

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22510198

研究課題名（和文） 地震時における河川堤防の機能維持を目的とした環境共生型強化技術に関する研究

研究課題名（英文） A Study on the Reinforcement Technology for River Embankment to Maintain Performance during Earthquake

研究代表者

規矩 大義（KIKU HIROYOSHI）

関東学院大学・工学部・教授

研究者番号：70251759

研究成果の概要（和文）：地震時に河川堤防の壊滅的な被害を防ぎ、機能を維持するため、円錐型ブロックと不織布シートを組み合わせた「コニカルマット」で堤体を覆うことで耐震補強とするほか、堤体直下に敷設して基礎地盤の支持力を増すことによって沈下抑制を図る方法について検討した。振動台実験と模型実験を通して、この方法が堤体の崩壊抑止に効果があることを実証したほか、マット敷設によって約 30～40%の支持力増加も見込めることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：To prevent from a catastrophic collapse of river embankment, and to maintain performance of it during earthquake, a countermeasure was developed. A reinforcement method of wrapping around river embankment by a sheet in combination with conical concrete block and non-woven fabric was studied. This sheet is called "conical matt". In addition, to reduce subsidence of the body of embankment, "conical matt" was laid on between embankment and foundation ground. It was clarified that the conical matt was effective for the prevention from collapse and subsidence of embankment, through the shaking table tests and the model test.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 22 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
平成 23 年度	800,000	240,000	1,040,000
平成 24 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム工学・自然災害科学

キーワード：地震災害、河川堤防、地盤災害、耐震

## 1. 研究開始当初の背景

河川堤防は一箇所でも破堤が生じると、堤内に越流水が流入し、結果として甚大な被害が生じる、防災上極めて重要な線状構造物で

ある。さらにどの地点で破堤が起こっても被害に繋がることから、対策の要否について、優先順位を付けることが難しい構造物である。一方で、河川堤防の総延長は莫大な距離

に達し、その全ての堤防に十分な耐震補強を施すことは、物理的にも、経済的にも合理的とは言えない。結果として、自ずと主要河川とそれ以外とで、対策のグレードを変えざるを得ない。

嚴重な補強がなされる河川堤防以外でも、地震時に壊滅的な被害を防ぎ、堤体としての最低限の機能を維持することを目的とした対策技術を確立しておくことは極めて重要である。さらに、その工法が環境や景観に配慮されたものであれば、より好ましいといえる。地震時に全く損傷を受けない、本格的な対策とならずとも、常時に維持管理が容易で、かつ、被災後の本復旧までの間、最低限の堤防機能と、避難道路、物資の輸送路としての機能を維持することを担保した対策は、経済性にも配慮し、現実的に河川堤防の安全性を高めることにつながっている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、河川堤防の地震時安定性を高めて、その壊滅的な被害を防ぎ、最低限の機能を維持するための堤防強化技術を提案し、その有効性を検証することである。さらに、その強化技術が景観や環境にも配慮した環境共生型技術を確立することも目的である。

具体的には、円錐型のコンクリートブロックと不織布シートをエポキシ樹脂で接着した複合土木材料である「コニカルマット」を用いて、i)堤防の崩壊・テンションクラック防止と、ii)堤体の沈下抑制を目指した強化技術を確立し、その対策メカニズムを解明することを目的としている。

## 3. 研究の方法

堤体の変形と沈下に対して、コニカルマットを用いた補強方法を確立するため、振動台



実験、支持力試験を中心とした模型実験を通して、対策のメカニズム解明と効果の検証を行った。

堤防の変形抑制、テンションクラック防止技術に関しては、コニカルマットで堤体全体を包み込む方法について、小型振動実験を通して、具体的な補強方法や、最適な施工方法、

等を検討した後、大型振動台で効果の確認実験を実施した。

沈下抑制に関しては、コニカルマットを基礎地盤に敷設した堤防模型に対して、振動台実験によってその沈下抑制効果を確認したことに加えて、常時の支持力増加メカニズムについても検討を加えた。

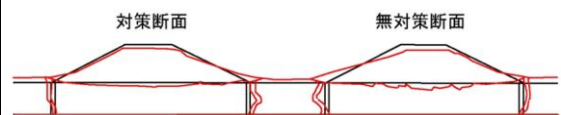
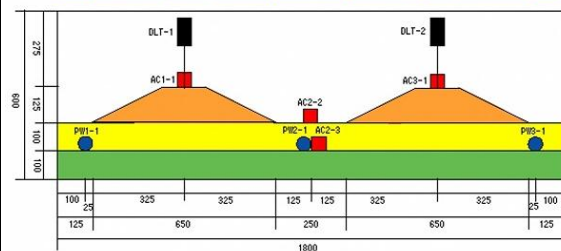
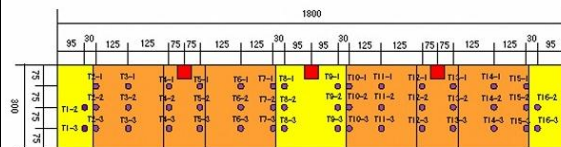
## 4. 研究成果

