

III-15

石炭灰の液状化特性に及ぼす締固めと過圧密の影響

横浜国立大学 工学部 今井 五郎
日本エヌ・ユー・エス 水谷 秀樹
横浜国立大学 大学院 ○中村 信也

はじめに

近い将来に予想される石炭火力発電の増加に伴い、その副産物である石炭灰の有効利用について考える必要がある。現在、その一つに埋め立て材料としての利用が考えられているが、この場合、飽和状態となるので自硬性はほとんど期待できず¹⁾、また石炭灰はシルト径粒子であるため地震時には液状化が心配される²⁾。そこで本研究では締固めと過圧密の効果がどのように石炭灰の液状化特性に影響するかについて三軸装置を用いて検討したのでここに報告する。

実験方法

新生灰であるイーグル灰（Ea灰、 $G_s=2.35$ ）に海水を加えスラリー状にして充分脱気し、海水が張ってある供試体作製用モールドに注入し沈降堆積させる。次に 0.46 kgf/cm^2 の静荷重を加えて圧縮する。（以下、この段階を「静荷重のみ」と称する。）締固める場合には、この後バイブレーターをモールド側面に押し当て所定の間隙比になるまで振動を与えた。供試体の寸法は、 $D \times H \approx 5.0 \text{ cm}$ で端面摩擦を除去した。こうして作製した供試体に拘束圧をかけ等方圧密し、その過程で測定したB値が 0.95 以上のものに対し、 0.1 Hz の正弦波荷重を与えて実験を行った。

実験結果

図-1は、締固め、または過圧密にした供試体と静荷重のみの供試体についての $DA=5\%$ に至るまでの繰り返し回数（ N_c ）と $\sigma_d/2\sigma'_c$ の関係を示す。 $\bar{e}_c$ は等方圧密終了後の各供試体の間隙比の平均値である。締固めの効果（ $\bar{e}_c \rightarrow$ 小）により、ある N_c についてみると $\sigma_d/2\sigma'_c$ の値は大きくなり、液状化強度が高まることがわかる。また $\bar{e}_c=0.74$ であっても過圧密の影響により、 $O.C.R.=4$ で $\bar{e}_c=0.61$ と同等の液状化強度を得ることがわかる。

図-2は、図-1の①、②、③のものについての軸歪（ ϵ_a ）、間隙水圧比（ du/σ'_c ）と繰り返し回数との関係を示す。液状化はじめてからの軸歪の変化は、①（静荷重のみ）と③（過圧密）に関しては急激だが、②（締固め）についてはゆるやかである。また間隙水圧の発生量が、締固めたものと過圧密のもの大きく異なっていることに注目したい。

図-3は、CD試験で得られた間隙比とせん断抵抗角（ ϕ ）の関係を示す。図-1では締固

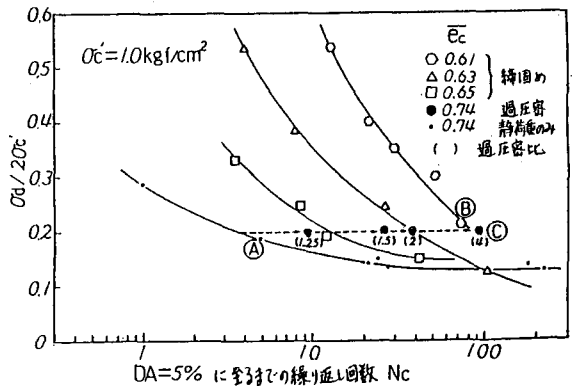


図-1 $N_c \sim \sigma_d/2\sigma'_c$ 関係

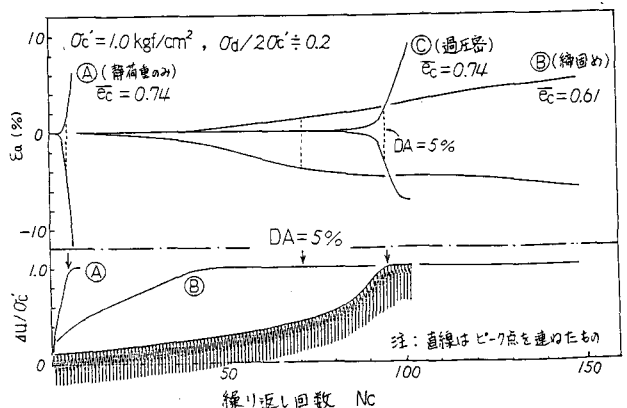


図-2 図-1の①、②、③の供試体の液状化特性

めた $\bar{e}_c = 0.61$ のもの③とO.C.R.=4のもの④で同等の液状化強度が出たが、静的な試験での強度は締固めた方がかなり高いようである。図-3のX、Y、Zのダイレイタンスー特性を図-4に示す。締固めたものほど正のダイレイタンスー傾向が強く、これが液状化強度の増加につながるものと思われる。

