

エチオピアにおける膨張性土の対策工法に関する一提案

株式会社オリエンタルコンサルタンツ

正会員 ○沖田 斉

株式会社オリエンタルコンサルタンツ

フェロー 辰巳 正明

エチオピア道路公社 (Ethiopian Roads Authority: ERA)

Hiwot Mosisa

1. はじめに

エチオピアの高原は約 3000 万年前に大地溝帯から溢れ出した膨大な量の玄武岩(厚さ数百 m)で覆われている(写真-1)。風化が進んだ玄武岩は Black Cotton Soil (BCS、黒綿土)と呼ばれ、水分を含むと膨張泥濘化、乾燥すると収縮固化するため、地山に BCS を残した状態で道路を構築する場合には特別な配慮が必要である。ここでは、エチオピア国の道路改修(第四次幹線道路改修計画・無償資金協力事業)で提案した対策工法について紹介する。



写真-1 高原表層に見られる玄武岩

2. BCS の特性と道路としての問題点

BCS は、玄武岩の風化の過程で雨水により溶け出した Ca、Mg イオンが、乾季の高温やアルカリ環境下で膨張性粘土鉱物のモンモリナイトに変性したものと推測される。

図-1 は地山に BCS (Expansive soil) を残した場合の乾湿(乾季と雨季)の変化、すなわち収縮と膨張の現象(体積変化)によって道路構造が破壊されるメカニズムを模式的に説明したものである。車道中央部直下の BCS は舗装によって外部からの乾湿変化の影響が遮断されるが、道路両側下の BCS はその影響を受けやすく道路の破壊は路肩付近から始まり車道の中央部に至る。BCS 対策は地山に残された BCS 内の乾湿変化すなわち体積変化を如何に制御するかである。

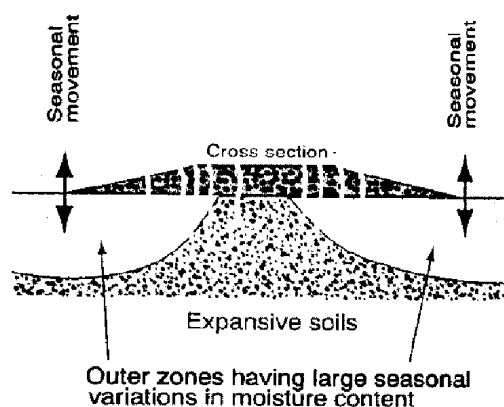


図-1 BCS による道路破壊メカニズム

3. 対策工法の事例

BCS は、インド、北米、アフリカ東部地域に広く分布する Expansive soil (膨張性土)の一種で、各国でそれぞれ独自の対策方法が提案あるいは基準化されている。基本的には経済性の理由から置き換えが主体であるが、縦壁(メンブレン、コンクリート壁など)を構築して地山(道路構造も含めた構造物の下)に残された膨張性土の含水量の変化を抑える工法なども考えられている。表-1 に、エチオピアを含めた各国の基準あるいは他のプロジェクトで採用された対策工法の事例を示した。

表-1 各国における BCS 対策工

No	基準、研究及びプロジェクト	推奨対策案
1	ERA 基準	良質材料(CBR5 以上の材料)による 1000mm の置換え。下層に残るブラックコットンソイルについては、含水比の変化が生じないように対策する。
2	ジンバブエ基準	700mm の置換え
3	タンザニア基準	600mm の置換え
4	ケニア基準	1000mm の置換え
5	インドケーススタディ	1000mm の置換え
6	SATCC	1000mm の置換え
7	アメリカ	最大 1500mm の置換え
8	CPC 調査(エチオピア)	900~1200mm の置換え
9	アディス〜タマベル間	800mm の置換え
10	アディス〜ジンマ間	500 - 1500mm の置換え 低密度ポリエチレンシートによる縦壁の設置

4. 本プロジェクトでの提案

図-2 はクライアントであるエチオピア道路公社 (ERA) が本プロジェクトのために当初に計画していた案で置換え厚さ 60 cm、道路両側からの水の浸透を防ぐために外側 6m 幅をも置換えを行うとともに土側溝を設置している。この工法は標準的ではあるが ERA の担当自身及び筆者らも対策として不十分さを感じたため、他の事例等も参考として対策工法の検討を行った。

