

平良港に分布するサンゴ礫混り土の 強度・液状化特性

郷原 裕紀¹

¹沖縄総合事務局 平良港湾事務所 整備保全課（〒906-0012 沖縄県宮古島市平良字西里7-21）

平良港では、RORO船の大型化への対応と、大規模地震発生時の物資輸送に対応するため、漲水地区に耐震強化岸壁の整備を実施している。本報告では、漲水地区岸壁の設計・施工に必要な地盤定数を把握するために実施した土質調査の結果について、平良港に分布するサンゴ礫混り土に着目し考察している。特に、特殊な土質特性を持つと言われているサンゴ礫混り土の採取には、できる限り乱れの少ない状態の試料を採取するために高品質サンプリングを用いて実施をしている。サンゴ礫混り土の採取に用いた高品質サンプリングの有効性を含めて、サンゴ礫混り土の強度、及び液状化の特性について報告する。

キーワード サンゴ礫混り土、高品質サンプリング、液状化

1. はじめに

平良港は、宮古島と沖縄本島を結ぶ海上物資輸送の拠点として特に重要な港である。しかし、現状では、施設の老朽化等により岸壁機能が不足しているという課題もある。そこで、近年におけるRORO船の大型化への対応と、大規模地震発生時の物資輸送に対応する施設の整備を行うことで宮古島住民の安全・安心の確保を図るため、漲水地区に耐震強化岸壁の整備を実施している。図-1に岸壁の整備範囲を示す。

本論文では、漲水地区岸壁の設計・施工に必要な地盤定数を把握することを目的に実施した土質調査の結果について、特に沖縄県の沿岸に広く分布するサンゴ礫混り土に着目し、その強度、及び液状化の特性について報告する。

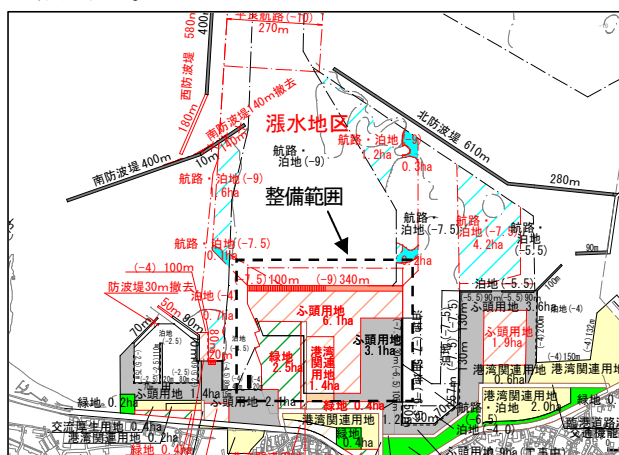


図-1 平良港湾計画図

2. 平良港の地質概要

平良港の地質は、概ね上層から、サンゴ礫混り土、サンゴ等の石灰質遺骸から形成された石灰岩から成る琉球層群、基盤岩である泥岩、砂岩から成る島尻層群と分布をしている。図-2にボーリング調査結果から得られた代表的な地質断面図を示す。ここで、サンゴ礫混り土については、As層、及びAg層を指しており、砂質を主体とするAs層と礫質を主体とするAg層に区別される。本報告における調査においても、上層から、サンゴ礫混り土が約15mの層厚で堆積し、その下層には層厚約15mの琉球層群、さらにその下層に基盤層である島尻層群が確認されている。

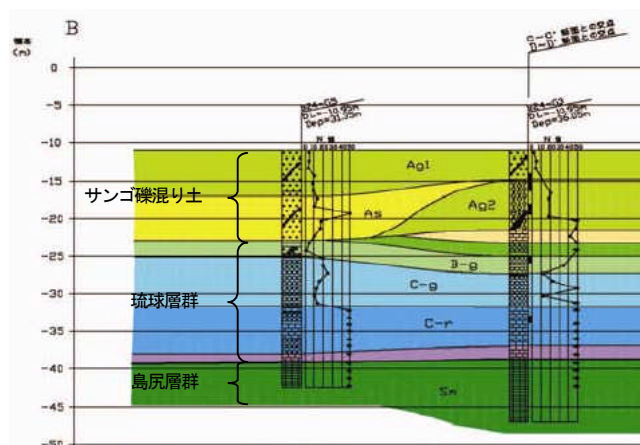


図-2 地質断面図

3. サンゴ礫混り土の特徴

本報告で特に取り挙げているサンゴ礫混り土についてその特徴を記す。サンゴ礫混り土とは、サンゴの遺骸等が堆積し、それらを多量に含んだ砂質・礫質土のことである。宮古島を含めた沖縄県の沿岸部に広く分布している。

