

石炭灰造粒物による津波堆積へドロの再資源化について (その1 材料・室内試験)

株式会社エネルギー・エコ・マテリア 正会員 ○樋野 和俊
 正会員 宮國 幸介
 正会員 齊藤 直

1. はじめに

東北太平洋沖地震において、津波の来襲した沿岸域は壊滅的な被害を受けた。地震から約1年経過した現在、沿岸域ではガレキの撤去がほぼ終わり、広域に津波によってもたらされた津波堆積物(以下、「津波堆積へドロ」と呼ぶ)が堆積した状態にあり、一刻も早い処理が大きな課題となっている。これら膨大な量の津波堆積へドロの処理が今後の震災復興の大きな課題となっている。その一方で、地震による地盤沈下や津波による堤防等の防災施設の被災等により、沿岸域を中心に道路盛土等の嵩上げや補強、将来の津波に対応できる堤防等の防災施設の新設等の土構造物に使用するための土材料として膨大な量の良質土が必要となることも予想されている。(株)エネルギー・エコ・マテリアでは、石炭火力発電所から発生する石炭灰を造粒固化したものを土質改良材へ有効利用すべく研究・技術開発を推進し、中国地方において幅広い有効利用技術を実用化してきた。本稿では、石炭灰造粒物(以下「Hiビーズ」という。)の特徴と津波堆積へドロ活用における室内試験の結果について報告する。

2. 石炭灰造粒物(Hiビーズ)の特性

Hiビーズは、微粉炭燃焼方式の石炭火力発電所から産出するフライアッシュに高炉セメントを10~15%添加し、転動造粒方式により平均粒径10mmに造粒したものである。今回試験に使用したHiビーズは、粒径3mm以下の小径の材料を使用した。Hiビーズの外観を写真-1、基本性能を表-1に示す。



写真-1 Hiビーズ外観

3. 試験材料

津波堆積へドロが堆積した福島県北部(相馬市以北)・宮城県・岩手県南部(大槌町以南)の津波により浸水した沿岸部の踏査を行い、特性の異なる被災各地の津波堆積へドロ3種類を代表試料としてサンプリングした。サンプリングは、表層5cmを対象に採取し、混合して均一な試料を作成した。表-2に試料の土質試験結果を示す。

4. 強度試験

強度試験は、締固めた土のコーン指数試験(JIS A 1228)とし、目標強度をII種改良土 $qc=800kN/m^2$ 以上のコーン指数とした。震災直後に採取した限られた土質試料であったことから、事前に少量の混合試験で性状を確認し、対象土に対するHiビーズの添加率を25%として試験を行なった。土質試料とHiビーズの混合は、実際の現場混合を想定して、ビニール袋内に試料を入れ、それをよく振って均質にHiビーズが試料土と混合するまで行なった。

試験材齢は、混合直後と7日材齢の他に、コーン試験後の供試体をほぐし、2週間経過後に再度転圧して強度を測定した。なお、養生は、含水比が変化しないよう全ての試料を密封・封緘条件とした。

キーワード 震災へドロ, 石炭灰造粒物, 有効利用

連絡先 (株)エネルギー・エコ・マテリア (〒730-0042 広島市中区国泰寺町1丁目3番32号 TEL: 082-545-1543)

表-1 Hiビーズの基本性能

項目	特性	
化学組成 含有量	CaO:11.7%, SiO ₂ :50.4%, Fe ₂ O ₃ :5.8%	
環境性能	硫化水素 ³⁾	化学的吸着量:108mg-S/g
	栄養塩 ¹⁰⁾	除去率:PO ₄ -P:34%, NH ₄ -N:38%
	ケイ酸イオン ¹¹⁾	溶出量:0.345mg/L/day (0-3mm)
物理性能 内部細孔量	40vol-% (図-1)	
土質物性	湿潤密度 $\rho_t (g/cm^3)$	1.269
	乾燥密度 $\rho_d (g/cm^3)$	0.968
	土粒子密度 $\rho_s (g/cm^3)$	2.289
	間隙比 e	1.365
	締固め性能(A-c)	$\omega_{opt}=43.1\%$, $\rho_{max}=1.076g/cm^3$ (図-2)
コーン指数 $qc (kN/m^2)$	14.306	

表-2 対象とした土質試料の試験結果

区分	砂質土	粘性土①	粘性土②
採取場所	相馬市(農地)	名取市(農地)	石巻市(水産団地)
土質分類	S	SF-G	SF
湿潤密度 $\rho_t (g/cm^3)$	1.917	1.780	1.694
乾燥密度 $\rho_d (g/cm^3)$	1.559	1.328	1.280
土粒子密度 $\rho_s (g/cm^3)$	2.908	2.689	2.522
自然含水比 $\omega (%)$	23.0	34.0	32.3
間隙比 e	0.865	1.025	0.970
飽和度 Sr (%)	77.3	89.2	84.0
液性限界 wL (%)	NP	40.2	50.8
塑性限界 wp (%)	NP	20.6	30.6
塑性指数 Ip	—	19.6	20.2
強熱減量 IL (%)	1.0	7.8	8.5
コーン指数 $qc (kN/m^2)$	996	61	105

