

現場施工時の締固め度におけるセメント・アスファルト乳剤安定処理路盤材料の

非排水繰返しせん断挙動

宇都宮大学 学生会員 ○高石将平 黒坂明善 正会員 海野寿康
ニチレキ (株) 正会員 馬場弘毅 飯高裕之

1. はじめに

セメント及びアスファルト乳剤を粒度調整砕石に混合したセメント・アスファルト乳剤安定処理(以下, CAE)工法を上層路盤に用いた舗装は, 一般的な粒度調整工法を上層路盤に用いた舗装に比べて高い耐震性を持つとされている. 現在, 著者らの研究グループは, CAE 工法の液状化抵抗や繰返しせん断変形挙動の把握を行っている¹⁾. 本稿では, 研究の一環として現場施工時の締固め度(以下, 現場密度)における CAE 路盤材料の繰返しせん断強度を把握するため, 現場密度に即した供試体を用いて非排水繰返しせん断試験を行い液状化抵抗の把握を試みた.

2. 試料条件

本研究では, 粒度調整砕石から礫分を除いた粒径 2.36mm 以下の骨材(以下, 粒状路盤材料), 普通ポルトランドセメント, アスファルト乳剤(ノニオン乳剤 MN-1)を使用した. 粒状路盤材料の物理特性を表-1 に示す. また, 供試体の各材料の添加率と一軸圧縮強さを表-2 に示す. 試験ケースは, CASE1:粒度調整工法, CASE2:セメント安定処理(以下, C)工法, CASE3:アスファルト安定処理(以下, As)工法, CASE4:CAE 工法をそれぞれ模擬している.

供試体は直径 5cm, 高さ 10cm の円柱型で, 最適含水比 8.64%, 圧密後の乾燥密度を 1.95 g/cm^3 を目標に作製した. この値は, 一般的な上層路盤の施工品質管理において, 最大乾燥密度の 93%が締固め度の許容値と規定されること²⁾に配慮したためである.

3. 現場密度(0.93 ρ_{dmax})における繰返しせん断挙動

用いた載荷装置は, 液状化検討に用いられる振動三軸試験機である. 非排水繰返しせん断試験は, 最初に二酸化炭素と脱気蒸留水を通水する. その後背圧 100~350kN/m² を載荷し飽和させた供試体に初期有効拘束圧 50 kN/m² を与えて圧密させた上, 繰返しせん断応力比 $\sigma_d/2\sigma'_0=0.70$ の繰返しせん断履歴を与えた. なお, 本研究では, 軸ひずみ両振幅 DA=5%に至った時点を液状化と定義する.

粒状路盤材料, As 路盤材料, C 路盤材料, CAE 路盤材料それぞれの有効応力経路, 過剰間隙水圧比の時刻歴, 軸ひずみの時刻歴を図-1(a)~(l)に示す.

図-1(a), (b)より粒状路盤材料とAs路盤材料の有効応力の挙動であるが, どちらも載荷初期から繰返し載荷に伴い値が低下するが, As路盤材料の方が, その減少挙動は緩やかなようである. 同じく軸ひずみの発生挙動であるが, 図-1(e), (f)より粒状路盤材料では載荷開始直後から軸ひずみが急激に増加し, 載荷回数3回で DA=5.0%に至る一方, As路盤材料は載荷回数の増加とともに軸ひずみが圧縮側と伸長側両方で徐々に発達し, 載荷回数8回でDA=5.0%に至った. 過剰間隙水圧比は, 図-1(i), (j)に示す通り粒状路盤材料, As路盤材料ともに数回で0.95以上に至る.

