

【13】

サンゴ礫混じり土および埋立土の高品質サンプリングと液状化評価

基礎地盤コンサルタンツ(株) ○前原 開斗, 栃尾 健, 夏目 隆弘
田中 淳, 遠藤 正悟

1. はじめに

沖縄県において、当地区はサンゴ礫混じり土と、サンゴ礫混じり土を用いた埋立て土が層厚約8~10mで分布する。サンゴ礫混じり土はセメンテーションやサンゴ礫の噛み合わせによりN値で評価するよりも高い液状化強度を示すが、通常的手法ではサンプリングが難しい。今回はサンゴ礫混じり土で実績が多い GP サンプラーを用いて試料採取を行い、繰返し非排水三軸試験結果を用いた液状化判定により液状化評価を行った事例を紹介する。

2. 土質およびサンプリング概要

(1) 土質概要

当地区の地層構成は図-1のように、埋立土層のF層、沖積礫質土層のAg層、沖積粘性土のAc層、島尻泥岩のSm層となっている。このうちF層はサンゴ礫が多く見られ、一般的にサンゴ礫混じり土と呼ばれる土で埋立てられた層である。特徴としては、F層は全体に礫径 ϕ 2~50mm程度の石灰岩礫、サンゴ礫、貝殻を含み砂礫状~礫混じり砂状を呈し、マトリクスは部分的に細粒分が多いが、粒径不均一な砂主体であった。

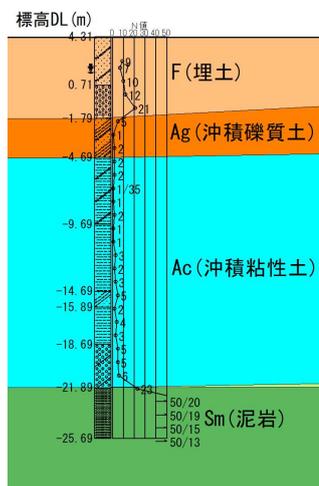


図-1 当地区の地層構成

(2) サンゴ礫混じり土の特徴

サンゴ礫混じり土は海岸線に沿ったリーフ内側で見られ、波によって浸食されたサンゴと内陸の河川から運ばれてきた土砂が堆積し、そこに生育した枝サンゴにサンゴ片等が沈降・堆積していくといった過程を繰り返して形成される。このため、枝サンゴ等のサンゴ礫の間に、サンゴ礫起源のシルトを主体とする細粒分がゆるく詰まった状態で存在している土である。¹⁾

サンゴ礫混じり土は、通常のシンウォールやトリプルでは押し込み不能や試料を乱してしまい、採取が困難である。そこで過去にサンゴ礫混じり土でのサンプリング実績のある GP サンプラーを用いて F 層の試料採取を行った。

(3) GP サンプリング概要

GP サンプリングとは、サンプラー先端にダイヤモンドビットを装着し、高速回転・小さいビット圧により時間をかけて丁寧にコアリングするサンプリング方法である。高濃度ポリマー溶液をサンプラー内に充填し、特殊なピストンを介して切削と同時にコアをポリマーでコーティングし、コアを保護しながら採取する。

写真-1にF層での採取試料を示す。通常のサンプリングと比較して採取率も高く、乱れの少ない状態で採取することができた。



写真-1 F層採取試料

3. 液状化評価

サンゴ礫混じり土はセメンテーションやサンゴ礫の噛み合わせにより、既往の実績ではN値で評価するよりも高い液状化強度を有する傾向がある。

F層は液状化判定対象層の条件である粒度分布や塑性指数に該当したため、採取試料を用いて繰返し非排水三軸試験を実施し、液状化判定を行った。

(1) 繰返し非排水三軸試験結果

繰返し非排水三軸試験結果と換算N値(N1)の関係図を表-1と図-2に整理した。F層の繰返し三軸強度比は $R_L = 0.506$ であった。また、同図には道路橋示方書耐震設計編²⁾から求めた細粒分含有率毎の推定曲線も併記している。これによると、道路橋示方書から求めた推定曲線よりも大きい繰返し三軸強度比 R_L が得られている。

表-1 繰返し非排水三軸試験結果

地層名	代表 N 値 (回)	細粒分 Fc (%)	換算 N1	有効土被圧 $\sigma'_{v'}$ (kN/m ²)	繰返し三軸強度比 RL
F	7.0	11.3	10.4	44.9	0.506

