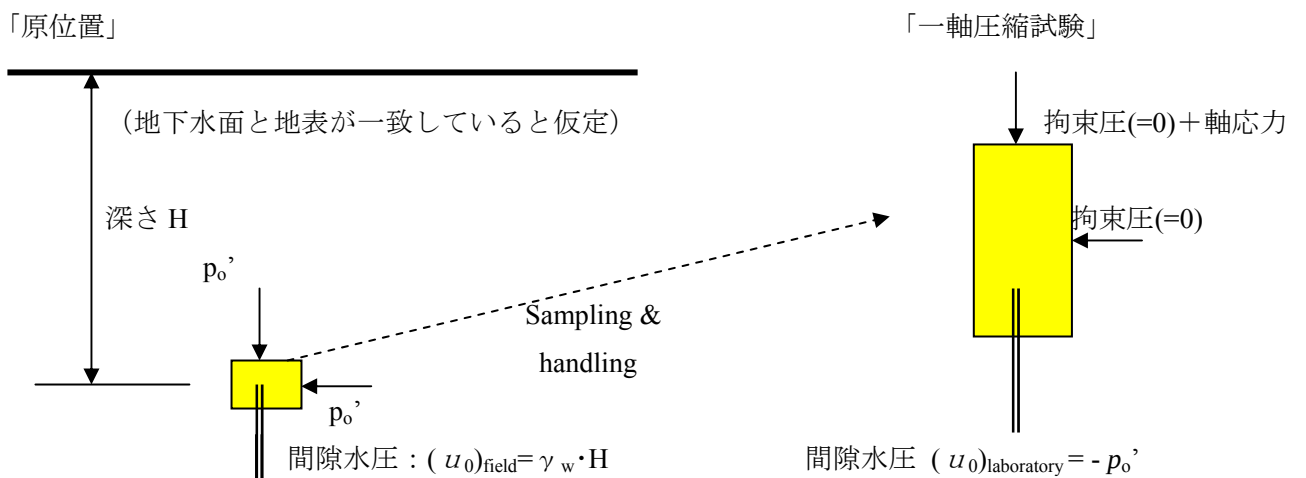


7. 4. 5 粘性土の一軸圧縮試験

■ 利点：何と言っても、手軽に実施出来る（三軸圧縮試験と比較すると）。従って、常に一軸圧縮強度 q_u が原地盤内での非排水状態での圧縮強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と一致していれば、こんなに便利なことはない。
しかし、そうは問屋が卸さない。

