

ジオテキスタイル工法による石川県宮ノ本池の強化復旧事例

— 下流法先部の補強およびパイピング防止対策 —

松島健一*・毛利栄征**・堀俊和*・有吉 充*・上野和広*

目 次

I 緒 言	205	2 ジオテキスタイル工法による	
II 決壊した宮ノ本池	205	法先部の補強およびパイピング防止対策	209
1 宮ノ本池の被災状況	205	3 本対策工法の適用性	212
2 平成7年および平成22年の被災状況	206	IV 結 言	213
3 決壊原因について	208	参考文献	213
III 強化復旧対策	208	Summary	214
1 構造的ウィークポイント			
および復旧対策の考え方	208		

I 緒 言

ため池は近代の設計法が適用される以前に築堤されたものが多く、毎年のように数多くのため池が地震や豪雨により被災を受けている。ため池は全国に21万カ所存在し、うち早急に改修が必要な老朽化ため池は約2万カ所に及んでいる（農林水産省，2000）。このため、豪雨や地震によるため池の被災リスクを低減するためには、従来の地盤材料のみを突き固めた伝統的な方法だけではなく、新しい補強技術を積極的に導入していく必要がある。本報では、決壊した石川県宮ノ本池を対象にして、現地調査に基づく構造的ウィークポイントを分析するとともに、復旧工法として採用されたジオテキスタイルによる法先補強対策の現場適用性について検討する。なお、本対策工法は、法先補強とパイピング防止を兼ね備えた効果を期待するものである。

なお、本報の取りまとめに際して、石川県農林水産部農業基盤課および石川県七尾市産業部農林水産課の関係者の皆様には多大なるご支援・ご協力を賜りました。記して感謝を述べます。

II 宮ノ本池の被災状況

1 宮ノ本池の概要

Fig.1に宮ノ本池の位置および地形条件を示す。宮ノ本池は石川県七尾湾に浮かぶ東西約14km、南北約9km、周囲約72km、面積約46.6km²の能登島の西部に位置する（**Fig.1** (a)）。河川はいずれも流路が短小かつ急勾配で流量の季節変動が大きいため、安定的な農業用水の利用が困難な状況にある。そのため、**Fig.1** (b), (c)に示すように古くから溪流沿いの谷地形上のため池堤体を築堤し、農業用水を確保してきた。

Table 1に宮ノ本池の緒元を示す。堤高6.3m、堤頂長56.0m、総貯水量15,000m³であり、下流域には3haのかんがい受益面積（水田）を有している。**Fig.2**に宮ノ本池の堤体断面図を示す。旧みお筋上に底樋管としてコンクリート巻き立てによるヒューム管（φ=400mm）が埋設されている。底樋出口付近の下流法先には腰石垣やフトン籠などは設置されていない。基盤には強風化凝灰岩が薄く堆積するが、それ以深には比較的良好な基盤（スウェーデン式サウディング試験から換算したN値で18以上）が存在している。**Table 2**にコア材の諸元を示す。コア材の透水係数は 7.35×10^{-7} cm/sであり、設計上の遮水性能を満足していた（土地改良事業設計指針「ため池整備」, 2000）。また、平成7年のため池復旧工事記録（石川県七尾市, 1996）には、ランダムゾーンおよびコアゾーンとも締固め基準を満足しており、適切な施工がなされていた。

* 施設資源部土質研究室

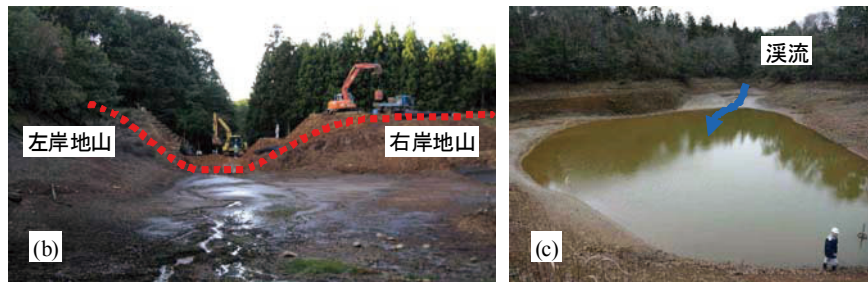
** 施設資源部長

平成23年1月21日受理

キーワード：強化復旧，ため池，ジオテキスタイル，補強技術，パイピング



(a)宮ノ本池の位置



(b)谷地形上に築堤される堤体
(貯水側から下流側を見た様子)

(c)山地から流入水の進入経路
(堤体から貯水側を見た様子)

Fig.1 石川県宮ノ本ため池の位置および周辺地形
Location and terrain condition of “Miyano-moto pond” in Ishikawa Pref.

