

III-173

弾塑性構成式を用いた液状化特性の評価について

山口大学大学院 学生員 ○中田幸男 西川明宏

山口大学工学部 正 員 安福規之 村田秀一 兵動正幸

1. まえがき

著者らは、繰返し載荷を受けた砂の応力・ひずみ関係を表現可能な構成式を提示した¹⁾。その構成式は、著者ら²⁾が提案した広範囲な応力域における異方硬化型の構成式に基礎を置き、二面モデル（下負荷面モデル³⁾）の考え方の中で中心をなす共役応力の決定方法や補間則を、実験事実を踏まえて工夫したものである。本報告では、共役応力の決定において重要な意味を持つパラメータ β の応力・ひずみ関係に及ぼす影響を把握し、その上で4種類の砂質土に対する提案式の有用性を検討する。

2. パラメータ β の影響

提示式は、非関連流れ則に基づき、正規降伏曲面、下負荷面、塑性ポテンシャル関数および、硬化則に加えて、共役応力の決定方法と補間則からなっている¹⁾。図-1は、 $p-q$ 空間内における提案式の概要を示している。図中のパラメータ β は、次式の第2項に対応し、ひずみの増分方向が現在の応力比よりもどの程度異なっているかを評価するものである。

$$\frac{\bar{q}}{\bar{p}} = \frac{q}{p} \pm \beta = \frac{q}{p} \pm \beta_0 \left(1 - \frac{p_0}{p}\right) \left(1 - \frac{\eta}{\eta_p}\right) \quad (1)$$

$$\begin{cases} +, \eta_p = \eta_{pc} & \text{-----} & dq > 0 \text{ or } d\varepsilon > 0 \\ -, \eta_p = \eta_{pe} & \text{-----} & dq < 0 \text{ or } d\varepsilon < 0 \end{cases}$$

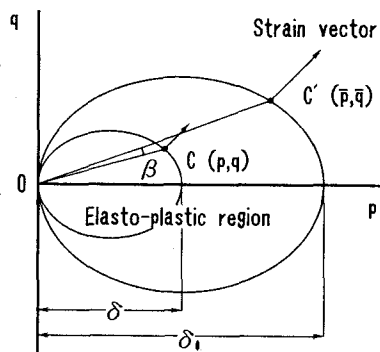


図-1 提案式の概要

ここで、 p, q は現在の応力状態、 $\bar{p}, \bar{q}$ は共役応力の応力状態である。また、 $p_0, \bar{p}_0$ はそれぞれ下負荷面、正規降伏面の p 軸との交点である。さらに、 η_{pc}, η_{pe} は、圧縮及び伸張側の破壊時の応力比である。図-2は、式(1)に含まれる β を変化させ、 β が応力・ひずみ関係に与える影響を調べたものである。図(a), (b), (c)は、それぞれ $\beta_0 = 0.0, 0.4, 0.8$ を用いて、繰返し応力 $q_{cyc}/p_c = 0.45$ を与えた場合の有効応力経路を示している。図には、軸差ひずみが1.0%に達するまでの経路を示している。これらの図から、パラメータ β は有効応力の減少の仕方に大きく影響するものの、等しい軸差ひずみに達するまでの繰返し回数にさほど影響していないことがわかる。

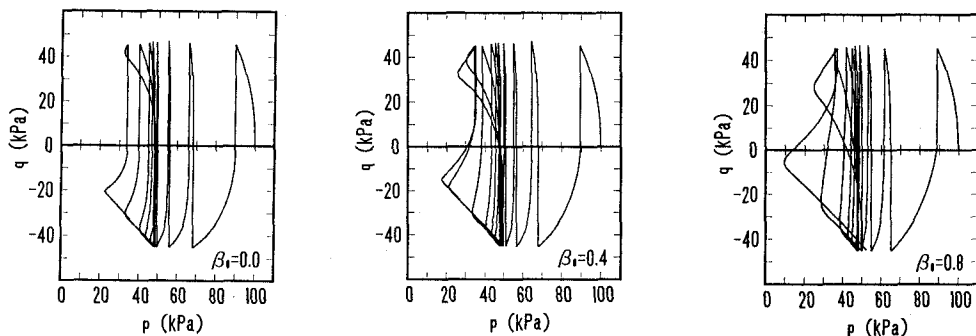


図-2 β_0 の影響；(a) $\beta_0 = 0.0$, (b) $\beta_0 = 0.4$, (c) $\beta_0 = 0.8$

3. 提案式の有用性

図-3は、豊浦砂の等方圧密条件下での非排水繰返し試験結果に対する実測値と提案式を用いた予測値の有効応力経路を示している。有効応力経路の予測結果は、実測値の繰返し初期の有効応力が大きく減少する点や、その後の p の減少が鈍くなる点、さらに変相線に達した後に再び有効応力が大きく減少するという特

