

石灰，セメント改良した建設発生土の締固めに関する基礎的検討（その2）

土木研究所 正会員 ○井上玄己 正会員 宮下千花
土木研究所 正会員 澤松俊寿 日本石灰協会 小嶋利司

1. はじめに

文献1)では，石灰，セメント改良土の締固め施工実験の結果について，良質な地盤材料で実施した実験結果との比較を報告した．本論文では，締固め施工実験の結果より，石灰，セメント改良土の施工実験から養生7日までの強度について報告する．

2. 実験方法

実験に用いた試料は，文献1)の美浦砂に生石灰およびセメント系固化材を混合した，石灰改良美浦砂およびセメント改良美浦砂である．締固め施工実験の方法は文献1)を参照されたい．図1に石灰改良美浦砂，図2にセメント改良美浦砂の室内配合試験結果を示す．石灰改良美浦砂は，生石灰によるトラフィカビリティの改善が求められる現場を想定し，コーン指数による添加量の設定を行った．室内配合試験の目標値は，湿地ブルドーザーが走行可能な $q_c=300\text{kN/m}^2$ に安全率 100kN/m^2 を見込んだ $q_c=400\text{kN/m}^2$ とした²⁾．また，養生条件は早期の施工が求められる現場条件を想定し，生石灰を混合後，1日仮置きした材齢2日とした．図1より，添加量 21.3kg/m^3 を締固め施工実験の添加量とした．なお，図1とあわせ7日養生で実施した一軸圧縮試験によると，添加量 21.3kg/m^3 における室内一軸圧縮強さは $q_u=61\text{kN/m}^2$ である．コーン貫入試験と同様の安全率 $((300/400)=0.75)$ を見込んだ場合，現場（締固め施工実験）で得られると想定される一軸圧縮強さは 46kN/m^2 である．

セメント改良美浦砂は，盛土の安定性向上が求められる現場を想定し，一軸圧縮強さ（材齢7日）の設計値を $q_u=100\text{kN/m}^2$ とした．（現場/室内）強さ比を0.7（軟弱土に紛体の固化材をバックホウで混合する場合の強さ比の最大値³⁾），室内の目標一軸圧縮強さを $q_u=143\text{kN/m}^2$ として添加量の設定を行った．図2より，添加量 58.7kg/m^3 を締固め施工実験の添加量とした．なお，図2とあわせて固化材混合から2～3時間で実施したコーン貫入試験によると，添加量 58.7kg/m^3 における室内でのコーン指数は $q_c=480\text{kN/m}^2$ である．

締固め施工実験の平面図および断面図を図3に示す．まずはじめに 0.7m^3 バケットを装着したバックホウを用いて1回当たり $10\sim15\text{m}^3$ の試料と固化材を約30分間混合し，石灰，セメント改良美浦砂とも累計 60m^3 の改良土を作製した．石灰改良美浦砂は材齢2日，セメント改良美浦砂は材齢0日に，転圧および各試験を実施した．転圧を行った翌日，東レーン側の締固め地盤を対象に一軸圧縮試験用のブロックサンプリング（表層 $5\sim20\text{cm}$ 間）および室内コーン貫入試験用のコアサンプリング（表層 $\sim30\text{cm}$ 間）を実施した．ブロックサンプリング試料は，採取後直ちに一軸圧縮試験の供試体寸法（ $\phi 5\text{cm}$ ， $H10\text{cm}$ ）に整形し，材齢7日まで室温 20°C で封緘養生を行った．また，室内コーン貫入試験用のコアサンプリング試料も同様とした．

3. 実験結果

図4に示す締固め度と転圧回数の関係より，石灰，セメント改良美浦砂ともに転圧2回まで締固め度が増加した．しかし，その後転圧を繰り返しても締固め度の増加は見られなかった．

