

GP サンプルング試料を用いた液状化試験結果による強度評価事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○米永 佳祐, 西村 和貴, 島田 徹也, 小南 将冨, 渡邊 憲平

1. はじめに

河川をはじめとした各種構造物の液状化判定では N 値による簡易判定法は良く用いられるが、実際の液状化強度比を安全側に評価¹⁾する傾向がある。今回、簡易判定にて液状化するものと判定された河川堤防下の沖積砂質土層を対象に、高品質サンプルング (GP サンプルング) を実施して、土質試験から得られる液状化特性 (強度) R_L を把握した。その中で、採取試料の品質評価や試料のばらつき評価¹⁾²⁾を行い、試験結果の妥当性や先の対策検討への適用性について考察を行った。

2. 河川堤防の地盤概要

当該地の地盤構成を図-1 に示す。

調査対象地は、河川氾濫の影響を受けて堆積した地層であり、不均質な土層である。本堤防はシルトや砂礫主体の盛土 (B) で構成され、 $N=2\sim 20$ とばらつきの大きい土層構成である。堤防下の基礎地盤最上位には、砂質シルトを主体とした軟質な沖積中間土層第一 (Asc1) が層厚 2m 程度で分布し、その下層には、液状化対象土層である沖積砂質土層第一 (As1), 第二 (As2) が層厚 10m 程度と厚く分布し、 N 値は平均で As1 が 4 程度と緩く、As2 が 12 程度と中位な土層で確認される。As2 の下位には、砂質シルトを主体とした沖積中間土層第二 (Asc2) が層厚 2m 程度で分布し、さらに Asc2 を抜けると、シルトを主体とした沖積粘性土層第一 (Ac1) が厚く堆積する。

今回のサンプルングおよび土質試験対象は、液状化対策規模の軽減を念頭に、 N 値の高い As2 層のみを対象とした。なお、高品質サンプルングに使用したサンプラーは GP サンプラー (Gel Push sampler) であり、概ね 100% の採取率であった (図-2 参照)。

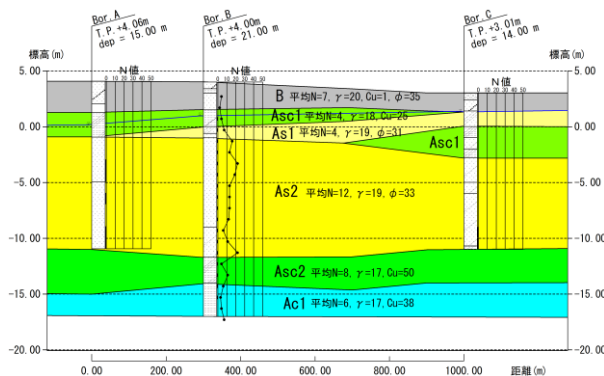


図-1 推定地層断面図



図-2 GP サンプルング採取試料

3. 液状化強度試験結果

今回得られた室内土質試験結果一覧を表-1 に示す。

今回の試験結果より得られた液状化強度比は 0.24~0.34 (平均 0.27) を示し、簡易判定法により求められた液状化強度比 0.19~0.25 (平均 0.22) より高い値が得られた。また、図-3 に示される各地点の F_L 深度分布をみると、詳細判定法 F_L では大半が $F_L \geq 1$ を示した。

表-1 室内土質試験結果一覧表

孔番	Bor.A					Bor.B		Bor.C		Bor.D		
	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	3
試料番号	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	3
平均深度 (m)	7.5	8.5	10.5	13.5	14.5	12.5	13.5	12.5	13.5	11.5	13.0	14.5
地層名	As2	As2	As2	As2	As2	As2	As2	As2	As2	As2	As2	As2
湿潤密度 ρ_s (g/cm ³)	1.95	1.94	1.88	1.89	1.89	1.91	1.86	1.90	1.88	1.90	1.93	1.92
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.56	1.50	1.48	1.39	1.40	1.46	1.39	1.43	1.41	1.45	1.48	1.48
自然含水比 Wn (%)	23.3	28.2	65.4	34.5	33.5	43.1	38.4	31.8	26.5	32.4	31.7	28.2
Fc (%)	2.1	3.5	22.5	32.2	24.9	42.8	28.7	4.4	12.1	14.1	10.2	9.1
D50 (mm)	0.34	0.27	0.22	0.09	0.11	0.11	0.15	0.27	0.28	0.16	0.20	0.29
RL (試験結果)	0.28	0.29	0.25	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.34	0.24	0.29	0.27
RL (簡易判定法) [※]	0.22	0.22	0.23	-	-	0.25	0.19	0.25	0.22	0.21	0.22	0.25