Table 1 宮ノ本ため池の諸元
Specification of “Miyano-moto pond”

天端幅	4.0	m
堤体積	5,300	m ³
堤高	6.3	m
堤頂長	56.0	m
法面勾配	上流 V: H = 1.0: 1.7	
	下流 V: H = 1.0: 1.8	
総貯水量	15,000	m ³
有効貯水量	15,000	m ³
流域面積	0.02	km ²
満水面積	0.0050	km ²
かんがい受益地 (水田)	3	ha
かんがい受益戸数	11	戸

Table 2 宮ノ本池堤体のコア材の諸元
Property of core material used in “Miyano-moto pond”

土の分類	粘土 (CH)
細粒分含有率F _c	77.6%
塑性指数I _p	21.4
土粒子密度r _s	2.746 g/cm ³
最大乾燥密度r _{dmax}	1.286g/cm ³
最適含水比w _{opt}	36.2%
透水係数 (締固め度90%)	7.35 × 10 ⁻⁷ cm/s

2 平成7年および平成22年の被災状況

宮ノ本池は平成7年に底樋周りのパイピングによる浸透破壊が生じ、平成22年には完全な決壊が発生している。ここでは、これらの被災状況について、それぞれ平成7年のため池復旧工事記録4) および平成22年の4月15日に筆者らが実施した現地調査結果 (決壊直後から2日後に実施)、聞き取り調査に基づいて記述する。

a. 平成7年の被災状況

当時の被災状況が復旧工事記録に残されている。Fig.3に示すように堤体上流側の法面下部の斜樋側部にパイピングホールが形成されており、旧みお筋上に設置された底樋沿いに堤体上流側から下流の底樋出口にまでパイピングホールが発達していた。同年に実施された復旧工

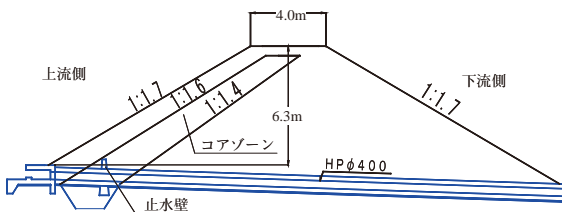


Fig.2 決壊前の宮ノ本池の堤体断面図
Cross section of the embankment before collapsed in “Miyano-moto pond”

事では、木管底樋から新しくコンクリート製の底樋管（コンクリートを巻き立てたヒューム管、 $\phi = 400\text{mm}$ 、**Fig.2** 参照）に取り替えられており、底樋管には底幅約 1,000mm、高さ 900mm のコンクリート製の止水壁がコアゾーンに設けられた。底樋管の設置に当たり、破損した底樋沿いに堤体上下流方向に V 字状に開削された。右岸左岸の法面は段切り施工（段切り高さ 50cm）によって処理されていた。底樋を設置した後、開削された堤体は購入したコア材と、開削した部分のランダム材を再利用して、盛立て直された（以下、新たに盛立てた部分を新堤と呼ぶ）。

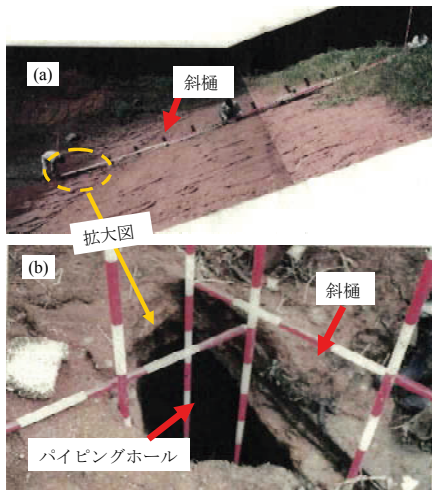


Fig.3 平成 7 年災害による堤体の破損状況：
(a) 上流法面；(b) パイピングホール
Damaged embankment by disaster in 1991:
(a) Upstream slope; (b) Piping hole

b 平成 22 年の被災状況

平成 22 年 4 月 11 日から 12 日の降雨により、13 日早朝に堤体が完全に決壊した。下流農地には流出した土砂が堆積し、県道田尻・祖母ヶ浦・半浦線に泥水が流出した。人的な被害は無かった。宮ノ本池付近で観測された降雨データによると、日積算雨量 76mm/day であり、この間に記録された時間最大降雨は 6mm/hr であった。ため池管理者によると、11 日の降雨前から貯水位はほぼ満水位の状態にあった。また、決壊前まで斜樋の栓（満水位付近）が開いており、斜樋による排水は行われていた。以下に決壊前後の堤体状況について記述する。

(i) 決壊前の堤体状況

- ・平成 15 年に石川県が実施したため池点検調査では、漏水が確認されていない。
- ・平成 19 年の能登半島地震では震度 6 強程度の地震力が堤体に作用したが、石川県が実施した地震直後の目視点検では、堤体のすべりや沈下は確認されていない。
- ・ため池管理者への聞き取り調査では、平成 21 年の時点で目視観察できる程度の堤体天端の沈下が確認