土質の特徴としては、強度のばらつきが大きく、一般の土質と比較し特殊な土質特性を持っていると言われている。さらに、サンゴ礫混り土は、サンゴ礫の存在により乱れの少ない状態での試料採取が困難であるため、室内試験における地盤定数の設定が難しいというような課題も持っている。図-3にサンゴ礫混り土の写真とその特徴を示す。

4. 高品質サンプリング

サンゴ礫混り土の地盤特性を正確に把握するするためには、できる限り乱れの少ない状態の試料を採取する必要がある。そのため、本報告におけるサンゴ礫混り土の採取においては、「高品質サンプリング」を用いた。高品質サンプリングは、一般的なサンプラーでは採取が困難な砂礫層等においても、特殊なサンプラーを用いることにより乱れの少ない状態での採取を可能とするものである。本報告における試料採取では、GPサンプラー、及びGSサンプラーと呼ばれる2種類のサンプラーを用い採取を行った。

次に、GPサンプラー、及びGSサンプラーの概要を記す。GPサンプラーはサンプラー先端部のダイヤモンドビットを高速回転させ、さらに高濃度ポリマーを潤滑材とすると同時に、掘削時に試料をコーティングしながら採取することにより乱れの少ない状態での試料採取を可能とするものである。一方、GSサンプラーは、試料採取時に、清水、泥水、泡、エア等が使用が可能で、採取した試料については、透明なアクリル管に収納されるというものである。

図-4にGPサンプラー、及びGSサンプラーを用い採取した試料の写真を示す。写真からも共に、ほとんど乱れの少ない状態で試料を採取できていることが確認できる。



沖積砂質土：As 層

- ・灰色を呈する塊状の中粒砂で、粒子がコンパクトによく詰まっている。直径 5cm 以下の石灰質生物遺骸が少量混入する。粘土質物質が更に砂質粒子を充填する。
- ・石灰質生物遺骸＞斜長石＞石英＞苦鉄質鉱物、不透明鉱物



沖積砂礫：Ag 層

- ・黄灰白色を呈する。直径 5cm 以下のサンゴ、長さ 5cm 以下の二枚貝などが散在。更に、石灰質の砂質粒子が散在し、この粒間を灰色の石灰質のシルトが充填する。
- ・淘汰全体としては極めて悪い。基質は良好。円磨度は角～亜角主体。
- ・石灰質生物遺骸＞斜長石＞石英

図-3 サンゴ礫混り土の写真と特徴



GP サンプラー



GS サンプラー

図-4 乱れの少ない試料採取写真

5. サンゴ礫混り土の物理特性

図-5 にサンゴ礫混り土の粒径加積曲線を示す。As層は粒径 0.1mm から 1mm の細砂、及び中砂が主体となる砂質土である。サンゴ礫が少量混入しており、礫分は少ない。Ag層については、粒径 2mm から 50mm の垂角礫を主体とした礫質土である。全体的にシルト分が混入しており、サンゴ礫も少量ではあるが混入している。

さらに、図-5 おいて「港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁾」にある粒度から見た液状化の可能性についても検討した。As層については、砂質を主体とした単一粒径のため、「特に液状化の可能性あり」と判定された。一方、Ag層については、粒度分布が比較的良好、また、礫分を主体としていることもあり、「液状化の可能性あり」の範囲からは外れている。