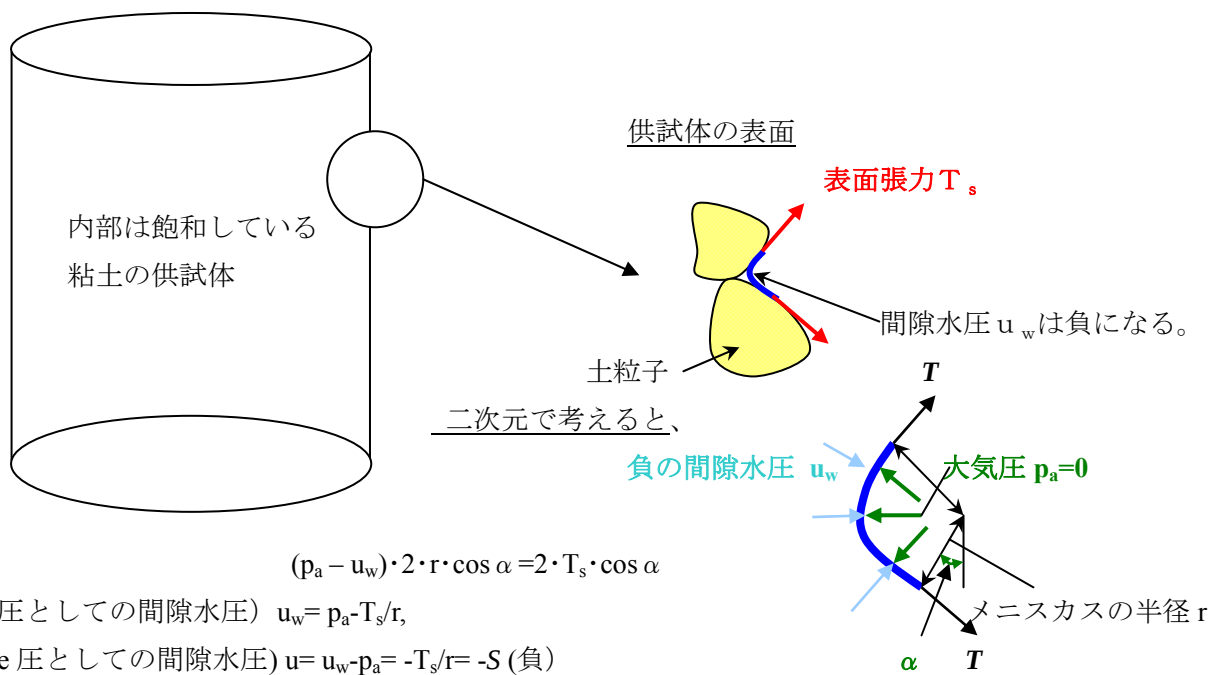
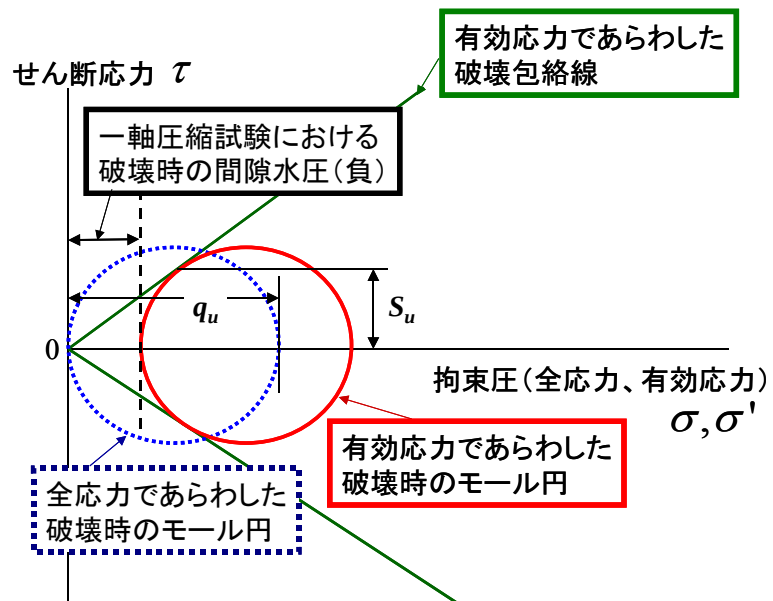
■ 一軸圧縮試験に対する元々の考え方： 次の条件が満たされていれば、「一軸圧縮強度 q_u 」 = 「原地盤内での非排水状態での圧縮強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ 」と考えて良い。

- 1) 原地盤内の応力状態は、主応力比 $K = \sigma_3' / \sigma_1' = 1.0$; $\sigma_3' = \sigma_1' = p_o'$
- 2) 一軸圧縮試験時の供試体の体積と含水比は、原地盤内での値と一致している。
- 3) サンプリング時・試料の整形時等で、試料の乱れが全くなく、構造が全く痛んでいない。
- 4) 原地盤内での圧力レベル p_o' が、 1.0 kgf/cm^2 程度以下（通常は、 0.8 kgf/cm^2 程度以下）。—この条件は、塑性指数が低いほど重要な条件になる。



	全応力 $\sigma_1 = \sigma_3$	有効応力 $\sigma_1' = \sigma_3'$	間隙水圧 u
原位置	$p_o' + u_0$	p_o'	u_0
一軸圧縮試験開始時	0	p_o'	$-p_o'$
圧密非排水三軸圧縮試験開始時	$p_o' + u_0$	p_o'	u_0

