

高速道路の盛土補強対策における地盤の強度定数の評価方法

NEXCO 西日本コンサルタンツ(株)	正会員	○松川 耕治
九州大学大学院	正会員	笠間 清伸
西日本高速道路(株)本社	正会員	田山 聡
西日本高速道路(株)九州支社	正会員	浜崎 智洋
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株)	正会員	松方 健治

1. はじめに

近年、盛土のり面災害では、豪雨時や大規模地震時における崩壊を未然に防ぐことが喫緊の課題となっており、既存の高速道路盛土でも補強および修繕が進められている。

既存の高速道路盛土の安定性を検討し補強対策を検討する場合には、盛土を構成する地盤の強度定数に関する情報が不可欠であり、盛土で土質試験を行うことができない場合等に用いる強度定数としてNEXCO設計要領では参考値が示されている。ただし、参考値に示される強度定数は、圧密非排水せん断条件における概略的な値であり、盛土に対する地下水、湧水などの影響は考慮していないとされている。

今後、盛土の補強、修繕を進めていく上での地盤の強度定数の評価方法に関する課題を以下に示す。

- ①補強、修繕の対象となる盛土は、建設時から盛土材料の強度が低下している可能性や地下水が高い場合が多く、参考値を地盤の強度定数として採用することに課題が残る。
- ②地下水の影響(飽和・不飽和)を考慮する必要があるものの、現地の盛土材料から飽和・不飽和を区分した強度定数を設定する手法が確立されていない。

これらの課題に対し、本稿では、盛土材(乱れた試料)を突き固め、飽和度を変化させた供試体による三軸圧縮(CUバー)試験結果をもとに、盛土材料の強度区分として表層部と深部、地下水の影響として飽和時と不飽和時を区分した盛土補強対策における地盤の強度定数の評価、設定方法およびその実施例について報告する。

2. 設計地盤定数(強度定数)の設定方法

1) 表層部と深部の区分

本検討で対象とする盛土地盤は、施工直後から力学条件が大きく変化していることが予想され、特に盛土表層部の強度低下が大きいと考えられるため、地盤の強度は表層部と深部を分けて設定する。

表層部の強度定数は、施工後の劣化等を考慮するため過圧密領域を無視して正規圧密状態と評価($c=0\text{kN/m}^2$)する(図1参照)。

また、表層部の範囲は、これまでの盛土崩壊事例¹⁾の崩壊深さより1m以下が最も多く、次いで1m～3mが多いことから、表層は3m程度までの範囲と考えられ、現地調査結果から区分する。

2) 飽和時、不飽和時の区分

不飽和時の地盤では、水分の表面張力のサクシオンによる強度増加が生じ見かけの粘着力となり、この見かけの粘着力 c は飽和度 S_r と相関関係にある。しかし、不飽和地盤の非排水時は、間隙圧として水圧 u_w と空気圧 u_a が生じるが、これらを正確に把握することが困難であり、実務では有効応力評価よりも全応力に関する強度評価が多く用いられることから、不飽和時の強度定数は全応力から設定する。

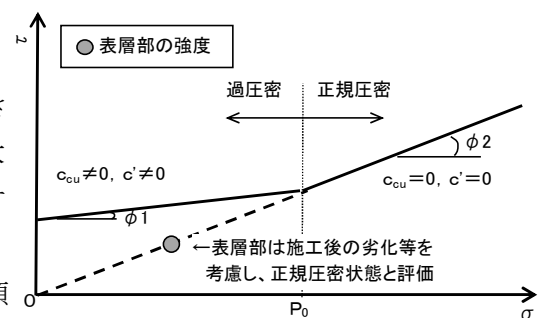


図1 応力履歴による $c \cdot \phi$ の変化

キーワード 高速道路, 盛土, 不飽和地盤, 盛土補強対策, 浸透水排除対策

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町17番17号 NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 地盤技術部 TEL082-532-5120

3) 室内試験による設計地盤定数の設定

表層部・深部，飽和時・不飽和時に区分した設計地盤定数(強度定数)について，三軸圧縮(CUバー)試験による全応力の強度定数(c_{cu} , ϕ_{cu})，有効応力の強度定数(c' , ϕ')から以下のとおり設定した。ただし，CU試験による c_{cu} , ϕ_{cu} は，垂直応力が変動しないという条件下でその箇所の非排水強度として実務上適用する。

砂質土を表1に，粘性土を表2に示す。

- ・飽和時(常時)は，せん断時の排水条件から砂質土は有効応力による c' , ϕ' ，粘性土は全応力による c_{cu} , ϕ_{cu} を採用する。
- ・飽和時(地震時)は，液状化現象に見られるように，砂質土でもせん断時に排水し難くなることが考えられるため，砂質土、粘性土の両者で非排水強度(全応力による c_{cu} , ϕ_{cu})を採用する。
- ・不飽和時(常時・地震時)は，前述したとおり砂質土，粘性土ともに全応力による c_{cu} , ϕ_{cu} を採用する。
- ・表層部の飽和時は，過圧密領域を無視し正規圧密状態として粘着力(c_{cu}, c')は 0kN/m^2 と評価する。