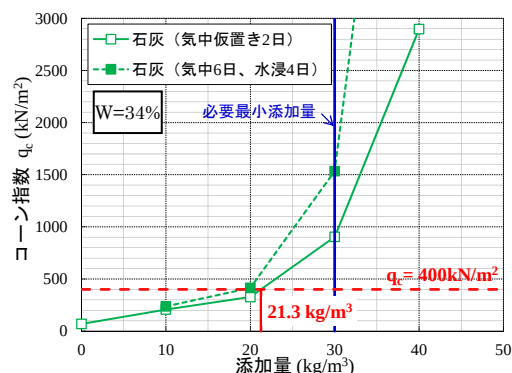


図1 室内配合試験（生石灰）

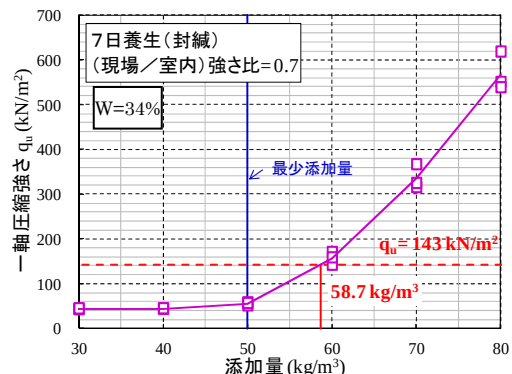


図2 室内配合試験（セメント系固化材）

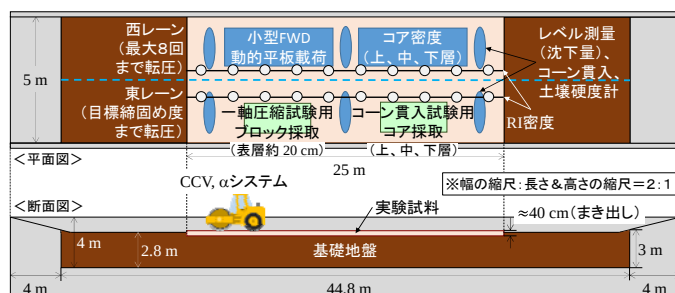


図3 締固め施工実験平面図および断面図

キーワード 建設発生土，改良土，締固め，一軸圧縮試験，コーン貫入試験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研) 土木研究所 TEL 029-879-6759

図5に示すコーン指数と転圧回数との関係より、石灰改良美浦砂は転圧0回の時点で平均 $q_c=529\text{kN/m}^2$ と現場目標 $q_c=300\text{kN/m}^2$ を上回っていたが、転圧に伴う強度増加の傾向は認められなかった。セメント改良美浦砂は転圧0回の時点で平均 $q_c=425\text{kN/m}^2$ であり、その後も増加傾向が見られた。図4の締固め度が転圧2回以降は増加していないことから、時間経過に伴うセメントの固化反応に起因した強度増加の影響が大きかったと考えられる。今後は石灰、セメントの固化反応による強度増加と締固めによる強度増加を区別できる実験手法とする必要がある。

図6にコーン指数と材齢の関係を示す。ここで、石灰改良美浦砂(西)は、転圧を実施した材齢2日(気温 15.5°C)に加え材齢4日(気温 11.5°C)にも実験ピット内で試験を行っており、材齢2日から4日までに平均 $q_c=455\text{kN/m}^2$ から 699kN/m^2 まで増加した。また、石灰改良美浦砂(東)では材齢2日(気温 15.5°C)からコアサンプリング試料の材齢7日(材齢3日から室温 20°C 封緘養生室内試験)までに $q_c=527\text{kN/m}^2$ が 1036kN/m^2 まで増加していた。養生温度や試験条件に違いがあるものの強度増加の傾向はほぼ同様であった。セメント改良美浦砂は、転圧終了時の材齢0日(気温 8.0°C)の $q_c=636\text{kN/m}^2$ から、コアサンプリング試料の材齢7日(材齢1日から室温 $17\sim 18^\circ\text{C}$ 封緘養生)までに $q_c=3549\text{kN/m}^2$ となり、強度増加が大きかった。

図7および図8に一軸圧縮強さと含水比、乾燥密度の関係を示す。一軸圧縮強さはブロックサンプリング試料より整形した供試体の7日養生時点での試験結果である。両図ともばらつきが大きい、これは材料の不均質性によるものと考えられる。石灰改良美浦砂はセメント改良美浦砂に比べるとややばらつきが小さく、既往の研究⁴⁾で報告されている一軸圧縮強さと含水比、乾燥密度の相関が若干見られるが、明瞭ではなかった。なお、締固め施工実験時および翌日までの気温は、石灰改良美浦砂で 18°C 以下(混合から3日間)、セメント改良美浦砂で 10°C 以下(混合から1日間)と配合試験より強度発現がし難い条件であったが、石灰改良美浦砂では想定 $q_u=46\text{kN/m}^2$ に対し平均 55kN/m^2 、セメント改良美浦砂では目標 $q_u=100\text{kN/m}^2$ に対し平均 101kN/m^2 と同程度であった。

4. まとめ

締固め施工実験の結果を以下にまとめる。

- ・セメント改良美浦砂では転圧中にコーン指数が増加したが、今回の実験手法ではセメントの固化反応による強度増加と締固めによる強度増加を区別できなかった。
- ・締固め施工実験は温度や材料の不均質性など、配合試験より強度が発現し難い条件であったが、所定の材齢経過後はばらつきは大きいものの想定及び目標の一軸圧縮強さと同程度の強度が得られた。

