

セメント安定処理を施した三郡変成岩風化土の締固め・CBR 特性

山口大学大学院 学生会員 ○小山泰正
山口大学工学部 正会員 山本哲朗 鈴木素之
常盤地下工業(株) 正会員 植野泰史

1.はじめに 山口県の地質の約 11%を占める三郡変成岩（狭義の周防変成岩）からなる斜面では、豪雨時に斜面崩壊がたびたび発生し^{1),2)}、問題土として認識されてきた。その一方で三郡変成岩地山の道路建設の際に発生する建設残土を土工材料としてリサイクルしている事例もある³⁾。従来の研究では、三郡変成岩風化土の物理的性質、締固め・CBR 特性が検討され、路床・路盤材料として不良であることが示されている。本文では、三郡変成岩風化土を土質改良するために、セメント安定処理を施し、セメント添加量や初期含水比などの各種条件による改良効果について調べた。

2.三郡変成岩風化土の物理的性質

山口県内の三郡変成岩の分布域を図-1 に示す。山口県内の三郡変成岩は宇部市を起点とし、北東方向ないし東北東方向に飛び石状で分布している。表-1 に泥質片岩、塩基性片岩および蛇紋岩の風化土、比較のために変成岩中に貫入したアプライトの風化土の諸物理定数を示す。泥質片岩は均等係数 $U_c=9.8$ 、細粒分含有率 $F_c=52.0\%$ と粒径範囲は広く、細粒分は少なめである。一方、塩基性片岩および蛇紋岩はそれぞれ均等係数 $U_c=4.6$ および 13.1% 、 $F_c=80.7$ および 84.8% と粒径範囲は狭く、細粒分を多く含む。

3.三郡変成岩風化土の締固め・CBR 特性

図-2 に代表的な三郡変成岩風化土の締固め曲線（E-a 法）を示す。泥質片岩の風化土は最適含水比が低く、最大乾燥密度は高く、アプライトと似た締固め特性を示した。一方、塩基性片岩および蛇紋岩の風化土は泥質片岩風化土より最大乾燥密度は低く、最適含水比は高い。両試料とも F_c が大きく締まりにくい。図-3 に修正 CBR と施工含水比の関係を示す。アプライトは 30%を超える値をとっているが、泥質片岩、塩基性片岩および蛇紋岩の風化土は修正 CBR 値が 10%を下回っており、日本道路協会が規定する簡易舗装道路の品質基準⁴⁾を満たしてない。三郡変成岩風化土を土工材料として使用するためには何らかの土質改良が必要である。そこで、セメント安定処理を施すことを試みた。

4.セメント安定処理を施した三郡変成岩風化土の締固め・CBR 特性

(1)目的と試験ケース セメント安定処理を行う場合、CBR 特性に影響を与える因子として固加材添加量と初期含水比を取り上げた。試験ケースとして、固加材添加量 50,100,150 kg/m³ の 3 通り、初期含水比 w_{opt} （最適含水比）、 w_{90} （締め固め度 90%の含水比）の 2 通りで CBR 試験を行った。また、固加材添加量 50,100,150 kg/m³ の 3 通りで E-a 法による締固め

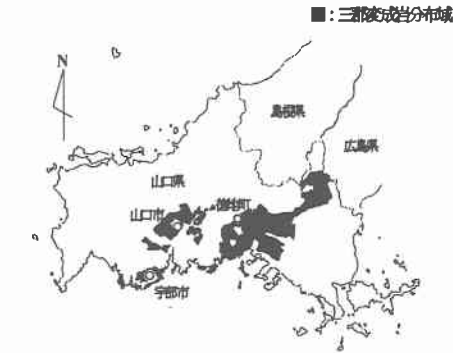


図-1 三郡変成岩の分布域と試料採取地点

表-1 土試料の諸物理的性質

土試料	泥質片岩	塩基性片岩	蛇紋岩	アプライト
$\rho_s(g/cm^3)$	2.703	2.728	2.615	2.594
U_c	9.8	4.6	13.1	17.1
$D_{max}(mm)$	9.5	13.0	5.1	12.4
$D_{50}(mm)$	0.058	0.035	0.038	0.650
$F_c(\%)$	52.0	80.7	84.8	13.9
$F_{clay}(\%)$	6.8	10.8	20.8	3.0
$w_L(\%)$	37.9	52.0	47.7	—
$w_P(\%)$	26.0	44.0	32.8	—
I_P	11.9	8.0	14.9	—
I_L	-0.42	-0.25	0.18	—
$I_L(\%)$	5.4	9.7	9.8	3.6
土質分類	ML	MH	ML	SF-G
記号	○	●	◎	⊙

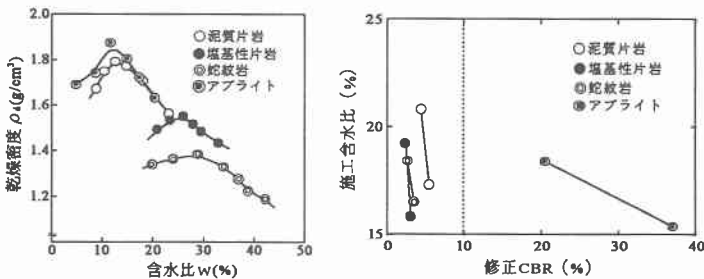


図-2 締固め曲線（E-a 法） 図-3 施工含水比と修正 CBR の関係

試験を行った。用いた試料は泥質片岩、塩基性片岩の2種類である。固化材は普通ポルトランドセメント (OPC) を用いた。

(2) 締固め特性 まず安定処理土の締固め試験結果を述べる。図-4 に固加材添加量を変えた場合の締固め試験の結果を示す。泥質片岩、塩基性片岩ともに締固め曲線は未処理土より若干下方に移動する程度で、セメント安定処理による締固め特性の改善は確認できなかった。