され、沈下が発生した部分は平成 7 年の復旧工事で盛立てた新堤部分に一致していた。

(ii) 決壊後の堤体状況

- ・**Fig.4** および **Fig.5** のように底樋中心から左岸側の部分で上下流方向に V 字状（下幅 2.5 m、上幅 11.5 m、高さ 7.5 m、推定流出土砂 $V = 650 \text{ m}^3$ ）に決壊した。また、**Fig.6** に示すように決壊により侵食された堤体の左岸部にはレキ混じり粘土層が露出し、その部分から湧水が確認された。
- ・**Fig.4** (a) のブルーシートで覆われた右岸部は、縦断方向に多数のクラックが発生していた。これは左岸側の堤体が流失したことにより副次的にすべりが誘発されたことが原因であると考えられる。
- ・流失および損傷した箇所は、平成 7 年の復旧工事で盛立てた新堤部分に一致していた。
- ・開削後に七尾市が実施した底樋管の健全調査結果によると、クラック等の損傷はなく、水密性は維持されていた。

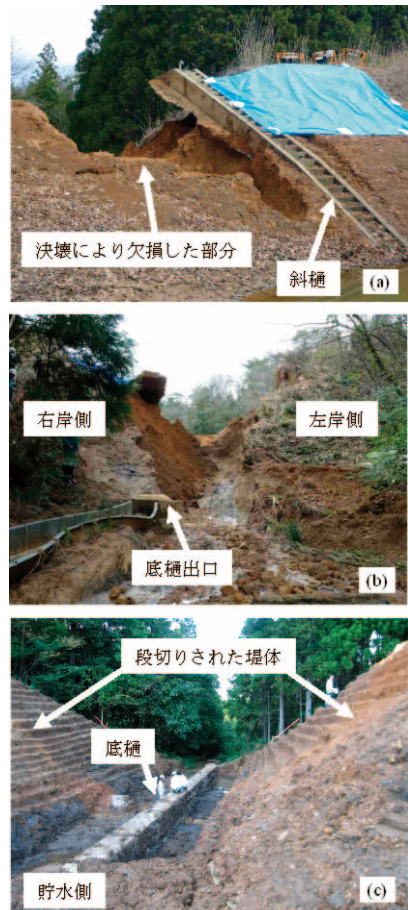


Fig.4 平成22年4月13日に決壊したため池堤体の被災状況：
(a) 貯水側から見た堤体の欠損部；(b) 下流側から見たV字状に欠損した堤体；
(c) ゆるみ部分を段切り掘削で除去した状況（復旧時に貯水側から下流側を撮影）

Damaged embankment on April 13, 2010:

- (a) View of eroded part from reservoir;
- (b) V shaped eroded part at view from downstream;
- (c) After removal of loosened area by bench cut

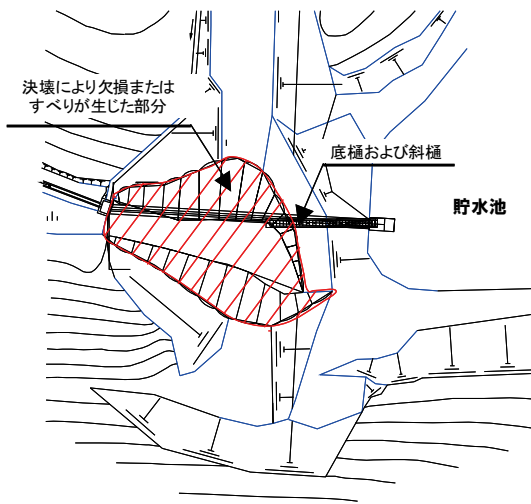


Fig.5 平成22年4月13日に決壊したため池堤体の平面図
Plane view of collapsed embankment on April 13, 2010

録されている最大時間雨量 6mm/hr であり、宮ノ本池から約 7km 離れた地点で観測された時間雨量（七尾市の統計気象情報）に比べて、極めて小さかった。また、決壊 2 日後に実施した現地調査では、土水路型式の洪水吐上に落ち葉が残されていること、草が押し流された痕跡も見られなかったことから、大量の越水が発生した可能性は極めて低いと考えられる。これらのことから、越流による破堤が引き起こされなかったものと推測される。



Fig.7 土水路型式の洪水吐
Spillway of earth canal type

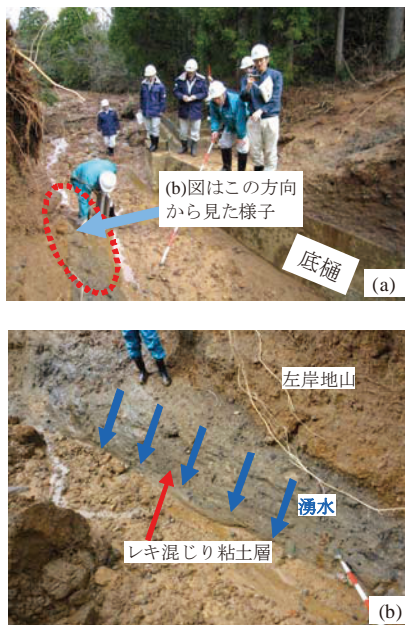


Fig.6 決壊により露出した左岸地山からの湧水：
(a) 下流法先の状況；
(b) 左岸地山のレキ混じり粘土層からの湧水
Seepage water from exposed ground at the left bank:
(a) View of the downstream slope toe;
(b) Seepage from clay containing gravel at the left bank

