

技術報文

農業水利施設へのジオシンセティックスの応用について

神戸大学大学院農学研究科 河端 俊典

1. はじめに

米を主食として発展してきた我が国において、有史以前より農業用水確保のために、ダムやため池（堤高 15m 未満をため池と呼ぶ）などの水源施設の築造や、開水路、パイプラインなどの通水施設が構築されてきた。しかしながら、2005 年農林水産省農村振興局調べ¹⁾では、戦後国営土地改良事業などにより造築されたダム、頭首工・開水路・パイプラインなどの基幹農業水利施設は、再建設費ベースで 25 兆円に及ぶ巨大な社会資本ストックを形成しているが、多くの施設が老朽化によりその更新時期を迎えようとしている。さらに近年多発する地震被害と相俟って、防災の観点からも各施設の耐震性の向上を考慮した改修が望まれているところである。

本報文では、上記の農業水利施設の維持管理・機能保全に関する研究開発に関して、当研究室におけるジオシンセティックスを用いた改修技術の取組について報告する。

2. パイプライン曲管部へのジオシンセティックスの適用について

圧力管曲部には内圧と曲がり角度に応じてスラスト力が作用する。通常このスラスト力に抵抗するためにコンクリートブロックを使用することになっている。しかしながら、写真-1 に示すように、重量構造物は地震時による位相差などによりウイークポイントになる。当研究室では 2003 年よりジオグリッドならびにアンカープレート²⁾を曲管部を用いた耐震性の高いスラスト対策工法を考案し、水平載荷模型実験および数値解析からその有効性を明らかにした³⁾。さらに 2007 年までに、当提案工法に対するジオグリッドの伸び特性を考慮した水平抵抗力の算定式を提案するとともに、口径 300mm の試験管路を用いて行った実大規模実験の結果と比較を行い、提案式の予測精度について検討を行った⁴⁾。また、2008 年には、大型振動台実験を遂行し、提案工法の耐震性能について確認を行うとともに、当提案工法を用いたφ800 実用管路にて現場実証試験を行い、その施工性や長期安全性について検討した。今後、企画や施工基準などの整備を図り、パイプライン改修現場で当工法の活用が期待されるところである。



写真-1 コンクリートブロックによる被災²⁾
北海道南西沖地震 1995

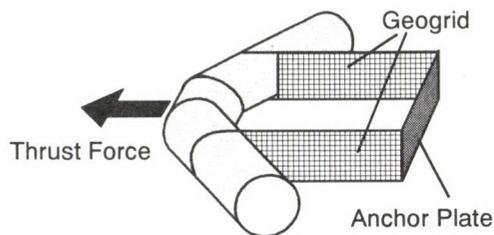


図-1 軽量スラスト防護工法概略図

3. ため池への適用

3.1 補強土工法をため池堤体に用いた現場試験施工

農業用水確保に必要な施設としてダムやため池があるが、兵庫県下には44,000個弱のため池があり、そのうち約半数の23,000個が、淡路島に存在する。2004年10月に発生した台風23号による豪雨により、1,299個のため池が被災し、そのうち181堤体が決壊し甚大なる被害が発生したことは記憶に新しい。このような背景のもと、当研究室では、2006年兵庫県営土地改良事業の中で、図-2ならびに写真-2に示すような堤高6mのジオグリッドで補強した試験堤を築造し、その施工性について検討した。さらに、半年間ではあるがため池に湛水供用を行い、漏水の有無、ため池基盤や底樋管の沈下、ならびに堤体各位置における作用土圧の経時変化などについて検討した。