表1 設計地盤定数の設定方法(砂質土)

区分		飽和時		不飽和時	
		$c(\text{kN/m}^2)$	$\Phi(^{\circ})$	$c(\text{kN/m}^2)$	$\Phi(^{\circ})$
常時 (降雨時)	表層部	0	有効応力	全応力	全応力
	深部	有効応力	有効応力	全応力	全応力
地震時	表層部	0		全応力	全応力
	深部	全応力	全応力	全応力	全応力

表2 設計地盤定数の設定方法(粘性土)

区分		飽和時		不飽和時	
		$c(\text{kN/m}^2)$	$\Phi(^{\circ})$	$c(\text{kN/m}^2)$	$\Phi(^{\circ})$
常時 (降雨時)	表層部	0	全応力	全応力	全応力
	深部	全応力	全応力	全応力	全応力
地震時	表層部	0		全応力	全応力
	深部	全応力	全応力	全応力	全応力

3. 三軸圧縮試験の実施例

試験の対象とした盛土は，マサ土主体で細粒分含有率 F_c は30%～40%であり，地盤モデルは地質調査結果より図2のとおり表層部，深部と盛土の上段，下段で区分した。

地下水観測等から表層部では地下水位の変動が大きく，現地の飽和度に応じた不飽和時の強度定数を把握するため，飽和度 S_r を変化させた供試体による三軸圧縮試験結果から，不飽和時の見かけの粘着力 c と飽和度 S_r の関係を図3に整理した。現地で採取した試料の飽和度 S_r は90%～95%付近であり，試料の採取前には大きな降雨もないことから，現地の盛土における不飽和状態の飽和度 S_r の代表値と判断する。

4. まとめ

本稿では，盛土補強対策における安定性の検討に用いる地盤の強度定数について，表層部と深部，飽和時と不飽和時を区分した評価，設定方法を報告した(表1，表2参照)。

また，現地の盛土材料を用いて飽和度を変化させた供試体による三軸圧縮試験より，飽和度 S_r の低下にともない見かけの粘着力 c の増加が確認されている(図3参照)。

しかし，試験対象の盛土でのテンシオメーターにおけ水柱圧の計測結果(図4参照)より表層部のGL-0.5m，GL-1.0mは圧力の変動幅が大きく，深部(GL-3.0m)ではその変動幅が小さい結果が得られている。降雨後の水柱圧の急激な変動も表層部で大きいことから，特に表層部の飽和度 S_r の変動と適用する強度定数に注意する必要がある。

盛土地盤の強度定数の評価方法については現在も検討中であり，今後も表層部・深部，飽和・不飽和の設定とその強度定数について整理していきたい。

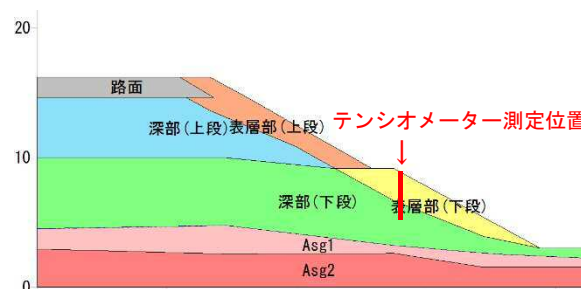


図2 検討地盤モデル

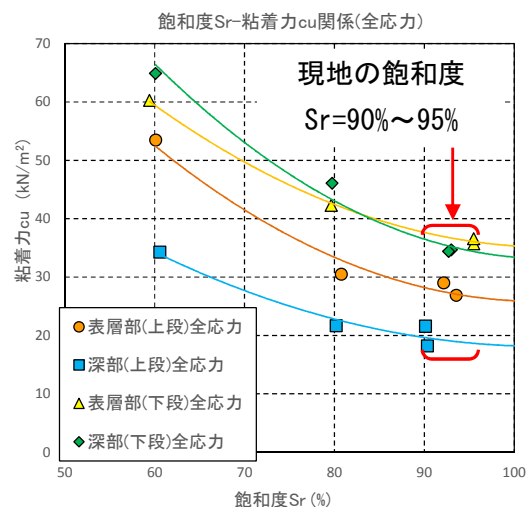


図3 飽和度-粘着力関係(全応力)

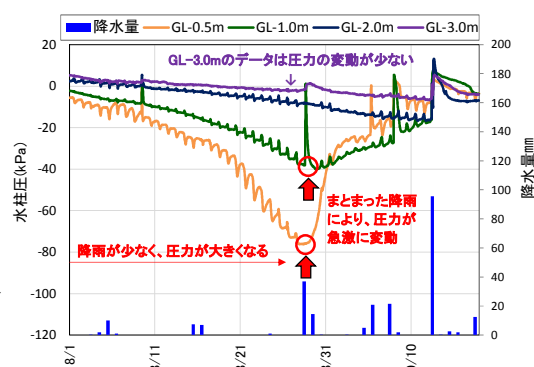


図4 テンシオメーター計測結果

参考文献：1) NEXCO 保全点検要領(構造物編)H24.4 技術資料 p.3-2