図-5に、過圧密比の違いによる有効応力経路の違いを示す。 $\sigma_1/2\sigma_3' = (\sigma_1 - \sigma_3)/4 = \sigma_1/2$ より図-1の $\sigma_1/2\sigma_3' = 0.2$ に対応するのは $\sigma = 0.4$ である。そこで $\sigma = 0.4$ に対する S' 値をみるとO.C.R.=1で $S' = 0.69$ 、O.C.R.=4で $S' = 1.32$ と2倍近い差がある。この平均主応力の大きな差が過圧密土の液状化強度が高い主な原因であると考えられる。

図-6に、他の試料との液状化強度の比較を示す。T₀、W₁、W₂の各灰については三本他³⁾、鉦さいについては石原他⁴⁾の標準砂については土岐他⁵⁾のデータである。今回行、た締固めた石炭灰は●印で表わされている。図中のSは石こうの混合率で供試体に占める石こうの重量割合(%)であり、これらについては前に報告した。図から締固めた場合のEa灰の液状化強度は、他の試料よりも著しく高くなることがわかる。この傾向は他の石炭灰についてもいえるものと思われる。

図-6に、他の試料との液状化強度の比較を示す。T₀、W₁、W₂の各灰については三本他³⁾、鉦さいについては石原他⁴⁾の標準砂については土岐他⁵⁾のデータである。今回行、た締固めた石炭灰は●印で表わされている。図中のSは石こうの混合率で供試体に占める石こうの重量割合(%)であり、これらについては前に報告した。図から締固めた場合のEa灰の液状化強度は、他の試料よりも著しく高くなることがわかる。この傾向は他の石炭灰についてもいえるものと思われる。

まとめ

今回の一連の実験より次のことがわかった。

- (1) Ea灰の静的試験において、静荷重のみのものと過圧密のものはゆる詰砂以下の強度であるが、締固めたものは密詰砂と同等の強度を示す。
- (2) それに対し、液状化強度は、静荷重のみのものはゆる詰砂程度であるが、締固めると砂と同等かそれ以上の強度を得る。また過圧密のものは締固めたものと同程度の強度であるが、これは平均主応力の違い(間隙水圧の発生し方の違い)によるものと思われる。
- (3) 液状化の起こり方は、静荷重のみのものと過圧密のものとで現象が生じ、締固めたものはゆるやかに生じる。

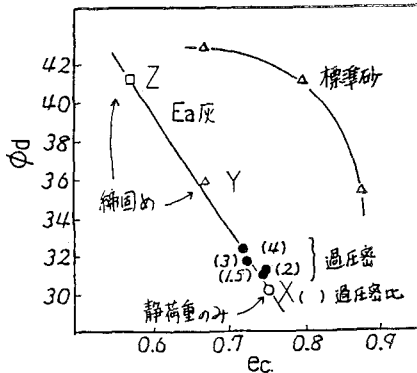


図-3 CD試験での $e_c \sim p_d$ 関係

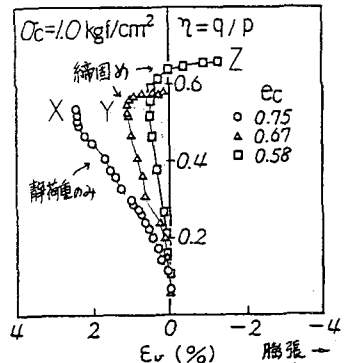


図-4 ダイレイタンスー特性

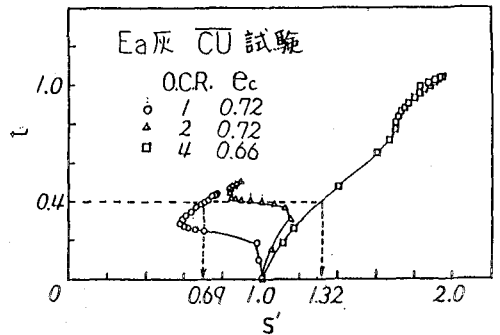


図-5 過圧密比の違いによる有効応力経路の違い

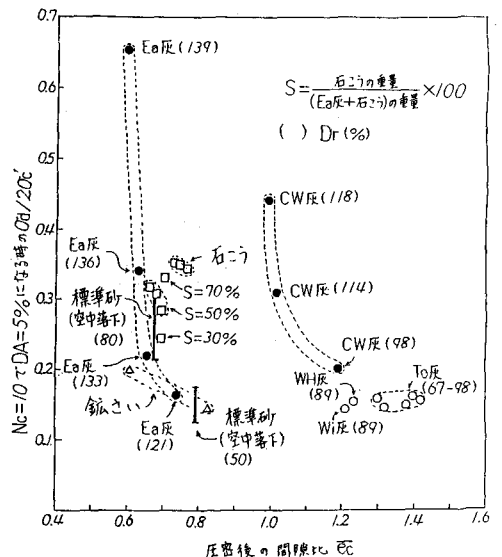


図-6 他の試料との比較

[参考文献] 1) 今井・工藤・岩出・吉原: 第21回土質工学研究発表会, 2) 水谷・今井・中村: 第21回土質工学研究発表会, 3) 三本他: 第20回土質工学研究発表会, 4) 石原他: 第14回土質工学研究発表会, 5) 土岐他: 土と基礎 Vol. 33, No. 1, 1975