その結果、特にジオグリッド敷設に起因する漏水などの不具合などは確認できなかった。

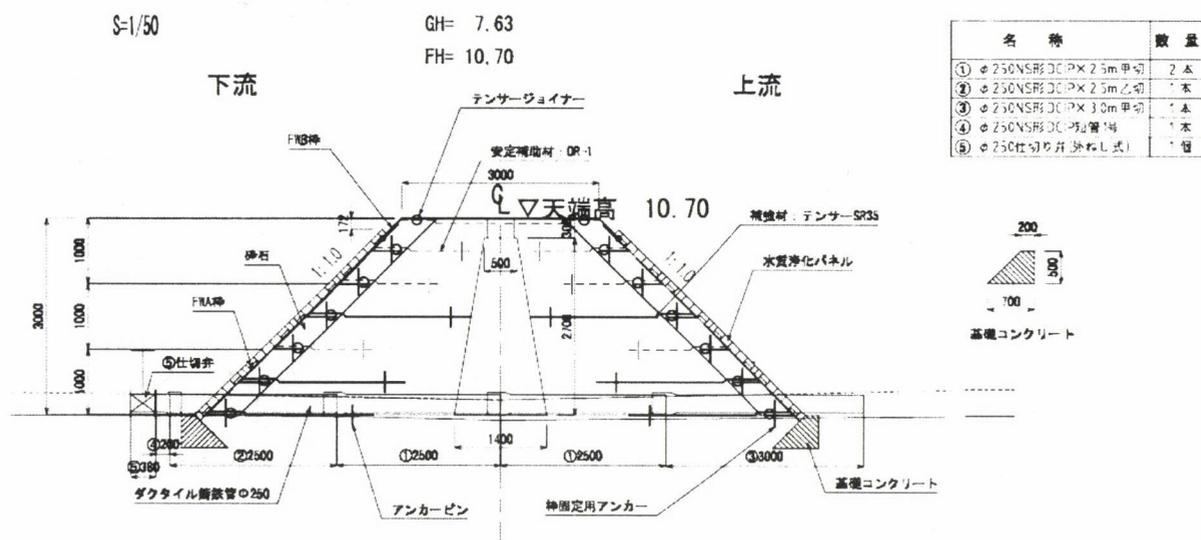


図-2 試験堤断面図

3.2 ジオシンセティックスを用いた補強洪水吐に関する研究

農業用ため池の洪水吐は、一般的に鉄筋コンクリート製の重量構造物である。兵庫県南部地震では、多くの農業用ため池が被災し、ため池洪水吐と堤体間のはく離とそれに伴う地盤の破壊が報告された。被災の状況から、洪水吐周辺部が破壊する主要因として洪水吐重量による慣性力および側壁に作用する土圧が指摘された。そこで洪水吐の耐震性向上を



写真-2 ジオグリッドを用いた試験堤の築造

目的として、重量と断面形状・補強材の有無に着目した振動台実験を行い、ジオグリッドを用いて補強した軽量の洪水吐は極めて高い耐震性を有することが明らかになった。また、ジオグリッドの有無が洪水吐の動的挙動に与える影響について検討した。これらの研究成果は昨年度シンポジウム