5. 強度試験結果

図-3 にコーン試験の結果を示す。強度の増加傾向は、各土質によって異なる。有機物を多量に含む粘性土②では、混合直後の強度増加は少なく、材齢の進行に伴って強度が発現している。一方で、有機分の比較的小さい砂質土および粘性土①では、H i ビーズの混合直後から強度の増進効果が見られている。写真-2 に粘性土②の試料の状態を示す。混合方法を現地の施工機械での条件に近づけるため、袋内で混合を行っており、塊状の高有機質粘土はH i ビーズの混合によって性状改善が図られているものの、小径の粘土塊が試料内に存在する状況となる。このため、塊状の粘土内の含水比の低下が混合直後には生じないことから、H i ビーズ内の未水和のカルシウムが作用するまで強度の増進が生じにくいものと考えられる。しかしながら、材齢 7 日の強度を見ると、どの土質もコーン指数で 1,000 kN/m² 以上の水準となり、Ⅱ種改良土 (qc ≥ 800kN/m²) 以上の水準が得られている結果となった。また、材齢 7 日の供試体をほぐし、2 週後の 21 日材齢で再度転圧した再転圧時の強度を見ても、7 日材齢強度と概ね同等の強度が得られる結果となっている。既往の研究¹⁾ で、H i ビーズの主原料となるフライアッシュを地盤改良材として利用した場合、セメント等の固化材の水和反応による硬化による強度発現と異なり、内部摩擦角の上昇、つまり対象土質の物性が粘性土から砂質土に改善されることが報告されている。今回の試験結果で、再転圧時の強度低下が少ないのも、この砂質土への物性改善効果が得られたことに起因しているものと考えられる。表-3 に、H i ビーズを添加した場合の塑性指数 (Ip) の変化を示す。H i ビーズの混合によって Ip が低下するが見られ、砂質土への物性の改善効果が確認された。

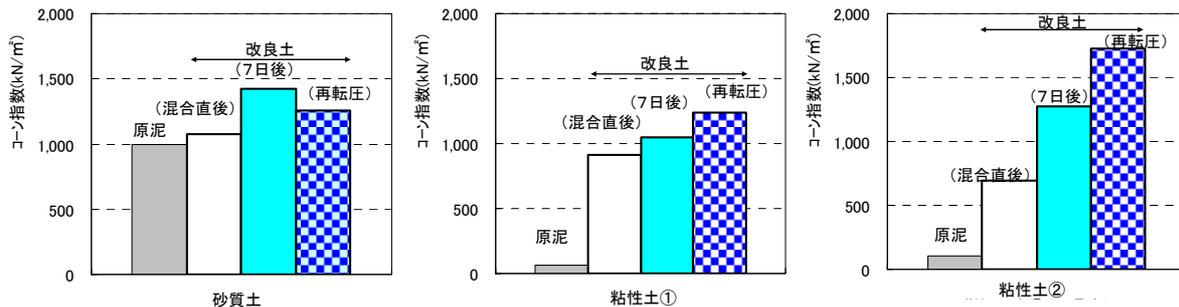


図-3 コーン試験結果

6. まとめ

(1) 現泥の質重量の 25% 程度の H i ビーズを混合すれば、いずれの土質試料でもⅡ種改良土 (qc ≥ 800kN/m²) と同等の強度が得られた。石巻市の高有機質粘土を対象とした現場混合試験においても、20% 程度の H i ビーズを混合することで、土の性状が改善され、必要な強度が得られることが確認された。

(2) H i ビーズによる強度改善効果は、砂質土への物性改善効果が大きいと考えられ、転圧した状態の供試体をほぐしても、再度転圧することで強度が大きく低下しないことが確認された。これは、震災復興での津波堆積ヘドロの処理と新設土構造物の構築時期に時間差が生じた場合において、特に有用であると考えられた。

6. 参考文献

- 1) 斉藤 直・樋野和俊・浜田純夫・松尾栄治・田中敦之：石炭灰を使った地盤改良材の改良特性，第 34 回研究発表会，Vol.1，pp.931-932，地盤工学会，1999.7.



写真-2 試料の状況

表-3 石炭灰造粒物の混合比率と塑性指数の変化

石炭灰造粒物の混合比率	原泥(0%)	20%混合	40%混合
塑性指数 Ip (%)	20.2	18.4	15.4