

1. はじめに

日立市は南北に長く、太平洋に面した約20kmにわたる海岸線を有している。しかし、東側は海岸に、西側は山地に挟まれていると言った狭い立地条件にある。そのため、最近の都心部におけるウォーターフロント開発と相まって開発が海岸部へと移っている。このような開発を行う際、その基盤となる海岸砂の強度変形特性を調べることは基礎的で、かつ重要な事であると思われる。

そこで、図-1に示すように日立周辺の海岸より3種類の海岸砂を採取し、それぞれの強度変形特性を知るために圧密排水三軸試験を行なった。また重液分離法を用いて各々の砂を構成する鉱物の組成を把握し、さらに顕微鏡下の砂粒子の形態を比較して強度特性との相関を調べた。

2. 試料及び実験方法

三軸排水試験に用いた試料は、日立周辺の海岸より採取した久慈浜砂、河原子砂、会瀬砂の3種類の海岸砂、及び比較のために市販されている豊浦砂、日光珪砂の2種類の調整砂である。これらの物理的性質を表-1に、粒径加積曲線は図-2に示す。表-1より、河原子砂、会瀬砂が他の3種類の砂より比重が大きいことが分かる。また、図-2より、日光珪砂が他の4種類の砂より粒径が大きいことが分かる。供試体は、高さ15cm、直径7.5cmとし各供試体の密度調整については空中落下法により行なった。供試体の飽和は、炭酸ガスの通気及び脱気水の通水により行なった。その後、背圧を1.0kgf/cm²まであげB値を測定し、B値が0.96以上の試料について拘束圧 $\sigma_c=1.0\text{kgf/cm}^2$ で圧密を行なった後、ひずみ制御で排水せん断試験を行なった。ひずみ速度は、0.3%/minとした。

3. 実験結果

1) 応力・変形特性

図-3、4に、初期相対密度約80% (密詰め砂)、及び約40%

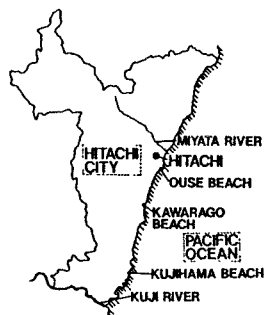


図-1 日立周辺と試料採取地点

表-1 物理的性質

試料 Sample	比重 Gs	均等係数 Uc	最大・最小間隙比 emax~emin
久慈浜砂	2.674	1.603	0.643~1.044
河原子砂	2.809	1.564	0.597~0.967
会瀬砂	2.847	1.601	0.603~0.995
日光珪砂	2.667	1.474	0.628~1.008
豊浦砂	2.641	1.424	0.623~0.991