今後は固化材の混合量や地盤材料を変えて同様の試験を行い、改良土の締固め特性について引き続き検討する予定である。

参考文献

- 1) 宮下ら：石灰、セメント改良した建設発生土の締固めに関する基礎的検討(その1)、土木学会第72回年次学術講演会、投稿中
- 2) 日本石灰協会：石灰による地盤改良マニュアル改訂7版、2016
- 3) セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル第4版、2012
- 4) 宮下ら：セメント・石灰改良土の異なる養生環境下での強度特性、第52回地盤工学研究発表会、投稿中
- 5) 土木研究所：建設発生土利用技術マニュアル第4版、2013
- 6) 宮下ら：建設発生土の利用に関する現場実態調査結果の分析、第60回地盤工学シンポジウム論文集、pp.153-156、2016
- 7) 森ら：盛土施工における締固め特性について(その1)、土木学会第69回年次学術講演会、2014
- 8) 関東地方整備局：土木工事施工管理基準及び規格値平成27年4月改訂版、2015

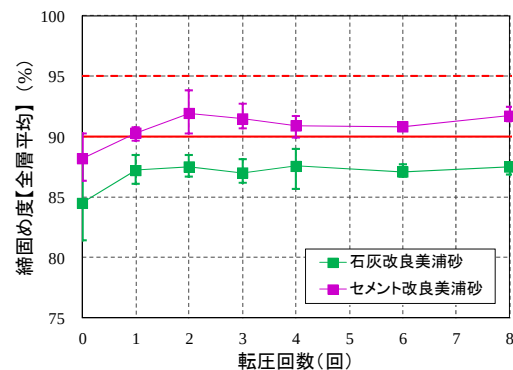


図4 締固め度と転圧回数の関係

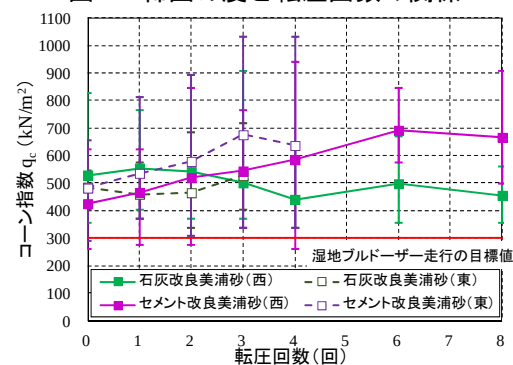


図5 コーン指数と転圧回数の関係

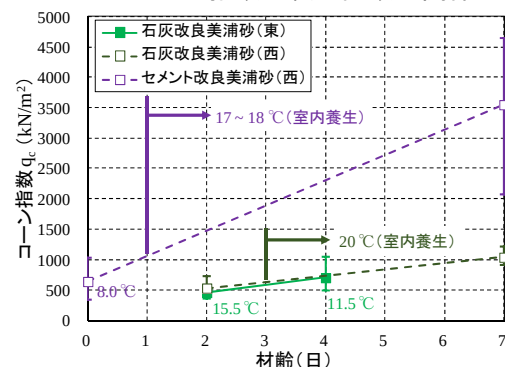


図6 コーン指数と材齢の関係

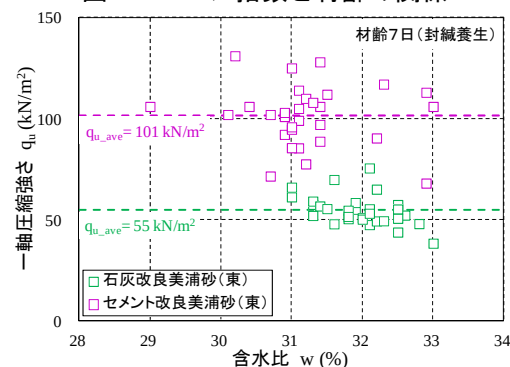


図7 一軸圧縮強さと含水比の関係

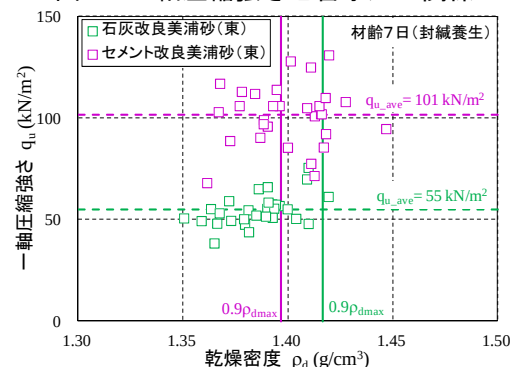


図8 一軸圧縮強さと乾燥密度の関係