3 決壊原因について

降雨時にため池の決壊を引き起こす2つの原因（越流破堤、パイピング・すべり）を仮定して、決壊原因について検討を行った。

a 越流破堤の可能性

Fig.7 に示すように宮ノ本池の土水路型式の洪水吐は、近代的な設計法（例えば、土地改良事業計画設計基準、1966）が適用される以前に造られたもので、越流幅も狭く十分な排水能力を持っていない。しかし、決壊時に記

b パイピング・すべりの可能性

平成21年に実施したため池管理者による見回り点検では、平成7年の復旧工事で盛立てた新堤部分に目視で観察できる程度の沈下が確認されていた。この事実から判断すると、新堤は旧堤体よりも沈下し、その境界には段差が生じたと考えられる。新堤と旧堤体の境界面は、段切りされた鉛直面と水平面で構成されるが、新堤側に沈下が生じると、鉛直面に接した堤体は引き離される方向に変位するため、面圧が低下した可能性がある。一方、段切りされた水平面には、新堤側の堤体自重が旧堤体側の境界面に摩擦力として伝達されるので、底樋周辺に作用する鉛直荷重が低下し、底樋側面の水平土圧が低下した可能性がある。その結果、堤体内部の段切りした鉛直面や底樋側面に浸透水が集中し、ゆるみ領域が形成されやすい状態にあったと考えられる。また、地形的地質的に地山からの湧水や貯水からの浸透水が旧みお筋上の下流法先に集中するため、法先部は飽和状態あるいは局所的に高い浸透圧が作用しやすい状態にあったと考えられる。このような状態で、日積算雨量 76mm/day のまとまった連続降雨の影響により漏水量が一気に増加し、パイピングやすべりが引き起こされた可能性が高いと考えられる。しかし、決壊前の漏水の発生の有無、決壊以前に発生した堤体沈下がどのような要因で引き起こされたのか不明であり、決壊の原因としてパイピング・すべりであると特定するには至らなかった。

III 強化復旧対策

1 強化復旧対策のための事前調査

強化復旧を図るためには、構造的ウィークポイントの

抽出と対策方法の検討が極めて重要になる。ここでは、(独)農研機構農村工学研究所(以下、農工研と呼ぶ)が実施した技術支援の内容について記述する。以下に、強化復旧に向けた調査項目および復旧時の留意点について記述する。

(i) 調査項目

- ① 決壊前に確認された堤体沈下の発生原因を調べるため、サウンディング試験等により基礎地盤の支持力の調査を実施する。また、コアゾーンの基礎地盤に透水性が高い地層が存在する場合は、基礎地盤の遮水方法を検討するため、現場透水試験等を実施する。
- ② 底樋を再利用する場合は、開削時に底樋周辺を掘り出し、底樋管の損傷の有無を確認する。特に、堤体天端直下に位置する底樋底面には、盛土荷重によって上下流方向の曲げ応力が集中するため、引張クラックの発生の有無を確認する。
- ③ 底樋管にクラックが発生していた場合は、基礎地盤の沈下が原因と考えられるので、地盤改良を検討するための基礎地盤の調査を実施する。

(ii) 復旧時の留意点

- ① 基礎地盤が軟弱な場合は、地盤改良に加えて、基礎地盤の沈下に追従できる柔構造底樋の導入が有効である。
- ② 堤体の開削に当たっては、決壊によってV字状に侵食された堤体の右岸左岸の法面にすべり崩壊やクラックが発生しているので、堤体が損傷した領域は取り除くこと。また、新しく盛立てる新堤と旧堤体の境界面のなじみを確保するため、段切り施工によって法面を開削すること。なお、段切り断面で立ち上がった部分は、面圧が確保されるよう、鉛直ではなく、勾配を緩めた法面を作ること。
- ③ 底樋周りのパイピングを防止するため、コアゾーンに設けられた止水壁に加えて、堤体中央に止水壁を設けることが有効である。これは、堤体中央に止水壁を設けることで底樋に沿って直線的なパイピング経路が形成されなくなるので、浸透流速を遅くし、土粒子を捕捉する効果が発揮されるためである。
- ④ 平成7年のパイピングによる底樋周りの浸透破壊および平成22年の決壊前の新堤部分の沈下が確認されていることから、復旧時には堤体材料の含水比に配慮し、確実な締固め作業を実施すること。また、盛立て時に堤体内部に形成された水平な転圧面がみず道にならないよう、堤軸方向に締固めて上下流方向に連続した転圧面を作らないようにする、あるいはタンピングローラー等で転圧面を凹凸にするなど工夫し、転圧層間なじみを確保すること。同様に、新堤と旧堤体の接続部や底樋

側面に面圧が確保されるよう、堤軸方向に締固める、タンパ等で入念に転圧すること。

- ⑤ 旧みお筋上の下流法先部は、底樋周りの漏水に加えて、貯水や地山からの浸透水が集中するため、構造的にすべり破壊やパイピングがもっとも生じやすい。そのため、法面補強対策とパイピング防止対策を講じることが有効である。