次にセメントが配合された2供試体を比較する. C路盤材料(図-1(c))では載荷回数の増加とともに有効応力は減少しゼロ付近まで達する一方, CAE 路盤材料(図-1(d))では, C路盤材料より有効応力が減少しづらく, 載荷回数 1000 回時点でようやく約 20kN/m² となる. 同様に, 軸ひずみについて, C路盤材料(図-1(g))では載荷回数が 400 回付近から軸ひずみが増加し最終的に 516 回で DA=5.0%に至った一方で, CAE 路盤材料(図-1(h))は載荷回数 1000 回となっても DA=0.1%程度しか生じなかった. 図-1(k)より C路盤材料は, 載荷回数の増加とともに過剰間隙水圧比が増加, 載荷終了時には $\Delta u/\sigma'_0=0.99$ となった. 一方, CAE 路盤材料では, 図-1(l)のように過剰間隙水圧比は横ばいで, 載荷終了時の

表-1 粒状路盤材料の物理特性

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.72
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	2.10
最適含水比 w_{opt} (%)	8.64
最大粒径 (mm)	2.36

表-2 材料の添加率と一軸圧縮強さ

	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
粒状路盤材料	100%	99%	95%	94%
セメント	-	1%	-	1%
アスファルト乳剤	-	-	5%	5%
q_u (kN/m ²)	63.0	727.6	236.6	692.4

