

Ⅲ - B325

地盤材料としてのコンクリートガラの強度特性

運輸省港湾技術研究所

同 上

同上研修生(八千代エンジニアリング)

正会員 菊池喜昭

正会員 水上純一

正会員 吉野博之

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震に関連して兵庫県が取りまとめた報告書¹⁾によると、災害廃棄物となったコンクリートガラによって港湾区域の埋立処分場・最終処分場が埋立られた。震災に限らず、港湾の再開発等では必ずコンクリートガラが発生し、近年のリサイクルの動向からこの種の廃棄物を地盤材料として用いることが強く求められてきている。しかし、コンクリートガラの地盤材料の性質や地盤材料として利用した場合の環境工学的な特性についてはあまり研究がなされていないのが現状である。ここでは、コンクリートガラを地盤材料として用いる場合の強度特性を把握するために大型三軸試験を実施したのでその結果について報告する。なお、コンクリートガラの利用が周辺環境に及ぼす影響については、別途報告する²⁾。また、コンクリートガラの長期的な特性の変化についても現在検討を進めているところである。

2. 試料および試験の概要

今回使用したコンクリートガラは、既存の建築物と港湾構造物の破砕片である。いずれのコンクリートも打設されてから20年程度以上経過している。破砕したコンクリートガラは、構造物のおかれた環境に応じて、新鮮なときのコンクリートの材料特性からの変化を生じていると考えられる。しかし、いずれにしても今回の実験で用いたコンクリートの設計時の一軸圧縮強度は不明である。

コンクリートガラはリサイクルセンターで最大粒径約50mmに破砕され、その時鉄筋などは除去してある。コンクリートガラの粒度分布を図-1に示す。この材料の均等係数 U_c はおよそ6であり、港湾で通常用いている捨石($U_c < 3$)よりは少し大きい³⁾が、貧配合の材料である。比較的粒径の大きいガラ(>20mm)の絶乾比重は2.12~2.31、強制湿潤比重は2.32~2.45、モルタル部分の真比重は2.67~2.72であった。この材料の粒子は、基本的にごつごつとした球状であり、骨材の周りにセメント隕がついている状態にあると考えて良い。大型三軸試験の供試体は直径300mm×高さ600mmの大きさである。供試体は破砕された全粒度の材料を用いて、実際の埋立柱材としての利用形態を考慮し水中落下方式によって作成した。この時の間隙比 e は0.79~0.85の間にあった。圧密応力 σ_c は1, 2, 4 kgf/cm²の3種類を用いた。せん断はセル圧一定の排水圧縮により行い、ひずみ制御方式(0.1%/min)で静的に載荷した。せん断中は、軸圧縮力、軸変位量、体積変化量を測定した。

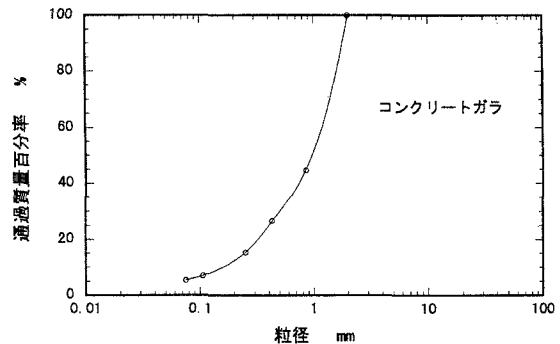


図-1 コンクリートガラの粒度分布

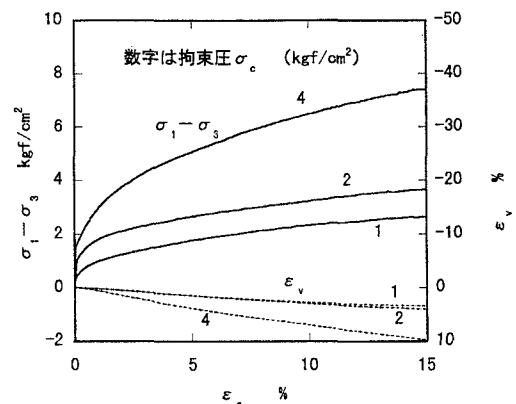


図-2 応力とひずみの関係

キーワード：コンクリートガラ、大型三軸試験、せん断強度、粒子破砕率

〒239 横須賀市長瀬3-1-1 TEL 0468-44-5024 FAX 0468-44-0618

3. 試験結果

図-2 にこの実験で得られたコンクリートガラの軸差応力 $q (= \sigma_1 - \sigma_3)$ 、軸ひずみ ε_a と体積ひずみ ε_v の関係を示す。 q と ε_a との関係からわかるように、せん断の初期には比較的剛性が高いが曲線にピークが見られず、 q の最大は実験の ε_a が最大のところで発生している。また、 ε_v を見るとこの材料ではせん断中、常に収縮にあることがわかる。これらの傾向はすべてのコンクリートガラについて共通に見られた現象であった。また、この傾向は均等係数の小さい材料で緩詰めの場合に共通に見られる現象で、既往の良質のマウンド用捨石材の実験でもほぼ同様の結果が得られている⁴⁾。ここでは便宜的に ε_a が 15% に達したときを破壊とした。