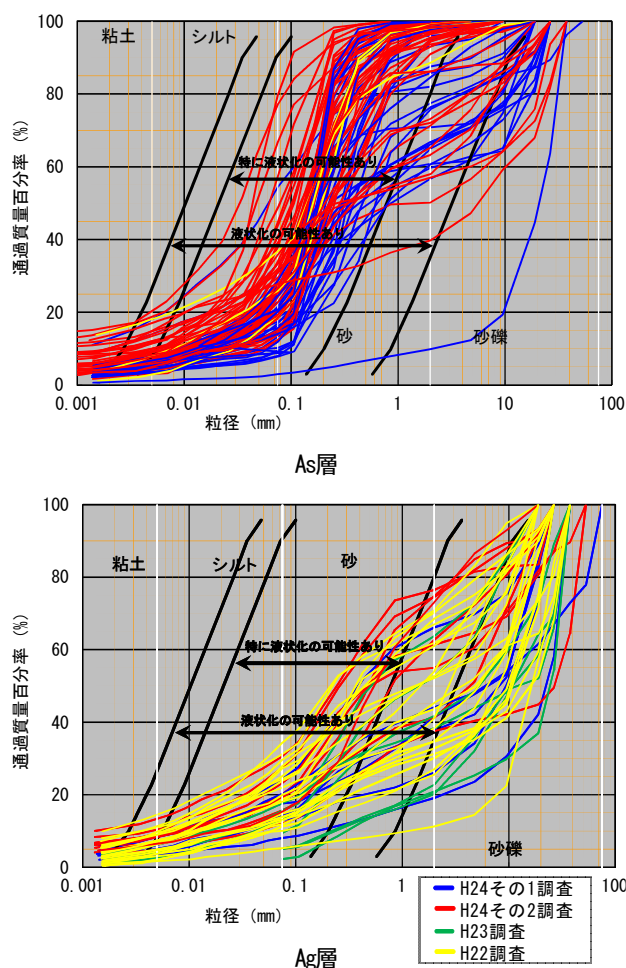


図-5 粒径加積曲線

6. サンゴ礫混り土の力学特性

サンゴ礫混り土のより詳細な土質特性を把握するため、以下に力学試験の結果を示す。試験は高品質サン

プリングで採取した乱れの少ない試料を用い実施した。

(1) 三軸圧縮試験結果

表-1に三軸圧縮試験結果より得られた内部摩擦角と「港湾の施設の技術上の基準・同解説¹⁾」にあるN値から推定して求めた内部摩擦角を示す。三軸圧縮試験から得られた内部摩擦角はAs層で平均 $\phi=43.0^\circ$ 、Ag層で平均 60.0° という結果となった。N値からの推定値では、As層が平均 37.4° 、Ag層が平均 36.5° となり、三軸圧縮試験の結果から得られた内部摩擦角については、N値から推定した内部摩擦角よりかなり大きな値となった。

また、Ag層において、特に内部摩擦角の値が大きく、 $\phi=81.6^\circ$ となるような試料も見られた。これは、Ag層において、サンゴ礫が密にかみ合うことによる効果と推察される。

表-1 サンゴ礫混り土の内部摩擦角

地層名	記号	内部摩擦角 $\phi (^\circ)$	
		三軸圧縮試験結果	N値からの推定値
サンゴ礫混り土	As	43.0(平均値) 38.0~47.9	37.4(平均値)
	Ag	60.0(平均値) 38.3~81.6	36.5(平均値)