2 ジオテキスタイル工法による法先部の補強およびパイピング防止対策

現地調査結果から平成22年の宮ノ本池の復旧工事業に当たっては、浸透水がもっとも集中しやすい旧みお筋上にある底樋出口付近および下流法先部におけるすべり破壊およびパイピング破壊の防止対策が有効であることが分かった。そのため、パイピング対策として下流法先部にフィルター層およびドレーン層を配置することとした。ただし、フィルター材およびドレーン材は粘着力を有しない粒状の地盤材料であるため、ジオテキスタイルでドレーン材を巻き込み、その背面にフィルター材を配置した壁体構造を適用した。これにより、法先部の補強およびフィルター機能の向上を同時に図った。以下に、平成22年の宮ノ本池の復旧事業において取り組まれた強化復旧対策と、農工研で研究開発したジオテキスタイル工法による法先部の補強およびパイピング防止対策について説明する。

(i) 復旧対策の内容

平成22年の宮ノ本池の復旧事業において取り組まれた強化復旧対策を以下に示す。

- ① 堤体中央部にコンタクトクレーで巻き立てた止水壁の設置
- ② 下流法先部にドレーン材をジオテキスタイルで巻き込んだ排水性の高い壁体構造の設置
- ③ コンクリート製の洪水吐の設置

①の部分で、底樋周りに発達するパイピング防止を図り、②の部分で、底樋出口付近での法先補強およびパイピング防止対策を図っている。これにより、構造的ウィークポイントとなっている底樋周りおよび下流法先部を強化した。③は、今回の決壊原因が越流によって引き起こされた可能性が低いが、既存の土水路洪水吐では排水能力が不足していたことから、排水能力の向上を図っている。

(ii) 本工法の特徴

ジオテキスタイル工法による法先部の補強およびパイピング防止対策はFig.8に示すように旧みお筋上に当たる下流法先の最大幅9.0m、高さ2.25m、法面勾配V:H = 1.0:0.8、奥行き3.65mの領域に適用した。Fig.9に使用した高密度ポリエチレン製のジオテキスタイルの形状を示す。図の通りジオテキスタイルの目寸法は28mm × 33mmである。本ジオテキスタイルは、紫外線劣化促進試験により屋外で50年以上の耐候性を有している。

Fig.10 にジオテキスタイル工法によって補強した法先部の断面を示す。単粒碎石をジオテキスタイルで巻き込むことにより排水性の高い壁体構造（奥行き 1.1m, 高さ 45cm, 総段数 5 段）になっている。また、後述するように上載荷重が小さい法面においてもジオテキスタイルを巻き込むことにより、中詰め材がゆるみにくい構造となっている。さらに、巻き込み部に段差を設けることにより、水平方向の滑動抵抗力を高めている。なお、巻き込み部の中詰め材がジオテキスタイルの目合いからこぼれでないよう、粒径が大きな単粒碎石（S-40: 30mm ~ 40mm）を使用した。また、草刈り等によって破損した場合を想定して、堤体表面に露出した部分は 2 重のジオテキスタイルにより強化した。

(iii) 本工法の施工手順

本工法の施工手順を以下に記述する。

- ① 基盤面に不織布を敷設する (**Fig.11 (a)**)。
- ② 半円状の断面形状を有する壁面型枠を設置する (**Fig.11 (b)**)。
- ③ ジオテキスタイルを敷設する (**Fig.11 (c)**)。堤体表面に露出した部分は 2 重にジオテキスタイルを敷設する。
- ④ 単粒碎石を撒き出す (**Fig.11 (d)**)。
- ⑤ ジオテキスタイルを巻き返す (**Fig.11 (e)**)。
- ⑥ 堤体内部からランダム材、砂、碎石 (C-40) の順に裏詰め材を撒き出し、転圧する (**Fig.11 (f), (g), (h)**)。このとき、ランダム材、砂、碎石 (C-40) の仕上がり高さを巻き込み部よりも低くして、巻き込み部との間に段差を設ける。
- ⑦ 壁面型枠を取り外し、巻き込み部の上面を転圧する (**Fig.11 (i)**)。
- ⑧ ②~⑥を所定高さまで繰り返す (**Fig.11 (j)**)。

次に、本工法の 4 つの構造的な特徴について説明する。第一は、**Fig.12** に示す半円状の壁面型枠を用いることにより、**Fig.13 (a)** のように壁面を丸みの帯びた形状にした点である。あらかじめ丸みを帯びた形状とすることで、巻き込み部の上面を転圧した際に、破線のように壁面のジオテキスタイルが水平方向に張り出し、ジオテキスタイルに適度な引っ張り力を作用させることができる⁶⁾。その結果、中詰め材に拘束圧が付加され、巻き込み部の剛性・強度を向上させることができる。一方、**Fig.13 (b)** の角形状では、中詰め材が水平方向に押し出されても、最終的に丸みを帯びた形状になるまで、ジオテキスタイルに引っ張り力が発揮しない。そのため、あらかじめ丸みを帯びた形状に比べてジオテキスタイルに引っ張り力が発達しにくい。第二は、巻き込み部とその背面地盤の仕上がり高さの違いを利用して、**Fig.14** のように水平方向の滑動抵抗力を高めるための段差を設けた点である。第三は、**Fig.10** に示したように堤体内部にジオテキスタイルを敷設することにより、壁体とその背面を一体的に接続させ、すべりに対する安全性を向上さ

