



大型土槽実験によるジオシンセティックス L型排水盛土防水工の補強土壁への適用性

白, 濟民 ; 澁谷, 啓 ; 許, 晋碩 ; 尾方, 武文 ; 金, 秉洙 ; 忠野, 祐介

(Citation)

ジオシンセティックス論文集, 28:353-360

(Issue Date)

2013-12

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90003305>



大型土槽実験によるジオシンセティックス L型排水盛土防水工の補強土壁への適用性

白濟民¹・澁谷啓²・許晋碩³・尾方武文⁴・金秉洙⁵・忠野祐介⁶

本論文では、澁谷ら(2008)が提案するジオシンセティックス排水材を用いたL型排水盛土防水工をテールアルメ補強土壁へ適用することにより、豪雨時の安定性が確保できることを大型土槽実験により検証した結果を述べている。裏込め材として細粒分含有率が33%の自然土を締固め度90%となるように転圧し、防水工がない場合とある場合の2ケースの浸透実験を実施した。壁面変位および盛土内に配置した傾斜計、水分計、サクシオン計、水位計により補強土壁全体の挙動を詳細に観察し、浸透流解析シミュレーションにより防水効果を確認した。L型排水盛土防水工は、補強土壁背面からの浸透流に対して、補強土壁全体の安定性を確保する上で抜群の効果があることが明らかとなった。

キーワード：ジオシンセティックス排水材，L型排水盛土防水工，大型土槽実験，補強土壁

1. はじめに

近年、豪雨時に補強土壁が被災する事例が増えている。平成16年台風23号による豪雨災害では、兵庫県内で建設中の補強土壁が、背面部での急激な水位上昇に伴い崩壊した。背部の斜面や地山からの雨水浸透により裏込め盛土背面に水圧が作用し、加えて盛土内の飽和領域が拡大したためサクシオンが低下し、盛土材の剛性および強度低下を引き起こしたことが主たる原因であった¹⁾。一般に細粒分含有率の高いシルト質の現地発生土を使用した補強土構造物は、雨水が浸透すると排水に時間を要し、飽和状態が長時間継続する。長期にわたる飽和状態の形成は、補強材による補強効果を著し低減させ、場合によっては盛土内部でのせん断圧縮破壊を誘起する。したがって、降雨による盛土被害軽減のためには、盛土内への雨水の浸入および盛土背部での帯水を許さないことが重要となる。

この種の盛土崩壊を防ぐために澁谷ら(2008)^{2), 3), 4)}はL型排水盛土防水工を提案している。ちなみに、L型の意味は、鉛直のジオシンセティックス排水材と底面の水平碎石層の配置形状からL型と称する。この工法は従来の盛土と擁壁境界部に設置した排水工とは異なり、盛土内に鉛直に設置したジオシンセティックス排水材によって盛土背面からの浸透水を下方に落とし、盛土底部に設置している碎石層から速やかに浸透水を盛土外へ排水さ

せる方法である。これは、盛土自体を防水領域と考え、単に遮水するのではなく、十分な排水によって盛土背面からの浸透水を断固として許さず、盛土背部からの浸透水の蓄積を防ぐことに特徴がある。さらに、L型排水盛土防水工の用途を「沢部の腹付け盛土」「大規模盛土」「谷埋め盛土または既設盛土対策」に分けて提案している⁵⁾。

本研究では、ジオシンセティックスを用いたL型排水工をテールアルメ壁に適用し、その防水効果を検証するため、実物大盛土実験および数値解析を実施した。実物大盛土実験は、大型土槽を用いた給水実験とし、L型排水材の設置の有無によるテールアルメ補強土壁の挙動の違いを詳細に観察した。そのために、変位観測(壁面の変位計、パイプひずみ計)、盛土内部の水位観測などの各種の動態観測を実施している。なお、実物大盛土実験に先立ち、盛土材として使用した自然土について、一連の室内試験を通して物理的特性、透水特性、締固め特性およびせん断強度特性を調査している。数値解析としては、数値シミュレーションを実施してテールアルメ壁の全体的な安定性を評価した。また、汎用プログラムであるSEEP/W(浸透解析専用プログラム)を用い、適用したL型排水工の性能を浸透流解析により評価した。

2. 実験に用いた盛土材料の特性

¹学生会員，神戸大学大学院工学研究科 市民工学専攻，博士課程後期課程(〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

²個人会員，神戸大学大学院工学研究科 市民工学専攻，教授(〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

³個人会員，株式会社ESCOコンサルタント，附設技術研究所(元，神戸大学研究員)(〒431-060 韓国京畿道安養市東安区冠陽洞224-5)

⁴個人会員，ヒロセ株式会社，営業本部技術部(〒550-0015 大阪市西区南堀江1-12-19)

⁵個人会員，岡山大学大学院 環境生命科学研究科，助教(元，神戸大学研究員)(〒700-0082 岡山県岡山市北区津島中1-1-1)

⁶個人会員，大成建設株式会社，技術センター(元，神戸大学大学院生)(〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場1-14-10)

(1) 物理的特性

本実験で使用した盛土材は、建設現場において発生した建設残土であり、材料名として自然土と称することとする。表-1 に自然土の基本的な物理特性をまとめる。材料の土粒子密度は $\rho_s=2.609\text{g/cm}^3$ であり、三角座標による分類では細粒分質礫質砂(SFG)に分類される。図-1 に自然土の粒径加積曲線を示す。均等係数および曲率係数はそれぞれ 126.7 と 2.46 の値を示し、粒度分布の良い土である。なお、0.075 mm以下の細粒分の含有率は 32.6%である⁹⁾。

