

III-206

明石層砂礫試料の非排水三軸圧縮強度に及ぼす非排水繰返し载荷の影響について

本州四国連絡橋公団

山田 勝彦

基礎地盤コンサルタンツ(株)

○山田 真一

基礎地盤コンサルタンツ(株)

山下 哲郎

東京大学生産技術研究所

龍岡 文夫

1. まえがき

明石海峡大橋の主塔基礎は両岸から各々約1kmの海中に予定されている。地盤は、第三紀中新世の堆積軟岩の神戸層と第三紀鮮新世～第四紀洪積世の砂礫層の明石層、および上部洪積層・沖積層が覆っている。主塔の支持層は、明石層と神戸層に計画されている。明石層の地盤の常時の設計強度は、CD試験の強度を若干過小評価して決めた。これに対して、地震時の設計強度は、CU試験の強度に基づいて決めた。主塔基礎2Pは固結の余り進んでいない明石層を支持基盤としているため、同層の変形・強度特性に及ぼす非排水の繰返し载荷の影響を検討する必要があるものと判断された。そこで、明石層の地震時の変形・強度特性の詳査が行われた。その結果、その安定性については確認が得られている。

本報告は、この詳査において実施した一連の試験の内地震直後の短期安定問題の検討を行う目的で実施した繰返し载荷後の非排水試験について検討を行ったものである。

2. 実験方法

直径30cm、高さ60cmの供試体を大型三軸試験機を用いて実験

を行った。飽和化は、基本的にはCO₂と脱気水を循環させ背圧を加える方法で行い、透水係数が小さいものについては二重負圧法+背圧付加法を用いた。何れの場合も、B値>0.96と十分大きな値が得られた。等方応力状態で約24時間圧密し、異方圧密はさらに所定の応力状態で約4時間放置した。周波数0.1Hzで非排水繰返し三軸試験を行い、繰返し回数 Nc=500 に達しても軸

至 $\epsilon_a^* = 10\%$ を超えないものについて Nc=500 の時点で一旦繰返

し载荷を中断し、非排水状態を保つ

まま静的三軸圧縮試験を行った。又、上記試験との比較のために同様の応力条件で圧密した試料について繰返し载荷しない静的非排水三軸試験も実施した。

なお、いずれの場合も軸ひずみ速度は0.1%/分である。

図-1 非排水三軸圧縮試験の

3. 試験結果。

応力～ひずみ関係

今回表-1に示す試験を行っている。図-1はその応力～ひずみ関係、図-2は有効応力径路の比較を行ったものである。なお図中の記号は表-1の記号に対応する。ところで、異方圧密供試体と等方圧密供試体

表-1 明石層砂礫試料の試験一覧表

σ_{10}' (kgf/cm ²)	σ_{30}' (kgf/cm ²)	σ_{w0}' (kgf/cm ²)	$\sigma_{10}'/\sigma_{30}'$	繰返し载荷による軸歪(%)
(a) 10.0	5.0	6.67	2.0	4.0
(b) 12.0	4.0	6.67	3.0	-
(c) 12.0	4.0	6.67	3.0	1.0
(d) 12.0	4.0	6.67	3.0	4.1
(e) 12.0	4.0	6.67	3.0	7.8
(f) 13.2	3.3	6.60	4.0	5.1
(g) 6.67	6.67	6.67	1.0	-

注1) (b) (g) の試料は繰返し载荷を行っていない。

注2) (g) の試料は内押により求めた。

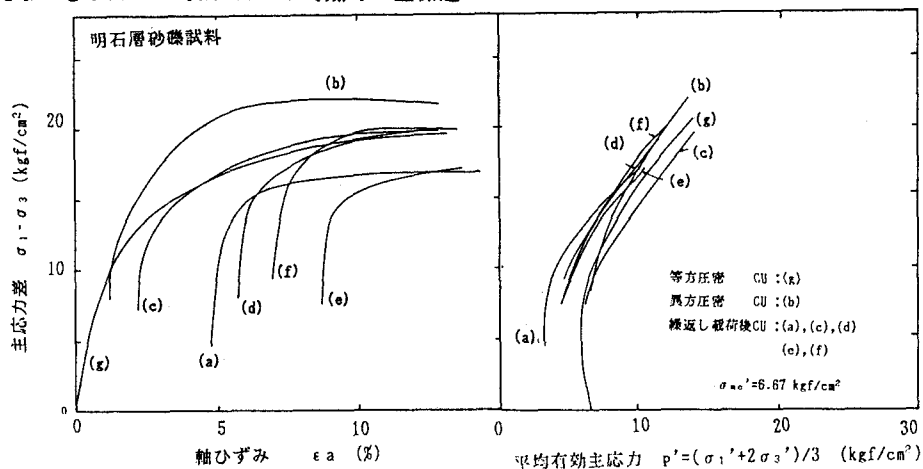


図-2 有効応力径路

を同一の $\sigma_{mc}' = 6.67 \text{ kgf/cm}^2$ で比較するのは、図-3に示すように非排水せん断強度は破壊せん断面の圧密時の有効直応力 σ_{nc}' の関数で表す考え方を採用しているからである。即ち、異

