

モジュラーチ工法の有効性に関する研究 (その 6)

木村 亮*1・岸田 潔*・澤村 康生**

1. 研究の目的

モジュラーチ工法に代表される地中構造物の地震時挙動を適切に評価するためには、地盤と構造物の境界面における応力伝搬が重要な検討項目となる。この応力伝搬は、地盤材料の種類や構造物の表面粗さによって大きく変化し、例えば粒子形状が角ばるほど、または構造物の表面が粗くなるほど、境界面に発生する摩擦力が大きくなることが報告されている¹⁾。これまで筆者らでは、密詰め豊浦砂を用いて構造物境界面に対する定圧一面せん断試験を実施し、構造物の表面粗さが地盤材料との境界面における摩擦特性に与える影響を調べた^{2),3)}。本研究では、実験から得られた繰返しせん断挙動を表現できる境界面数値モデルとして、二次元 Joint 要素の改良を行った。

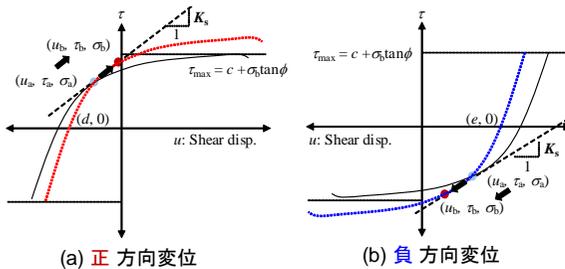
2. 研究内容

本研究では、広範囲でのせん断ひずみレベルで土質試験結果を精度よく近似し、かつ簡便に得られるパラメータを用いた非線形動的有限要素解析に適用することを目的に、骨格曲線・履歴曲線ともに Hardin-Drnevich モデル (H-D モデル)⁴⁾を用いて定式化した。以下に示すように、Joint 要素の正負方向変位に応力変位関係を定義する (図-1)。

$$\text{正方向} \quad \tau = \frac{\tau_{\max}(u_b - d)}{\tau_{\max}/K_0 + (u_b - d)} \quad (1)$$

$$\text{負方向} \quad \tau = \frac{\tau_{\max}(u_b - e)}{\tau_{\max}/K_0 + (u_b - e)} \quad (2)$$

ここで、 K_0 : 初期せん断剛性係数 [kN/m³]、 u_b : せん断変位 [m]、 d, e : 式(1), (2)を骨格曲線として



(a) 正方向変位 (b) 負方向変位
図1 H-DモデルによるJoint要素の骨格曲線

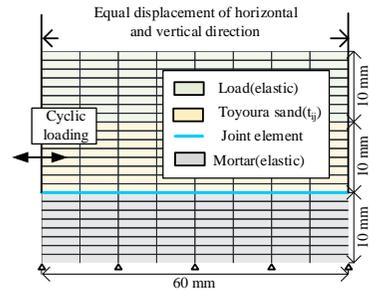
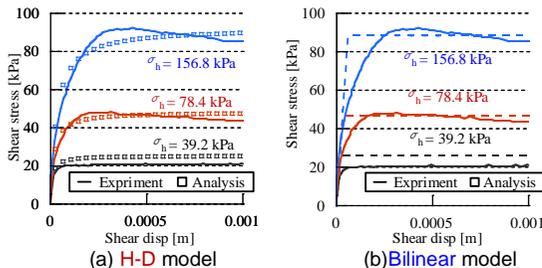


図2 再現解析に用いた解析メッシュ



(a) H-D model (b) Bilinear model
図3 単調載荷試験の再現解析結果

表1 Joint要素パラメータ

Shear stiffness, K_s [kN/m ³]	1.55×10^5
Initial shear stiffness, K_0 [kN/m ³]	6.00×10^5
Normal stiffness, K_n [kN/m ³]	1.55×10^5
Cohesion c [kN/m ²]	5.00
Internal friction angle [deg]	28.0

除荷点まで骨格曲線を平行移動した際の x 軸切片，である。

弾塑性有限要素解析コード DBLEAVES⁵⁾を用いて，2 次元弾塑性有限要素解析により一面せん断試験の再現解析を実施した。図 3 に解析メッシュ，表 1 に使用したパラメータをそれぞれ示す。地盤は Subloading t_{ij} model⁶⁾によりモデル化した。

