

材料の違いによる配合 CBR 試験の強度特性について

中部土質試験協同組合 ○小倉 教弘 坪田 邦治 久保 裕一
 〃 加藤 雅也 岩田 暁 伊藤 康弘

1 はじめに

近年、軟弱地盤において、路盤・路床の支持力が低い場合、固化材を添加した安定処理工法が適用されることが多くなってきている。これは、掘削残土の処分が困難であることや、良質土への置換工法などと比較して経済的であることなどの理由によると考えられる。しかし、安定処理は、改良する地盤材料や固化材の種類、配合量の違いによる強度発現に差が生じやすい。このため、現場に最適な配合量を求めることが困難で、多くの配合試験を実施した上で、必要とされる強度を得るための配合量を決定しているのが現状である。

このことから、本研究では中部地域で一般に得られる三種類の地盤材料に、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種、セメント系固化剤（ここでは使用例の多いタフロックを使用）、生石灰の4種類を用いて、安定処理剤の添加量と強度特性の相関の把握を試みた。従来、安定処理土の強度特性は、一軸圧縮試験を用いて評価することが多いが、ここでは舗装設計に適用しやすいように、設計 CBR 試験（以後、CBR と表記）を用いて評価を試みた。この結果、今後の配合設計を検討する際の基礎資料となる結果が得られたので報告する。

2 用いた地盤材料と安定処理土の試験方法

(1) 使用材料

本研究に使用した原材料の地盤特性を表-1、粒径加積曲線を図-1に示す。各材料の土質は以下の通りである。

- ・粘土(愛知県)：含水比がやや低めの砂混り粘土
- ・シルト(愛知県)：含水比がやや低めの砂混じりシルト
- ・砂質土(三重県)：細粒分を含む含水比の低い礫混じり粘土質砂

(2) 試験方法

- ① 試料調整：JIS A 1211-2009 CBR 試験¹⁾に準拠し、37.5mm ふるい通過分を使用した。
- ② 安定処理土の作製：固化材の添加量は、試料の炉乾燥質量に対する質量比で1、3、5%とした。また、幅広い相関関係を得るために、CBR 値 $\leq 20\%$ の場合、添加量を7~9%まで追加して試験を行った。
- ③ 供試体作製方法：JIS A 1211-2009 CBR 試験に準拠し、直径15cm、高さ12.5cm のモールドに、4.5kg ランマーを用いて、落下高さ45cm として、3層67回で突き固めて作製した。また、添加方法は粉体添加を採用した。
- ④ 養生方法と材令：日本道路協会：舗装試験法便覧に準拠し、突き固めた供試体は、セメント系固化材は空气中3日水浸4日間、石灰系固化材は空气中6日水浸4日間養生した²⁾。

表-1 対象材料と地盤特性

対象材料		粘土	シルト	砂質土
土粒子の密度 (ρ_s)	(g/cm^3)	2.685	2.678	2.682
自然含水比 (w_n)	(%)	43.5	35.8	15.8
液性限界 (w_L)	(%)	69	49.9	34.5
塑性限界 (w_P)	(%)	32.1	28.4	19.9
塑性指数 (I_P)		36.9	21.5	14.6
(原材料) 平均CBR	(%)	0.6	1.6	3.5
土懸濁液のpH		6.7	7.4	7.4
強熱減量 (L_i)	(%)	7.2	5.8	3.2

