

ICTを応用した補強土壁のモニタリングシステムの開発と現場への適用

補強土壁 計測 ICT

防衛大学校 国際 ○宮田喜壽 国際 平川大貴 多田 肇
岡三リビック 国際 小浪岳治 正 小林悟史

1.はじめに

地盤構造物の健全性評価や限界状態設計法の合理化のためには、安価で信頼性のあるモニタリングシステムが必須である。著者らは、補強土壁を対象にしたモニタリングシステムの開発と、それを用いた設計・施工の合理化について検討している。本文では、上記のモニタリングシステムの必要性について述べ、プロトタイプとして開発したシステムの概要と、多数アンカー補強土壁の現場計測へ応用した事例を紹介する。

2.モニタリングシステムの必要性

検討を行っているモニタリングシステムは、1) 施工の合理化、2) 構造物の健全性評価、3) 限界状態設計における部分安全係数の算定を目的にしている。それぞれの目的について以下に説明する。

1) 施工の合理化：大規模な土工では、施工データを活用する工学的手法が開発されているが、小規模な土工ではその検討が十分でない。補強土壁では壁高6~8m前後の施工が最も多い¹⁾。そのような規模の現場でも施工中のモニタリングは有益と考えられる。施工の合理化のためのモニタリングシステムについて検討が必要である。

2) 構造物の健全性評価：構造物の供用期間中の安全性や維持・補修の時期を合理的に判断するためには、モニタリングデータが重要になる。モニタリングには、大きくa) 常時モニタリングと、規模の大きな地震や集中豪雨後などに実施するb) 臨時モニタリングがある。ジオシンセティックスに関しては、材料ベースでの新しい技術の開発が進められているが^{2), 3)}、壁面材を含む構造全体のモニタリングには課題が多い。健全性評価のためのモニタリングシステムについて検討が必要である。

3) 限界状態設計法における部分安全係数の算定：限界状態設計法における部分安全係数の算定には、いくつかの方法があるが、AASHTOではバイアス（実際の挙動値の設計値に対する比）の統計量を用いるバイアス・ファクターアプローチが多く用いられ⁴⁾、著者もその基本概念に従い各種補強土構造物のデータ解析を行っている⁵⁾。このアプローチに従った場合の最も単純な部分安全係数（ ϕ : 耐力係数、 γ : 荷重係数）の算定式は次式のとおりとなる。

$$\phi = \mu_{RX} (1 - n COV_{RX}), \gamma = \mu_{QX} (1 + n COV_{QX}) \quad (1)$$

ここで、 μ_{QX} と μ_{RX} は荷重・耐力に関するバイアス値の平均値、 COV_{RX} と COV_{QX} は荷重・耐力に関するバイアスの変動係数、 n は許容破壊確率を考慮して決定される係数で、一般に2~3の値。各種限界状態の照査に用いる部分安全係数の算定に、信頼性の高いデータは必須であり、それを得るためにモニタリングシステムについて検討が必要である。

3.構築した挙動計測システムと概要と特徴

今回構築した挙動計測システムの概要を旧来のシステムと比較して図-1に示す。ICTベースと旧来のシステムの比較を表-1に示す。ストレインアンプはひずみゲージ式のセンサーに限定されるものの、センサー毎に個別の感度調整を行うことが可能である。メーラーボードは遠隔でサンプリング間隔等の設定を変更可能である。これらを用いることで、計測条件に応じた測定チャンネル数の変更や、設置場所の設定が容易になった。本システムは、サイトの地理地形条件に影響されずに要求された感度を持つ計測データを一元管理するのに優れているといえよう。

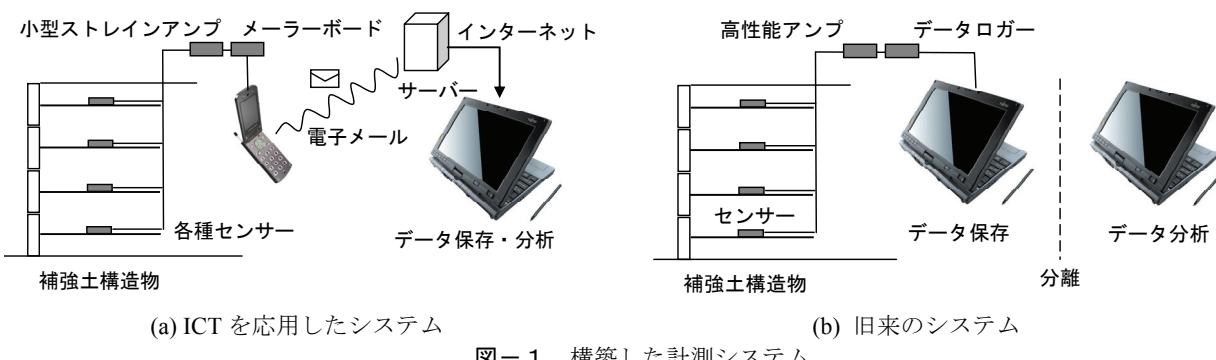


図-1 構築した計測システム

表-1 ICTベースと旧来のモニタリングシステムの比較

	ICT	旧来	備考
精度	○	○	小型ストレインアンプの安定度に注意が必要だが、両システムの精度はほぼ同等もしくはICTの方が感度が良好とみなせる
即時性	○	△	ICTベースの方法は世界中どこからでも最新のデータを確認できる
コスト	○	×	小型ストレインアンプは旧来の1/20以下、メーラーボードはデータロガーの1/5以下
計測性	○	△	ICTベースの方法は現場でわずかなスペースしか必要とせず、現場での取り回しが楽