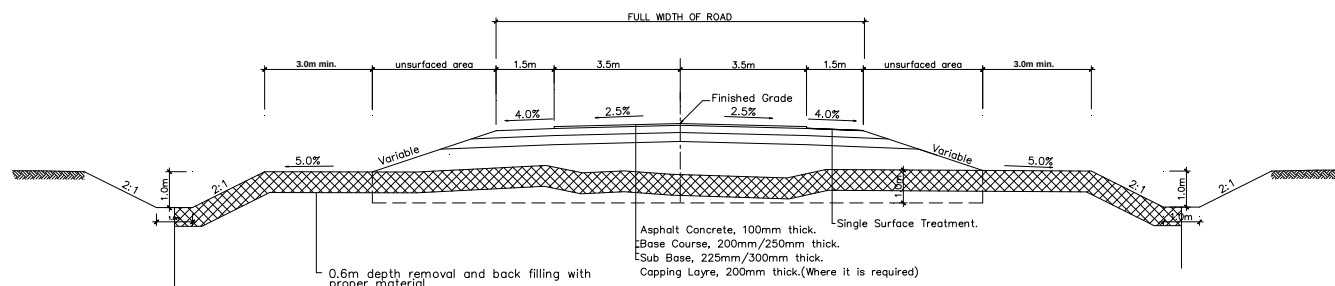


図-2 ERA で提案された BCS 対策工

一方、BCS 層で雨季と乾季による含水量の変化が生じるのは地表から 3m 程度までで、とくに影響の大きい範囲は地表から 1.5m までとされる。実際に BCS に発生する亀裂は地表から 1.5m 程度で収束していることが多いと言われている (図-3)。

提案した対策工法を図-4 に示した。この工法のコンセプトは上部と両脇に良質の置換え土を配し、残された BCS の含水量 (体積) 変化を抑制することを目指している。道路構造直下の置換え土の厚さは ERA 基準に則り 1m とし、両脇の縦壁を図-3 の根拠により深さ 3m、幅は施工性から 2m とした。さらに両脇の壁の遮水性能を向上させるために外側に厚さ 0.5mm の土木用遮水シート 2 枚を加えた。

5. むすび

写真-2 は提案した対策工法の施工状況で、2015 年 6 月末の完成に向けて鋭意工事が進められている。

提案した工法は過去の事例などを参考としつつ机上で検討されたもので定性的検討の域を出ていない。今後、施工された道路構造について 1 年間の瑕疵期間中も含め、定量的検証調査の可能性について関係機関と協議を行っていききたい。

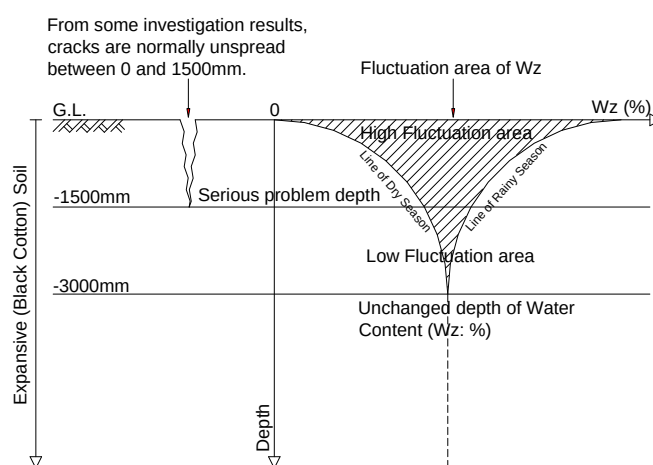


図-3 ブラックコットンソイル層の含水比変化の範囲

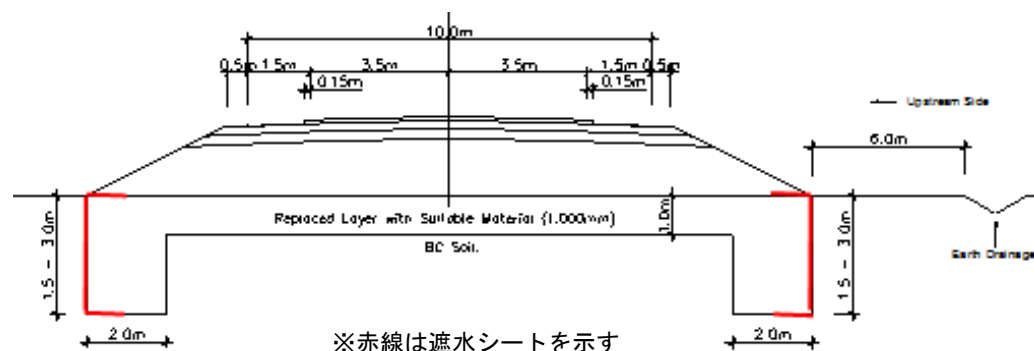


図-4 プロジェクトで採用した BCS 対策工



写真-2 BCS 対策工の施工状況