表-1 用いた試料の基本的な物理特性

材料名			自然土	
含水比		w (%)	23	
土粒子の密度		$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.609	
間隙比 ^{*1)}		e	0.655	
飽和度 ^{*2)}		$S_r(\%)$	88.0	
空気間隙率 ^{*3)}		$n_a(\%)$	4.8	
粒 度 特 性	石分	(%)	75 mm以上	0
	礫分		2~75 mm	25.2
	砂分		0.075~2 mm	42.2
	細粒分		0.075 mm以下	32.6
	平均粒径		$D_{50}(\text{mm})$	0.23
	最大粒径		$D_{\text{max}}(\text{mm})$	26.5
	均等係数		U_c	126.7
	曲率係数		U_c'	2.46
<div><div>$*1) e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$</div><div>$*2) S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w}$</div><div>$*3) n_a = 100 - \rho_d/\rho_w(100/\rho_s + w)$</div></div> <div>※ ρ_d:土の乾燥密度(g/cm^3), ρ_w:水の密度(g/cm^3)</div>				

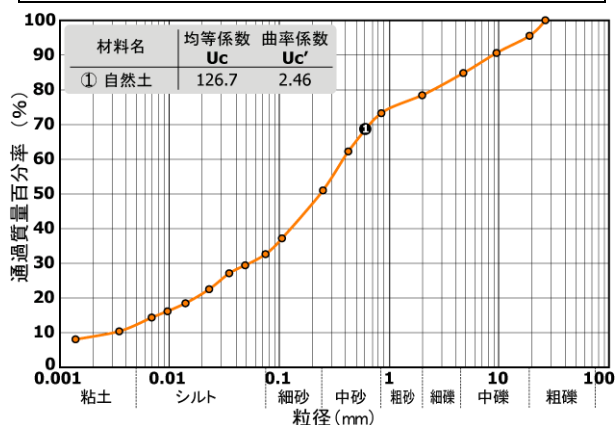


図-1 粒径加積曲線

(2) 締固め特性および強度特性

自然土の締固め特性は、JIS A 1210「突固めによる土の締固め試験」に従い、A-c 法【(モールド: 直径 10cm, 高さ 12.73cm), (湿潤法, 非繰返し)】を適用した。図-2 に締固め曲線を示す。最大乾燥密度は 1.576g/cm^3 , 最適含水比は 22.1%であった。

せん断強度特性を求めるために三軸圧縮試験を行った。表-2 に三軸圧縮試験の条件を示す。ここで、供試体の直径は、試料の最大粒径 26.5mm の 5 倍程度まで許容される⁷⁾ことから、直径 10cm, 高さ 20cm とした。図-

3 に自然土の破壊時のモールの応力円群を示す。自然土の粘着力と内部摩擦角は、それぞれ $c_f=17.5$ と $\phi_f=29.7^\circ$ である。一般的砂質土の設計値⁸⁾($c_f=0$, $\phi_f=30\sim35^\circ$) より粘着力は高い値であり、内部摩擦角は小さい値であった。

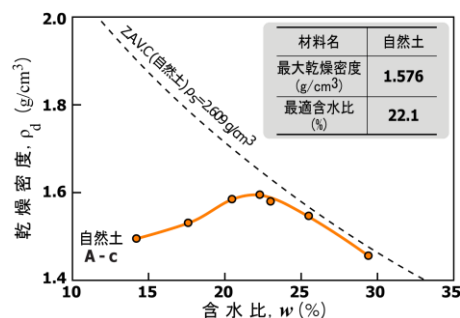


図-2 締固め曲線

表-2 三軸圧縮試験の条件

CD 試験	締固め度 D_c (%)	拘束圧力 σ (kPa)	ひずみ速度 (%/min)
	90	50 100 200	0.1

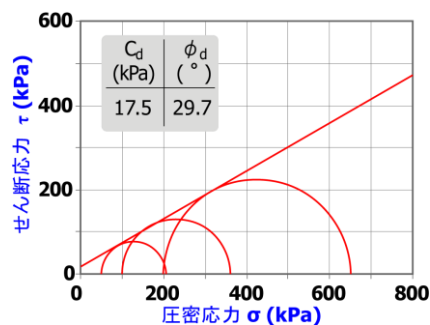


図-3 せん断応力と有効応力の関係

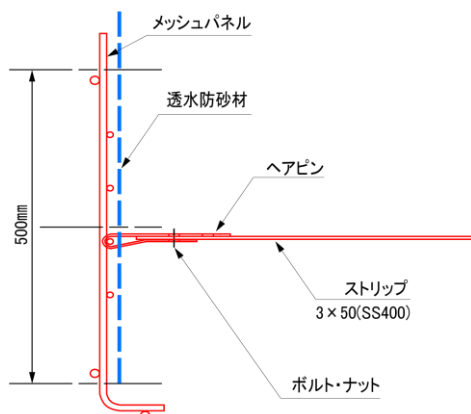
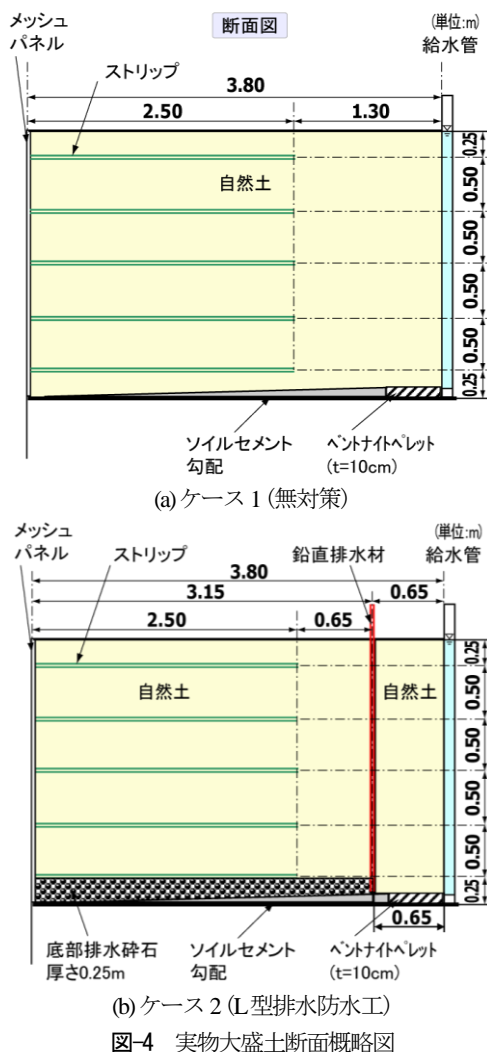
(3) 透水特性

