

低透水性，液状化抵抗性を確保するためのベントナイト混合土の仕様設定に関する検討

東電設計株式会社 正会員 ○矢込吉則，伊藤喜広
日本原燃株式会社 正会員 太田征志
安藤ハザマ 正会員 千々松正和，山田淳夫

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の浅地中処分施設における難透水性覆土の周辺に施工される下部覆土は，低透水性を確保しつつ，液状化抵抗性を保つ必要がある．下部覆土は現地発生土を基本とした配合となるが，低透水性を確保するためにベントナイトを混合し，液状化抵抗性を保つため砕石・砕砂を混合することとし，配合を検討した．なお，液状化抵抗性を保つために乾燥密度の増加も指向し，最適粒度曲線 Fuller 曲線式（例えば，文献¹⁾）を用いた．

2. 使用材料

現地発生土としては，粗粒砂岩を最大粒径 20mm に調整した材料を用いた．ベントナイトとして，青森県産の Na 型ベントナイトを用い，砕石，砕砂としては青森県産の玄武岩を用いた．図 1 には使用した材料の粒径加積曲線を示す．各材料の土粒子密度は，粗粒砂岩：2.770Mg/m³，ベントナイト：2.540Mg/m³，玄武岩：2.797Mg/m³である．ベントナイトのメチレンブルー吸着量 (MBC) は 52mmol/100g であり，モンモリロナイトの MBC を 150mmol/100g とすると，ベントナイト混合率は 37%となる．

3. 試験ケース

低透水性と液状化抵抗性を両立させるための下部覆土の仕様を検討した．以下に検討方針を示す．

- ・低透水性を満足するようにベントナイトを混合するが，最小限度（5～10%）にとどめる．
- ・粒度調整を行うことで脆性的な破壊を防ぐとともに，粗粒砂岩のバラツキを抑える調整材とする．
- ・せん断剛性を増加させることよりも，液状化強度値を増加させることを指向する．

乾燥密度の増加を指向するため，最適粒度曲線（Fuller 曲線）式を用い下部覆土の材料仕様を設定した．

Fuller 曲線 ; $P = \left(\frac{d}{D_0}\right)^n \times 100(\%)$ (1)

ここに， P ：ふるい通過百分率， d ：最大粒径（20mm）， D_0 ：粒径（mm）， n ：定数である．

一般の土については，Fuller 指数は 0.5 の時に間隙率が最小となったと報告されている¹⁾．そこで，ベントナイト混合率，Fuller 指数をパラメータにして粒度調整を行い，試験を実施する．試験ケースは表 1 に示す通りである．Fuller 曲線の定数 n の範囲は 0.5 以下とし，単一の材料があまり突出しない（60%以下）混合土の組み合わせを設定した($n=0.2\sim0.4$ で 0.1 単位)．また，ベントナイト混合率については 5%，10%とした．図 2 には各試験ケースの粒径加積曲線を示す．Fuller 指数を大きくすると，粒度分布は粒径の大きい方に分布が偏向するようになる．すなわち，Fuller 指数 $n=0.2$ は粒径が細かい分布となっているといえる．

キーワード：放射性廃棄物，浅地中ピット処分，ベントナイト混合土，配合設計，透水，液状化

連絡先：〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 TEL: 03-6372-5084 FAX：03-6372-5190 E-mail: ayagom@tepsco.co.jp

