

神戸大学工学部

正会員

西 勝

(株)神戸製鋼所

佐藤 康文

(株)応用地質調査事務所

正会員

○南部 光広

1. まえがき

水砕スラグを盛土材として利用する場合の適用性を検討するため、製鉄所内の水槽を各種スラグで埋立て、屋外における諸試験とあわせて、採取試料を室内で三軸圧縮(CD)試験・振動三軸(CU)試験を行った。三軸試験の対象としたスラグは軟質水砕スラグ及び硬質水砕スラグの2種類である。両スラグの主成分、物理特性及び実験に使用した水槽の形状などについては参考文献(1)を参照されたい。

2. 試験内容

水槽の埋立完了後より約1年経過後、現地よりコアボーリングで不攪乱試料を採取した。造成されたスラグ地盤は非常に緩い状態であり、採取された試料より概ね間げき比が水中で軟質水砕スラグ: $1.3 \sim 1.5$ ($\gamma_d = 1.07 \sim 1.16$ (tf/m^3)), 硬質水砕: $1.1 \sim 1.4$ ($\gamma_d = 1.16 \sim 1.33$ (tf/m^3))であった(図-1)。今回得られた値はスラグが凝結した後の測定値であり、凝結前の測定値に比べると信頼性が高いと判断される。約1年経過後採取試

料の土粒子の比重は軟質水砕: 2.68、硬質水砕: 2.79であった。埋立完了直後(養生期間なし)の特性については、屋外水槽地盤と同等の間げき比の供試体を室内で作製し、試験を行った。振動三軸試験の有効拘束圧は 1.0 (kgf/cm^2)とした。約1年経過後採取試料は硬くて軸ひ

ずみ量が非常に小さく、偏差応力比を大きくするため、本試験では有効拘束圧を 0.5 (kgf/cm^2)とした。

図-1 深さ～間げき比相関図

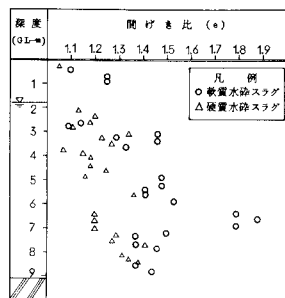
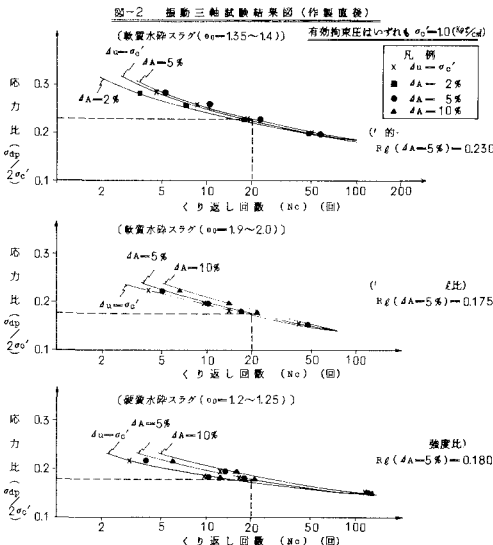
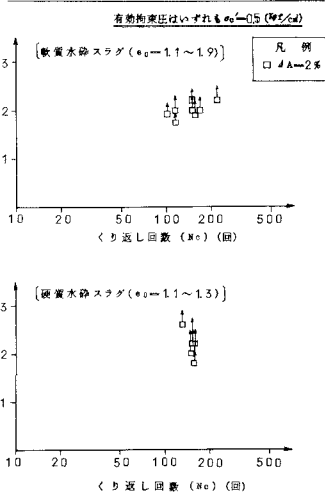
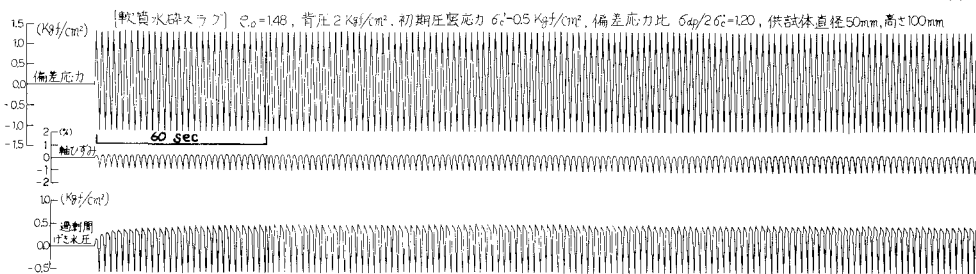
図-3 振動三軸試験結果図
埋立て完了後より377日～379日経過後、現地より採取した試料

図-4 代表的な振動三軸試験結果(埋立て完了後より377日～379日経過後、現地より採取した試料)



