

石炭灰埋立地盤の三成分コーン貫入試験による液状化検討

中部電力（株） 正会員 長谷川英明
 中電工事（株） 鳥居三千男
 基礎地盤コンサルタンツ（株） 正会員 〇田村 和嗣

1. まえがき

石炭発電所に隣接する石炭灰埋立地盤における液状化検討を目的として、三成分コーン貫入試験による液状化強度 R_f を把握した。三成分コーン貫入試験による液状化強度 R_f の推定は、一般砂質土地盤を対象として斉藤ら¹⁾により提案されており、道路橋示方書²⁾によって N 値から推定した R_f 等と関連づけることによって得たものであり細粒分に対する補正も考慮された方法である。この方法は石炭灰地盤に対しては実施例が少なく、今回は三成分コーン貫入試験により得られた液状化強度推定値とボーリング孔より採取した不攪乱試料を用いた振動三軸試験による液状化強度との対比結果の一例を報告する。

2. 試験結果

試験は、比較的砂質土に近い A 火力発電所の石炭灰埋立地盤（層厚 10m 程度）において、三成分コーン貫入試験とサンプリングを併用したボーリングを隣接して行った。サンプリングは、砂質土対応のトリプルチューブサンプラーを使用した。また、参考のため、近傍の別孔において標準貫入試験も行った。石炭灰は、化学的特性としては SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO が主成分で、ガラス状の形態（ $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ）であり、水と反応して経時に伴い凝結硬化（潜在水硬性）発現が大きくなる性質（ポゾラン反応）を持っている。ただし、加水時間を多くすると硬化度が小さくなるのが特徴である。

物理・強度特性は、表 - 1 に

表 - 1 石炭灰の物理・力学特性（平均値）

示すとおりで、土粒子の密度の低い火山灰土に類似した特徴がある。

発電所地下粒 (GL-m)	N値 (回)	FC (%)	D50 (mm)	ρ_s (g/cm ³)	ρ_t (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	e_0	
A	-2m 程度	4	60.6	0.089	2.253	1.491	0.881	1.569

2-1 室内液状化強度試験結果

図 - 1 は、間隙比 e と繰返し回数 N_f の関係から繰返し回数 20 回に対応する間隙比を求め、その間隙比と液状化強度比 R_f との関係を示したものである。図には、軸歪み両振幅 5% と過剰間隙水圧 95% のものを示すが、両者 $e=1.5$ 、 $R_f=0.3$ に集中しているものの、一部凝結硬化した試料では同一間隙比でも高い R_f ($=0.5$) を示すものもある。

図 - 2 は、動的応力 σ_d 、軸歪み ε_a 、過剰間隙水圧比 U/σ_3 の時刻歴の 1 例を示す。過剰間隙水圧比の図より、水圧比 ≥ 1 になると、一般砂質土の傾向であるダイレタンシーの発生（凹型状）が認められる。

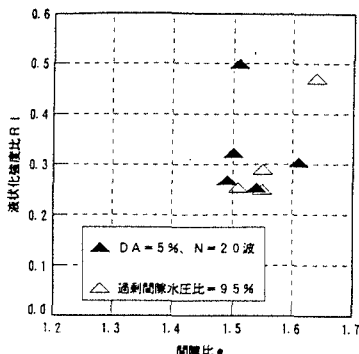


図 - 1 液状化強度 R_f と間隙比 e の関係

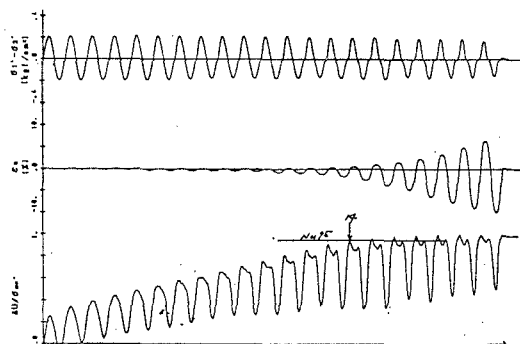


図 - 2 動的応力 σ_d 、軸歪み ε_a 、過剰間隙水圧比 U/σ_3 の時刻歴の 1 例

2-2 三成分コーン貫入試験結果

図-3は、三成分コーン貫入試験結果の深度分布図の1例を示す。 q_c は先端抵抗、 f_s は摩擦抵抗、 u_d は間隙水圧である。三成分コーン貫入試験結果から(1)式を用いて液状化強度 R_L が推定できる。この式の適用地盤は、砂質土に限られている。