キーワード セメント・アスファルト乳剤安定処理工法, 現場条件, 繰返し載荷, 液状化強度

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部 TEL. 028-689-7041

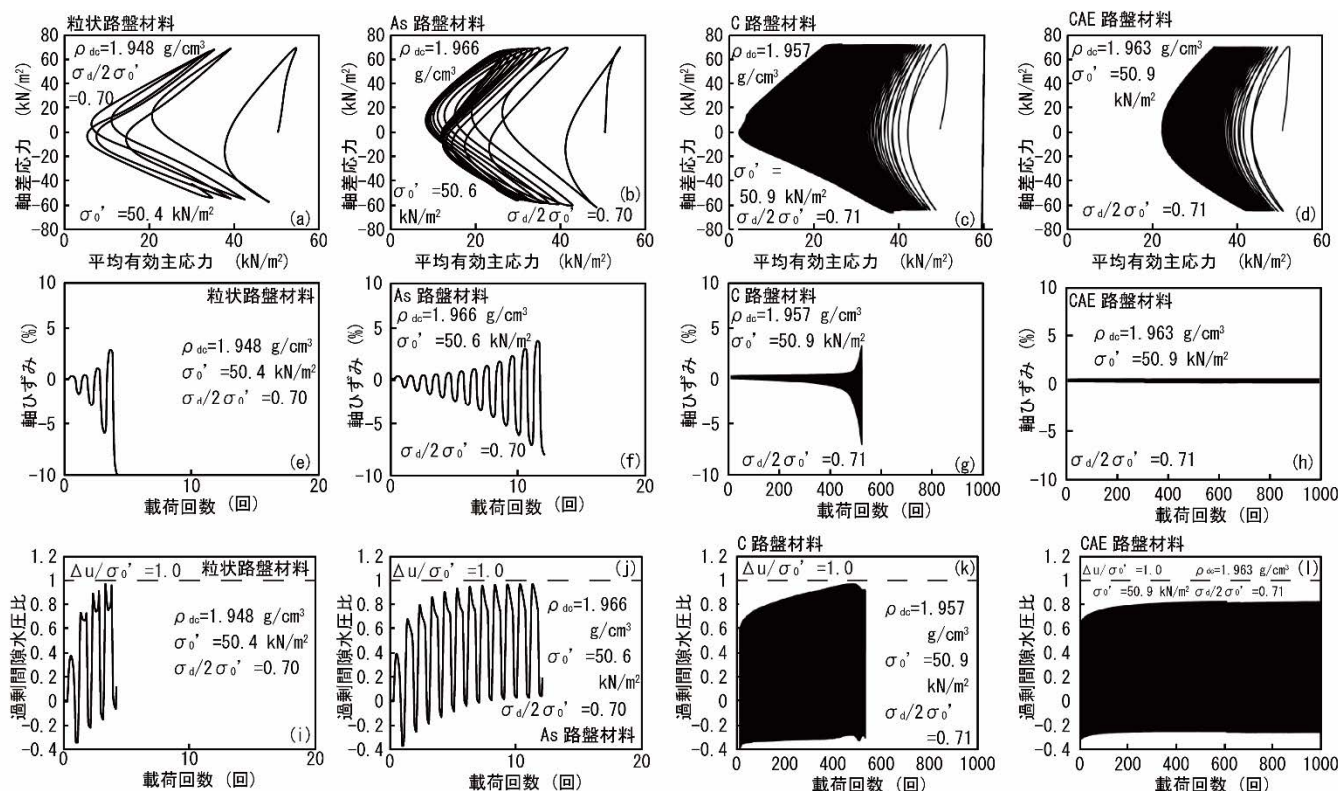


図-1 各種路盤材料の有効応力経路，軸ひずみの時刻歴，過剰間隙水圧比の時刻歴

$\Delta u/\sigma'_0=0.79$ であった。

繰返しせん断応力比 $\sigma_d/2\sigma'_0=0.70$ のとき，CAE路盤材料は繰返し載荷1000回与えても軸ひずみ $DA=5.0\%$ に至らず，液状化しない結果となった。現場密度と同じ乾燥密度の各供試体では，アスファルト乳剤を添加することで液状化抵抗が増加する。

4. 現場と同一配合条件での液状化抵抗

本稿では，3.における現場密度に加え，セメントの配合量を2.5%(現場配合同等)としたC路盤材料とCAE路盤材料の繰返しせん断試験も行った。繰返しせん断応力は $\sigma_d/2\sigma'_0=0.70$ で載荷回数1500回時点での過剰間隙水圧比と発生する軸ひずみを表-3に示す。また，載荷回数を5000回与えた際のCAE路盤材料の軸ひずみの時刻歴を図-2に示す。

載荷回数1500回時点でCAE路盤材料の過剰間隙水圧比 $u/\sigma'_c=0.54$ ，軸ひずみ両振幅 $DA=0.11\%$ となった。さらに，載荷回数5000回時点で過剰間隙水圧比 $u/\sigma'_c=0.49$ ，軸ひずみ両振幅 $DA=0.11\%$ (不変)であった。この結果から現場密度，現場配合条件のCAE路盤材料は，高い液状化抵抗を有すると言えそうである。

5. 結論

本稿にて得られた新しい知見は以下の通りである。

- 1) CAE路盤材料は，現場密度と同じ乾燥密度($0.93\rho_{dmax}$)条件の場合において，高い繰返しせん断応力比($\sigma_d/2\sigma'_0=0.70$)にて1000回程度載荷を

表-3 載荷回数1500回時点での過剰間隙水圧比と軸ひずみ

	C路盤材料	CAE路盤材料
過剰間隙水圧比	0.65	0.54
軸ひずみ(%)	0.22	0.11

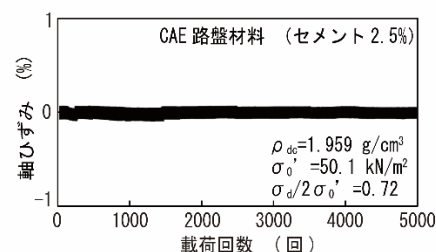


図-2 現場配合でのCAE路盤材料の軸ひずみの時刻歴

行っても液状化に至らない結果となった。

- 2) 現場密度におけるセメント配合量を2.5%(現場配合)のCAE路盤材料は，繰返しせん断応力を $\sigma_d/2\sigma'_0=0.70$ で5000回もの繰返し載荷を与えても液状化に至るようなことは無かった。

6. 参考文献

- 1) 海野寿康，黒坂明善，仙頭紀明，飯高裕之，馬場弘毅：セメント・アスファルト乳剤安定処理路盤の非排水繰返しせん断挙動，土木学会論文集 E-1, Vol.75, p.1, 2019. (掲載決定)
- 2) 日本道路協会：舗装施工便覧，pp.247-268，丸善出版，2006。