

神戸層群における長大切土法面の強度低下と残留強度の評価について (その1：現状の弱層の強度と残留強度の評価)

西日本高速道路エンジニアリング関西(株)	正会員	○三好 忠和
西日本高速道路(株)	正会員	坂本 英明
西日本高速道路(株)	正会員	田久 勉
神戸大学	正会員	澁谷 啓
西日本高速道路エンジニアリング関西(株)	非会員	小山 純二
国土防災技術(株)	正会員	戎 剛史
国土防災技術(株)	非会員	柴崎 達也

1. 背景

神戸層群は、切土や掘削による応力解放に伴い強度が低下し、遅れ破壊が問題となっている。当該法面では、建設時に掘削に伴う変状のため、切土勾配の変更やグラウンドアンカー工等の抑止工を実施していた。竣工から3年後に法面に大規模な変状が発生し、17本に及ぶボーリング調査を行い、集水井・水抜きボーリングによる抑制工とグラウンドアンカーとせん断杭による抑止工を実施した。対策により変状は収束されたと判断したが、5年後に再び変状が発生し、その後も断続的な変状が続いている。本稿では、法面の不安定化機構の検討や斜面の長期安定性評価に資することを目的に実施した土質試験の結果を報告する。その1では、ボーリングコアに確認された鏡肌状の弱面を含む不攪乱試料を用いて、現状のすべり面強度を評価した結果と、将来も変状が継続した場合に至る土質強度を想定し、攪乱試料による残留強度を調べた結果を報告する。

2. 調査地概要

調査地は、神戸市の高速道路沿いの切土斜面で、地質は古第三系神戸層群の泥岩・凝灰岩の互層からなる。凝灰岩はスメクタイトを含み、風化により軟質化している。地質調査の結果から、斜面の地質構造は、層理面傾斜が水平に近い緩やかな流れ盤構造をなす。最大すべり面深度が30mを超え、すべり面形状は低角な層理面に規制され椅子型を呈している。

3. 試験方法

ボーリングコアでは、すべり面の可能性のある深度に鏡肌状のせん断面が幾つか確認された。Skempton (1985) や眞弓ほか (2003) による先行研究と同様の手法で、弱層を含んだ不攪乱試料を対象に、一面せん断試験を実施した。眞弓ほか (2003) が開発した試験機をベースに、呼径86サイズのボーリングコア用に改良した木下ほか (2009) の試験機を用いて、定体積繰り返し一面せん断試験を実施した。試験供試体のサイズは、径60mm、高さ20mmで、その中心位置に弱面が水平となるように成形した。同一供試体で複数の垂直応力条件で繰り返し一面せん断試験を実施した。リングせん断試験は、Bishop型の試験機を用い、外径150mm、内径100mm、高さ20mmサイズの供試体で、垂直応力300kPaにて定常せん断状態を確認後、垂直応力を200→100→50kPa



写真-1 コアに確認された凹凸に富む鏡肌状せん断面



写真-2 リングせん断試験による残留強度状態のせん断面

キーワード 切土法面, リングせん断試験, 残留強度, すべり面, スメクタイト

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町5番4号 STD 茨木ビル 3F

西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 土木事業本部 道路技術部 TEL 072-631-5334

と段階的に変更し残留強度を求めた．いくつかの試料は3 供試体用意し，垂直応力 3 条件での試験も実施した．

4. 試験結果

不攪乱試料の弱面を対象にした繰り返し一面せん断試験の結果（表-1），粘着力は 0～57.4kPa とバラツキがあり，H29W-3 の試料は試験後もせん断面が分離しなかった．せん断抵抗角については，9.0～13.9° の幅の中で，9° 台の試験値が多数得られた．一方，425μm以下粒径分の再構成試料を用いたリングせん断試験の結果（表-2），残留せん断抵抗角 ϕ_r' が 4.9～6.4° の範囲に集中した．これは，純粋なスメクタイトの残留強度（山崎ほか，2000，Tiwari and Marui, 2005）に相当するもので，後続の発表

（その 2）で当該法面の変状を起こしやすい地層にスメクタイトが相当含まれるという X 線回折試験結果とも整合した．また，せん断強度とせん断変位量との関係（図-1）をみると，ピーク値である完全軟化強度から残留強度への強度低下が著しく，定常せん断状態に至るまでの変位量も大きい．