通常の粘性土は、粒子間に真の粘着力が無いのに、なぜ拘束圧を加えていない一軸圧縮試験で、大きな圧縮強度を発揮できるのか？

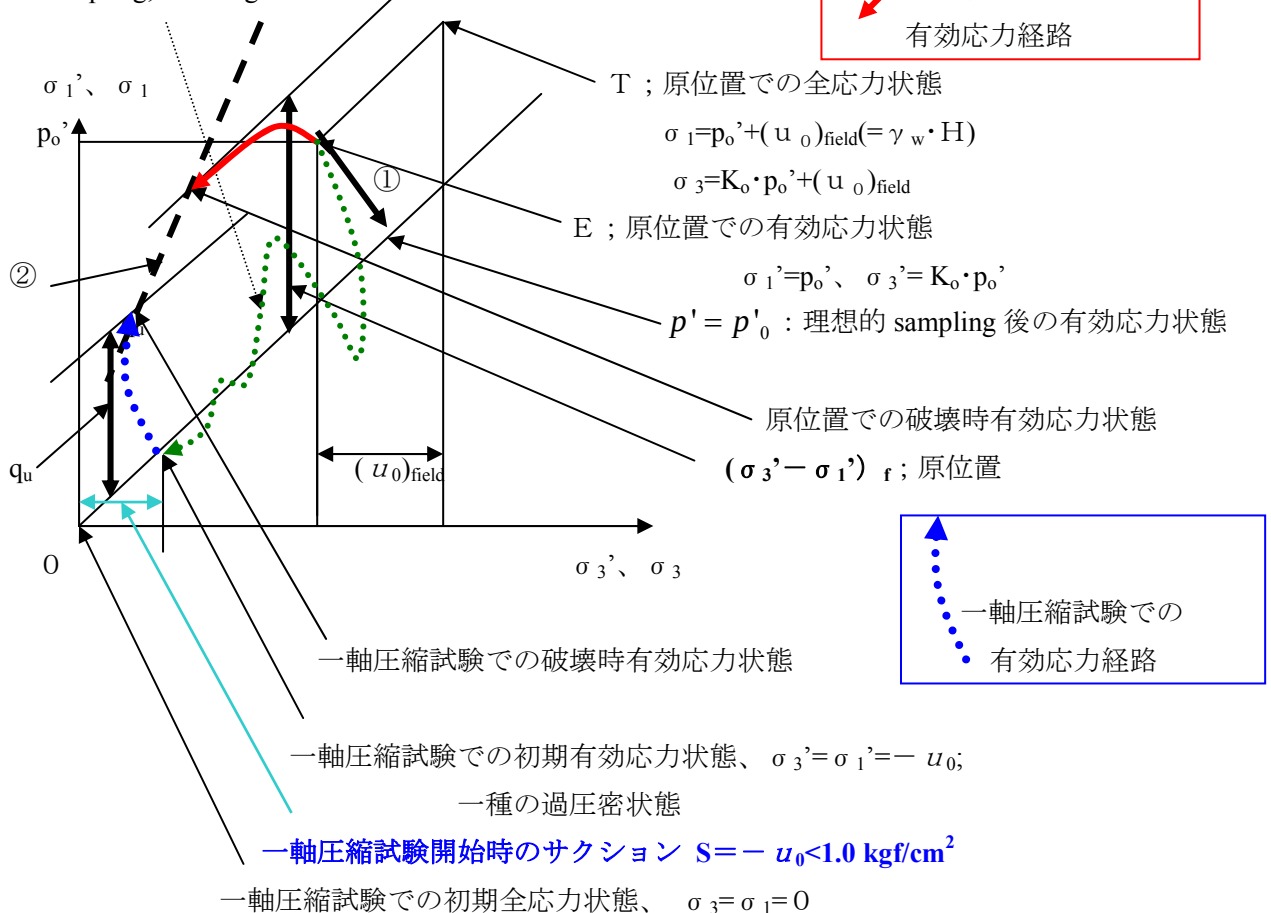


- ① Suction $S = -u$ は、メニスカスの半径 r が小さいほど、大きくなりうる。理想的一軸圧縮試験では、 $S = p_o'$ になっていると想定している。
- ② 供試体をトリミングして放置しておくと供試体は乾燥する。そうすると、 r は小さくなり、供試体が完全に乾燥しない限り一軸圧縮強度は大きくなる。
- ③ 土の粒径が小さいほど、 r は小さくなり強くなる。粒径が大きいと、空気が供試体内部に進入し易くなり、初期の S の値を保てなくなる。
- ④ 一軸圧縮試験中も、非排水条件が満足されていると仮定する。圧密非排水三軸圧縮試験の場合の間隙水圧の変化と同様に、载荷中に S は変化すると仮定している。