自然土の透水特性を求めるために、10cm×12.73cm のモールド内で締固め度 $D_c=90\%$ で締固めた供試体を用いた変水位透水試験を実施した。自然土の透水係数は $6.84 \times 10^{-8}\text{m/s}$ 程度と「非常に低い」透水性を示した。

3. 実物大盛土実験

(1) 実物大盛土の構造および設計方法

本研究に用いた実物大盛土実験の土槽は、高さ 3.0m, 幅 2.0m, 奥行き 4.0m の内空断面を有し、周囲を防水シートで被覆している。背面部には、等間隔で多数の小孔を設け、小孔からの土の流入を防ぐため不織布を巻いた塩化ビニル管(VP 管)である給水管(直径 200 mm, ストレーナ加工)を建て込んでいる。また、補強土壁による盛土は、高さ 2.5m, 幅 2.0m, 奥行き 3.8m である(図-4)。テールアルメ壁は、実施工に使用されている部材を用い、テールアルメの設計基準⁹⁾に沿って設計した。



使用した部材は、壁面材として高さ 500 mm×幅 2,000 mmのメッシュパネルを用い、裏面には透水防砂材を配して盛土材のこぼれ出しを防止している。補強材としては、厚さ 3 mm×幅 50 mmのリブ付きストリップ(材質 SS400)を用い、接続金具を介してメッシュパネルに連結させた(図-5)。鉛直排水材の形状は山型であり、通水断面を確保するためのコア材を不織布で挟んだ構造になっている(図-6)。コア材の材質は高密度ポリエチレン(HDPE)、不

織布はポリプロピレン(PP)不織布である。コア材の断面形状は溝幅 12.5 mm、溝深さ 10.0 mmで遮水用の穴(φ6 mm)が 75 mm間隔で空けられている。また、鉛直排水材は 5 段に分けて建て込み、それぞれの排水材の結合部分はコア材を専用の金具で結合し、上段の不織布の裾をスカート状にして下段の不織布に両面テープで接着することにより容易に施工できた¹⁰⁾。

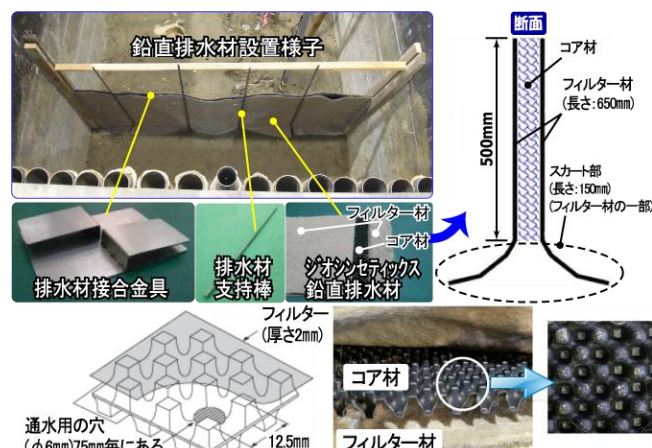


表-3 初期設計時の土質定数

区分	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	粘着力 c_d (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ_d (°)	ストリップとの摩擦角 ϕ (°)
ケース 1 自然土 (無対策)	1.74	0	30	36.0
ケース 2 自然土				

表-4 リブ付きストリップを用いた一面せん断試験結果

供試体 D×H(cm)	6.00×2.50	
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.610	
ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.560	
$\rho_d = \rho_{dmax} \times 0.90$	1.404	
含水比 w (%)	24.0	
試料の状態	不飽和	飽和
粘着力 c (kPa)	2.6	4.3
せん断抵抗角 ϕ (°)	35.1	33.0

一方、表-3 に大型実験のケースごとの実験条件および設計時の土質定数をまとめている。盛土材の自然土は、細粒分含有率 F.C.=32.6%であることから、テールアルメの設計基準によれば[B]材料に該当する。[B]材料ではストリップとの摩擦係数は、 $f^* = \tan \phi$ の関係において $\phi = 25^\circ$ とされるが、本実験ではリブ付きストリップを用いた一面せん断試験結果(表-4)に基づき¹¹⁾、ストリップと盛土材との摩擦係数を検討した¹²⁾。ストリップに作用する鉛直応力と最大せん断応力 τ_{max} の関係は式(1)で表すことができる。

