ベンダーエレメントによる非塑性シルトの剛性の評価

早稲田大学 正会員 ○ 宋 炳雄¹ 茨城大学 正会員 安原 一哉²

1. 研究の背景と目的

2000年鳥取県西部地震による竹内公団で非塑性シルト地盤の液状化被害が報告されている¹⁾. 1989年米国のLoma Prieta地.震の場合は、CaliforniaのMoss Landing 海洋研究所で細粒分を含む土の液状化やその後の側方流動が観測されたことが報告された²⁾. また、1994年米国のNorthridge地震の場合は、シルト質砂で液状化後の側方流動と共に粘土地盤で繰返し破壊による側方変位が発生したと報告されている³⁾. このような地震事例に従うと細粒分を含む 土や非塑性シルト地盤も液状化被害が発生することが分かる. しかし、非塑性シルトに関して従来の研究結果を 砂や粘土に比べると非常に少ない.

非塑性シルトの液状化特性について液状化強度と剛性特性はせん断弾性波速度と密接な関係があるので、本研究 ではベンダーエレメント(Bender Element)を用いてせん断波速度による非塑性シルトの剛性を調べることを主な目 的とする.なお、単純せん断試験(DSST)から得られた剛性との比較を行って非塑性シルトの剛性特性をもっと明 確にする.

2. 実験装置と土の特性

本研究の実験を行うために図-1(a)に表したように茨城大学が所有しているNGI型単純せん断試験機を使用した.この単純せん断試験機で図-1(b)のように供試体を拘束する上下プレートにベンダーエレメントを取り付けて非塑性シルトの剛性を調べた⁴⁾.本研究で用いた非塑性シルトの製品名は"DLクレー"であるが,土質試験を通じて"DLクレー"は粘土より非塑性シルトであることが分かり,本研究では"DLシルト"と称する.図-2はDLシルトの粒度分布を表している.



3. ベンダーエレメント試験

ベンダーエレメントを用いて非塑性シルトの剛性は数式(1)からせん断波速度v_sを把握し,式(2)から剛性Gを算定 することとした⁵⁾.

$$v_s = d/t \tag{1}$$

ここで,dは移動距離 (m)であり,図-1(b)ではベンダーエレメントの先端部の距離hである.また,tは時間 (sec) である.なお,せん断波速度vsを用いて式(2)で土の剛性Gを算定する.

キーワー	ド	ベン	ダーエレメント,	単純せん断試	験,	非塑性シ	ルト、剛性	
連絡先	1 :	〒169-8555	東京都新宿区大约	久保 3-4-1	55	-S - 803	濱田研究室	TEL: 03-5286-3406
:	2 =	〒316-8511	茨城県日立市中国	戎沢町 4−12−	· 1	都市シス	テム工学科	TEL: 0294-38-5166

$$G = \rho_s \cdot v_s^2$$

ここで、 ρ_sは土の密度(g/mm³)である.本研究で図-3は式(1)でのせん断波速度を算定するために検討して見た. 図-3 は周波数の差による剛性の変化を表したが、入力波は正弦波である.使用した周波数帯は 2, 5, 8kHzの 3 種類である.図-3によると一部の区間では多少の差があるが、全体的に周波数が大きいほど剛性も大きくなるこ とが分かった.なお、周波数が 5, 8kHzの場合は剛性の差が余りないことが分かった.

図-4 は単純せん断試験とベンダーエレメント試験からそれぞれ得られた非塑性シルトの剛性を比較したものである.ベンダーエレメント試験からの剛性は図-3の中で周波数が5kHzのときのものであり,それを単純せん断試験の結果と比べるとベンダーエレメントからの得られた剛性が少し大きいが大体類似することが分かった. 図-5 は本研究で得られた非塑性シルトの剛性はカオリンと粘土の剛性と比較してみた⁶.その結果非塑性シルトの剛性はカオリンと粘土に比べ小さいことが分かった.



図-3 拘束圧の増加に従う剛性増加 図-4 単純せん断試験結果との比較 図-5 土の種類による剛性の比較

4. 結果

本研究では最近報告されている細粒分を含む土や非塑性シルト地盤での液状化被害の現象に注目し、ベンダーエ レメントを用いて非塑性シルトの剛性を調べるのを主な目的とした.また、ベンダーエレメントからの剛性は単 純せん断試験による剛性との比較を行った.その結果、ベンダーエレメントから得られた剛性は単純せん断試験 からの剛性より大きく評価されたが、その差は小さいことが分かった.また、カオリンと粘土の剛性と比べると 非塑性シルトの剛性は小さいことが分かる.本研究は非塑性シルト地盤での液状化強度と剛性特性に関する研究 に少しだけでも役に立つことができると判断する.

謝辞

本研究は日本学術振興会の特別研究奨励費で行った研究結果でおります。日本学術振興会に感謝の意を表します。

参考文献

- 1. 地盤工學會 (2002), 平成 12 年鳥取県西部地震災害調査報告書, 地盤工学会 (CD-ROM).
- Boulanger, M. W., Meyers, L., H. (1998), Mejia, L., H. and Idriss, I. M., Behavior of a fine-grained soil during the Loma Prieta Earthquake, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 35, No. 1, pp. 146-158.
- Holzer, T. L., Bennett, M., J., Ponti, D. J., and Tinsley, J. (1999), Liquefaction and Soil Failure During 1994 Northridge Earthquake, *Journal of Geotech. and Geoenv.Eng.*, Vol. 125, No. 6, pp. 438-452.
- 4. Song, B.-W. (2003), The influence of initial static shear stress on post-cyclic degradation of non-plastic silt, Lowland Technology International, International Association of Lowland Technology (IALT). 5(1). pp. 14-24.
- 5. 荻野俊博,三田地利之,澁谷啓,及川洋(2001), 圧密定体積一面せん断試験による粘性土の変形・強度特性-ベンダーエレ メントによるせん断弾性係数の測定-木学会論文集, No.673/III-54, 土木学会, pp. 15-26.
- 三野秀作, 澁谷啓, 三田地利之, 伊藤普(1995), 各種室内試験による粘性土地盤のG_{max}の測定、土木学会第 50 回年次学術 講演会, III-235, pp. 470-471.

(2)