

実現場を想定したカゼイン併用セメント改良盛土の有効性検証

広島大学 正会員 ○倉本 史佳  
同上 正会員 畠 俊郎  
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 松川 耕治  
同上 正会員 濱本 佳那子

1. 研究の背景と目的

日本初の高速道路の開通から50年以上が経過した現在、道路構造物の老朽化が社会的課題となり各地で更新工事が実施されている。このような背景のもと、盛土のり面の機能更新工事を対象とし、原位置発生土を盛土法尻に浸透水排除工として再利用可能とする新たな軽量盛土材の開発を進めている。提案する新規軽量盛土材の開発では、①高い排水性能の維持、②長期安定性の確保、はもちろん狭い山間部での作業を考慮し、③軽量、④安価で安全、⑤現場発生土を活用できる、などの条件を満たすことを目標とした。そこで、現在主流のセメント改良土を基本として起泡効果に基づく軽量化が期待されるカゼインに着目し、カゼイン併用セメント改良土について室内試験を行った結果、目標性能（乾燥密度：1.3 g/cm<sup>3</sup>程度、一軸圧縮強度：300～400 kPa、透水係数：10<sup>-5</sup> m/s程度）を満たす表-1 に示す最適配合を明らかにすることができた。本文では、実施工に向けた検討として、施工機器による影響や使用環境による劣化を想定した室内試験から得られた知見を紹介する。

表-1 カゼインーセメント改良土の最適配合

| セメント添加量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | カゼイン添加率<br>(%) | 攪拌時間<br>(分) |
|---------------------------------|----------------|-------------|
| 100                             | 5              | 10          |

2. 施工機器を想定した検討

現場ごとに異なる施工条件により、軽量土作成に用いるミキサーの容量が異なることが想定されるため、容量5L(Small)および50L(Large)のミキサーを用いた同配合での供試体作製を行い、所定期間養生後の一軸圧縮強度を比較することで施工機器の違いが改良土の強度性能に与える影響を検討した。結果を図-1 に示す。強度や乾燥密度に差はなく、どちらも

目標性能を満たす結果となった。以上より、実現場の要件に合わせて適切なミキサーを選定した場合においても表-1 に示す最適配合に基づいて施工することで期待している効果が期待できることが明らかとなった。

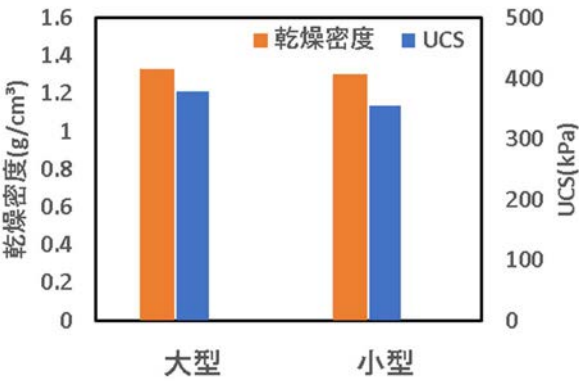


図-1 攪拌機器と供試体性能

3. 塩害への耐久性に関する検討

高速道路の積雪寒冷地における凍結防止剤の散布が提案する地盤材料に与える影響検証を目的とし、純水及び塩水を用いた乾湿繰返し試験(乾燥過程:40℃ 恒温槽 42 時間、湿潤過程:20℃ 吸水 6 時間)を実施して塩害に対する耐久性の評価を行った。塩水には NaCl 3%水溶液を用いることで凍結防止剤を含む融雪水を再現することとし、5 サイクル終了時に供試体の一軸圧縮強度、乾燥密度、浸漬水の pH について比較を行った。

試験前後の各評価項目の結果を表-2 に示す。試験の結果から、純水、塩水にかかわらず乾湿繰返し試験前後で強度、乾燥密度に劣化は見られず、浸漬水の pH の推移にも違いは確認できなかった。よって、塩水に起因する改良土性能の劣化は見られず、凍結防止剤がカゼインを併用したセメント改良土に与える影響は小さいことが示された。

表-2 測定結果一覧

|    |                         | 0 サイクル | 5 サイクル |
|----|-------------------------|--------|--------|
| 純水 | UCS (kPa)               | 389.7  | 446.0  |
|    | $\rho_d(\text{g/cm}^3)$ | 1.31   | 1.32   |
|    | pH                      | 7.4    | 10.7   |
| 塩水 | UCS (kPa)               | 389.7  | 411.0  |
|    | $\rho_d(\text{g/cm}^3)$ | 1.31   | 1.37   |
|    | pH                      | 7.4    | 10.3   |