表-6 盛土材料の主な物理特性

区 分	湿潤密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	自然含水比 $w(\%)$	粘着力 $c_d(\text{kPa})$	せん断抵抗角 $\phi_d(^{\circ})$	実験締固め度 $D_c(\%)$	最大乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	最適含水比 $w_{qt}(\%)$
ケース 1 自然土 (L排水材なし)	1.85	24.4	17.5	29.7	90	1.576	22.1
ケース 2 自然土	1.78	22.3	17.5	29.7	90	1.576	22.1

$$f^* = \frac{\tau_{\max}}{\sigma} \quad (1)$$

ここに、 f^* ：見かけの摩擦係数、 σ ：土被り圧で（本実験モデルでは $\sigma = \gamma \cdot H$ ）、 γ ：単位体積重量 $=17.06(\text{kN/m}^3)$ 、 H ：土被り厚 $=2.5(\text{m})$ とした。計算結果としては不飽和状態では $\phi=37.3^{\circ}$ 、飽和状態で $\phi=36.8^{\circ}$ となり、[A]材料における最低値である $\phi=36^{\circ}$ を満足する。この値を用い、補強材の引抜けに対する計画安全率 $F_s=1.0$ (通常 $F_s=2.0$)としてストリップの配置仕様を決定した。ストリップの引抜けに対する安全率の場合、通常は $F_s=2.0$ として設計されるが、本実験においては、真の安全率を確認するため意図的に $F_s=1.0$ として設計した。ここで、引抜けに対する安全率は式-2による。

$$F_s = \frac{2 \cdot f_i^* \cdot \sigma_{vi} \cdot b \cdot L_e}{T_i} \quad (2)$$

ここに、 f_i^* ： i 段目における見かけの摩擦係数、 σ_{vi} ： i 段目における鉛直応力 (kN/m^2) 、 b ：ストリップ幅 (m) 、 L_e ：抵抗領域内長さ (m) 、 T_i ： i 段目ストリップに作用する引張り力 (kN) 、算定された安全率を表-5に示す。

表-5 各段における引抜け安全率

段数 (i)	ΔH (m)	ΔB (m)	L (m)	F_s
1	0.50	1.00	2.50	1.042
2				1.025
3				1.007
4				1.158
5				1.300

表-7 実験ケースごとの品質管理結果

区分	含水比 $w(\%)$	締固め度 $D_c(\%)$		最大乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	最適含水比 (%)
		キヤスポル	砂置換		
ケース 1 自然土 (無対策)	24.4	90	93	1.576	22.1
ケース 2 自然土	22.3	91	91		

(2) 実物大盛土の築造方法および締固め度管理法

表-6 に実物大実験に用いた自然土の主な物性値を示す。ケース 1 は事前に行った自然土の土質試験結果から飽和状態で安全率 $F_s \approx 1.0$ となる様にストリップの配置仕様決定を行い、自然土のみを用いて排水材は設置して

いない。ケース 2 もケース 1 と同じ設計で施工を行った。今回用いた自然土は細粒分含有率 $F_c=32.6\%$ であるため、テールアルメの設計基準⁹⁾によれば、[B]材料にあたり、実務において無対策では盛土材として用いることができない材料である。なお、参考として同設計基準では、細粒分 25% 以下の土であれば改良することなく盛土材として使用できると規定されている。L 型防水工の排水効果を確認するために、同じ自然土を用いて無対策盛土(ケース 1)と L 型排水盛土(ケース 2)の比較を行った。試験盛土の製作は、センサー類を設置しながら各層を所定厚さ 25cm になるように撒き出した後、60kg のプレートを用いて転圧した。各層の締固め度の管理は、層毎にポータブル支持力測定機であるキャスポルの I_s 値による推定締固め度および 2 層・4 層・6 層・8 層目において砂置換による現場密度測定により確認した。表-7 に各実験ケースの品質管理結果の平均値をまとめて示す。

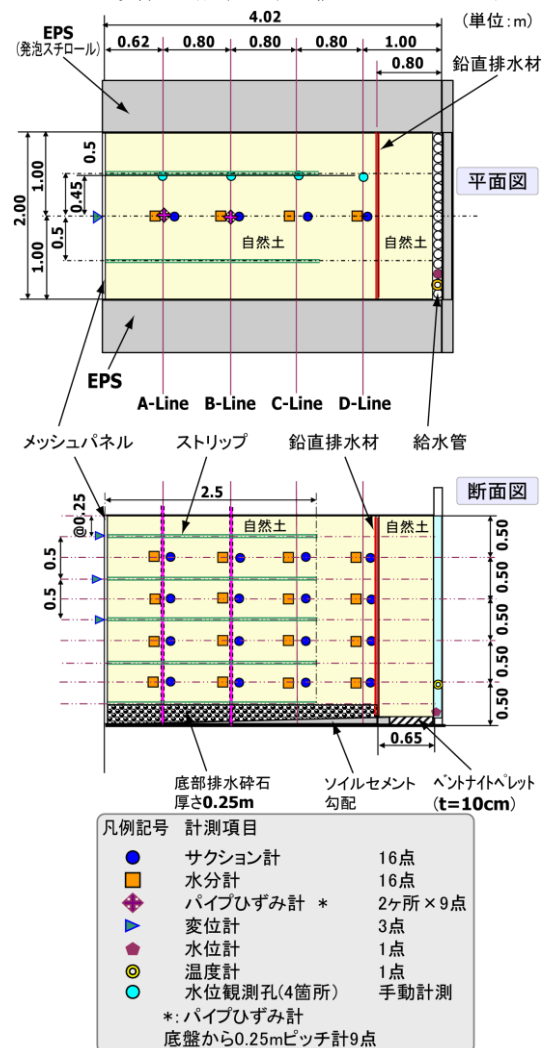


図-7 実物大盛土実験の概要図

(3) 実験手順および計測方法

盛土実験における給水は、給水タンクの水位を一定に保持しながら盛土の背面に設置した塩化ビニル管を通じて盛土へ通水した。ちなみに、塩化ビニル管は盛土側に等間隔で多数の小孔を設けた給水管であり、小孔からの土の流入を防止するためのフィルターとして不織布を塩化ビニル管に巻いた。