せた点である。最後は、ジオテキスタイルの補強領域内に堤体上流から粒径が細かい順（ランダム材→砂→碎石 (C-40) →単粒碎石 (S-40)）に埋め戻すことにより、フィルター機能を確保した点である。

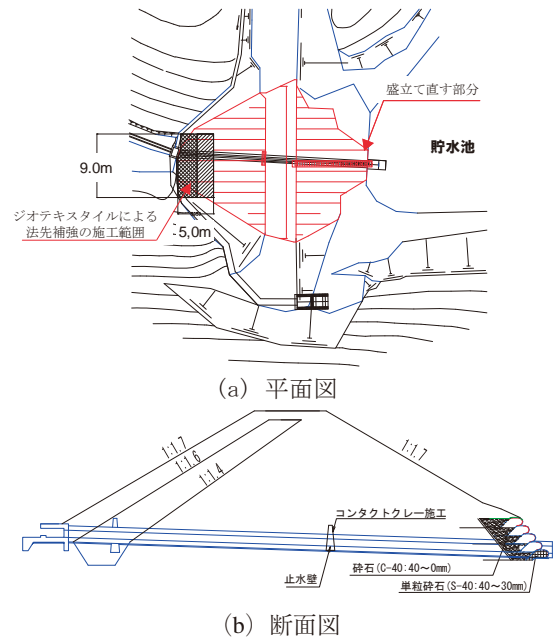


Fig.8 ジオテキスタイルによる法先補強対策の適用範囲
Range in application of countermeasure for downstream toe using geotextile reinforcement technology

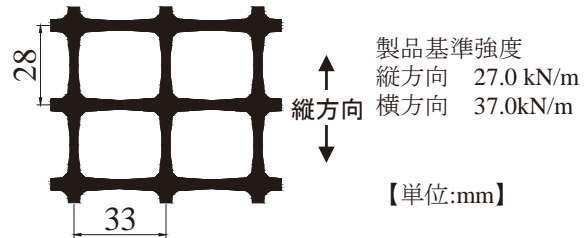


Fig.9 ジオテキスタイルの形状
Geotextile shape

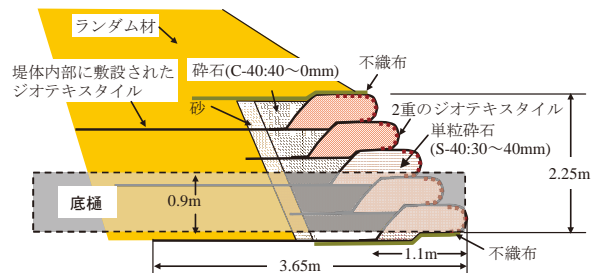


Fig.10 ジオテキスタイルによる法先補強対策の拡大図
Enlarge part of countermeasure work for down stream toe using geotextile reinforcement technology



(a) 不織布を敷設する



(b) 壁面型枠を設置する



(c) ジオテキスタイルを敷設する



(d) 単粒砕石を撒き出す



(e) ジオテキスタイルを巻き返す



(f) ランダム材を撒き出し、転圧する



(g) 砂を撒き出す



(h) 砕石を撒き出し、転圧する



(i) 巻き込み部の上面を転圧する



(j) (b)～(i)を最上段まで繰り返す

Fig.11 ジオテキスタイルによる巻き込み構造の施工手順
Construction procedure of geotextile-wrapped wall structure

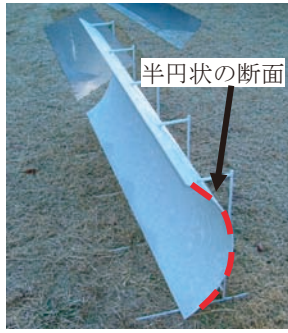
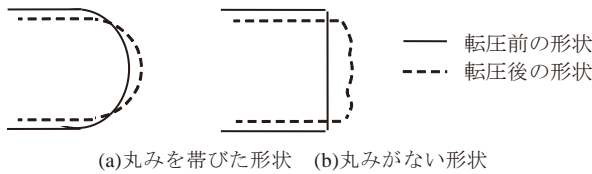


