

若齢岩砕埋土地盤への吸水型振動棒締固め工法の適用

(その1) 岩砕埋土材料の室内土質試験結果

前田建設工業(株) 正 ○前田和亨 清水英樹 川村英昭
 日本原子力発電(株) 正 森 幸仁 増田崇治

1. はじめに

敦賀発電所 3、4号機増設工事に伴う敷地造成工事では、切土で発生する花崗岩の岩塊を、破砕機によって $D_{max}=300\text{mm}$ に破砕し、陸上から海中へと順次投入していくことで埋土地盤を造成する工事を行っている。このようにして造成された埋土地盤の基本的な物性を把握するため、最大粒径 $D_{max}=53\text{mm}$ のせん頭粒度試料を用いた室内試験を行った。岩砕のような大粒径材料について、我が国では主にロックフィル材料についての調査・研究が行われ、多くの知見が積み重ねられてきたが、粒子の大きな原粒度材料の力学特性を室内試験によってどのように評価するかについては、未だ多くの課題が残されている¹⁾。

本報告では岩砕埋土材料を対象とした一連の室内試験結果の概略を報告するとともに、大粒径材料の試験結果の評価方法についての一試案を示す。

2. 室内試験結果

当該工事において造成する埋土地盤では、その上部に築造される施設に応じた品質が定められている。一例を示せば、内部摩擦角 $\phi' > 30^\circ$ or 35° 、変形係数 $E > 8,960$ or $12,320$ (kN/m²) などである。これらの要求品質に対し、 $D_{max}=53\text{mm}$ となるせん頭粒度試料を用いた室内試験により材料の物理・力学特性を把握することとした。

表-1 物理試験結果

項目	原粒度材	試験試料
真密度 ρ_g g/cm ³	2.624	2.626
絶乾密度 ρ_b g/cm ³	2.402	2.327
吸水率 Q %	3.3	4.5
最大粒径 D_{max} mm	300	53
平均粒径 D_{50} mm	22	2
均等係数 U_c	247	100
最小密度 ρ_{dmin} g/cm ³	-	1.505
最大密度 ρ_{dmax} g/cm ³	-	2.003