給水実験は、塩化ビニル管である背面の給水管の水位を最大 2.5m まで上昇させることにより行った。初期水位を 2.5m まで急激に上昇させた後、水位テスターを用いて一定となるように給水量を調整した。L 型排水材からの排水量を一定時間毎に計測し、排水量が一定となった状態を定常状態とした。定常状態を確認してから各試験ケースの経時変化観察を行い、その後自然排水により脱水した。図-7 に実物大盛土実験の計器配置図(平面図・断面図)を示す。土槽盛土の挙動を把握するため、実験盛土の地盤造成時にセンサー類を埋設して実験中の盛土挙動を観察した。補強土壁の動態観測としては、前面に設けた基準点からの変位量を変位計により計測した。また、パイプひずみ計を設置して地盤内の変形挙動を観測した。一方、サクシオン計と水分計は締固め各層の表面に埋設し、地盤内の水位は観測孔(塩ビパイプ)を埋設して水位テスターで手動測定した。また、背面浸透パイプ内に水位計と温度計を設置して経時変化を記録した。これらの計測は、各センサーからスイッチボックスおよびデータロガーを介し 1 分間毎に記録した¹³⁾。

4. 実物大盛土実験の結果

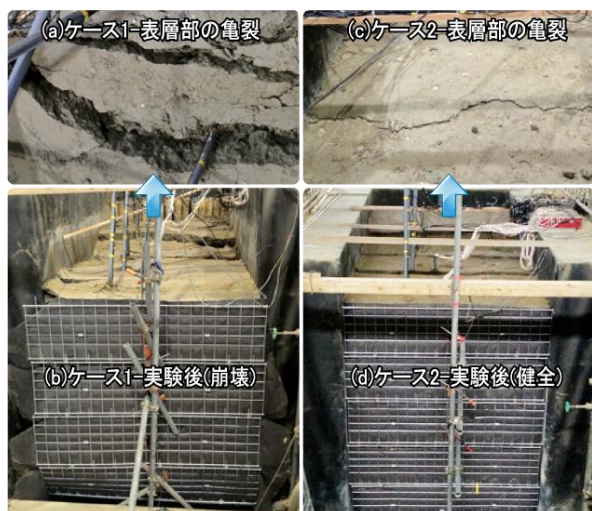


図-8 表層部の状態および実験後の全景

(1) 変形挙動

無対策実験であるケース 1 は、背面からの給水に伴い盛土内の水位は上昇、前面への排水は給水後約 25 分経過した時点で認められた。このとき、ストリップ先端部に亀裂が発生、壁面は 80~100 mm の変位量を示した(図-9(a))。継続した給水によりさらに盛土内水位が上昇、

補強土背面部中心に亀裂拡大した(図-8(a))。52 分後に給水停止したが水位低下は鈍く、壁は補強材と一体で大きく前方へ挙動し、最終的には崩壊に至った(図-8(b))。ケース 1 での地中ひずみの分布状況(累積曲げひずみ)(図-10)より、A,B-Line 共に補強土壁面から 0.5~1.0m 付近での変形が認められ、上位では壁面側の A-Line でのひずみが卓越する。

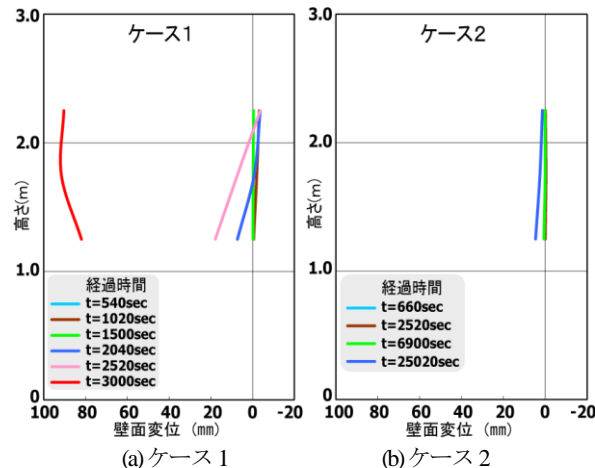


図-9 壁面変位

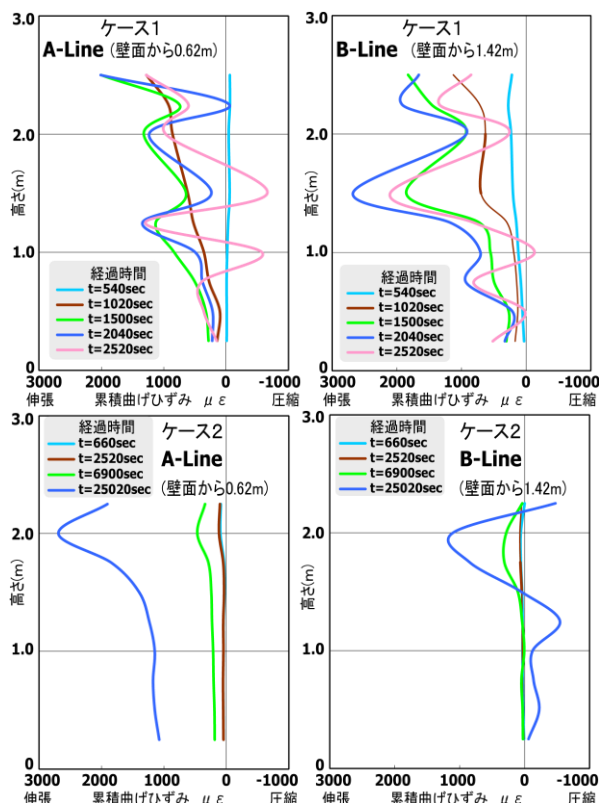
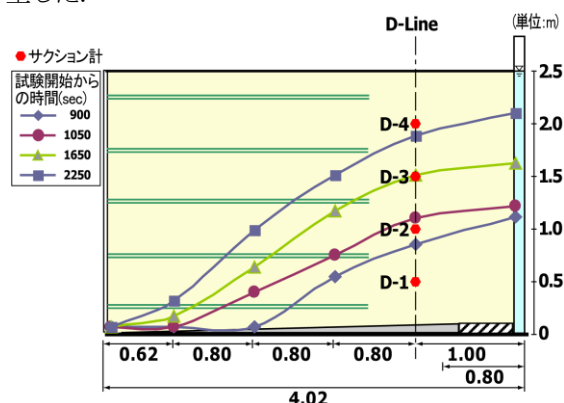