$$R_L = 0.0233 (q_c / \sigma_m')^{0.525} + \Delta R \quad \text{----- (1)}$$

$$\Delta R = 0 \quad (R_f = f_s / q_c \times 100 \leq 0.5\%)$$

$$\Delta R = 0.15 (R_f - 0.5) \quad (0.5\% < R_f \leq 2.0\%)$$

$$\sigma_m' = (1 + 2K_0) \sigma_v' / 3 - (u_d - u_w)$$

ここに、 σ_v' ：有効土被り圧

u_w ：静水圧（ボーリングの観測水位より仮定）

K_0 ：静止土圧係数（=0.5と仮定）

図-3の R_L 分布図には、液状化強度試験により得られた R_L も示した。この R_L は繰り返し回数20回、軸歪み両振幅5%に対応する応力比で定義したものである。本例では、三成分コーンによる R_L が液状化強度試験の R_L と比較的よく対応している。

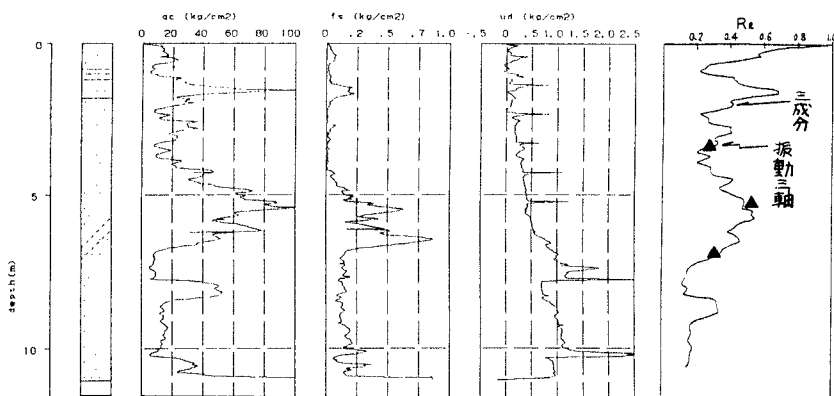


図-3 三成分コーン貫入試験結果の一例（T火力）

3. 液状化強度の比較検討

図-4は、室内液状化強度試験の実施深度に対応する三成分コーンの結果を読みとった R_L と液状化強度試験による R_L との関係を求めたものである。N値による結果も併記している。バラツキは見られるが、N値および三成分コーンともに、 R_L （室内試験） $\approx R_L$ （現位置試験）の関係にあると思われる。

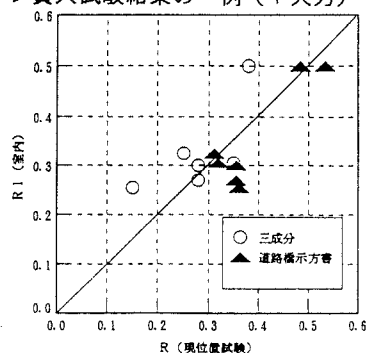


図-4 三成分コーン・N値による R_L と室内液状化強度試験による R_L の比較

4. まとめ

今回の「石炭灰埋立地盤」を対象とした三成分コーン貫入試験による液状化強度推定値は、データ数が少ないものの室内液状化強度試験による液状化強度と良く対応した結果が得られた。これより、今回に限っては三成分コーンの液状化強度推定式は、適用地盤が砂質土に限られているものの、「石炭灰埋立地盤」にも適用可能であることが認められた。今後もデータ数を増やし、この手法の検証を進め、より確実な適用性を求めたい。

【参考文献】

- 1) 斉藤公正、山口勇、土谷尚、森本巖、岩崎公俊（1988）；三成分コーン貫入試験による液状化強度、第23回土質工学会研究発表会、PP.163～164.
- 2) （社）日本道路協会（1990）；道路橋示方書・同解説、V.耐震設計編