条件 1 に関して) 正規圧密粘土地盤内の主応力比 (静止土圧係数) $K_0 = \sigma_3' / \sigma_1' = 0.5$ 程度である。 $\sigma_1' = p_o'$ である。一方、一軸圧縮試験の開始時は等方応力状態。従って、sampling+handling により、必ず有効応力状態の変化がある (下図①の有効応力経路参照)。これは、除荷的挙動による弾性的変形が主なので、試料の構造を乱す影響は小さい。

条件 4 に関して) 供試体内部の suction が 1.0 kgf/cm^2 に近づくと、間隙水は気化しやすくなる(cavitation : ただし、粘土のように粒径が細かいと、粒子間にある間隙水の圧力は -1.0 kgf/cm^2 以下になりうる)。また、 -1.0 kgf/cm^2 に達する前でも間隙水圧内部に溶解していたガスが気化する傾向にある。従って、原地盤内での圧力レベル p_o' が 1.0 kgf/cm^2 以上 (通常は 0.8 kgf/cm^2 程度以上) だと、一軸圧縮試験開始時の有効応力レベルは、原位置内での有効応力レベルよりも低くなる傾向にある。

実際の sampling, handling における供試体内の有効応力経路



3

■ 実務での現状

粘性土；関西国際空港での地盤調査の例

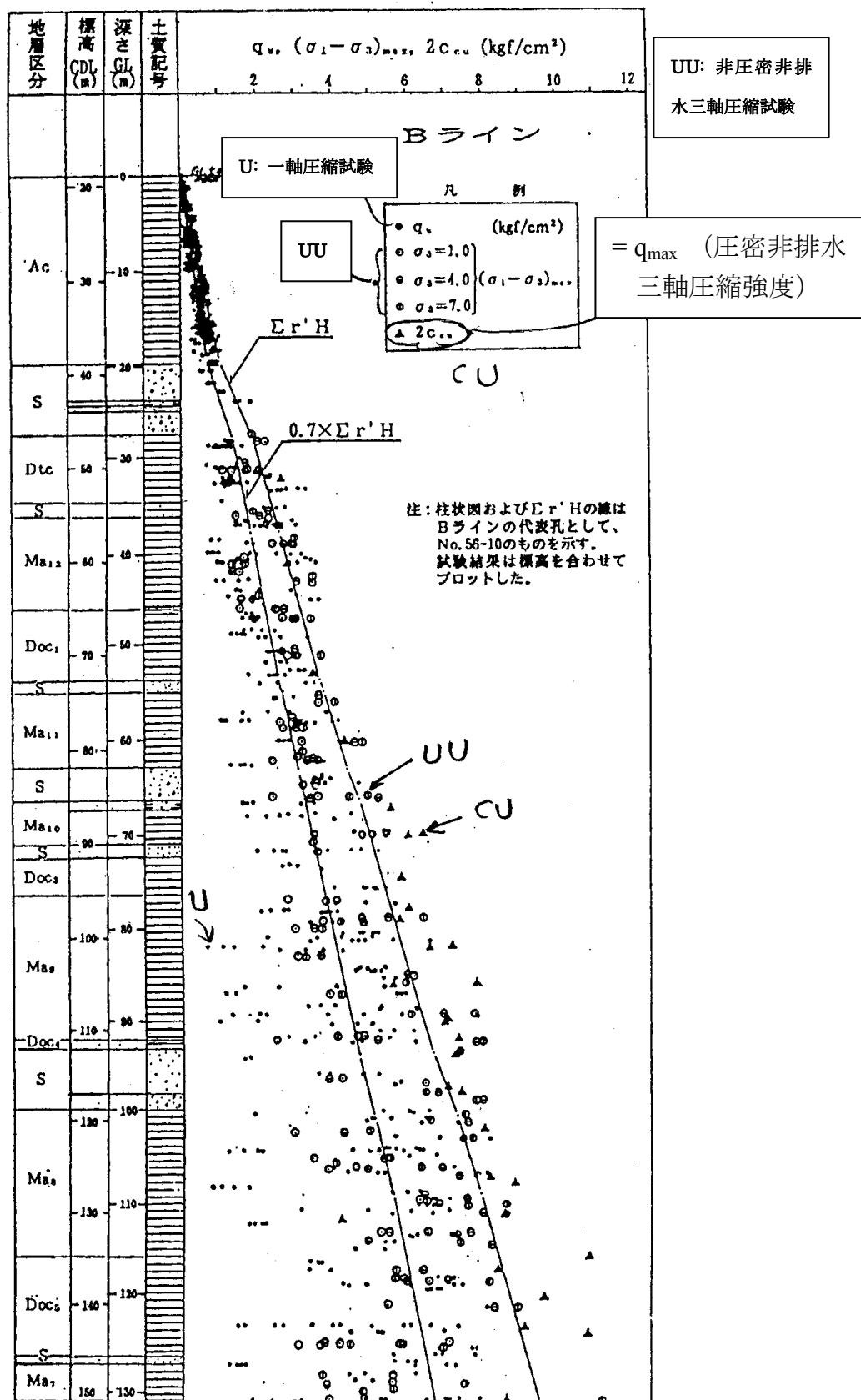
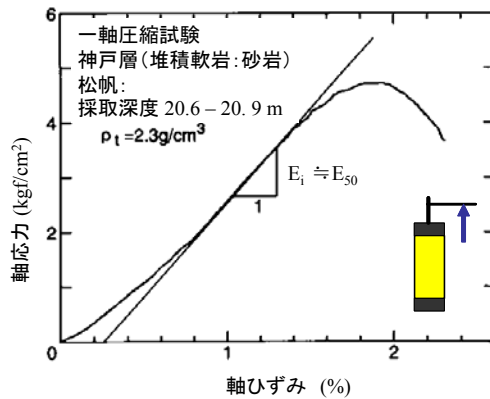