Fig.12 壁面型枠
Wall form



(a)丸みを帯びた形状 (b)丸みがない形状

Fig.13 転圧前後の壁面の断面形状の違い
Flange shapes before and after compaction

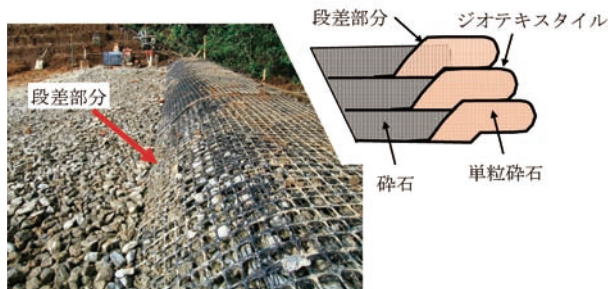


Fig.14 ジオテキスタイル巻き込み部の段差構造
Step pattern of geotextile-wrapped wall structure

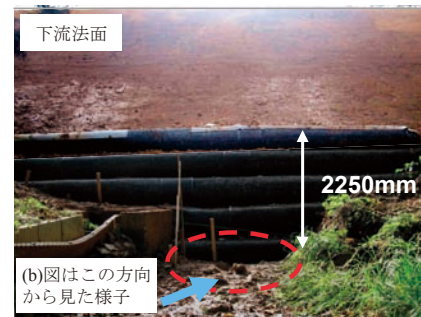
3 本対策工法の適用性

(i) 有効性

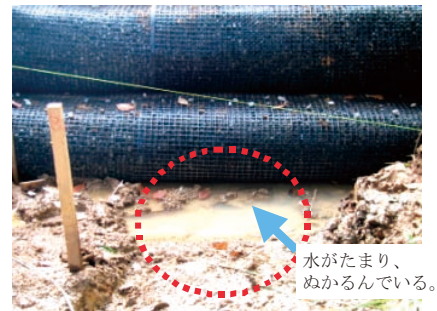
本対策工法は、ジオテキスタイルでドレーン材を巻き込んだ壁体構造と、その背面に粒径の細かい順に地盤材料を埋め戻したフィルター領域およびジオテキスタイルを敷設した補強領域を併せ持つ構造から形成されている。上載荷重が小さい法面においてもジオテキスタイルの引っ張り拘束により地盤材料のせん断強度を高め、変形しながらも強度の維持もしくは増加を図ることができる。このため、基礎地盤の沈下や堤体の変形への追従性が高く、安定したフィルター機能が期待できる。宮ノ本池のように過去に底樋周りのパイピングや堤体沈下が発生した堤体では、堤体のゆるみに伴って浸透水が底樋出口付近や下流法先部に集中する可能性が高いため、堤体のすべり崩壊やパイピング破壊の再発防止には、下流法先部の補強対策が極めて重要になる。このため、法先補強対策とパイピング対策を同時に確保できる本対策

工法の導入が極めて有効であると考えられる。実際に、Fig.15に示すように地山からの湧水等で法先に水が集まりやすい状況でも、ジオテキスタイルを巻き込むことで、ドレーン材が拘束され、排水性と強度・剛性を確保することができる。また、従来のフトン籠工や腰石垣と比べて、堤体変形に対して粘り強い性質が現れるので、堤体の変形に伴う地盤材料の強度低下やゆるみが生じにくい補強構造を採ることができる。

現時点ではため池への適用例は数少ないが、ジオテキスタイル工法は、腰石垣や重力式擁壁に比べて支持地盤が比較的不良な場合や、浸透水が集中しやすい軟弱な地盤条件でも対応可能であり、適用できる壁高(～15m)⁷⁾も極めて高い。そのため、建設用地や用土不足などの問題で従来技術では復旧が困難なため池への活用が期待できる。なお、本対策工法をため池に適用する場合には、フィルター則に従って堤体内部から下流法先にかけて順次に粒径が大き化したフィルター材を選定するなど、パイピングに対して十分に配慮しておく必要がある。



(a)対策後の下流法先の状況



(b)下流法先の拡大図

Fig.15 ジオテキスタイルによる法先補強対策を実施した後の状況
Countermeasure for downstream toe against sliding and piping using geotextile reinforcement technology

(ii) 施工性

本対策工法は、丸みを帯びた壁面を形成することにより、巻き込み内部の中詰め材に効果的に拘束圧を付加させることができる。そのため、剛性・強度が高い壁体構造を構築することができる。また、巻き込み部に段差を設けることで、滑動抵抗力を向上させることができる。これらの構造的な特徴は、半円形状の断面を有する壁面型枠および地盤の仕上がり高さを利用して構築するもの

であり、一般的なジオテキスタイル工法と施工方法が異なる部分が存在する。ここでは、宮ノ本池で採用されたジオテキスタイルによる新しい法先補強対策工法の施工性を確認するため、一般的なジオテキスタイル工法との歩掛を比較した。Fig.16に宮ノ本池で実施した歩掛調査結果を示す。図は巻き込み部の各段に要した作業時間から日当たりの施工量に換算した値（ジオテキスタイルの敷設面積）を表している。図中の破線は土地改良事業等請負工事で定められたジオテキスタイル工法の日当たりの施工量 $93\text{m}^2/\text{日}$ である。1～2段目は施工方法を習得するまでに時間を要したため、日当たりの施工量はジオテキスタイル工法の標準歩掛で定められた施工量に比べて低いが、段数を重ねる毎に習熟度が増し、ジオテキスタイル工法の標準歩掛で定められた施工量を上回っていた。このことから、上述のように施工方法が一部異なるが、本現場では一般的なジオテキスタイル工法と同程度の施工性を確保できた。ただし、ため池復旧工事では、搬入経路や資材置き場の位置・規模によって施工性が大きく左右されるので、本対策工法の適用に当たっては、現場条件に十分に留意して施工計画を検討する必要がある。

