

表面波探査と中空ねじり試験による土のせん断剛性評価

愛媛大学大学院 学生会員○河田 皓介

愛媛大学大学院 学生会員 佐伯 嘉隆

愛媛大学大学院 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

性能設計体系の下では道路盛土の耐震安全性や残留変形を評価しようとする、周辺地盤、堤体下地盤、盛土堤体の S 波速度構造を適切に評価して地震時の応答を合理的に評価する必要がある。盛土堤体により周辺地盤や直下地盤では拘束圧の増加による剛性増加が容易に考えられるが、これまで必ずしも調査・検討がなされていない。森らは、高知自動車道において軟弱地盤区間の盛土周辺地盤を対象に地盤調査、多チャンネル表面波探査法 (MASW)を用いた表面波探査測定を行った結果、S 波速度の拘束圧依存を明らかにした¹⁾。本研究では、森らの調査によって得られた S 波速度結及び、不攪乱試料を用いた、中空ねじり試験による多段階変形特性試験の結果を行いて、現位置及び室内試験によるせん断剛性の評価を行った。

2. 現位置試験概要

森¹⁾らによって実施された表面波探査は、高知自動車道の伊野 I.C から須崎 I.C.の間である。表面波探査は計 11 地点で行われており、うち 140.45 KP 地点では、調査業者により PS 検層及び、不攪乱試料のサンプリングが行われている。そのため、表面波探査結果の検討は 140.45 KP 地点を対象とした。図-1 に 140.45KP 地点におけるボーリング柱状図及び S 波速度を示す。図中の S 波速度は表面波探査、PS 検層より得られた結果、道路橋示方書を基に算出した 3 種類を示す。図より、表層の 0m から 2.7m まではシルト混じり砂礫層があり、N 値は 34 で比較的固い地盤となっている。しかし PS 検層の結果によると、この層の S 波速度は 60m/s で非常に軟弱な地盤であると読み取れるが、表面波探査で得られた結果は 200 m/s 程度になっている。深さ 2.7m~15m の所には粘性土が堆積しており N 値分布を見ると、10 以下で、PS 検層結果の S 波速度は 200m/s 前後で軟弱な地盤が堆積していることがわかる。また、深さ 20m より深いところでは N 値が 50 以上となり、固い基盤層であると考えられる。

3. 中空ねじり試験概要

表-1 に試料の物理試験結果を示す。表中に示す深さは、ボーリング柱状図と対応している。試料は地盤工学会の基準による大分類によれば 3 試料とも粘性土に分類される。本研究で用いた試験機は油圧制御方式中空ねじり試験機である。供試体はトリミング法により外径 7 cm、内径 3 cm、高さ 12 cm の中空円筒に作製した。飽和には CO₂ 置換、脱気水、背圧を用いた。圧密は等方圧密で行い、供試体側面に設置したろ紙

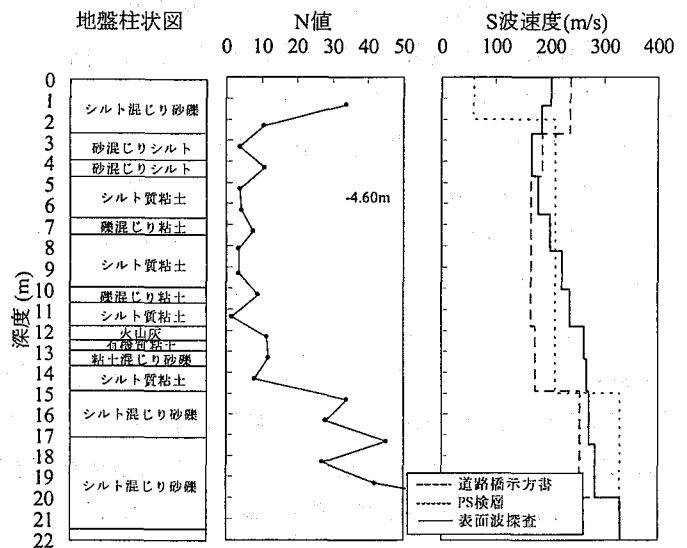


図-1 140.45 におけるボーリング柱状図及び S 波速度

表-1 試料の物理試験結果

試料名	土質名	深さ (m)	有効拘束圧 (MPa)	G _s (g/cm ³)	ρ _t (g/cm ³)	F _C (%)	P _C (%)	W _L (%)	W _P (%)	I _p	e	G _{vs} (MPa)	G (MPa)
T3-18	粘土	9.32	105	2.628	1.834	95.9	57.5	61.0	27.7	33.3	0.96	84	60
T3-19	砂混じり粘土	10.95	129	2.604	1.799	92.8	24.2	54.4	27.8	26.6	0.97	95	63
T3-25	砂質火山灰質シルト	12.1	138	2.621	1.448	70.9	13.1	68.1	NP	NP	2.06	99	55