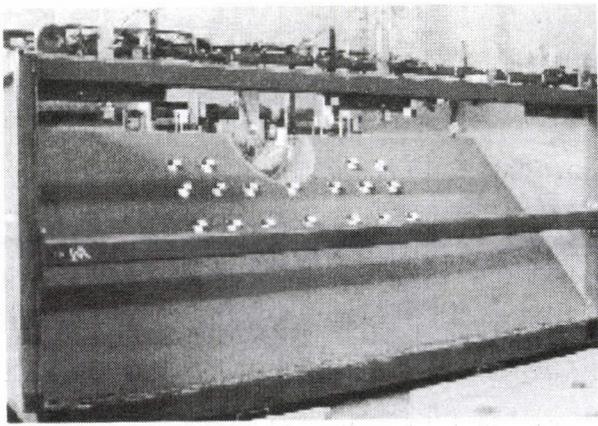


写真-3 堤体模型

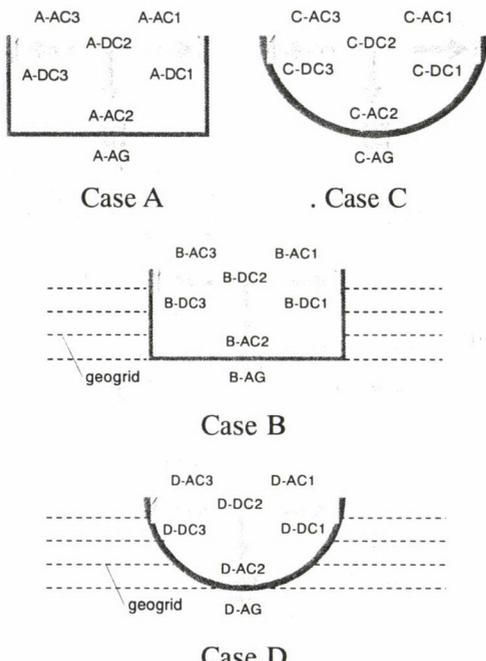
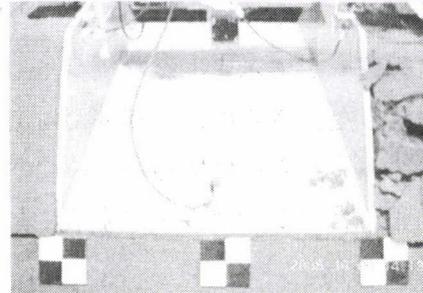


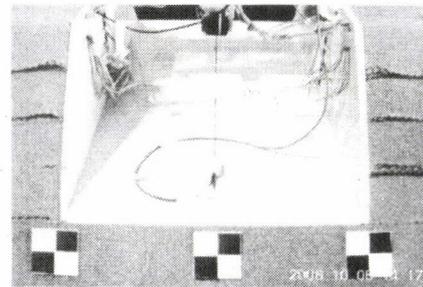
図-3 実験ケースと計測器

論文集⁹⁾を参考にされたい。

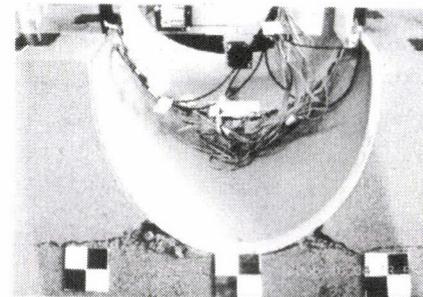
写真-3に実験状況を示すとともに、各実験ケースと洪水吐ならびに周辺地盤状況を図-3, 4に示す。



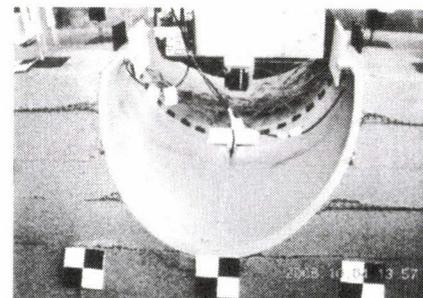
(a)Case_A



(b)Case_B

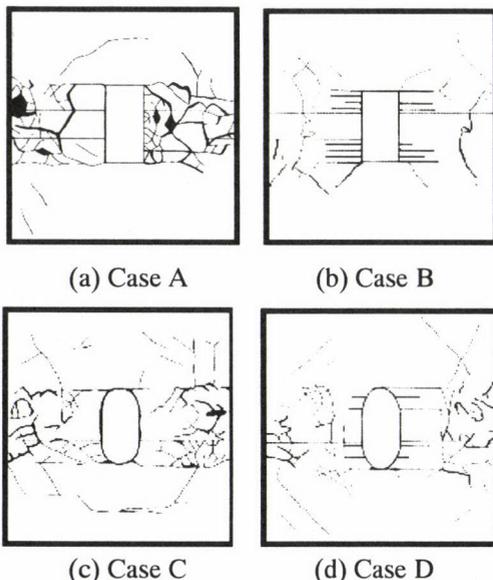


(c)Case_C



(d)Case_D

写真-4 800gal 加振後の各ケースの様子



(a) Case A (b) Case B (c) Case C (d) Case D
図-4 堤体の破壊状況(800gal 加振後)