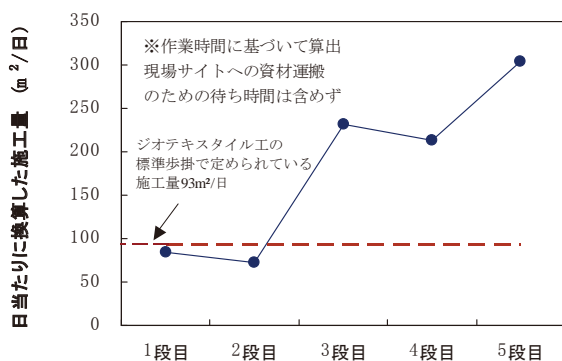


Fig.16 宮ノ本池に採用されたジオテキスタイルによる法先対策工事における歩掛

Result of survey for geosynthetic reinforcement work for downstream toe in "Miyano-moto pond"

IV 結 言

本報では、決壊した宮ノ本池の現地調査等に基づいて堤体の構造的ウィークポイントを明らかにするとともに、強化復旧対策として採用されたジオテキスタイル工法による法先部の補強およびパイピング防止対策の有効

性について検討を行った。以下に得られた知見をまとめる。

宮ノ本池では、地形地質的に旧みお筋上の底樋出口付近および法先部に地山からの湧水や貯水からの浸透水が集中しやすい状況にあるため、強化復旧の当たっては法先補強対策とパイピング防止対策を講じることが重要であることが分かった。そのため、堤体の変形への追従性が高く、法先補強対策とパイピング対策を同時に実施できるジオテキスタイル工法による法先補強対策を実施した。本対策工法は、従来のフトン籠工に比べてコスト高であったが、ジオテキスタイル引っ張り力によって壁体およびその背面の地盤材料に拘束圧を付加できるので、堤体の変形しても地盤材料がゆるみにくい。そのため、法先強度およびフィルター機能を有効に発揮させる特徴を有している。宮ノ本池では過去に底樋周りのパイピング破壊や堤体沈下が発生していることから、本対策工法の導入が有効であったと考えられる。今後は、本対策工法の効果を設計に導入するため、詳細な検討を実施するとともに、急勾配な法面を構築できる特長を活かして、建設用地や土不足などの問題で従来技術では対応が困難であったため池改修事業にも適用を進めていきたい。

参考文献

- 1) 農林水産省 (2000) : ため池緊急整備計画の策定とその結果について、構造改善局, 平成 12 年 3 月 29 日プレスリリース
- 2) 土地改良事業設計指針 (2000) : ため池整備, 農林水産省構造改善局建設部設計課監修, 社団法人農業土木学会発行
- 3) 石川県七尾市 (1996) : 平成 7 年石川県宮ノ本池災害復旧工事記録
- 4) 土地改良事業計画設計基準 (1966) : 第 3 部設計第 1 編フィルダム, 昭和 41 年 6 月農地局
- 5) 七尾市の統計気象情報 : 気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/>
- 6) 松島健一 (2009) : ジオシンセティックスを用いた土質材料の補強メカニズムの解明と水利構造物への適用性に関する研究, 農工研報 49, 49-199.
- 7) 補強土入門 (1999) : 社団法人地盤工学会, 入門シリーズ 24, 平成 11 年 2 月
- 8) 土地改良事業等請負工事標準歩掛 : 補強土壁 (ジオテキスタイル工), 211-223.

An Example of Enhanced Rehabilitation Work for “Miyano-Moto Pond” Using Geotextile Reinforcement Technology

– Countermeasure for downstream toe against sliding and piping –

MATSUSHIMA Kenichi, MOHRI Yoshiyuki, HORI Toshikazu, ARIYOSHI Mitsuru
and UENO Kazuhiro

Summary

Most of small earth fill dams had been built long before adopting the modern design. Every year, many small earth dams are seriously damaged or even totally collapsed by heavy rainfalls and earth quakes. Moreover, there are approximately 210,000 reservoirs with earth dams across Japan. It is reported that, among them, approximately 20,000 earth dams have deteriorated and need urgent (MAFF 2000) . In order to decrease disaster risks by heavy rainfall and earthquakes, it is necessary to introduce not only traditional method, which only compact embankment material, but also a new type of reinforcement technology. In this report, we described the structural weak points for “Miyano-moto pond” in Ishikawa Pref., which totally failed by rainfall on April in 2010, and adopted the proposed countermeasure to reinforce the downstream toe using geotextile technology. This new type of geotextile reinforcement technology is expected to have reinforcing effect against sliding and piping.

Keywords : enhanced rehabilitation, small earth dam, geotextile, reinforcement technology, piping