図-5 力学試験結果の深度方向分布例 (Bライン)

■ 堆積軟岩； 明石海峡大橋での地盤調査の例

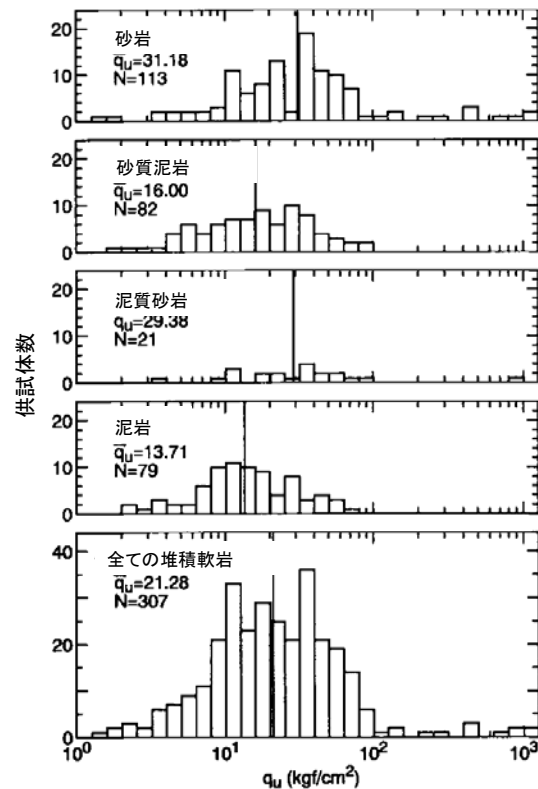
堆積軟岩；真の粘着力を有しているため、供試体は容易に自立するので、一軸圧縮試験の実施は容易である。しかし、・・・・・・