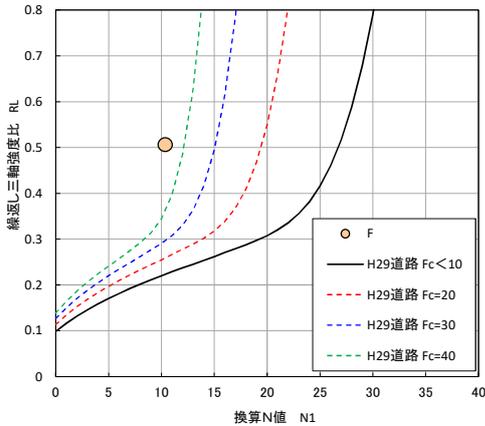


図-2 液状化強度比と換算N値の相関図³⁾

また液状化後の過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量を算定するために、繰返し非排水三軸試験後の排水量を測定し、体積ひずみを求めた。繰返し非排水三軸試験後の排水量測定結果を図-3に示す。供試体によって測定値にばらつきが見られたため、異常値を除いて平均値を算出した。その結果、体積ひずみは2.4%となった。またN値よりMeyerhofの式⁴⁾(式-1)で推定した相対密度は $Dr=51.6\%$ であり、石原ら⁵⁾によるきれいな砂の実験結果と比較して、体積ひずみが小さい結果となった。これは試料にサンゴ礫が多く含まれ、礫の噛み合わせによって液状化後の体積ひずみが抑えられているためと考えられる。

・Meyerhofの式 $Dr=21\sqrt{N}/(\sigma'_{v'}+0.7)$ (式-1)

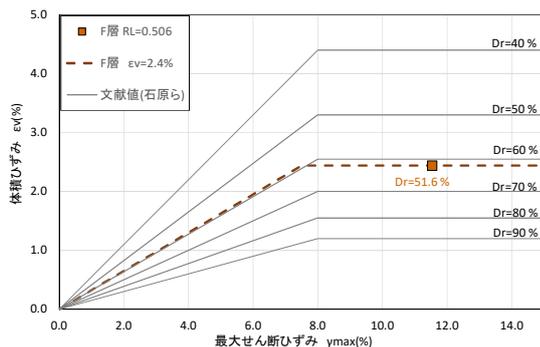


図-3 最大せん断ひずみと体積ひずみの相関図³⁾

(2) 液状化判定結果

簡易法および詳細法により当地区の液状化判定を実施した。なお簡易法は道路橋示方書に基づき実施した。最大せん断応力比および動的せん断応力比は表-2のとおり算出した。また表-3に液状化指数の比較を示す。判定結果より、PL値は概ね詳細法の方が小さくなる傾向があり、繰返し非排水三軸試験結果と同様に、推定値よりも実際は大きな液状化強度を有していることが分かった。

表-2 液状化評価のケース

手法	最大せん断応力比L	動的せん断応力比R
簡易法	一次元全応力解析の地表面最大加速度から道路橋示方書の低減係数で算定	道路橋示方書の判定式よりN値と粒度特性から算定
詳細法	一次元全応力解析で得られた各深度の最大せん断応力比Lを使用	繰返し非排水三軸試験の結果得られた繰返し三軸強度比 R_L から算定

表-3 簡易法と詳細法の液状化指数の比較表

液状化指数PL値		(参考)地表面最大加速度(gal)
簡易法	詳細法	
6.9	3.0	256
8.2	9.3	249
11.2	5.3	245
12.8	3.9	259
19.3	3.4	255
30.1	20.5	291
5.9	3.1	286
9.5	3.7	245
4.6	3.5	251

4. おわりに

沖縄県ではサンゴ礫混じり土が広く分布するが、シンウォールやトリプルといった通常のサンプリング方法では採取が困難である場合が多い。今回はサンゴ礫混じり土の採取実績のある GP サンプラーを用いることで、埋土層を乱れの少ない、状態の良い試料を採取することができた。

採取試料で繰返し非排水三軸試験を実施すると、N 値の推定よりも高い結果が得られた。また液状化判定結果でも PL 値が簡易法より詳細法の方が小さくなることから、推定よりも高い液状化強度を示した。

《引用・参考文献》

- 1) 具志 良太・江崎 壮太:「サンゴ礫混じり土調査・設計マニュアルの改訂について」, 沖縄ブロック国土交通研究会, 論文 No. 20, 2017. 7.
http://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/kengyo/kokudo_kenkyukai/20170626_sougou/pdf/ronbun/20_nahakouwan_etzaki.pdf (確認日:2020. 7. 20)
- 2) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編) pp162~163, 2017. 11.
- 3) 山名 真広:「液状化地盤の体積圧縮沈下量に関する実験的考察」, 全地連技術フォーラム2016論文集, 論文 No. 3, 2016. 9.
<https://www.zenchiren.or.jp/e-Forum/2016/PDF/2016-003.pdf> (確認日:2020. 7. 20)
- 4) (財)沿岸開発技術研究センター:埋立土の液状化対策ハンドブック, pp156, 1997. 8.
- 5) Ishihara, K. and Yoshimine, M.:Evaluation of settlement in sand deposits following liquefaction during earthquakes Soil and Foundations, Vol. 32, No. 1, pp173~188, 1992.