図-3 にコンクリートガラの内部摩擦角 $\phi_0 = \sin^{-1}((\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f})/(\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}))$ と拘束圧 σ_c の関係を示す (●, ■, ▲)。図中には、港湾で用いているマウンド用捨石材の平均的な ϕ_0 (実線) および、水上の実験³⁾ で得られた石材の圧縮強度 300kgf/cm^2 の境界の ϕ_0 (破線)、低強度(圧縮強度 $40 \sim 100\text{kgf/cm}^2$) の特殊モルタルの ϕ_0 の範囲 (ハッチ) もあわせて示してある。図に示すように、コンクリートガラの ϕ_0 は低強度のモルタルの ϕ_0 とほぼ同等であり、低強度の石材よりもさらに小さな値となっている。このコンクリートガラの本来のコンクリートとしての強度は十分に大きなものであったと考えられるが、破碎によってモルタルの面が表に表れ、 $\varepsilon_a = 15\%$ 程度の変形まではモルタルのせん断特性に支配されていたため、 ϕ_0 が小さくなったと考えられる。

コンクリートガラのせん断時の粒子破碎率はほぼ 8% 程

度と比較的破碎しやすい石材とほぼ同程度であった。一方、低強度のモルタルの場合には、粒子破碎率は、20～40% になる。このようにモルタルは粒子破碎をおこしやすいが、コンクリートガラでは主にモルタル部分だけが破碎をおこしたため粒子破碎率が低かったと考えられる。この事も今回の三軸試験の結果が骨材のまわりについていたモルタルの特性に依存していたことを示していると考えられる。

通常、港湾工事で石材を利用する際には締固めることが困難なので、図-3 に示した試験はすべて水中落下によって緩詰め状態で実施した。しかし、この種の材料を密に詰めたときの挙動についても把握しておくことは重要である。現在のところコンクリートガラについてはそのような実験結果はないが、モルタルと石材について実施した結果³⁾ を図-4 に示す。これらの材料の間隙比は、図-3 の場合にはそれぞれおよそ 0.55, 0.80 であったが、図-4 ではそれぞれおよそ 0.45, 0.60 となっている。この図からもわかるように、密度が高くなることによりすべての材料の ϕ_0 は高くなり、密詰めの低強度のモルタルの ϕ_0 は緩く詰めたときの圧縮強度 300kgf/cm^2 の石材の ϕ_0 と同程度になる。コンクリートガラについてもこの程度まで強度特性を改善することは可能であると考えられる。

＜参考文献＞ 1) 兵庫県(1996): 兵庫県災害廃棄物処理計画 (概要) 。, 2) 水上・吉野・菊池(1997): 地盤材料としてのコンクリートガラの溶出特性, 第 52 回土木学会年次講演会概要集第Ⅲ部門(投稿中) 。, 3) 水上・小林(1991): マウンド用捨石材の大型三軸試験による強度特性, 港研資料 No. 699 。, 4) 水上・小林(1991): 基礎マウンド用捨石材の強度特性, 第 26 回土質工学研究発表会, pp. 693-694。

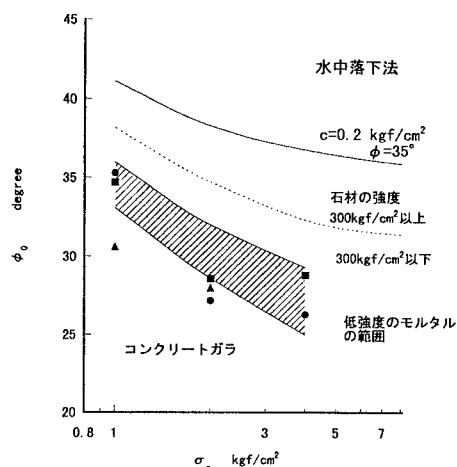


図-3 圧密圧力と ϕ_0 の関係 (水中落下)

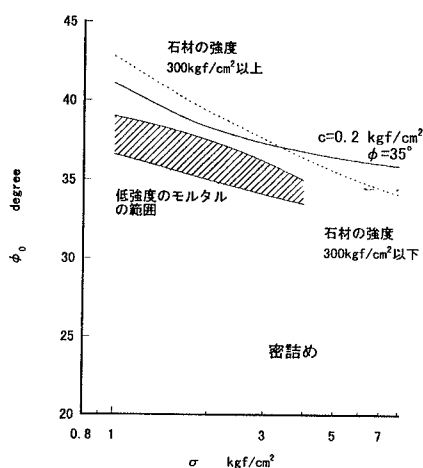


図-4 圧密圧力と ϕ_0 の関係 (密詰め)