明石海峡大橋の基礎の設計では、まず大量に一軸圧縮試験が実施された。

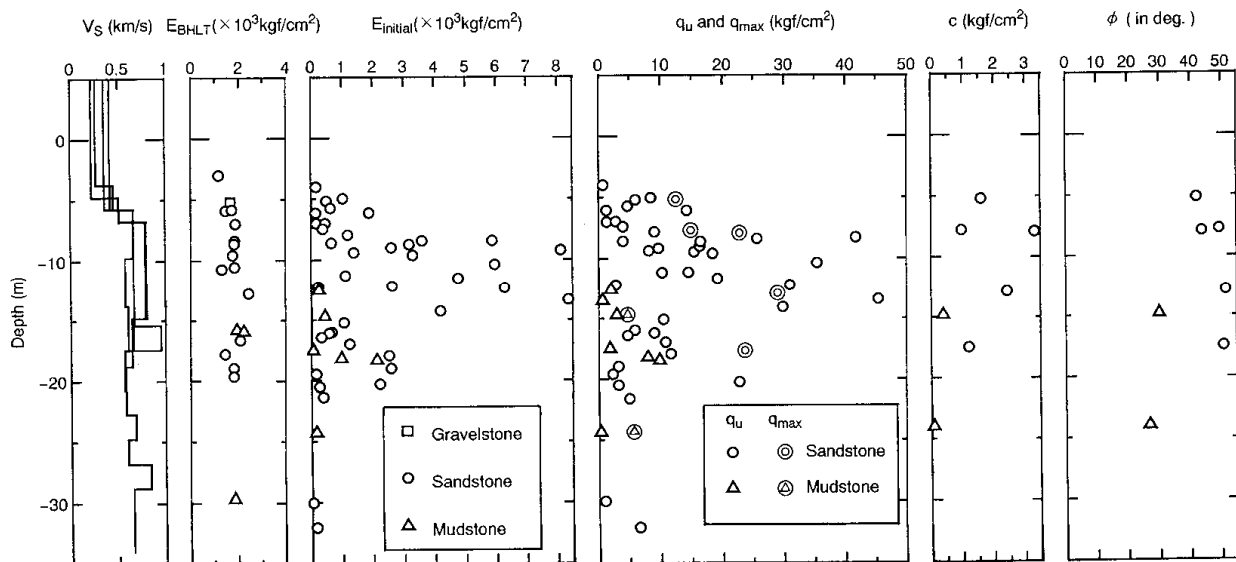


明石層堆積軟岩の一軸圧縮強度 q_u のまとめ

- 当時、堆積軟岩の圧縮強度は一軸圧縮試験で求めることが標準的
- しかし、 q_u は非常に大きなばらつき
- q_u に基づいて設計すると、過大な基礎寸法
→地盤内でも大きなばらつき？
→ばらつきは、人工的な原因？



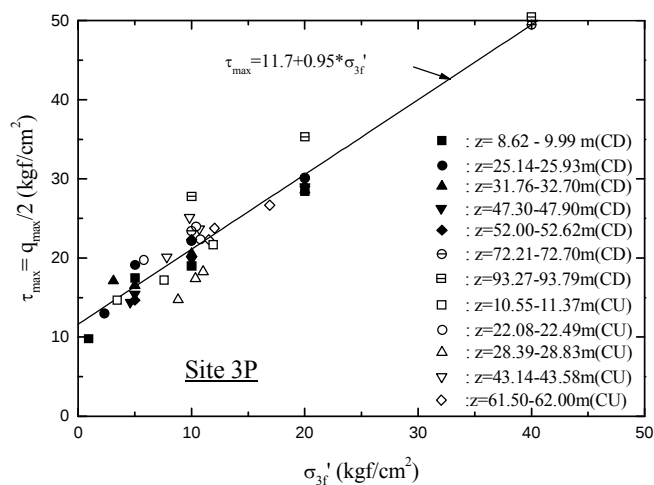
明石海峡大橋の設計段階で行われた堆積軟岩の一軸圧縮強度のまとめ（本四公団による）