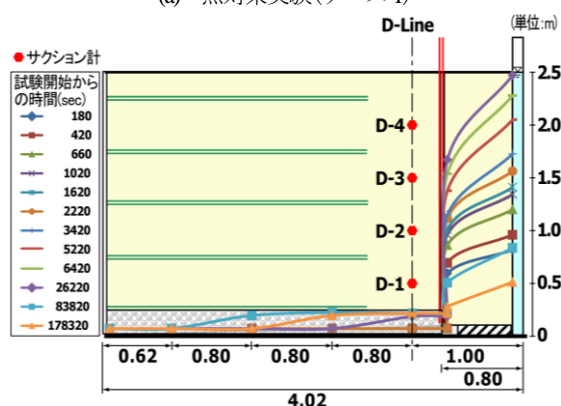
図-10 地中パイプひずみ分布図(累積曲げひずみ)

一方、L 型排水防水工実験であるケース 2 は、給水開始直後より水平排水層前面から排水し、背面水位が盛土高さの 2.5m に達するのに 2 時間を要する(ケース 1 では、51 分を要する)。この過程でケース 1 同様ストリップ先端付近にヘアクラック(図-8(c))が生じたが、範囲が拡大することは無かった。その後、定常水位状態にて 5 時間

に亘り水位を維持したが、盛土内への水位上昇は認められず、補強土壁面の水平変位も最大 4.7mm と微小変形に留まり(図-9(b)), 安定した状態にあった。一方、背面土では地表面が 5cm 沈下するなど、経時変化に伴い乱れが生じた。

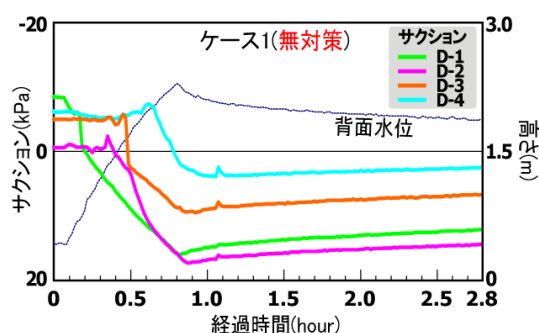


(a) 無対策実験(ケース 1)

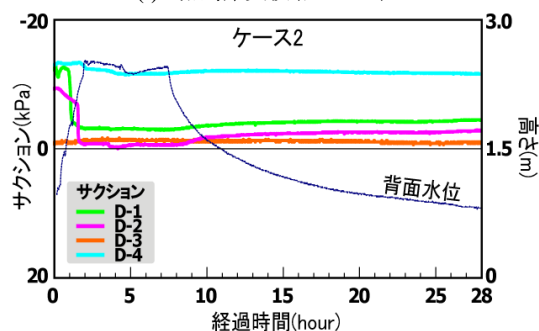


(b) L型排水防水工実験(ケース 2)

図-11 給水実験における水位変動の比較



(a) 無対策実験(ケース 1)



(b) L型排水防水工実験(ケース 2)

図-12 D-Lineにおけるサクシジョンの比較

(2) 浸潤線の変化

図-11 はケース 1 とケース 2 の給水実験における浸潤線の変化を示す。L 型排水材が設置されているケース 2 の浸潤線を見ると盛土内部への水の浸透はないことが確認できる。この結果は、L 型排水防水工の排水及び防水効果が発揮されたものと考えられる。

また、図-12 に各ケースの給水開始からの経過時間と盛土の最も背面側の D-line(補強土壁面から 3.02m 地点)に設置したサクシジョン計で観測されたサクシジョンの値の関係を示す。ただし、各ケースの D-line の図には、背面給水管の水位の経時変化も付記している。ケース 1 の場合、盛土背面から給水を行うと約 1 時間以内にサクシジョンを喪失した。一方、ケース 2 は底面部である D-1 と D-2 の地点では、サクシジョンが少し低下したが、28 時間にかけて行われた給水実験の間に全体的にサクシジョンが維持された。この結果からケース 2 はケース 1 に比して排水効果が明瞭であり、排水が長時間持続されたと考えられる。

5. 浸透流解析によるL型防水工の性能評価

前述までは、テールアルメ補強土壁にジオシンセティック L 型排水材を採用した場合の防水効果を実物大盛土実験より確認した。本章では、実物大盛土実験の条件と同様なモデルを採用した FEM 数値解析の実施により L 型防水工の性能を検証している。

(1) 解析方法および解析モデル

本研究の FEM 数値解析には、地盤工学の研究者や技術者などの間で国際的に広く用いられている汎用プログラムである GEO-SLOPE 社が開発した SEEP/W(浸透解析専用プログラム)を使用した。図-13 には実物大盛土実験のケース 2(L 型排水材の採用ケース)に相当する浸透流解析モデルを示す。ケース 1 の場合は、ケース 2 のモデルと同様な寸法、境界条件および給水条件で、鉛直排水材と底面排水層を除いたモデルでケース 2 と同様な浸透流解析を実施した。

一方、盛土材の透水係数は室内透水試験結果を参考にして、 $k=10^{-8} \text{m/s}$ を適用し、鉛直排水材のフィルター材の透水係数と底面部の排水碎石層の透水係数は円滑な排水を仮定して $k=10^{-3} \text{m/s}$ を適用した。なお、今回の浸透解析では、背面給水に対する流入条件を反映するため、高さ 2.5m である盛土背面土に、実物大盛土実験で行った給水条件と同様の水頭条件、即ち、時間-水頭変化の関数を適用した不定流浸透流解析を実施した(図-14)。