5. まとめ

ボーリングコアに確認された弱面を対象に一面せん断試験を実施した結果，9.0～13.9° のせん断抵抗角が得られた．せん断面の凹凸等を反映し，大きめの粘着力が得られた供試体も確認された．一方，リングせん断試験からは，残留せん断抵抗角 ϕ_r' が 5° 前後まで低下するような土質特性を有することが判明し，今後斜面の変状が進めば，すべり面の強度低下が更に進行する可能性が示唆された（図-2）．以上の結果より，長大切土法面の計画において，将来すべり面になる可能性のある弱層の存在の確認に加え，その弱層の強度評価と，どこまで強度が低下するかを把握する残留強度試験も重要であることが認識された．

参考文献

Skempton A. W. (1985): Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory. *Geotechnique*, 35, 1, 3–18, 眞弓孝之・柴崎達也・山崎孝成 (2003): すべり面せん断試験によるすべり面のせん断強度評価. *日本地すべり学会誌*, 40, 4, 273–282, 木下篤彦・山口真司・山崎孝成・柴崎達也・小島健・吉松弘行 (2009): 2004 年新潟県中越地震により大滑動した地すべりのすべり面の土質特性に関する研究. *日本地すべり学会誌*, 45, 6, 418–427, 山崎孝成・眞弓孝之・由田恵美 (2000): 高純度粘土鉱物のリングせん断特性:すべり面粘土との対比. *地すべり*, 37, 2, 30–39, Tiwari B. and Marui H. (2005): A new method for the correlation of residual shear strength of the soil with mineralogical composition. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131, 9, 1139–1150

表-1 弱層を対象にした一面せん断試験結果

調査孔 No.	深度 (GL-m)	弱層の強度	
		c'_{fr} (kPa)	ϕ'_{fr} (°)
H29W-1	10.32	18.0	9.0
	12.19	18.7	13.9
H29W-3	32.75	57.4	9.9
H29B-5	20.55	4.5	13.1
	20.77	0.0	9.5
H29B-6	27.17	4.3	9.3
	27.33	0.9	11.4

表-2 攪乱試料より得られた残留強度とその物理特性

調査孔 No.	リングせん断試験						物理試験					
	再構成試料 (425 μm 粒径分, 一部 75 μm 粒径分)						425 μm 粒径分					
	深度 (GL-m)	試験 供試体	完全軟化強度		残留強度		粒度特性 (レーザー回折法)			コンシステンシー特性		
H29W-1	10.20–10.34	1	c'_s (kPa)	ϕ'_s (°)	c'_r (kPa)	ϕ'_r (°)	粘土 %	シルト %	砂 %	液性限界 WL(%)	塑性限界 WP(%)	塑性指数 IP
	12.10–12.60	3										
H29W-3	30.85–31.20	3										
	30.85–31.20 (<75 μm 粒径分)	1										
H29B-5	20.55–20.77	1										
H29B-6	27.17–27.33	1										

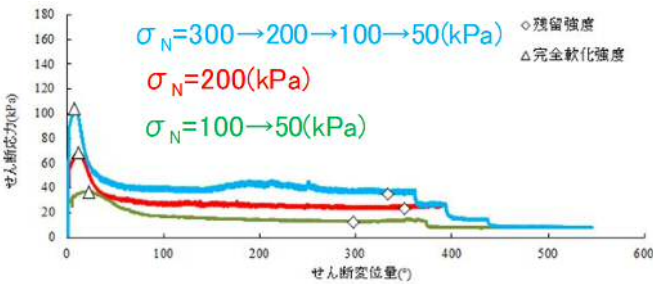


図-1 リングせん断試験せん断過程

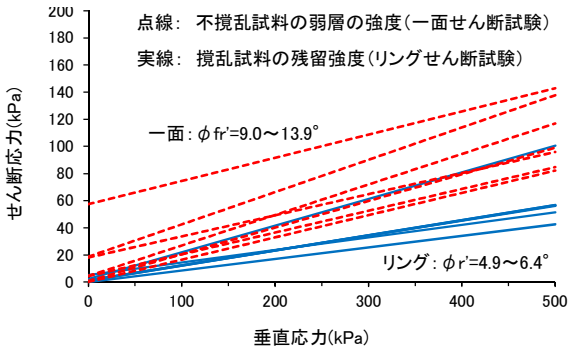


図-2 弱層の強度と攪乱試料の残留強度の破壊線