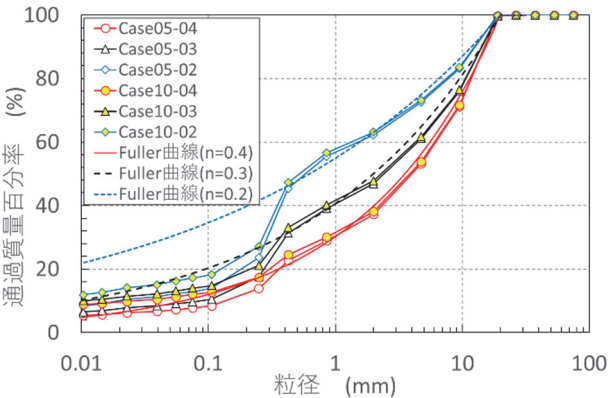


図 1 使用した材料の粒径加積曲線
表 1 試験ケース

Case	Fuller	混合率(%)			
		粗粒砂岩	ベントナイト	玄武岩 砕石	玄武岩 砕砂
Case05-04	n=0.4	20	5	45	30
Case05-03	n=0.3	35	5	35	25
Case05-02	n=0.2	60	5	20	15
Case10-04	n=0.4	15	10	45	30
Case10-03	n=0.3	30	10	35	25
Case10-02	n=0.2	55	10	20	15

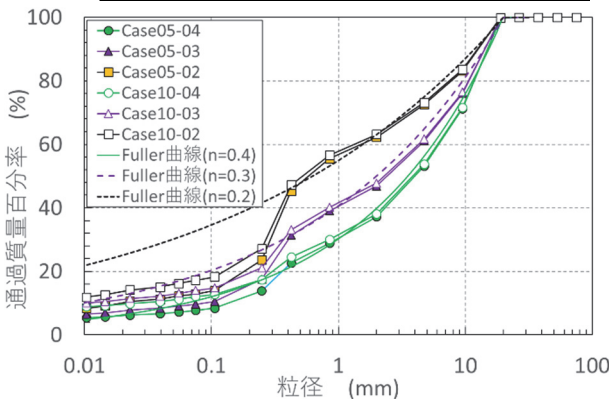


図 2 各ケースの粒径加積曲線

4. 試験結果

室内試験として、締固め試験、透水試験、強度試験（三軸圧縮強度試験、動的変形試験、液状化試験）を行った。

図3に締固め試験結果を、図4に最大乾燥密度と最適含水比を比較した結果を示す。Fuller指数が高いほど最大乾燥密度が大きくなっている。また、ベントナイトの混合率の違いによる影響は小さく、同じFuller指数であればほぼ同程度の最大乾燥密度となっている。図5に有効粘土密度と透水係数の関係を示す。ベントナイトの混合率が高くなれば透水係数は小さくなる。ベントナイトを混合すること低透水性への改善効果は本試験でも確認できることができた。なお、Fuller指数が大きいほど、すなわち大きい粒径分が多いほど有効粘土密度は高いにも関わらず透水係数は大きくなっている。これは、碎石のように粒径が大きい材料が多い場合、供試体内部の空隙径分布が大きいものに偏る傾向になること及び、細粒分含有率（75 μm 以下）が少ないことが要因であると考えられる。図6には三