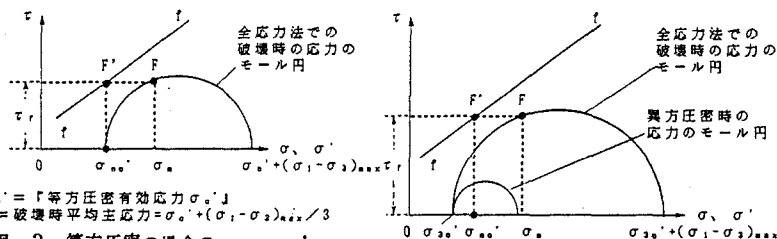


図-3 等方圧密の場合の $\tau_f \sim \sigma_{nc}'$ 関係の求め方

方圧密供試体は図-4のようにせん断面の圧密有効直応力 σ_{nc}' は圧密平均有効主応力 σ_{mc}' に近い値であるから、 σ_{nc}' の値として σ_{mc}' を用いた。この場合も破壊面のせん断強度 τ_f は平均主応力 σ_m に対応するせん断応力であり、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max} \cdot \cos \phi'$ に近い値である。従って、破壊時の $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ を比較することは、 τ_f を比較することとほぼ等価である。図-5に図-1のデータから読み取ったピーク時の $\sigma_1 - \sigma_3$ の値を圧密主応力比に対してプロットしたものを示す。

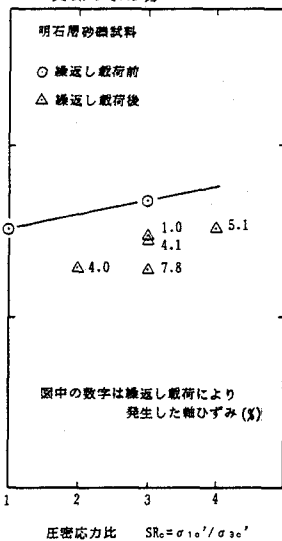
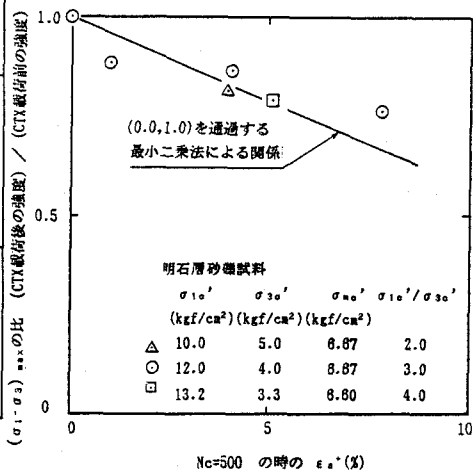


図-5 同一の σ_{mc}' での各種試験の強度の関係

σ_{mc}' = 圧密時平均有効主応力
 σ_m = 破壊時平均主応力 $\sigma_m = \sigma_{3c}' + (\sigma_1 - \sigma_3)_{max} / 3$

図-4 異方圧密の場合の $\tau_f \sim \sigma_{nc}'$ 関係の求め方



$N_c = 500$ の時の ϵ_s^* (%)

図-6 繰返し非排水載荷による非排水三軸圧縮強度の低下

- 図-1, 2, 5から、次のことが分かる。
- 異方圧密によって強度が確実に大きくなる(異方圧密による密度増加)。
 - $SR_c = \sigma_{1c}' / \sigma_{3c}'$ の大きい程同一の σ_{mc}' に対する強度は大きい(異方圧密による密度増加の程度の相違)。
 - 非排水繰返し載荷、引続く非排水せん断に対する強度は確実に低下するが、低下の程度は大きくはない。
 - 非排水繰返し載荷による強度低下は繰返し載荷によって生じた ϵ_s^* の値に依存する。

図-6は非排水繰返し載荷による非排水三軸圧縮強度の低下の程度を ϵ_s^* の関数として表現したものである。この結果は非排水繰返し三軸試験で $\epsilon_s^* = 8\%$ 程度生じてても、強度はあまり弱くなっていないことを示している。このような現象は密な土の特徴である。この結果を、地震時の基礎と地盤の挙動の予測の解析には直接用いていないが、常時の安全率は地震直後でも少ししか低下しないことを示唆している。

4. まとめ

非排水繰返し三軸試験後に非排水状態を保ったまま行なった非排水三軸圧縮試験の強度の低下の程度は小さかった。従って、常時の安全率は地震直後でも少ししか低下しないものといえる。

5 謝辞

本研究を進めるにあたり、本州四国連絡橋公団保田雅彦氏、東大生産技術研究所佐藤剛司氏の御協力を得た。末筆ながら感謝の意を表します。

6 参考文献

- 保田雅彦・山田真一・山下哲郎・龍岡文夫、"大型不攪乱砂礫試料の非排水繰返し三軸試験による変形・強度特性" 土質工学会、非排水繰返し試験に関するシンポジウム論文集。
- 保田雅彦・山田真一・山下哲郎・龍岡文夫、"明石層砂礫試料の繰返し非排水三軸試験による変形・強度特性 第24回土質工学会講演概要集。