により圧密促進をした。圧密終了後、地盤工学会基準によるステージテストを行った。また本研究では多段階拘束圧載荷法²⁾³⁾を用いて試験を行った。

4. 現位置・中空ねじり試験結果及び考察

図-2 に多段階変形特性試験結果を示す。一例として T3-19 における、せん断剛性のひずみ依存関係($G \sim \gamma$)を示す。図より有効拘束圧の増加に伴い $G \sim \gamma$ が増加している。図-3 に有効拘束圧とせん断剛性の関係を示す。図は多段階変形特性試験で得た $\gamma=0.001\%$ に対するものに加え、表面波探査で得た S 波速度より算定したものを示している。表面波探査によるせん断剛性 G_{vs} は $G_{vs}=\rho V_s^2$ より算出した。拘束圧は探査測定地点のを水平成層とし、自重のみを考慮した一次元評価である。図より G 及び G_{vs} は拘束圧の増加に伴い増加しており拘束圧の依存が見られる。 G と有効拘束圧 σ_c' の関係は図中の式①で表され、この拘束圧依存は式中のべき指数 n で表される。表-1 には算定した拘束圧と同一拘束下での G と G_{vs} を併記している。表及び図より、 G_{vs} は G に比べ 4~5 割程度、火山灰の層に関しては 8 割も大きく評価されている。拘束圧依存は G では約 0.6~0.8 の値を示し、 G_{vs} は 1.12 と中空ねじり試験に比べ拘束圧依存性が強い。これは、ここでは拘束圧を一次元として評価していることや、盛土による圧密の時間効果等の影響が考えられるが、明瞭にわかっておらず今後、検討が必要である。

5. 結論

現位置による表面波探査結果から得られたせん断剛性と、同地点で採取された不攪乱試料で中空ねじり試験を行い得られたせん断剛性の結果を検討した。得られた知見は次の通りである。

- [1] 中空ねじり試験機による多段階変形特性試験によれば、粘土にはせん断剛性に拘束圧依存性が見られた。また、この拘束圧依存性は、せん断剛性に換算した表面波探査による剛性にも見られた。
- [2] 表面波探査から求めたせん断剛性は、中空ねじり試験で得られたせん断剛性より大きく評価された。

謝辞

本研究は地盤工学会四国支部に設けられた NEXCO 西日本四国支社耐震性評価手法検討委員会の検討の一環として実施したものである。西日本高速道路(株)四国支社及び関係者の皆様には大変お世話になりました。記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 森伸一郎, 佐伯嘉隆: 異なる拘束圧下にある土層のせん断波速度, 第 42 回地盤工学研究発表会, 2007(投稿中)
- 2) 岡崎健, 森伸一郎, 松下 怜: 多段階拘束圧下での砂質土の繰返し変形特性試験法の開発, 第 39 回地盤工学研究発表会, CD-R0M, 論文番号 216, 2004
- 3) 松下 怜, 森伸一郎, 河田 皓介: 土の変形特性試験法における多段階拘束圧法の適用性, 第 41 回地盤工学研究発表会, 2006

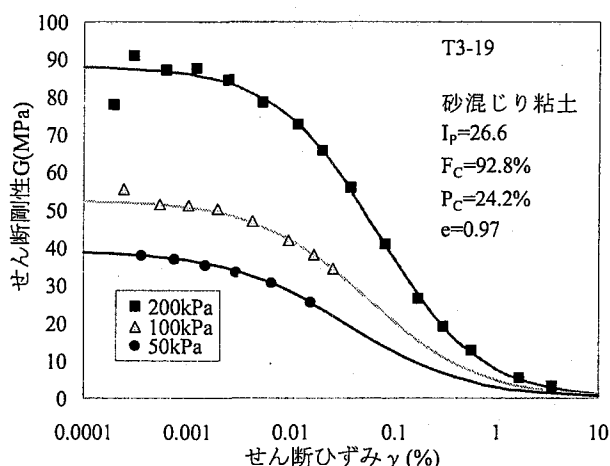


図-2 多段階変形特性試験結果

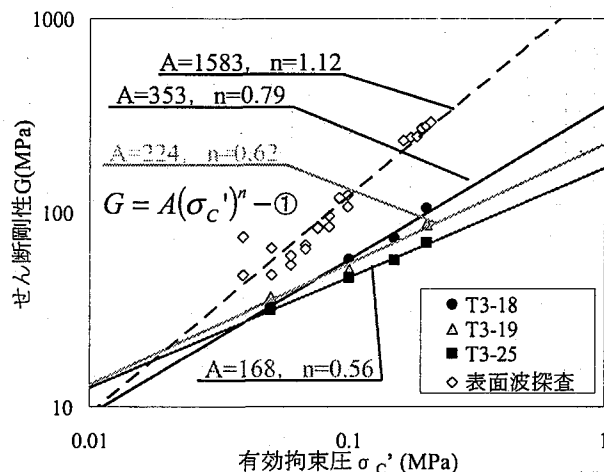


図-3 有効拘束圧とせん断剛性の関係