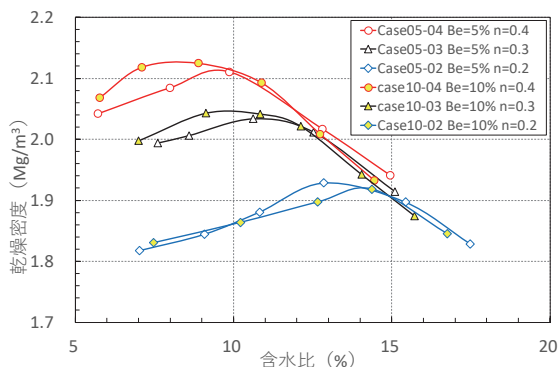


図3 締固め試験結果

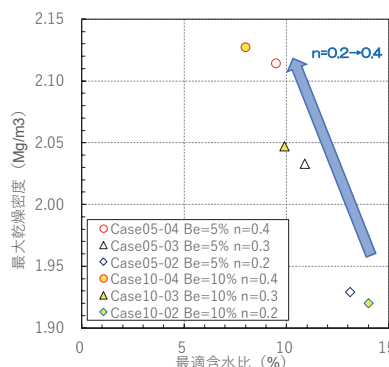


図4 各ケースの ω_{opt} と ρ_{dmax}

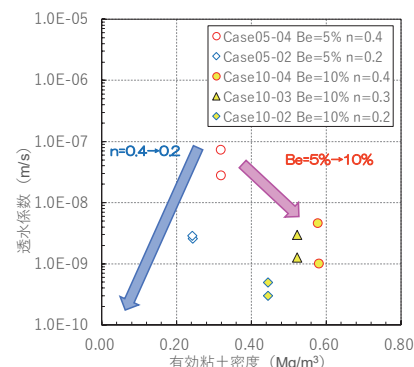


図5 透水試験結果

軸試験から得られた内部摩擦角の結果を示す。内部摩擦角は、ベントナイトの混合率よりも乾燥密度自体の影響が大きいと思われる、Fuller指数が大きくなると乾燥密度も大きくなり、それに伴い内部摩擦角も大きくなっている。ただし、 $n=0.3$ の場合はそのようなトレンドから外れている。図7には、三軸圧縮試験（ $\overline{CU}$, $\sigma_3=100\text{kPa}$ ）から得られた残留強度（軸ひずみ $\epsilon_a=15\%$ 時）を示す。Fuller指数が大きいほど残留強度が大きくなる傾向がみられた。図8には液状化強度比と残留強度の関係を示す。図8には粗粒砂岩50%+碎石50%のベントナイトを含まない結果も示した。ベントナイト混合率の影響は小さく、Fuller指数が小さく、残留強度が大きいほど、液状化強度比は大きくなる傾向を示した。

5. まとめ

覆土の液状化強度を向上させるため、母岩（粗粒砂岩）に碎石・砕砂を混合し、低透水性の確保のためベントナイトと混合することとし、ベントナイトの混合率は5%と10%について検討した。ベントナイト以外の材料の混合率は、乾燥密度を上げるためにFuller曲線を利用し、配合の幅を持たせるために3パターン（ $n=0.2, 0.3, 0.4$ ）について検討した。低透水性の確保のためにはベントナイト混合率を高くすることが効果はあるが、Fuller指数を高くすることにより密度の上昇は図れるが、透水性に関しては、Fuller指数が低い方が低透水性となった。また、Fuller指数が高い方が密度は高くなり強度が高くなるが、Fuller指数が低い方が液状化強度比は高くなるという結果であった。

【参考文献】1) (財)電力中央研究所：地中ケーブル埋め戻し材の開発（2）－最適粒度分布の検討－研究報告 175063，昭和51年7月

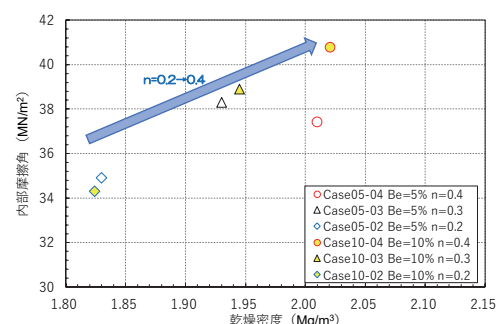


図6 三軸試験結果（内部摩擦角）の比較

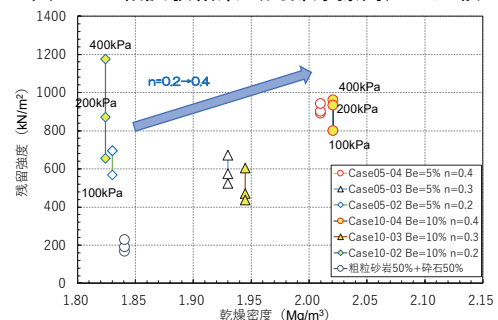


図7 残留強度の比較

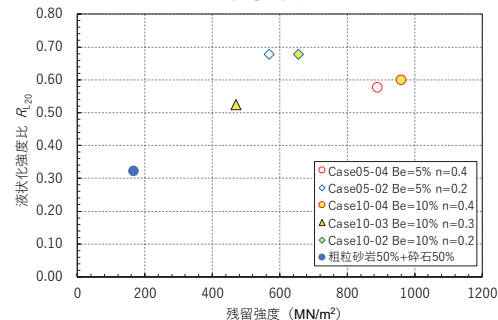


図8 液状化強度比と残留強度の関係