4. 施工箇所を想定した長期的な検討

提案する軽量盛土材料を盛土法尻に適用した場合、対象となる改良土は気中もしくは土中で暴露を受けることとなる。そのため、供試体を気中および土中に設置した長期屋外曝露試験による長期安定性評価を行った。表-3 に実験ケースを示す。曝露開始時・1 か月・3 か月・4 か月時点にて、外観の観察、一軸強度、透水係数、乾燥密度を測定し、カゼイン併用セメント改良土の長期耐久性を評価することとした。

なお、試験中は降雨の再現として、人工的に給水（土中暴露の場合は散水）と排水を行った。結果、試験期間を通して気中曝露した供試体にのみ、カゼイン添加の有無にかかわらず凍上が原因と思われる供試体表面の劣化が見られた。一方、一軸圧縮強度、乾燥密度、透水係数については、全てのケースで曝露期間中に劣化は確認されなかった。なお、4 か月時点で気中曝露した供試体の損傷が激しかったため、強度等の測定は行っていない。図-2 に曝露期間中の強度と透水係数の推移を示す。

今回の試験期間を対象とした広島県の実現場に置き換えた場合の曝露期間について試算を行った。広島県は月 7～8 回降雨があり、これを試験期間中の給水回数（気中条件で約 70 回、土中条件で約 20 回）をもとに換算した結果、気中曝露下では9か月以上、土中曝露下では 3 か月以上の試験結果を再現できたと考えている。

表-3 試験ケース一覧

| 曝露条件 | ケース | セメント添加量 (kg/m³) | カゼイン添加率 (%) |
|------|-----|-----------------|-------------|
| 気中   | A1  | 100             | 0           |
|      | A2  |                 | 5           |
| 土中   | B1  |                 | 0           |
|      | B2  |                 | 5           |

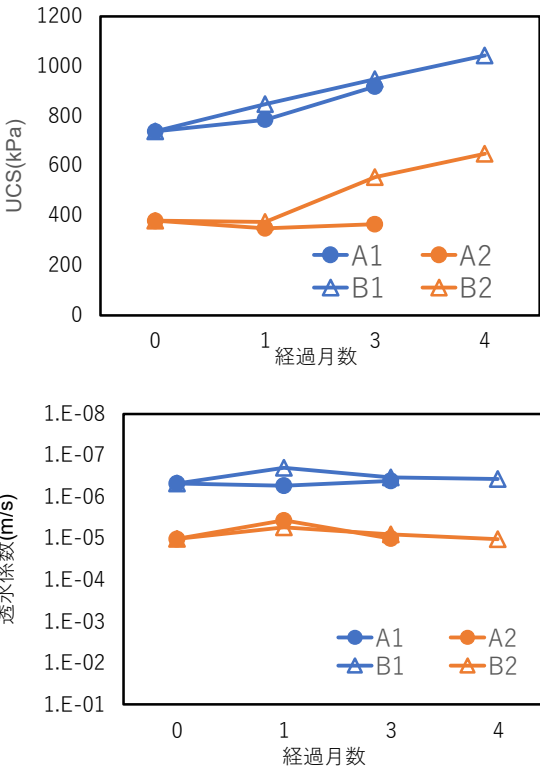


図-2 強度と透水係数の推移

5. 結論と今後の課題

本報告では、カゼイン併用セメント改良土（軽量盛土材料）を高速道路盛土のリニューアル工事へ適用することを想定し、実現場で施工および実環境での安定性について検討した。異なる容量のミキサーを用いて作成した供試体の一軸圧縮強度を比較した結果から、施工機器の違いが改良土性能に与える影響は少ないことが明らかとなった。よって、実現場の施工条件に合わせて表-1 に示した配合で施工することで目的とする性能を得ることが可能と考えられる。

また、純水及び塩水を用いた乾湿繰返し試験を行った結果、双方の試験結果に違いは見られず、凍結防止剤に起因する改良土の強度低下の恐れは小さいことが明らかになった。施工箇所を想定した屋外長期曝露試験について、一部凍上が原因と思われる形状の劣化が見られたものの、寒冷地においても適切な凍害対策を施せば、現場に設置した後もカゼインを併用したセメント改良土はその性能を維持できる可能性が明らかとなった。

今回は中国地方での更新工事を想定し、現場発生土として真砂土を設定した。適用性が確認できたため、今後は粘性土等対象をひろげ幅広い土質に対応できる技術としての実用化を目指していきたい。