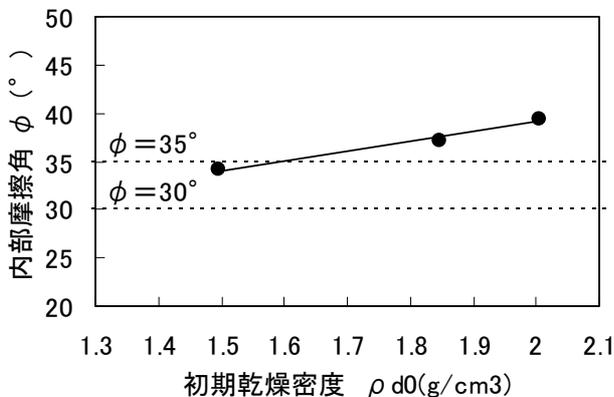


図-2(1) 大型三軸試験による $\rho_d \sim \phi$ 関係

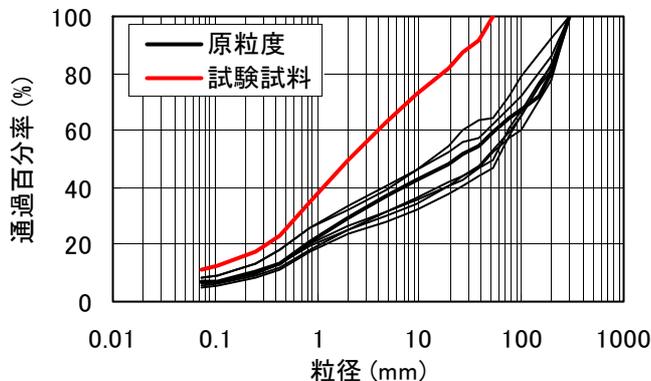


図-1 粒度曲線

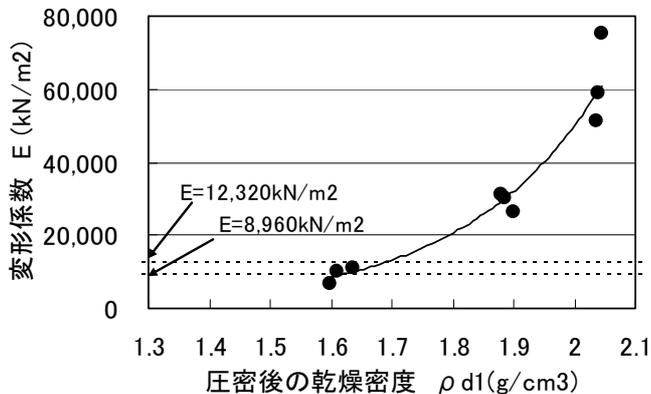


図-2(2) 大型三軸試験による $\rho_d \sim E$ 関係

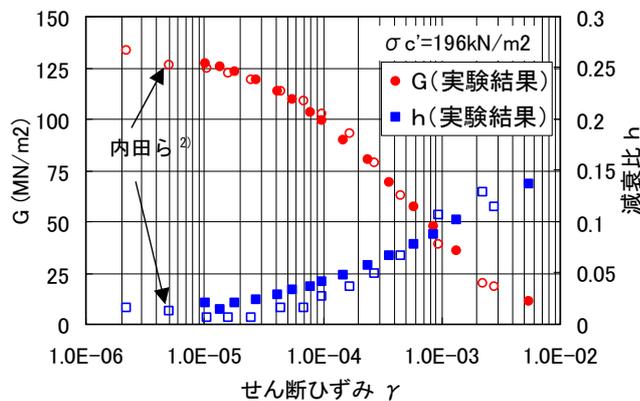


図-3 動的変形特性試験結果

キーワード：岩砕埋土地盤、花崗岩、吸水型振動棒締固め

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16/TEL03-3977-2241/maeda.kazuy@jcity.maeda.co.jp

原粒度材料と試験試料の粒度分布、物理試験結果をそれぞれ図-1、表-1 に示す。図-2 は、静的な強度・変形特性を求めめるために行った大型三軸試験 (CD 試験、供試体 D=300mm、H=600mm) の結果を示したものである。乾燥密度 ρ_d をパラメータとして $\rho_d \sim \phi, E$ の関係を求めた結果、要求品質の ϕ, E を満足するには $\rho_d=1.7(\text{g/cm}^3)$ 程度以上の密度が必要となることが分かった。図-3 は、初期相対密度 $Dr=75\%$ の供試体を用いて行った動的変形特性試験結果を示したものである。図中には内田ら²⁾が神戸ポートアイランドにおいて凍結サンプリングを行い、得られた不攪乱まき土試料を用いて行った試験結果 ($D_{max}=125\text{mm}$ 、 $\sigma_c'=196\text{kPa}$) を併せて示しているが、当該材料の動的変形特性は内田らの試験結果とほぼ同等の挙動を示した。

3. 室内試験による原位置地盤の物性評価について

岩砕のような粒径の大きい粒子を含む材料では、原粒度を対象とした室内試験の実施がほぼ不可能であるため、試験として許容できる最大粒径以下に粒度を調整した「せん頭粒度」や「相似粒度」の材料を室内試験試料に用いることが一般的である。また、このような試料を用いて実施した試験の評価にあたっては、実地盤が小粒径材主体の地盤構造となっているのか(マトリックス骨格)、大粒径の材料が噛み合った地盤構造となっているのか(砂礫骨格)によって試験結果の解釈が異なってくる。このため、室内試験を実施するにあたっては、地盤構造を適切に判断することと、地盤構造を踏まえた試験結果の評価が重要となる。そこで、当該室内試験の試料状態が原位置地盤のどのような状態を表しているのかについて検討を行った。