※道路橋示方書³⁾より算出した液状化強度比 R_L

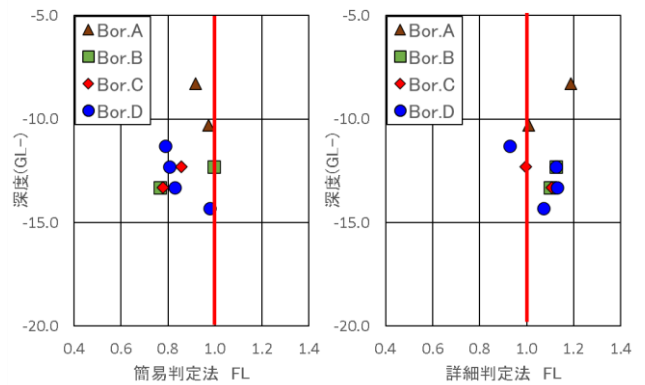


図-3 液状化抵抗率 F_L の深度分布図

4. サンプルング試料の品質評価およびばらつき評価

サンプルング試料の品質評価のため、4供試体毎のせん断剛性、密度、および粒度を指標⁴⁾とし、液状化強度比の妥当性を確認した。なお、評価の目安として、原位置に対して液状化試験供試体の G_0 が 0.5~1.5 倍、 ρ_d が ± 0.2 g/cm³、 F_c が $\pm 20\%$ の範囲内である場合は、ばらつきが小さいと捉えた。

(1) せん断剛性による試料の品質評価

砂質土の締まり具合に関係性のある S 波速度およびせん断剛性に着目し、サンプルング試料の品質を確認した。

原位置の PS 検層 (以下、原位置 PS という) より求めたせん断剛性率を G_{OF} 、三軸供試体による VsVp 測定 (以下、室内 PS という) より求めたせん断剛性率を G_{OS} とし、深度方向による G_{OS}/G_{OF} の関係図を図-4 のように整理した。

図-4 から G_{OS}/G_{OF} は、採取後の応力解放などにより、若

干試料の乱れや緩みが認められたものの、概ね0.5~0.6で一定の品質は得られていると考える。

一方、Bor.Aの赤丸で囲った一部の試料は他試料と比較して小さく出ていることが確認される。この要因として、採取されたサンプリング試料は、図-5に示されるように、黒色を呈した有機物が多量に混入しており、空隙や土の締まりに影響が生じて小さくなったと推察する。