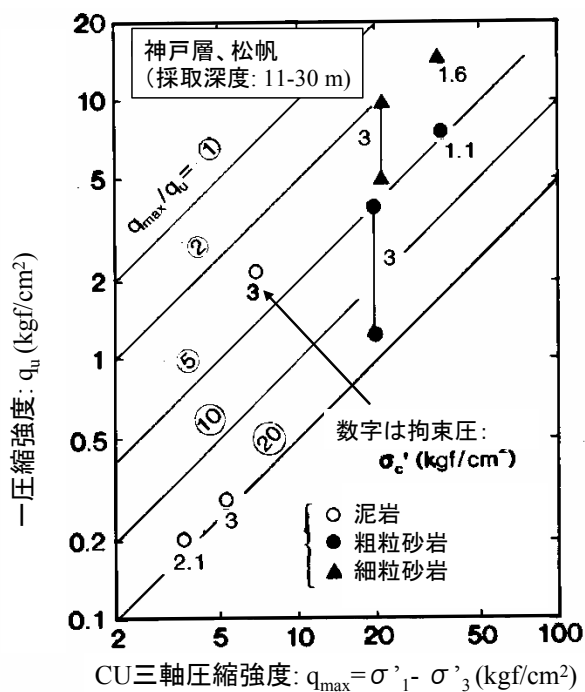
明石海峡大橋の設計の最終段階で行われた地盤調査の例（本四公団による）

しかし、堆積軟岩でも、せん断強度は拘束圧の関数である。

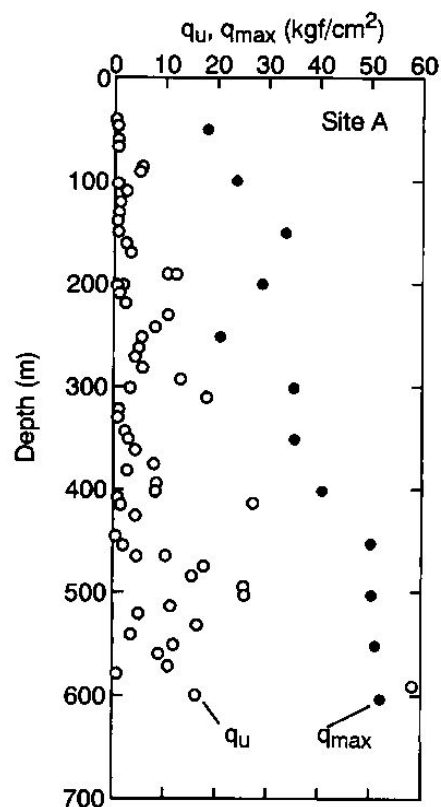
$\tau_f = c' + \sigma' \cdot \tan \varphi'$: の第二項は無視できない。



東京湾口橋ピア 3P 予定位置で採取した堆積軟岩不攪乱試料の圧密排水及び非排水三軸圧縮試験による有効応力での破壊包絡線



不攪乱試料を用いた一軸圧縮強度 $q_{\max}$ と三軸圧縮強度 q_u の直接比較



q_u は、地盤内の圧縮強度を過小評価：

1. q_u には、試料の乱れの影響が大きい。
2. 堆積軟岩といえども、強度は拘束圧の影響を受ける (砂岩ほど)

関東地方での例

1) まず、室内試験としては実施が最も簡単な一軸圧縮試験が、膨大な量実施された。

理由（粘性土に対して）：

- ・ 沖積粘性土の非排水せん断強度は、一軸圧縮試験で求められると言う「言い伝え」。
- ・ そのような技術者教育。

しかし、深い位置にある塑性指数が低い洪積粘性土は、この条件を満足しない。

一軸圧縮強度は、原位置非排水圧縮強度よりも著しく小さくなる。

理由（堆積軟岩に対して）：

- ・ 堆積軟岩は岩の一種であると考えた。岩の圧縮強度は、一軸圧縮試験で求められると言う経験、言い伝え。クラックの少ない硬岩では、正しい。
- ・ また、そのような技術者教育。