3.3 ジオグリッド補強によるため池堤体土の透水性に関する研究⁶⁾

3.1 で紹介したとおり、ため池堤体の補強に今後ジオシンセティックスを利用することが考えられるが、遮水機能が必要な土構造物である堤体に、ジオシンセティックスなどのいわゆる異物を挿入して、止水性能が確保できるかという課題に対して、大型土槽による定水位透水試験を実施し、補強土の透水特性について検討した。

① 試験概要

試験には 6-7 混合珪砂を用いた。試料の物理特性は表-1 に示すとおりである。地盤の作製は各層 5cm で、質量管理のもと相対密度が 95% になるようにバイブレーターで締固めた。写真-5 にジオグリッドの写真を示す。ジオグリッドはポリエチレン製で厚さ 2mm のものを用いた。

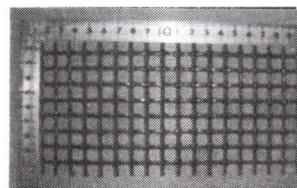


写真-5 ジオグリッド

表-1 試料の物理特性

平均粒径	$D_{50}(\text{mm})$	0.28
最大乾燥密度	$\rho_{d\max}(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.58
最小乾燥密度	$\rho_{d\min}(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.24
土粒子密度	$\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.64
内部摩擦角	$\phi(\text{deg.})$	36.2

定水位透水試験

写真-6、図-5 に試験装置正面からの写真と実験断面図を示す。試験装置は、幅 190cm、高さ 60cm、奥行き 40cm の土槽、水頭調整用タンク、フィルターならびにマンメータから構成される。水頭調整用タンクとフィルターは位置を調整することが可能であり、所定の水頭差と浸透路長で実験を行うことができる。フィルターには不織布を用い、本実験の浸透路長は 60cm で行った。マンメータ孔は 10cm 間隔で配置されており、図-6 に浸透路長 60cm のときの土槽正面からみたマンメータ孔と地盤の関係を示す。透水係数の算定にはダルシー則を用いた。各区間の透水係数 $k(\text{cm}/\text{s})$ の計算に用いる動水勾配 i と流量 $q(\text{cm}^3/\text{s})$ は、高さ方向のマンメータの読み値の平均と下流側で計測する流量を用いた。

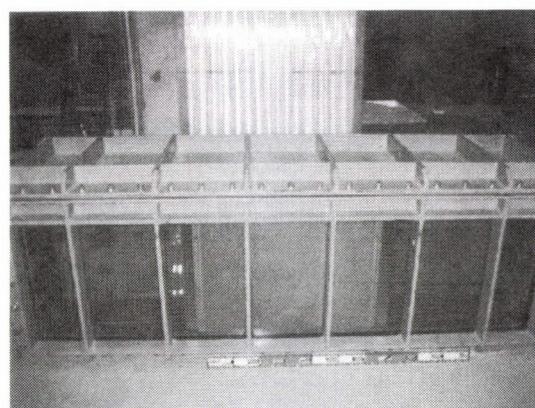


写真-6 透水試験装置

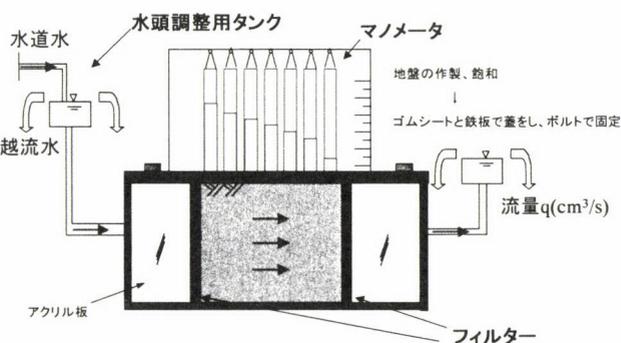


図-5 実験断面図

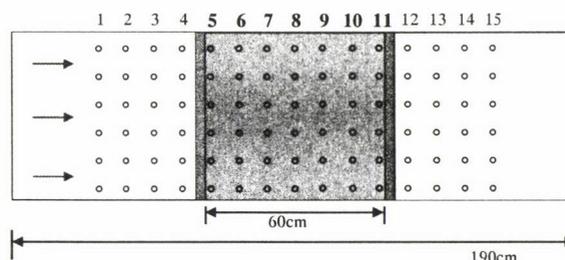


図-6 マノメータ孔配置図(正面)