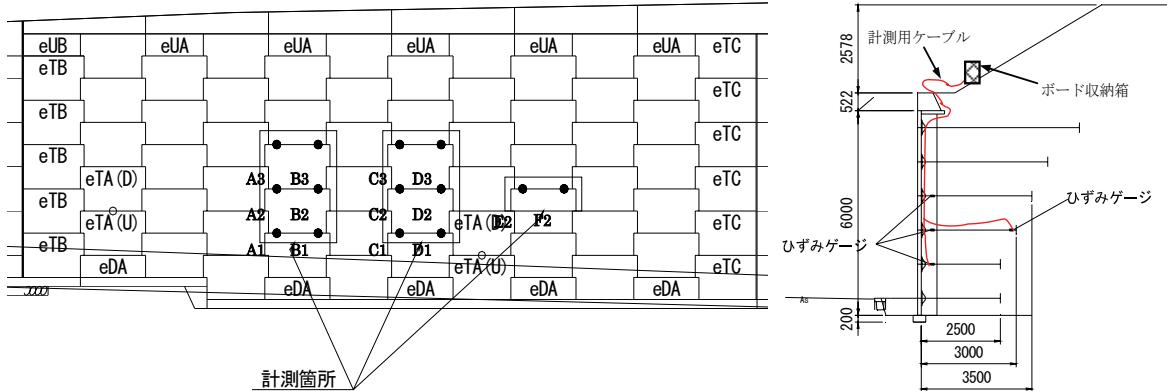


図-2 モニタリングシステムの多数アンカー補強土壁への適用

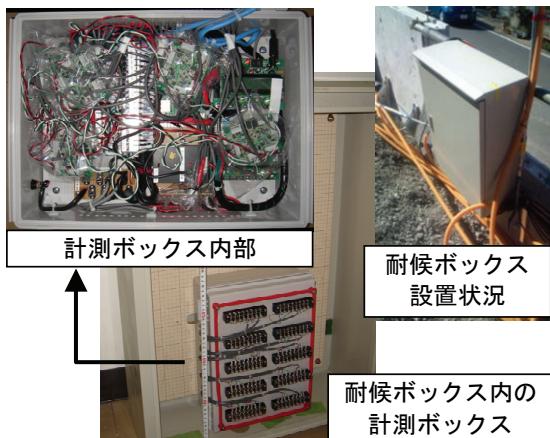


図-3 計測ボックスと現場への設置状況

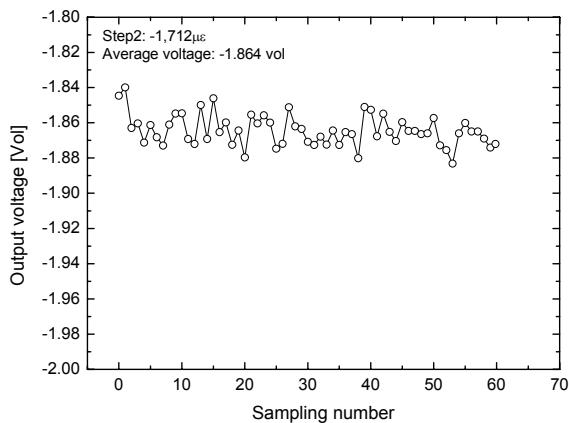


図-4 システムの安定度チェックの例

4. 多数アンカー補強土壁の現場計測への適用

3.に示したモニタリングシステムを多数アンカー補強土壁に適用した事例を紹介する。今回の計測では、研究の第1段階として補強材ひずみを計測項目とした。図-2に現場の計測断面を図-3に計測ボックス(約30×20:cm)の概要と設置状況を示す。計測チャンネル数は20chで、このボックスの中に、アンプとメーラーボード、電源装置を組み込んだ。そして、その安定度をあらかじめ実験室でチェックして(参:図-4)現場に設置した。施工中はデータ送信のためのアンテナが施工の障害となることを考え、ノートパソコンと計測ボックスを耐候ボックスに設置して計測を行い、補強土壁完成後、アンテナを設置して遠隔地でデータを取得するという計測計画を立てた。本文執筆中では、施工が8割程度終了した段階であるが、安定したデータの取得に成功している。発表段階で、より詳細なデータを報告したい。

謝辞: 本研究の実施には文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B)21360229の助成を受けました。本計測システムの構築にあたり、東京大学 内村太郎先生と中央開発 王林様には小型ストレインアンプ、九州大学 岡安崇史先生にはメーラーボードに関する技術提供をいただきました。現地計測は、防衛省南関東防衛局と防衛大学校関係者のご理解のもと実施されました。現場では馬渕建設の担当者にご協力をいただきました。以上について文末ながら記して感謝の意を表します。

参考文献: 1)ISSMGE TC9 Report 2001 (H Ochiai, J Otani and Y Miyata eds.) Geosynthetics and Earth Reinforcement, 136p. 2) Hatami K, Grady BP and Ulmer MC, 2009. Sensor-Enabled Geosynthetics: Use of Conducting Carbon Networks as Geosynthetics Sensors. ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 135(7): 863-874. 3) Yashima A, Tsuji S, Yoshida K. and Yokota Y, 2009. A New Optical Fibre Sensor to Assess the Stability of Geogrid-Reinforced Soil Walls. Geosynthetics International, 16(4): 238-245. 4) Allen TM, Nowak AS and Bathurst RJ 2005. Calibration to Determine Load and Resistance Factors for Geotechnical and Structural Design. Transportation Research Board Circular, E-C079, 93 p. 5) Miyata Y, Bathurst RJ, Konami T, 2009. Measured and predicted loads in multi-anchor reinforced soil walls in Japan. Soils and Foundations, 49(1): 1-10.