性を十分うまく評価している。図-4は、豊浦砂、カーボネイト砂、しらす、まさ土の液状化強度曲線の実測値と予測値を示したものである。図に示したプロットと実線は、予測値の軸差ひずみが-1.5%に達した時のその関係を表している。この図は、実測値と予測値の良好な対応関係を示しており、本報告で提示した構成式の有用性がうかがえる。また、4種類の砂質土の破壊時の摩擦角は、カーボネイト砂、豊浦砂、まさ土、しらすの順に小さいが、液状化強度曲線は、必ずしも摩擦角の順になっていない。つまり、この図は、提示した構成式が液状化強度に与える摩擦角以外の要因をも評価していることを示している。

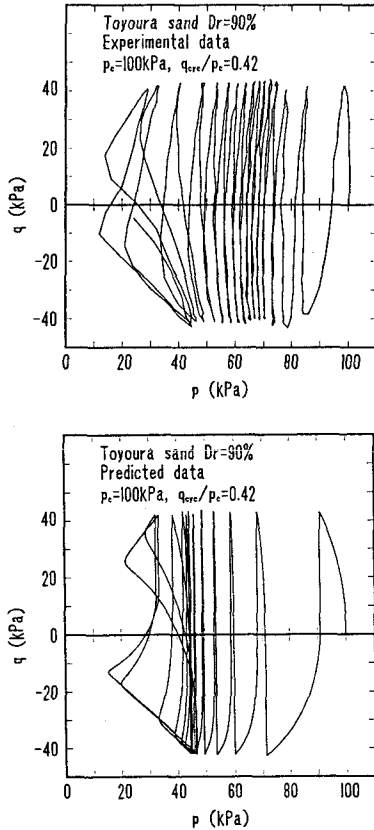


図-3 有効応力経路の実測値と予測値

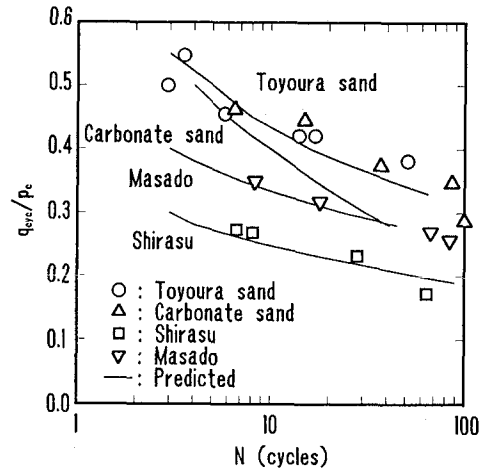


図-4 液状化強度曲線

4. まとめ

本報告で得られた知見をまとめると、以下のようになる。

- (1) 共役応力の決定において重要な意味を持つパラメータ β は、有効応力の減少の仕方に大きく影響するものの、等しい軸差ひずみに達するまでの繰返し回数にはさほど影響しない。
- (2) 提案式は、適切な材料定数を与えることで種々な砂質土の液状化特性を評価することができる。

<参考文献>

- 1) 中田・安福・村田・兵動・西川 (1992): "繰返し载荷を受けた砂の弾塑性構成式について," 第27回土質工学研究発表会講演概要集, 投稿中。
- 2) Yasufuku, N., Murata, H., Hyodo, M. and Hyde, F. L. Adrian (1991): "A stress-strain relationship for anisotropically Consolidated sand over a wide stress region," Soils and Foundations, Vol.31, No.4, pp.75-92.
- 3) Hashiguchi, K. and Ueno, M. (1977): "Elastoplastic constitutive laws of granular materials," Proc. 9th ICSMFE, Spec. Session 9, Constitutive equations of soils (eds. Murayama, S. and Schofield, A.N.), pp.73-82.