② 実験ケース

図-7 に示すように、実施した実験の地盤条件は 3 種類とした。

Case1: ジオグリッドを敷設しない地盤

Case2: 上流側にジオグリッドを敷設した地盤

Case3: 下流側にジオグリッドを敷設した地盤

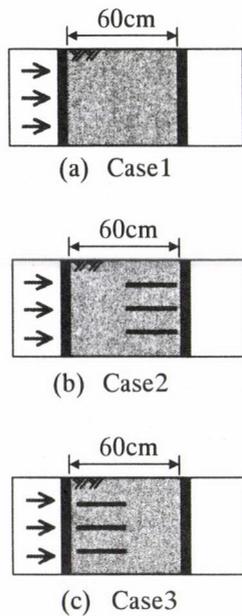


図-7 地盤条件

Case1 において無補強地盤の透水性を確認し、Case2 と Case3 においてジオグリッド敷設の影響が表れるか否かを検討した。なお、ジオグリッドの敷設枚数は3枚とした。

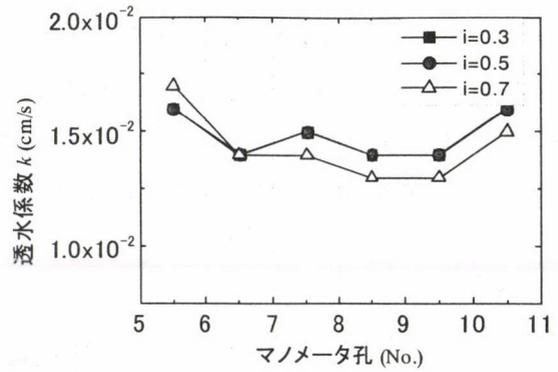
③ 試験結果と考察

実験結果から算定した各位置における透水係数の変化を図-8に示す。

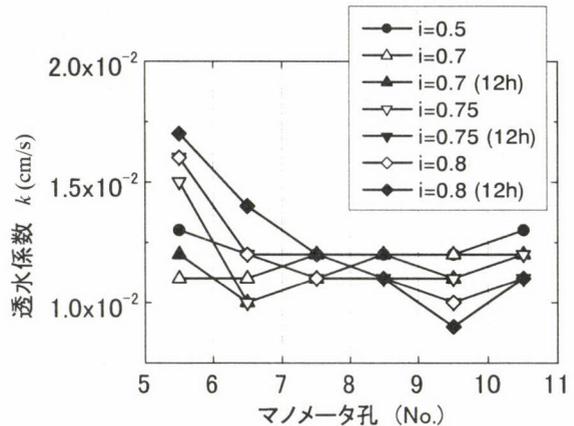
Case1 の図より、無補強地盤の透水係数が 1.5×10^{-5} 程度であると確認できる。理論限界動水勾配 $i_c = ((\rho_s / \rho_w - 1) / (1 + e))$ の値は本実験条件下において 0.97 である。地盤の異方透水性を考慮して、本実験においては変化させる動水勾配の値を 0.8 までとした。Case1 の地盤の両端の透水係数がやや高めであるのは、両端の締固めが中央部に比べて十分でなかったためだと考えられる。