(2) 繰返し非排水三軸試験結果

図-6に繰返し非排水三軸試験の代表的な試験結果を示す。

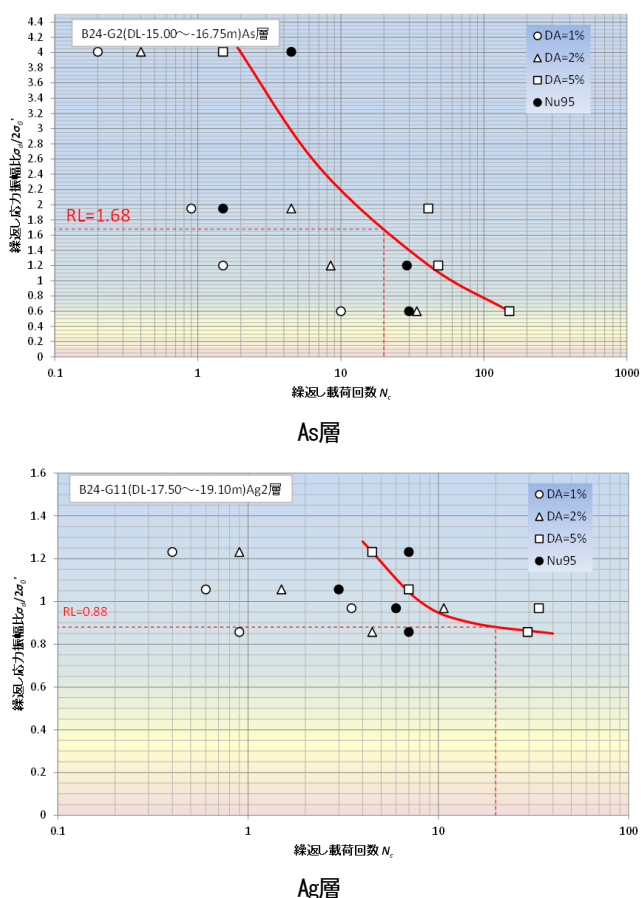


図-6 液状化強度曲線

As層については、液状化強度比 $R_{L20}=1.68$ (5試料における結果では $R_{L20}=0.43\sim1.84$ の範囲)と大きな値となっており、液状化に対して強いという結果となった。また、Ag層については、 $R_{L20}=0.88$ (2試料における結果では $R_{L20}=0.25, 0.88$)という値となり、As層と比較すると小さい値となったが、一定の液状化に対する強さはあるものと考えられる。

また、As層については、粒度による液状化の判定において、「特に液状化の可能性あり」という結果が得られたが、液状化強度比からは、粒度による判定とは異なり、液状化に対しては強いというような結果となった。

7. 結果の考察

高品質サンプリングで採取したサンゴ礫混り土について、実体顕微鏡写真を撮影し観察した。図-7に顕微鏡写真を示す。

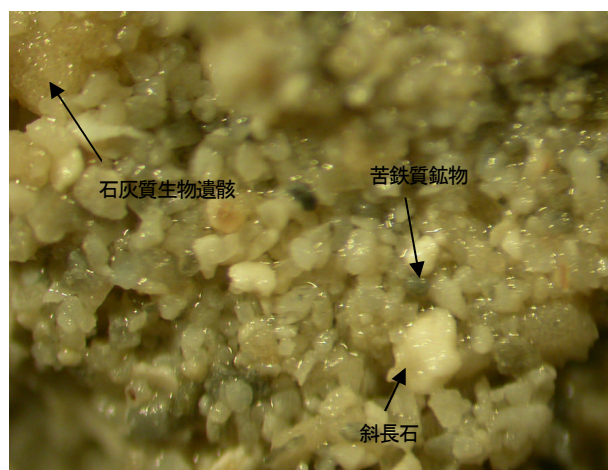
As層については、塊状の砂質が主体で、基質部分も非常によく詰まっていることが確認できる。また、砂粒子が各々結合しているようにも見える。これは、琉球石灰岩中に多く含まれる炭酸カルシウムを要因とするセメンテーション効果であるものと考えられる。As層において、内部摩擦角、及び液状化強度比が大きな値となったことについて、このセメンテーション効果が要因としてあるものと推察される。

一方、Ag層においては、As層とは異なり、基質部分にはシルトが充填されていることが確認できる。液状化強度比において、Ag層がAs層と比較し値が小さいという結果となったことについては、この基質の違いが要因となっていると推察される。

8. まとめ

力学試験におけるサンゴ礫混り土の内部摩擦角、及び液状化強度比が大きな値となった要因としては、サンゴ礫混り土特有のサンゴ礫のかみ合わせやセメンテーション効果によるものと考えられる。

また、N値から推定した内部摩擦角よりも、力学試験から得られた内部摩擦角が大きな値となり両者に差異が見られたことについては、地盤定数の設定が難しいと言われるサンゴ礫混り土の特殊な土質特性が顕著に表れたものとなった。このようなことから、サンゴ礫混り土の土質特性を正確に把握するためには、高品質サンプリングのようなできる限り乱れの少ない状態の試料を採取することが一つの有効な手段であると言える。



スケール 1mm

As層



スケール 1mm

Ag層

図-7 実体顕微鏡写真

9. おわりに

本報告において、サンゴ礫混り土の強度、及び液状化の特性について、サンゴ礫混り土における物理特性、及び力学特性の両面から考察した。沖縄における岸壁の設計においては、このサンゴ礫混り土の特性の把握が非常に重要であることから、今後も調査実績を重ね、検討を継続することが必要である。

謝辞：本論文を作成するにあたり、応用地質株式会社エンジニアリング本部の利藤氏には多数のご助言を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 社団法人 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説