

初期せん断を受ける飽和砂の繰返し残留変形予測

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 安福規之
学生員○藤井照久

1. まえがき

初期せん断応力下の飽和砂の繰返しせん断変形を定量的に評価するために異方圧密砂の非排水繰返し三軸圧縮試験を行った。このような応力下での砂の変形挙動は、初期せん断応力と繰返しせん断応力の組み合わせにより複雑に変化することが知られている^{1), 2)}。本研究では、初期せん断及び繰返しせん断応力の想定される様々な組合せにより実験を行い、各サイクル終了時に残留するせん断ひずみと間隙水圧の定量的評価を行う。さらに、残留ひずみ及び間隙水圧の予測法の提案を行い、実験結果との整合性について検討する。

2. 残留軸ひずみ～有効応力比関係¹⁾

図-1は、密詰め砂（相対密度70%）における繰返し三軸圧縮試験結果を用いて、各繰返しサイクル終了時点の有効応力比 $\eta_r (=q_s/(p_o - u_r))$ ：ここで q_s は初期せん断応力、 p_o は圧密終了時の平均有効主応力、 u_r は残留間隙水圧）と残留軸ひずみ ϵ の関係で示したものである。これらの図から、各サイクル終了時点の残留軸ひずみと残留間隙水圧は、有効応力比～軸ひずみ関係において初期せん断応力や繰返しせん断応力に関係なく、次式のような一本の双曲線をたどる傾向にあることが認められる。

$$\epsilon = \eta_r / (11.594 - 7.264 \eta_r) \quad (1)$$

3. 応力比 (η^*)～強度比 (R/R_t) 関係

別報²⁾で、全ての載荷パターンで統一的に評価が可能な強度 R_t を定義した。ここでは、この強度 R_t と繰返しせん断応力 R との比で表される強度比 R/R_t という概念を新たに規定する。この強度比というのは、安全率の逆数のようなものであり、ある任意振幅の繰返しせん断応力を受けた場合、その繰返しせん断応力 R と所定の繰返し回数において破壊を引き起こすのに必要な強度 R_t との比である。いま、一様振幅応力 R の繰返し載荷を想定した場合、 R は一定であるが繰返し回数の増加に伴って R_t が減少して行くので R/R_t は増加し、最終的には $R/R_t = 1$ に至って破壊する。図-2は、この強度比と次式で定義する新しい応力比 η^* との関係繰返し回数 $N = 10, 20, 30$ 回について示したものである。

$$\eta^* = (\eta_r - \eta_s) / (\eta_t - \eta_s) \quad (2)$$

ここで、 η_r は任意繰返し回終了後の残留応力比、 η_s は初期状態における応力比、 η_t は静的試験から求めた破壊時の応力比である。この図から、応力比 (η^*) と強度比 (R/R_t) の関係は繰返し回数や繰返しせん断応力比に関係なく、初期せん断応力比別にユニークな曲線関係にあることがわかる。この曲線を式で表すと次式のような双曲線表示が可能になる。

$$\eta^* = \frac{R/R_t}{a - (a-1) \cdot R/R_t} \quad (3)$$

4. 残留間隙水圧及び残留軸ひずみの予測

残留間隙水圧及び残留軸ひずみの予測を行うために、応力比 (η^*)～強度比 (R/R_t) 関係、さらに残留軸ひずみ～有効応力比関係を用いて以下に述べるような予測モデルを作成した。

- ① 強度～繰返し回数関係より各繰返し回数毎に破壊強度 (R_t) を定め、任意の繰返しせん断応力比 (R) に対する強度比 (R/R_t) を求める。
- ② 求められた各繰返し回毎の強度比を、強度比 (R/R_t)～応力比 (η^*) の関係に代入して、各繰返し毎の残留応力比 (η_r) を求める。

③各繰返し回毎の残留応力比 (η_r) が求まれば、残留軸ひずみは式 (1) を用いることより、そして残留間隙水圧は次式を用いることにより、各繰返し回数毎の残留間隙水圧、残留軸ひずみを予測できる。

$$u_r = p_c - q_s / \eta_r \quad (4)$$

この手順により算出される、各実験に対する残留間隙水圧及び残留軸ひずみの予測結果を実験結果と共にまとめたのが図-3である。この図より、実験及び予測結果の良好な対応が認められる。

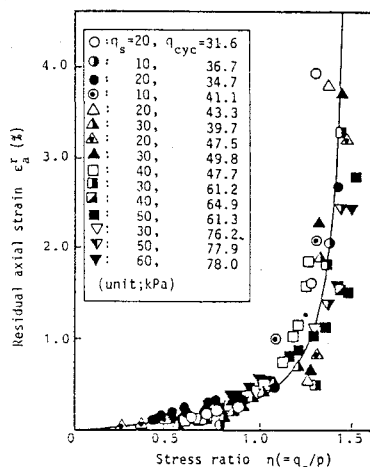


図-1 残留軸ひずみと有効応力比の関係

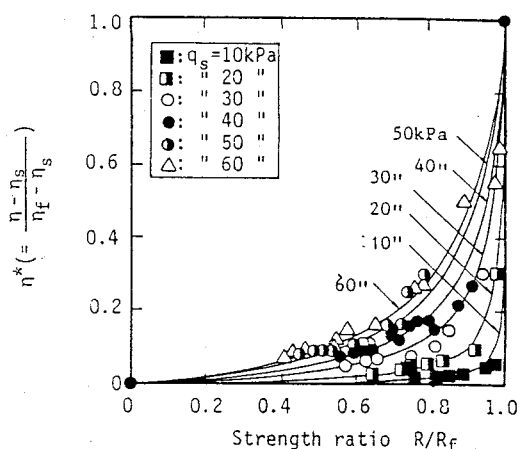


図-2 応力比 η^* と強度比 R/R_f の関係

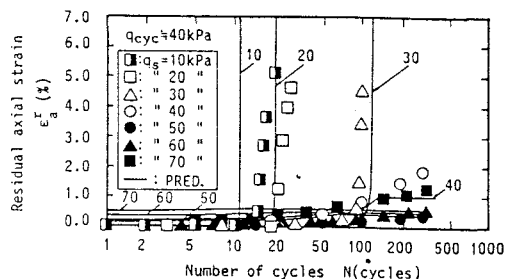
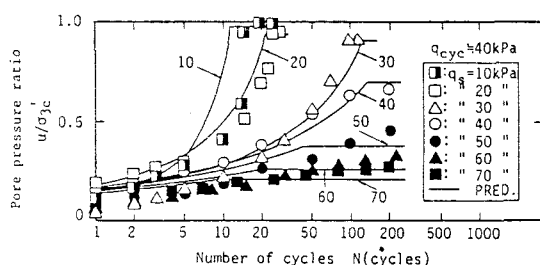


図-3 一様繰返しせん断応力下における残留間隙水圧、残留軸ひずみの実験及び予測結果

最後に、本研究における実験及びデータの整理において、山口大学大学院生 谷水秀行、同卒業生 長井正君 (現 日本道路公団) に多大な協力を頂いた。記して深謝の意を表する次第である。

《参考文献》

- 1) 兵動・村田・安福・藤井： 飽和砂の非排水繰返しせん断変形に及ぼす初期せん断の影響，土の非排水繰返し一室内試験、現位置及び試験結果の利用一に関するシンポジウム論文集，pp.199-204，1988。
- 2) 兵動・村田・安福・谷水： 初期せん断を受ける飽和砂の液化化及び強度特性の評価，第41回土木学会中国四国支部研究発表会，1989。