同様に各ケースの通水開始時の透水係数を比較すると多少のバラツキが見られたが、これは地盤作製時の締固めによる影響であると思われる。

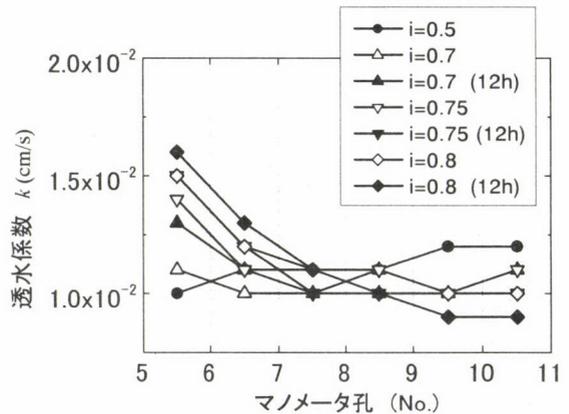
Case2 ではジオグリッド敷設部分で透水係数の変化がみられるが、Case3 ではジオグリッド敷設部分に透水係数の変化が見られなかった。さらに Case2, Case3 ともに地盤上流部分において透水係数の値が上昇し、下流部分においては透水係数の低下が見られた。このような傾向がみられるのは、動水勾配を上昇させていく過程で地盤上流部分から破壊が生じ、下流部分では細流分の流動による目詰まりが起きているためであり、ジオグリッドの影響ではないものと考えられる。



(a) Case1



(b) Case2



(c) Case3

図-8 透水係数の比較

④ 透水実験まとめ

ジオグリッドの敷設条件を変化させて地盤中の透水係数の値を比較・検討した結果、今回の実験条件ではジオグリッドが地盤の透水性に与える影響は極めて小さいことが分かった。また、地盤の浸透破壊は上流側から発生する傾向がみられた。今後は、浸透路長・ジオグリッドの敷設枚数などを変化させた実験から、さらに検討を加える予定である。

4. まとめ

補強土工法の主材料として発展してきたジオシンセティックスであるが、今回、農業水利施設の維持管理・機能保全に関して、特にパイプラインやため池などの改修・更新を対象に、ジオシンセティックスを利活用した各種新技術の研究開発状況について紹介させていただいた。

最近、食の安全・安心の観点から特に注目されてきた我が国の食糧自給率の低さなど、日本の食料・農業問題は多大な課題を抱えているが、ジオシンセティックスが低コストでかつ耐震性の高い安全な農業水利施設の更新技術の一つとしてさらに発展できるよう、現場のニーズに合った研究開発に傾注できればと考えている。

なお、パイプライン曲管部のスラスト防護工法に関する研究ならびにため池洪水吐の振動台実験に関しては、農村工学研究所土質研究室との共同研究として実施されたものである。

参考文献

- 1) 岩村和平:展望;ストックマネジメント時代の制度づくりに向けて, 農業土木学会誌, Vol.73, No.11, pp.1-2, 2005
- 2) Mohri,Y., Yasunaka,M. and Tani,S., Damage to Buried Pipeline Due to Liquefaction Induced Performance at the Ground by the Hokkaido-Nansei-Okai Earthquake in 1993, *Proceedings of First International Conference on earthquake Geotechnical Engineering*, IS-Tokyo, pp.31-36, 1995.
- 3) 河端俊典, 内田一徳, 田中泰雄, 平井貴雄, 斉藤喜久雄, 澤田豊, 中瀬仁, 平山豪隆, 今井正幸:ジオシンセティックスを用いた曲管部スラスト防護工法に関する基礎研究, ジオシンセティックス論文集, Vol. 18, pp.215-220, 2003
- 4) 澤田豊, 河端俊典, 毛利栄征, 内田一徳:ジオグリッドの伸び特性を考慮した圧力管曲部軽量スラスト防護工法の水平抵抗力算定手法, ジオシンセティックス論文集, Vol.22, pp.253-258, 2007
- 5) 河端俊典, 内田一徳, 北野知洋, 渡邊康治, 毛利栄征:ジオシンセティックにより補強したため池洪水吐の動的挙動, ジオシンセティックス論文集, Vol.22, pp.243-248, 2007
- 6) 内田一徳, 河端俊典, 井上一哉, 松川哲也, 松田光平:ジオグリッドを用いた補強地盤の模型透水実験, H19年度農業土木学会大会講演要旨集, 松江, 2007