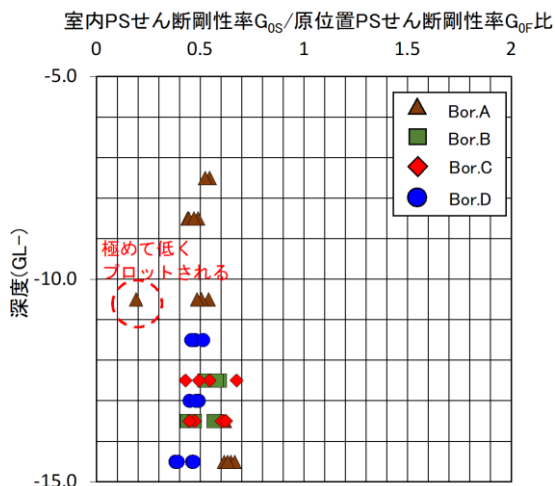


図-4 室内と現場のせん断剛性率の関係図

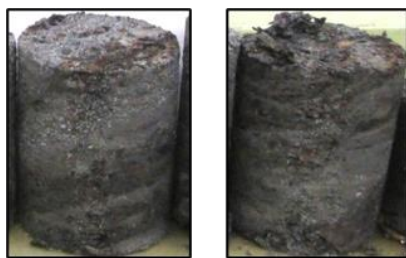


図-5 Bor.A 採取試料拔出後の供試体写真

(2) 密度による試料のばらつき評価

密度による試料のばらつき評価方法には、不均質な土層であることを考慮し、乾燥密度により評価を行った。

評価の結果、概ね $\rho_d \pm 0.2 \text{ g/cm}^3$ 以内のばらつきの範囲であるが、図-6に示される各供試体の乾燥密度を深度毎にプロットした図をみると、Bor.Aの赤丸で囲った試料は、有機物の混入によりややばらつきが認められた。また、Bor.Cの赤丸で囲った試料について、図-7の試験前供試体写真をみると、試料途中より砂層からシルト層に変化していることが認められるため、結果ばらつきが生じたと考える。

(3) 粒度による試料のばらつき評価

粒度試験に供する供試体は、液状化試験に供した供試体の上下にて追加試験を行い、得られた試験結果から粒度のばらつきを確認し評価した。

図-6に示されるように、今回の結果、概ね $F_c \pm 20\%$ 以内でばらつきは認められないものの、調査対象地が不均質な土層であるため、一部にやや細粒分が高い箇所が認められた。

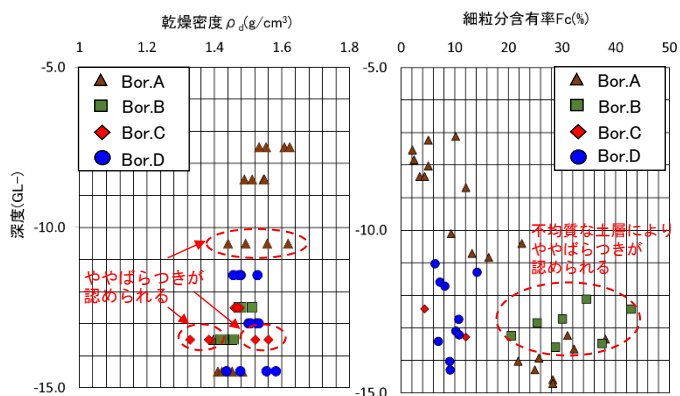


図-6 供試体毎の乾燥密度および細粒分含有率の比較図

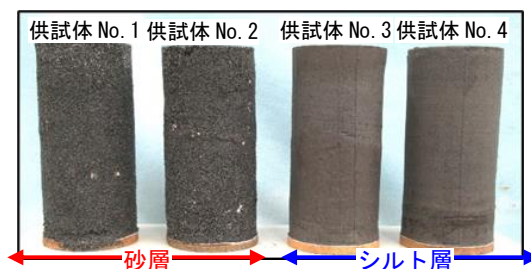


図-7 Bor.C における試験前の供試体写真

5. まとめ

- ◆高品質サンプリング試料の品質評価およびばらつき評価の結果、採取後の応力解放などにより、試料の緩みが若干認められた。
- ◆評価の目安としている、原位置に対して液状化試験供試体の G_0 が0.5~1.5倍、 ρ_d が $\pm 0.2 \text{ g/cm}^3$ 、 F_c が $\pm 20\%$ の範囲内であると概ね認められたため、一定の品質は得られていると考える。
- ◆液状化強度比 R_L を比較すると、簡易判定法 $R_L <$ 試験結果 R_L であった。また、試験結果を用いた詳細判定法による F_L は、大半が $F_L \geq 1$ を示すことから、対策工の軽減、建設コスト削減につながると考える。
- ◆今後の隣接工区の適用については、十分な調査、採取試料の評価を行いながら適切な強度設定を行っていく必要があると考える。

《引用・参考文献》

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：「河川構造物の耐震性能照査指針・解説-Ⅱ. 堤防編-」pp14, 2016. 3
- 2) 全地連地質調査業協会：「技術フォーラム2014」秋田、島田ら、No. 35 港湾施設の耐震対策効果確認のための調査と試験について (その2)
- 3) (社) 日本道路協会：道路橋示方書V耐震設計編 p161~170, 2017. 11
- 4) 国立研究開発法人土木研究所 地質・地盤研究グループ (土質・振動)：「ISSN 0386-5878 土木研究所資料第4352号」, 細粒分を含む砂の液状化強度の評価法に関する再検討 pp110~pp117, 2016. 3