地盤構造の判定において、原位置におけるマトリックス材の乾燥密度 ρ_{dM} を指標とし、 $\rho_{dM} \geq \rho_{dMmin}$ (マトリックス材の最小密度) ならば大粒径材の間隙がマトリックス材で充填された状態 (=マトリックス骨格) に、 $\rho_{dM} < \rho_{dMmin}$ ならば砂礫骨格になっているものと考えた。これは、礫率 P の大小によって大まかな地盤構造を判別する従来の方法に加え、より詳細に地盤構造を捉えようという試みである。

いま、室内試験試料をせん頭粒度材料とし、試験試料をマトリックス材、試験試料より大きい粒子を砂礫材とすれば、マトリックス材料の乾燥密度 ρ_{dM} は次式で求められる。

$$\frac{1}{\rho_{dM}} = \left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{P}{\rho_{bc}} \right) \cdot \frac{1}{(1-P)}$$

ここに、 ρ_d : 原粒度の乾燥密度、 ρ_{dM} : マトリックス材の乾燥密度、 ρ_{bc} : 砂礫材の絶対乾燥密度、 P : 全粒径材料に対する砂礫材の混入比率 (乾燥重量比)

本工事の埋土材料における物理試験結果 (表-1、図-1、 $\rho_{bc}=2.519\text{g/cm}^3$) を用いて、 $\rho_d \sim \rho_{dM}$ 関係を算出した結果を図-4 に示す。粒度分布が一定であると仮定した場合、原位置の密度 ρ_d が 1.8g/cm^3 程度以上になれば砂礫材の間隙はマトリックス材で埋め尽くされていると考えられ、更に ρ_d が大きくなると次第に砂礫材が浮いた状態 (マトリックス骨格) へと移行していくものと推察される。

原粒度材料の水中投入密度試験を実施し、未改良埋土地盤の ρ_d を測定したところ、概ね 1.9g/cm^3 程度であったことから、未改良地盤においてもマトリックス材 (=室内試験試料) の挙動が支配的となっている状態であると考えられ、 53mm のせん頭粒度試料を用いて行った室内試験が妥当であったものと判断できる。

このように、礫率 P に加えてマトリックス材の ρ_{dM} に着目することにより、原位置の地盤構造をより力学的な意味合いを持って評価することができるようになるものと考えられる。

本研究を行うにあたり中央大学 國生剛治教授より貴重な御助言を頂いた。末筆ながら記して謝意を表します。

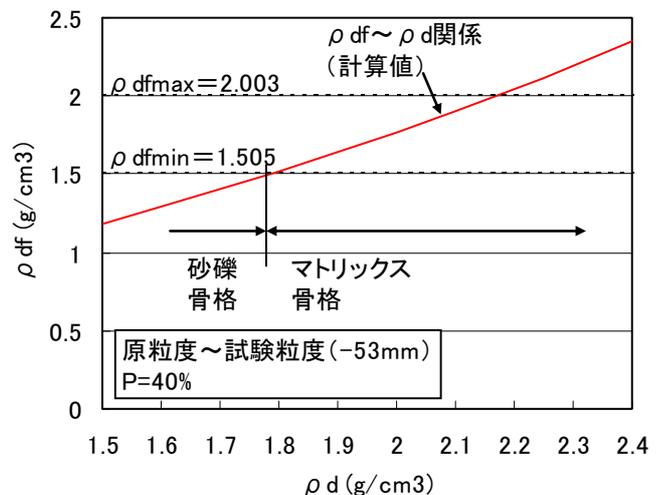


図-4 原粒度 $\rho_d \sim$ 室内試料 ρ_{dM} 関係

参考文献 1) 例えば、礫質土の力学特性に関するシンポジウム、地盤工学会、2001. 2) 内田明彦・畑中宗徳・田屋裕司：兵庫県南部地震で液状化した埋立マサ土地盤の力学特性、第44回地盤工学シンポジウム、pp.323-330、1999.