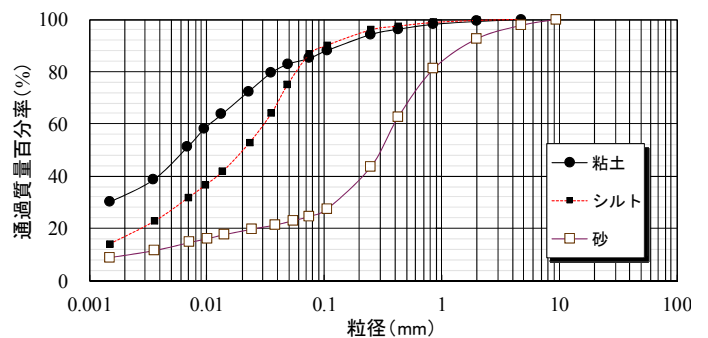


図-1 対象とした原材料の粒径加積曲線

⑤ CBR 試験：JIS A 1211-2009に準拠し実施した。

3 安定処理剤の添加量と含水比の変化状況

安定処理土の含水比の変化を図-2に示す。この図から以下のような含水比の変化が把握できた。

- ① 粘土については、普通セメント・生石灰の2種類は、含水比の低下割合が比較的一定である。1%で生石灰の低下割合がやや高いものの、ほぼ同様の傾向を示す。また、高炉セメント・セメント系固化剤の2種類は、5%、9%で含水比低下の割合がわずかであるが高くなる。今回用いた粘土については、高炉セメントが若干高いものの、全体としてはほぼ同じ傾向を示すことが判った。
- ② シルトについては、普通セメント・高炉セメント・セメント系固化剤の3種類は、5%まで含水比の低下割合が緩やかで、ほぼ同様の傾向を示している。一方、生石灰については、他の添加剤に比較すると含水比の低下割合が高く、他の3種類が2.8~3.9%の低下に対して7.6%と約2倍程度低下している。
- ③ 砂質土については、普通セメント・高炉セメント・セメント系固化剤の3種類は、シルトと同様に5%まで含水比の低下割合が緩やかで、ほぼ同様の傾向を示している。他の添加剤に比較すると、生石灰については、含水比の低下割合が高く、他の3種類の約2倍低下している。ただし、その低下割合は1%と変化は小さい。

4 添加量と CBR 値の関係

図-3に、安定処理土の CBR 値と添加量の関係について示した。この図から各地盤材料について以下のような強度特性が把握できる。

- ①粘土については、普通セメントの場合、添加量が3%を超えると強度増加が大きくなり、5%では生石灰に近似する強度に達する。生石灰の場合には、配合量3%でも比較的高い強度が得られることが判った。高炉セメント・セメント系固化剤については、強度増加の割合が緩やかで、5%添加で CBR 値が10%程度にとどまった。この2種類は7%までは傾向が近似するが、9%になると後者の強度が急激に増加することが判った。
- ②シルトについては、普通セメントの場合、粘土に比較すると強度増加が大きく、粘土の2倍程度の強度が得られる。高炉セメント・セメント系固化剤では、強度増加は緩やかであるが、粘土に比較すると2~3倍程度の強度が得られる。生石灰では、強度発現が著しく、1%の添加でも CBR ≒ 13%が得られることが判った。
- ③砂質土については、配合量1%でも強度が急激に増加し、安定処理の効果が大きいといえる。その増加傾向は、3%までは他の添加材料と同様に、生石灰、普通セメント、セメント系固化剤・高炉セメントの順となる。なお、5%では普通セメント・セメント系固化剤の強度発現が大きく、次いで生石灰、高炉セメントとなる。

5 まとめ

今回、3種類の地盤材料と4種類の固化材を適用して配合試験を実施した。この結果、以下のことが判明した。

- ①所定の設計 CBR 値を得るためには、原材料の細粒分が多くなるほど固化剤の添加量を増やす必要がある。
- ②3材料とも生石灰を使用した方がより少ない添加量で効果的な強度を期待できることが判った。特にシルトに生石灰を添加した時に効果が大きい。ただし、生石灰を採用する場合には、拡散防止の考慮が必要となる。
- ③普通セメントは、今回の地盤材料では比較的少ない添加量で強度発現を期待できることが判った。ただし、この場合には、六価クロムの検出が懸念されることが課題といえる。
- ④高炉セメント・セメント系固化剤の2種類は、今回の地盤材料ではほぼ同様の傾向を示す。この場合には、添加量により、徐々に強度の増加割合が高くなる傾向にあり、細粒分が多い粘土の場合は強度発現が遅れる傾向があることが判った。

室内配合試験は、可能な範囲で現場の施工条件を反映して実施することが最も重要と考える。今後、各種の地盤材料における強度特性、またその長期強度や動的特性などの実験を行い、配合設計の基礎資料を作成したい。