しかし、堆積軟岩の圧縮強度は拘束圧を加えることにより増加する。

また、サンプリングにより供試体内にマイクロクラックが生じると、一軸圧縮試験は低下する。

結果：非現実的なほど、低いせん断強度が得られた。構造物が建設できない、と言う結論。

この結論は、経験に反する。

→構造設計者の、土質試験に対する不信。ひいては、地盤工学に対する不信。

（東京湾横断道路での地盤調査でも同じ経験）

2) 一軸圧縮試験の次に実施されてきた室内試験は、UU試験。

（非圧密非排水三軸圧縮試験; unconsolidated undrained triaxial compression tests）

理由；

- ・ 塑性指数の低い洪積粘土や堆積軟岩では、非排水状態の供試体でも原位置有効上載圧と同じ拘束圧（セル圧）を与えると、圧縮強度はかなり強くなる（注：飽和度の高い沖積粘性土では、非排水のまま拘束圧を増加しても、供試体内の有効応力状態は殆ど増加せず、一軸圧縮強度と殆ど同じ強度が得られる。）
- ・ しかし、塑性指数の低い洪積粘土や堆積軟岩のサンプリングした試料は、室内試験開始時には若干脱水し飽和度が 100 % よりも低い状態になっている。特に、原位置有効拘束圧 p_0' が 1.0 kgf/cm^2 以上である場合は、そうになっている。従って、非排水のままでも拘束圧を増加すると、供試体内部の気体が圧縮して、供試体内の有効応力状態は増加する。しかし、この有効応力の増加量は通常測定しておらず、また個々の試験条件に左右される「非客観的」な量である。
- ・ UU試験では、供試体の体積を測定せず、圧密時間がゼロであるから、通常の圧密非排水三軸圧縮試験と比較すると、試験装置も試験方法も遙かに簡便である（従って、実務で大変好まれる。しかし、私はUU試験がキライである）。

結果：

- ・ 一軸圧縮試験よりも大きな圧縮強度が得られるが、結果に安定性がない。
- ・ 何よりも、客観的なデータではない。

結局、最終的には圧密非排水三軸圧縮試験（堆積軟岩では、圧密排水三軸圧縮試験も）が行われて、

その結果から設計用のせん断強度が決定された。

→何と壮大な無駄が行われたことか！！これは、発注者側、受注者側両方の技術者の責任である。

→簡単な土質実験は、簡単と言う理由で「実務的」と言われるが、試験結果の解釈は簡単ではなくなる。総合的に見れば、決して簡単ではない。

→最近では、試験装置の合理化、自動化により、圧密非排水三軸圧縮試験が簡単に実施できるようになってきた。試験は複雑でも、結果の解釈は容易である。

もっと、圧密非排水三軸圧縮試験を実施すべきである。

その傾向になってきた。これは、この20年間の大きな変化。

(極最近も経験したこと)

■ ある堆積軟岩地盤内のトンネルの盛土荷重による安定性の検討：

- a) 本来、CU 三軸圧縮試験を実施すべきところを、幹部候補生である技術者が、いわゆる「経験」を積んだ、しかし **stereo-type** 的技術者、コンサルタントの提案の適否を理解できず、提案をそのまま鵜呑みにして一軸圧縮試験を実施。使えないデータを大量に生産。
- b) そのデータを委員会に提出し、説明。技術判断ができない無駄なデータであったことを、しかも必要なデータが無いことを指摘される。

■ 発注者側の幹部候補生の技術者は、大変な権力を持っている。受注者側の技術者は、大変弱い存在である。特に、地盤工学に関することは、機械的に発注すれば良い、というものではない。発注者側の幹部候補生の技術者は、自分で具体的な仕事をしなくても、発注した仕事の内容を理解できないと、技術的な誤った手続き、判断の誤りを犯す。

■ 逆に、受注者側の技術者は、現在基準に機械的に従った発注の内容の合理性を自ら判断し、より合理的な提案をする努力が必要。基準は、常に時代に遅れている。

■ 発注者側、受注者側の「エリート技術者」の責任。

- a) 常に技術の進歩に敏感であること。
- b) 設計基準やいわゆる技術者の常識の内容を理解し、自分の頭で合理的にその適否を判断し、それに囚われないで、合理的な技術的判断ができること。
- c) その為には、基礎から考える能力・習慣を持つこと。