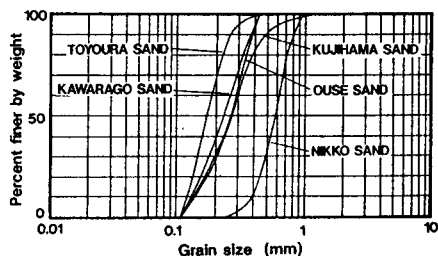


図-2 試料の粒径加積曲線

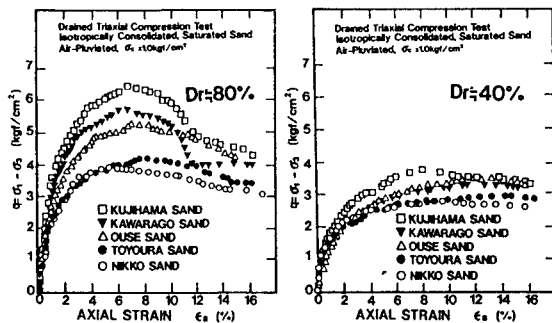


図-3 軸差応力～軸ひずみの関係

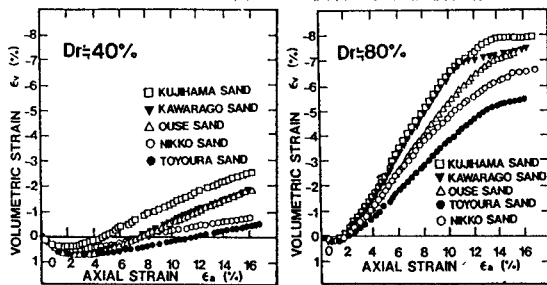


図-4 体積ひずみと～軸ひずみの関係

(緩詰め砂)における軸差応力 $q = \sigma_1' - \sigma_3'$ と軸ひずみ ε_a 、及び体積ひずみ ε_v と軸ひずみ ε_a の関係を示す。初期相対密度は、圧密前の試料の相対密度である。密詰め・緩詰めいずれの場合でも、調整砂より海岸砂の方が大きなピーク強度を示し、ダイレクンシーも大きい。さらに海岸砂の中では、久慈浜砂が他の2種類の砂(河原子砂、会瀬砂)より大きいピーク強度を示し、ダイレクンシーも大きい。また、初期相対密度約80%の場合、海岸砂では顕著な硬化・軟化現象がみられる。図-5に、軸差応力がピークに達した時を破壊とみなし、見かけの粘着力 $c' = 0$ として計算した時の内部摩擦角 ϕ' と初期相対密度との関係を示す。いずれの砂も相対密度の増加とともに内部摩擦角は増加する傾向を示す。また、いずれの相対密度においても調整砂より海岸砂の方が大きい内部摩擦角を示している。特に、河原子砂と会瀬砂、豊浦砂と日光珪砂はそれぞれ似た曲線を描いている。さらに、海岸砂の中では、久慈浜砂が他の2種の砂より大きい内部摩擦角を示している。

4. 鉱物組成

図-6に、鉱物組成と比重の関係を示す。鉱物組成は重液分離法を用いた。これは比重が2.96前後の重液を用いて比重が2.96より大きい重鉱物と2.96より小さい軽鉱物に分けるものである。さらに重鉱物を磁石につく磁性鉱物と磁石につかない非磁性鉱物に分ける。これらの結果を図中の棒グラフで表す。この図より比重と重鉱物の量比には相関性があるといえる。つまり、河原子砂と会瀬砂の比重が大きいのは重鉱物の量比が大きいためと分かる。

5. 砂粒子の形態

図-6において卓越している軽鉱物に関して偏光顕微鏡による観察を行い、KRUMBEIN & SLOSSの考案した球形度(粒子の偏平の程度を表す)と円磨度(粒子の角張りの程度を表す)の関係図を用いて砂粒子の形態を定量的に表した。

その結果を図-7に示す。

調整砂より海岸砂の方が円磨度が小さく(粒子が角張っている)、球形度が小さい(粒子が長細い)ことが分かる。また、球形度、円磨度、及び相対密度が約40%、80%の時のピーク強度の関係を図-8に示す。丸で囲んだ部分が円磨度とピーク強度を、破線で囲んだ部分が球形度とピーク強度の関係を示す。球形度、及び円磨度が試料により異なるため、ピーク強度に相違が見られる。

6. まとめ

- 1) 粒度調整の行なわれている調整砂より海岸砂の方が大きい強度を示す。
- 2) 海岸砂の場合、比重の大小は重鉱物の量比と相関性があり、重鉱物の量比が強度に影響を及ぼす。
- 3) 三軸試験による応力-ひずみ関係のピーク強度の相違は、各々の砂粒子の球形度、及び円磨度と相関性がある。

(引用文献)・KRUMBEIN, W.C. and SLOSS, L.L (1955): Stratigraphy and Sedimentation. W.H. Freeman, San Francisco

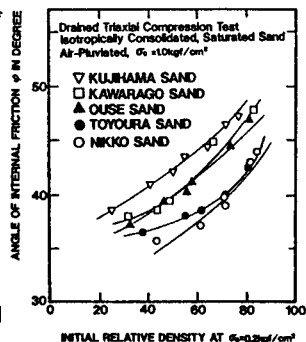


図-5 内部摩擦角と初期相対密度の関係

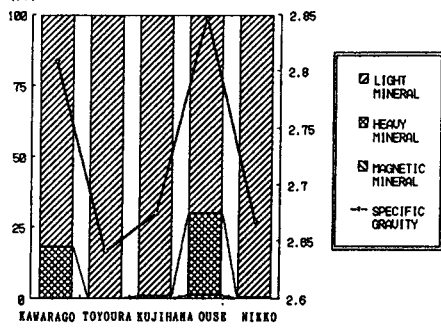


図-6 鉱物組成と比重の関係

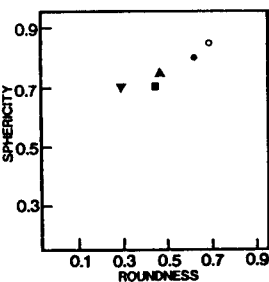


図-7 球形度と円磨度の関係

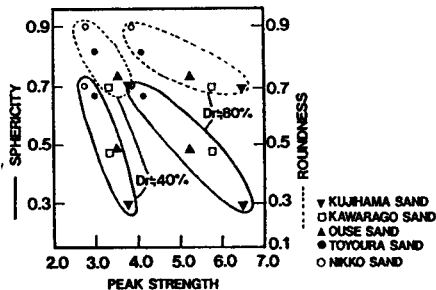


図-8 球形度、円磨度、及びピーク強度の関係