3. 試験結果・考察

3-1. 振動三軸試験結果

図-2に作製直後の結果を示した。繰返し回数 $N_c = 20$ で軸ひずみ ($\Delta \epsilon$) が 5% になる応力比を振動三軸強度比 (R_L) とすると軟質水砕 ($e = 1.35 \sim 1.4$): 0.230, 軟質水砕 ($e = 1.9 \sim 2.0$): 0.175, 硬質水砕 ($e = 1.2 \sim 1.25$): 0.180 であった。約 1 年経過後現地より採取した試料はかなり硬くなっており、応力比を 1.18 $\sim$ 1.26 とし、150 $\sim$ 400 回載荷しても軸ひずみは両スラグとも 2% 以下であった (図-3)。図-4 に代表的な試験結果を示した。動的せん断強度比 (R) を $R = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot R_L$ ($R_L = 0.96 R_L^{(2)}$; $C_1 = 0.67$ ($K_0 = 0.5$), $C_2 = \frac{1}{0.7}$ (振動型の波形), $C_3 \times C_4 = 1.0$, $C_5 = 1.0$) とし、GL-10 m における地震時せん断応力比 (L) を軟質水砕: 0.293, 硬質水砕: 0.288 とすると流動化抵抗率 (F_L) は埋立完了直後では軟質水砕: 0.57 $\sim$ 0.75, 硬質水砕: 0.60 と非常に小さい。一方、約 1 年経過後では図-3, 4 より両スラグとも振動三軸強度比が 1.18 $\sim$ 1.26 以上となっており、流動化に対して十分大きな強度を有する地盤となっている。なお、平均 N 値を用いての判定結果では約 1 年経過後でも F_L の値が軟質水砕: 0.92, 硬質水砕: 0.90 となっていた¹⁾。

3-2. 三軸圧縮試験 (CD) 結果

図-5 に作製直後の結果を示した。両スラグとも多少主応力が大きくなるにしたがってせん断抵抗力 (τ_r) の増加率が小さくなる傾向がみられる。 $C_d = 0$ (kgf/cm^2) として平均的な ϕ_d を求めると軟質水砕: $38^\circ 00'$, 硬質水砕: $38^\circ 40'$ となり、両スラグともほぼ同等な値となっている。約 1 年経過後の結果については各採取試料の間けき比が異なっていたために、これを各間けき比毎に整理した。図-7-1, 7-2 に代表的な結果を示した。図-8 は各間けき比毎の Mohr の包絡線の一覧図である。両スラグとも作製直後に比べると τ_r がかなり大きくなっている。 e_0 が小さいほど τ_r が大きくなる傾向がみられる。硬質水砕では試料の個数が少なかったために包絡線は直線で近似した。約 1 年経過後には地盤の静的な強度もかなり大きくなっており、スラグ地盤だけを対象にした場合、相当大的な構造物であっても直接基礎で支持できるであろう。最後に御助力をいただいた神戸製鋼所 中村憲正氏、山田史郎氏に感謝致します。

(参考文献) 1) 西他: 鉄鋼スラグ地盤の諸特性観察結果、第 16 回土質工学研究発表会講演集、2) 日本道路協会: 道路橋示方書、同解説—耐震設計編、1980.5

図-5 三軸圧縮試験結果図 (作製直後・養生期間なし)

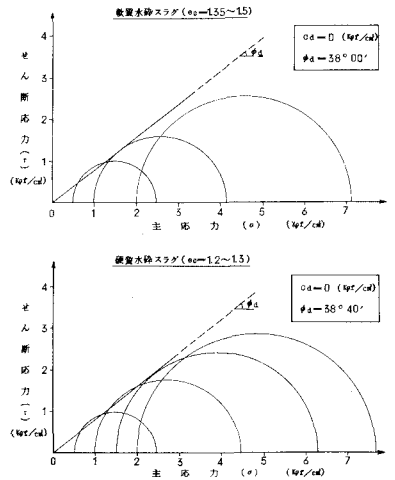


図-6 動的せん断応力比による正軸ひずみ・体積変化率・圧縮ひずみ曲線

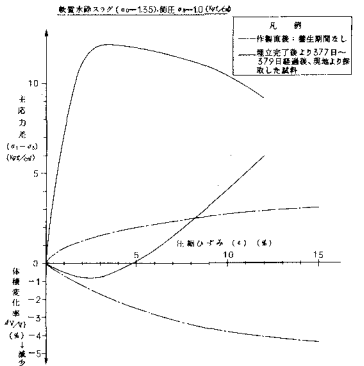


図-7-1 三軸圧縮試験 (CD) 結果図 (軟質水砕スラグ $e=1.4 \sim 1.5$)

埋立完了後より 377 日～379 日経過後、現地より採取した試料

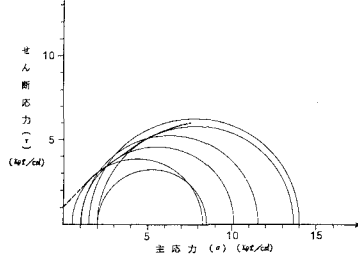


図-7-2 三軸圧縮試験 (CD) 結果図 (硬質水砕スラグ $e=1.2 \sim 1.3$)

埋立完了後より 377 日～379 日経過後、現地より採取した試料

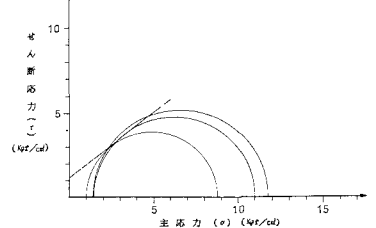


図-8 Mohr の包絡線一覧図

埋立完了後より 377 日～379 日経過後、現地より採取した試料