3. 得られた成果

図 3 にモルタルと乾燥豊浦砂を用いた単調載荷試験の結果を示す。同図には，提案する H-D モデルモデルに加えて，従来からよく用いられる弾完全塑性モデルによる Joint 要素の結果を併記している。図より，H-D モデルを用いることで，ピークに至るまで滑らかに推移し，過大な応力が生じていないことが確認できる。

つぎに図 4 には，モルタルと乾燥豊浦砂の繰返し載荷試験の結果を示す。同図より，H-D モデルを用いることで，広範なせん断ひずみ領域で繰返しせん断挙動を表現可能であることがわかる。

4. 謝辞

本研究は，モジュラーチ工法協会より委託されたものであり，関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) Uesugi, M. and Kishida, H.: Influential factors of friction between steel and dry sands, Soils and Foundations, Vol.26, No.2, pp.33-46, 1986.
- 2) 廣瀬 駿，澤村康生，木村 亮：構造物の表面粗さが密詰め乾燥砂との繰返し載荷時の摩擦特性に与える影響，令和 4 年度土木学会全国大会，2022-9.
- 3) 廣瀬 駿，澤村康生，木村 亮：構造物の表面粗さが地盤材料との接触面における摩擦特性に与える影響，第 57 回地盤工学研究発表会，2022-7.
- 4) 廣瀬 駿，宮崎祐輔，澤村康生，木村 亮：表面粗度の異なるモルタルと密詰め乾燥豊浦砂に対する定圧繰返し一面せん断試験，2021 年度土木学会関西支部年次学術講演会，III-10，京都市，2021-5.
- 5) Hardin, B.O. and Drnevich, V. P. : Shear Modulus and Damping in Soils: Design Equations and Curves, Proc, ASCE, SM7, pp.667-692, 1972.
- 6) Nakai, T. and Hinokio, M.: A simple elastoplastic model for normally and over consolidated soils with unified material parameters, Soils and Foundations, Vol. 44, No. 2, pp. 53-70, 2004.

発表論文

- 1) Hirose, S., Sawamura, Y. and Kimura, M.: Effect of the number of cyclic shearing and surface roughness of structures on cyclic shear characteristics at the contact surface with sand, Proc. of the 33rd KKHTCNN Symposium on Civil Engineering, 2022.

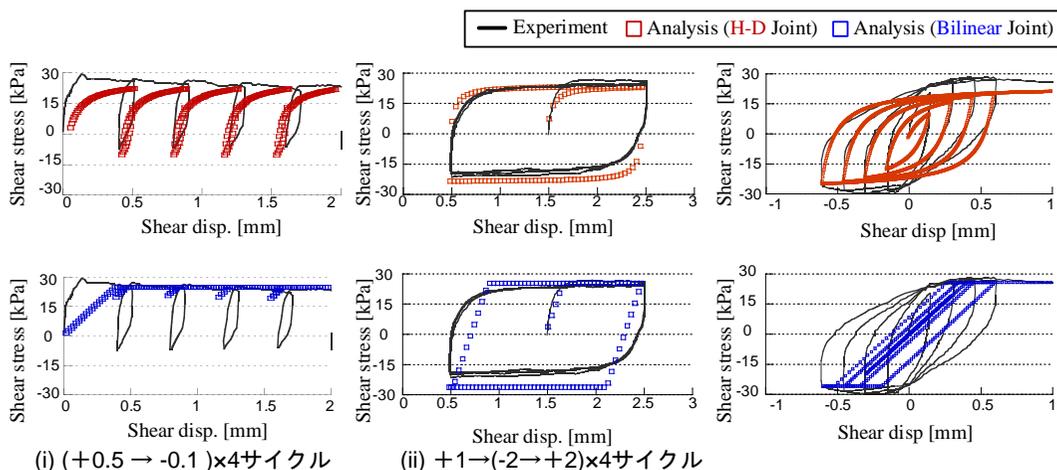


図4 繰返し載荷試験の再現解析結果