(3) 膨張比と固加材添加量・初期含水比の関係 図-5(a), (b) に固加材添加量および初期含水比が膨張比 γ_e に及ぼす影響をみるため、突き固め回数 92 回における試験結果を示す。固加材添加量に関して、セメントを添加することにより γ_e は大幅に減少した。しかし、固加材添加量を 100, 150 kg/m³ と増加させていくと、泥質片岩の場合、 γ_e はほとんどゼロになるのに対し、塩基性片岩の場合、 γ_e はいったん減少した後、増加に転じており、改良効果に限界がみられた。初期含水比に関して、泥質片岩および塩基性片岩ともに減少する傾向にあり、初期含水比を高くすることによる改良効果への影響はみられなかった。

(4) CBR と固加材添加量・初期含水比の関係 図-6(a), (b) に固加材添加量および初期含水比が CBR 値に及ぼす影響をみるため、突き固め回数 92 回における試験結果を示す。固加材添加量について、膨張比と同様に大幅な CBR 値の改善がみられたが、固加材添加量 100 kg/m³ 以上になると、それ以上の改良効果はみられなかった。また、初期含水比を高くすることによる改良効果への影響はみられなかった。

(5) SEM による土粒子構造の観察 写真-1 に安定処理土の泥質片岩風化土の CBR 試験における土粒子構造を示す。未処理土には生成してない針状のセメント水和物エトリンガイトが確認でき、これにより土粒子が拘束されて粒子間の結合を強めたために CBR が著しく増加したものと考えられる。

5. まとめ ①三郡変成岩風化土の CBR 値はセメント安定処理によって大幅に改善される。ただし、固加材添加量を増加させても改良効果には限界がある。② 初期含水比を高くしても、改良効果に対する影響はほとんどない。③ 三郡変成岩風化土の場合、固加材添加量による締固め特性の改善は CBR 特性に比べて小さい。【参考文献】1) 山本哲朗ほか：山口県下の三郡変成岩からなる切土斜面に見られる豪雨崩壊の特徴，地盤工学会論文報告集，Vol.36, No.1, pp.123-132, 1996. 2) 山本哲朗ほか：三郡変成帯における鋸状斜面崩壊，土と基礎，Vol.44, No.11, pp.9-12, 1996. 3) 小林 健ほか：三郡変成岩風化土を用いた盛土施工，地盤と建設，Vol.15, No.1, pp.75-79, 1997. 4) 日本道路協会：簡易舗装アスファルト舗装要綱，pp.11-16, 1979.

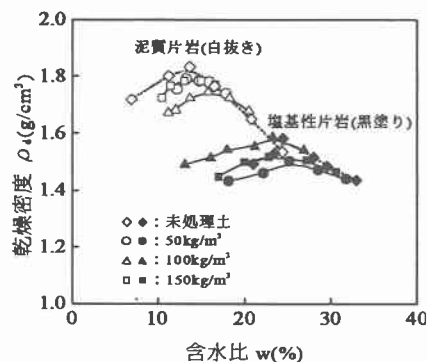


図-4 締固め特性に及ぼす影響

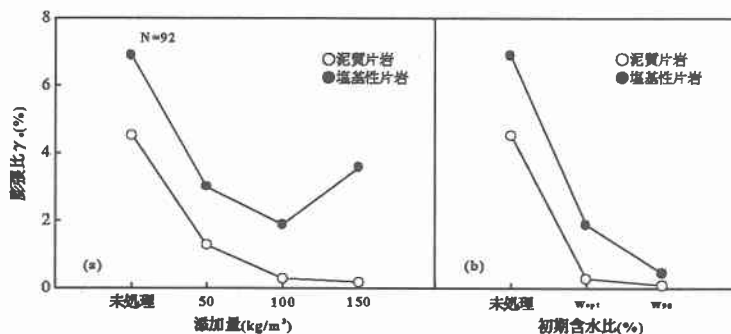


図-5 膨張比に及ぼす固加材添加量と初期含水比の影響

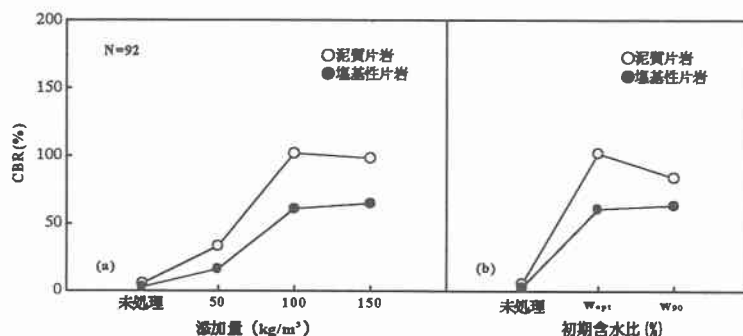


図-6 CBR に及ぼす固加材添加量と初期含水比の影響

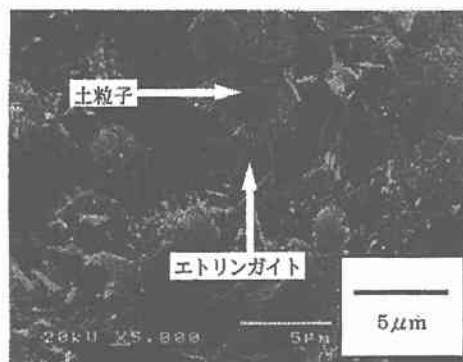


写真-1 泥質片岩風化土