(2) 解析結果および考察

図-15 に時間経過に伴う盛土内の間隙水圧分布と流速ベクトルを示す。この結果より、背面給水による水位の増加に伴い、L 型排水材の外部区域にて飽和化が進行されることが分かる。

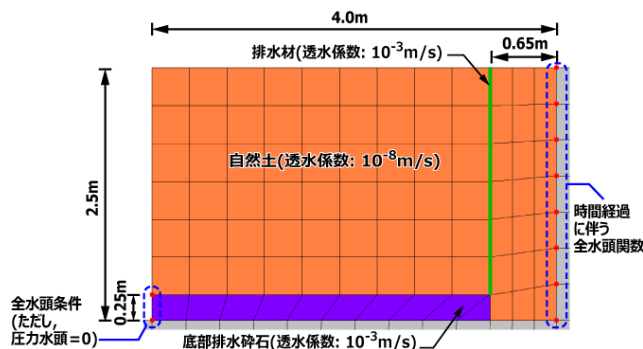


図-13 浸透流解析に用いたモデル(ケース2)

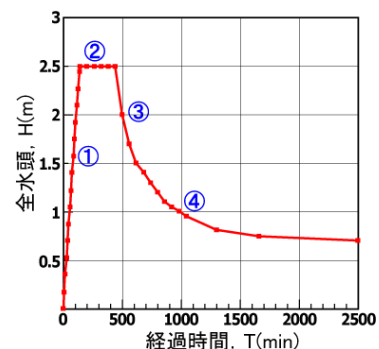


図-14 時間-水頭変化の関数

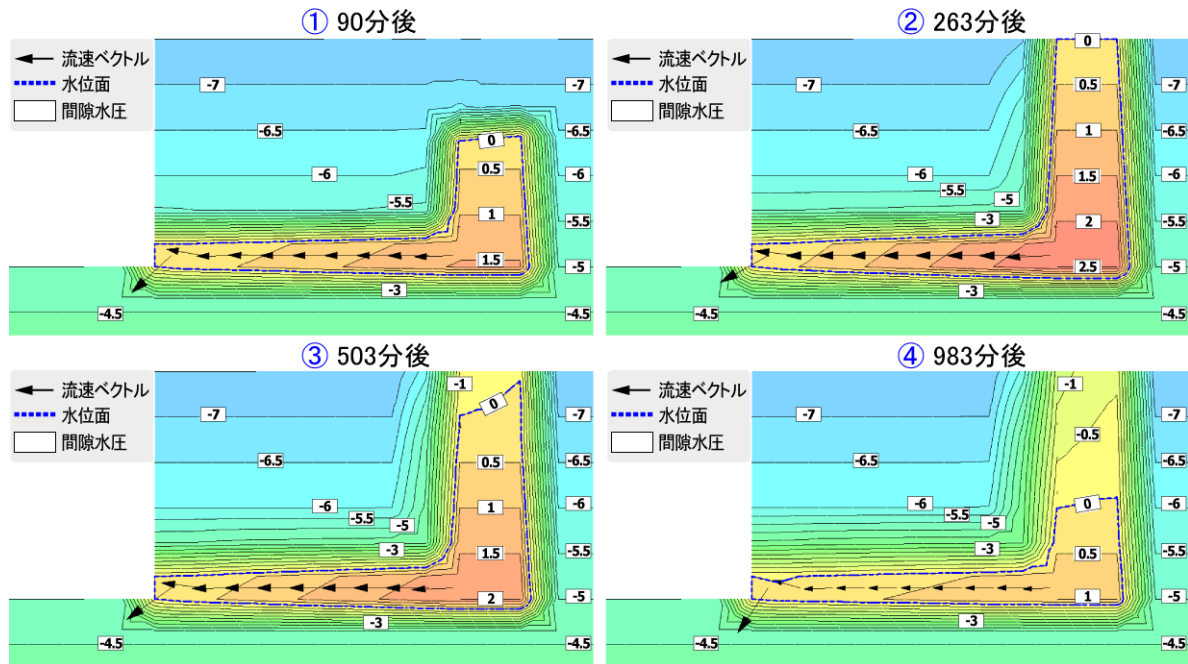


図-15 時間経過に伴う間隙水圧分布および流速ベクトル図(ケース2)

ちなみに、図-14 と図-15 に示すように、L 型排水材の内部区域は背面の水位が 1.5m まで上昇(①90 分後)しても盛土内部への浸透は見られないことが明らかである。

一方、盛土背面の水位が 2.5m で維持される定常水位の間(②263 分後)を通して飽和領域が拡大することなく、水位低下時(③503 分後～④983 分後)には鉛直排水材により排水が促進されている様子が伺え、L 型排水材を介して浸透水が盛土外部へ排水される様子が再現されている。これらの結果から、L 型排水材の設置により背面に急激な水位上昇が生じても、補強土壁に水圧の影響や水の浸透はないと評価できる。

6. まとめ

本研究は、ジオシンセティックス排水材を用いた「L 型排水盛土防水工」の盛土内の排水効果について、実物大盛土実験による浸透実験を行った。実物大実験は、自然土を用い、排水材を設置していない「無対策盛土」、自然土を用いジオシンセティックス排水材を鉛直に設置し、底部には碎石層を水平に設けた「L 型排水盛土」の計 2 ケースについて浸透実験を行った。それらの実験に