(参考文献) 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説(二分冊の1)、pp.409-425、2009。 2) 日本道路協会：舗装試験法便覧、p.135-139、1988。

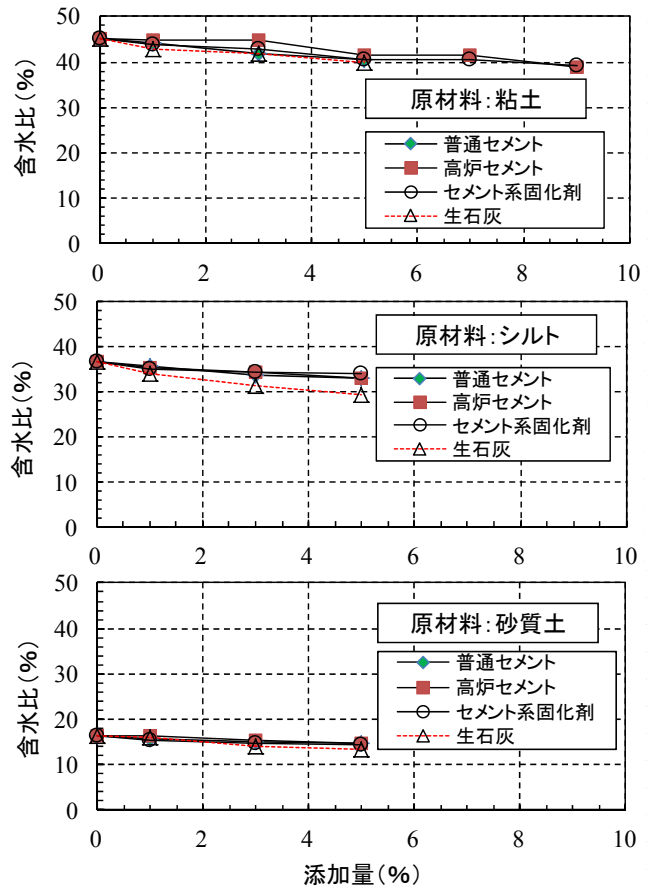


図-2 添加量と含水比の関係

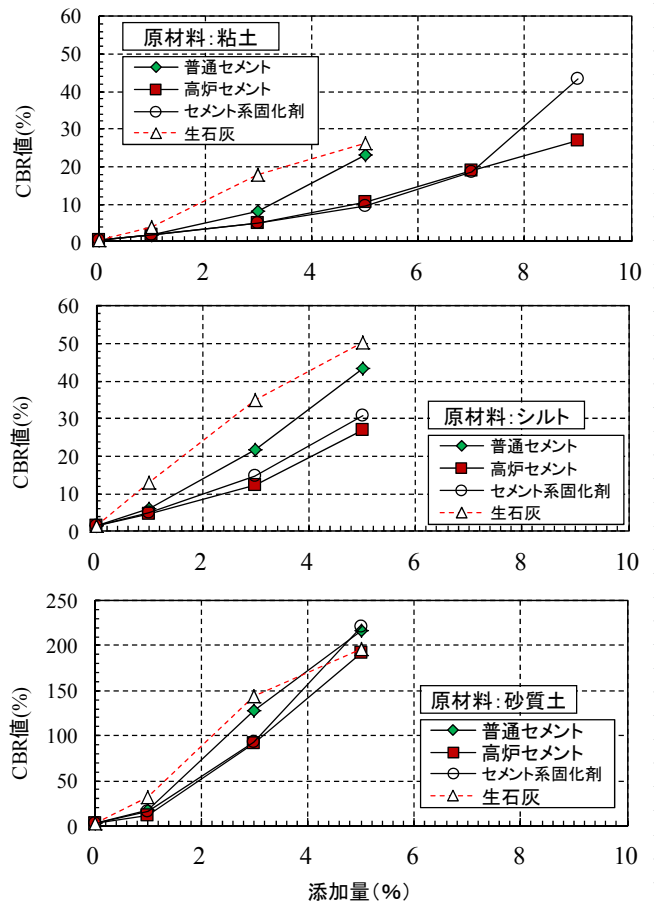


図-3 各材料の固化材添加量と CBR 値の関係