おいて計測された各データを整理することにより得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 無対策盛土ケース 1 では、給水後約 25 分でストリップ先端部に亀裂が発生し前方へ拡大していった。約 50 分後には盛土内水位の上昇に伴い、補強土壁のはらみ出しも大きくなった。給水停止後も盛土内の水位低下は鈍く、最終的には補強土壁は一体で大きく前方へ挙動し、崩壊に至った。崩壊は最上段のストリップ先端より起こり、崩壊形式は補強土背面からの給水による地盤内の水位上昇に伴うサクシンの消失と、地盤が飽和化することによる自重の増大ならびに補強土壁背部の滞水による水圧上昇による円弧すべりであると考えられる。
- (2) L 型排水材を設置したケース 2 (自然土) では、給水を開始直後より底部排水層からの排水を確認した。給水を継続していくと、ケース 1 と同様にストリップの先端部にクラック 2 か所が発生したが、亀裂の範囲が拡大することなく終始安定した状態を保っていた。前面のメッシュパネルの変位も最大 4.7 mm と少なかった。
- (3) 「L 型排水盛土防水工」を施したケース 2 については、給水管(地山)からの浸透水を鉛直に設置したジオ

シンセティックス排水材によって下方に落とし、底部碎石層より速やかに盛土外へ排水させる所定の効果が得られた。このため、盛土材中に水位が上昇することは一切なく、盛土は安定した状態を保つことができた。

- (4) これら計2ケースの実物大盛土による浸透実験を通じて、補強土壁(テールアルメ)に「L型排水盛土防水工」を用いることにより、盛土背面(地山)からの浸透水を一切盛土内へ浸透させず、さらに盛土背面への滞水を断固として許さず、安定した状態を保つことができるということが実証された。
- (5) しかし、ジオシンセティックス排水材の変形、底部碎石層への目詰まりによる排水量の低下という問題も明らかになったため、今後はより長期的な視点から検討していかなければならない。

謝辞：本研究は、文部科学省科学研究費基盤研究 A(課題番号：22241045、研究代表者：澁谷啓)ならびに(公財)鉄鋼環境基金の支援を受けた。

参考文献

- 1) Shibuya, S., Kawaguchi, T. and Chae, J-G.(2007): Failure of Reinforced Earth wall as attacked by Typhoon No. 23 in 2004, Soils and Foundations, Vol.46, No.2, pp.153-160.
- 2) 澁谷啓, 齋藤雅彦, 原健二, 三井仁哉：ジオシンセティックスを用いた「L型排水盛土防水工」の提案,第43回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.1539-1540, 2008.
- 3) 原健二, 齋藤雅彦, 三井仁哉, 澁谷啓：ジオシンセティックスを用いたL型排水盛土防水工の模型実験と数値シミュレーション, 第43回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.1541-1542, 2008.
- 4) 原健二, 澁谷啓, 齋藤雅彦, 鳥居宣之, 蔡鍾吉, 梶尾孝之：ジオシンセティックスを用いたL型排水盛土防水工, ジオシンセティックス論文集(CD-Rom), Vol. 23, pp. 147-154, 2008.
- 5) 澁谷啓：盛土崩壊のメカニズムと対策工, ジオシンセティックス論文集(CD-Rom), Vol.23, pp.1-14, 2008.
- 6) 白濟民, 金秉洙, 本郷隆夫, 澁谷啓：製鋼スラグ混合土の透水・力学的特性に関する研究, 第47回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.541-542, 2012.
- 7) 社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説, pp. 544, 2009.
- 8) 東中西日本高速道路(株)：設計要領第一集土工編, 2009年7月
- 9) (財)土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル第3回改訂版, 2003.
- 10) 忠野祐介, 澁谷啓, 金秉洙, 許晋碩, 白濟民, 尾方武文, 石川雅英, 森英一郎, 水田智幸, 市原明恵：ジオシンセティックスを用いたL型防水工の補強土壁への適用性に関する実物大盛土実験(その1)(大型土槽実験によるL型排水材の検証実験), 第47回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.1323-1324, 2012.
- 11) 金秉洙, 中村努, 尾方武文, 澁谷啓：一面せん断試験装置を用いた製鋼スラグ混合土とメタルストリップ補強材との摩擦特性の測定, 第47回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.501-502, 2012.
- 12) 尾方武文, 石川雅英, 本郷隆夫, 許晋碩, 金秉洙, 澁谷啓：ジオシンセティックスを用いたL型防水工の補強土壁への適用性に関する実物大盛土実験(その2)(テールアルメにおけるL型排水材の効果について), 第47回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.1325-1326, 2012.
- 13) 許晋碩, 森英一郎, 水田智幸, 市原明恵, 尾方武文, 本郷隆夫, 澁谷啓：ジオシンセティックスを用いたL型防水工の補強土壁への適用性に関する実物大盛土実験(その3)(スラグを用いた補強土壁の挙動について), 第47回地盤工学研究発表会発表講演集(CD-Rom), pp.1327-1328, 2012.

FULL-SCALE MODEL TEST ON THE APPLICABILITY OF L-SHAPED GEOSYNTHETIC DRAIN SYSTEM TO TERRE ARMÉE WALL AGAINST HEAVY RAINFALL

Je-Min BAEK, Satoru SHIBUYA, Jin-Suk HUR, Takefumi OGATA, Byeong-Su KIM and Yusuke TADANO

In this paper, the applicability of L-shaped geosynthetic drain (LGD) system (Shibuya et al., 2008) to Terre Armée wall in maintaining the stability against heavy rainfall is examined by performing a full-scale model test. Full-scale model tests with and without the LGD system (i.e., case 1 and case 2) were carried out by using a natural soil with fines content of about 33 percent as the backfill. The behavior of the reinforced wall subjected to seepage water was carefully observed with instrumentations mounted in the backfill. It was manifested that the LGD system is extremely effective for the stability of the Terre Armée wall by preventing ground water from accumulating behind and infiltrating in the backfill. The effectiveness of LGD system against the attack of the seepage water was also evaluated by performing seepage flow analysis.

KEYWORDS: L-shaped geosynthetic drain, Full scale model test, Embankment, Terre Armée wall