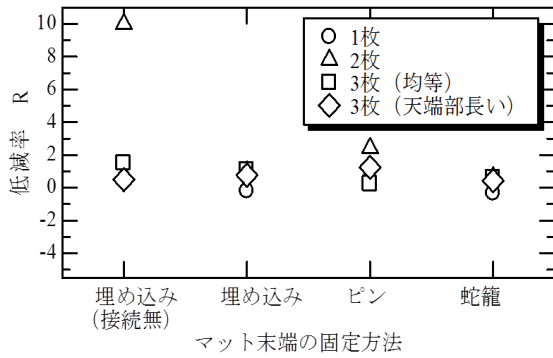
本研究で堤防補強材料として採用したのは、円錐型コンクリートブロックと不織布をエポキシ樹脂で接着したコニカルマットである。このマットを重機等を用いて改良対象の地盤に圧接して補強材料とするものである。

### (1) 変形防止技術（小型振動台実験）

縮尺 1/20 の堤防模型に対して、コニカルマットで堤体を包み込んで小型振動台実験を行った。1枚物のコニカルマットの他に、実際の施工を考慮して、マットを2分割、3分割したコニカルマット模型を用意し、マット同士の固定方法や、マット末端の固定方法を変えた実験を通して最適な施工方法を検討した。

分割しない1枚のマットを使用した場合が最も対策効果が高かったが、実物大のマットサイズや施工性を考慮すると、天端部の長い3分割型を対策に使用する事が最適であるという結論を得た。また、マット末端の固定方法は、ピンによる固定よりも、蛇籠に巻きつけるタイプが最も対策効果が高かった。

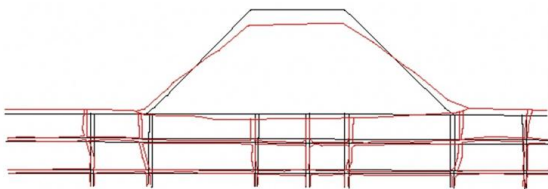




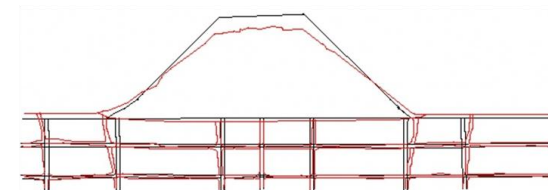
(2) 変形防止技術 (大型振動実験)

小型振動台実験の結果をもとに、実物材料を用いた縮尺 1/2 のコンカルマットを敷設した堤防模型に対する大型振動実験を行った。また、対策堤防と無対策堤防の同時加振による比較実験も行った。

写真は加振直後の堤防模型を上部から撮影したものであるが、無対策の断面は、加振開始直後から、両方向に大きく開きながら振動し、天端に多数のクラックが生じ、ブロック状になった。また、天端部が法面へ崩れ落ちると共に、法尻部分が堤体外側へ変形した。一方、対策断面は加振直後から堤体全体が一つの塊として振動し、マットによる拘束効果も相まって、天端部が法面へ崩れ落ちることはなかった。法尻部分が堤体外側へ若干開い



堤体側面の変形状況 (対策模型)



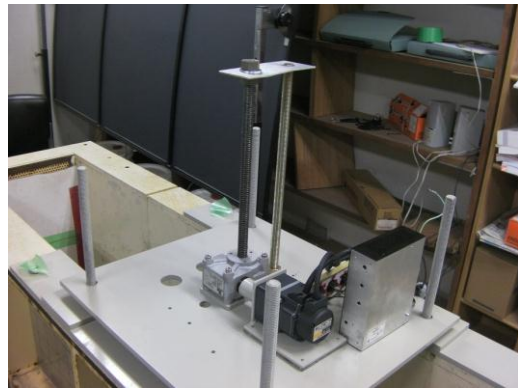
堤体側面の変形状況 (無対策模型)

たものの、無対策模型より変形量は小さかった。堤体の変形は堤体下部、法肩共に加振中のみ進行しており、無対策断面に生じたクラックの幅を足し合わせると 352.0mm であった。他方、対策断面にはクラックは生じておらず、大きな変形抑制効果が確認できた。

(3) 支持力増加効果に関する研究

軟弱地盤対策のための地盤改良工法は、対策の種類や施工範囲によっては莫大な費用がかかってしまう。一度に広範囲の施工が可能で作業性も高いコンカルマットによる地盤改良効果を確認するためのモデル実験を行い、支持力増加傾向を確認した。

剛体土槽に模型地盤を作成し、地盤表面にコンカルマットの円錐ブロック部分を設置した状態で載荷試験を行なうことで、円錐型基礎による荷重分散と地盤拘束効果を確認



した。その結果、無対策の場合に比べておよそ 10% 程度の支持力増加を確認した。

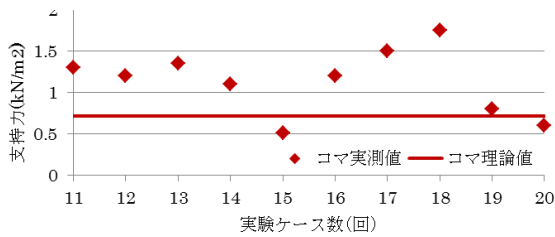
さらに、シート部分の引張り抵抗によるハンモック効果を確認する目的で、シートの有無とシートの目の粗さを変えた条件で載荷試験を行った結果、無対策の場合に比べて、シートを付加することで約 20%~40% の支持力増加が見られた。支持力増加の傾向は地盤の相対密度が高いほど大きく増加することも明らかになった。堤防の基礎地盤にコンカルマットを敷設した振動実験では、支持力増加とハンモック効果によって、地震時の堤体の沈下量が大きく低減することが明らかに



なった。

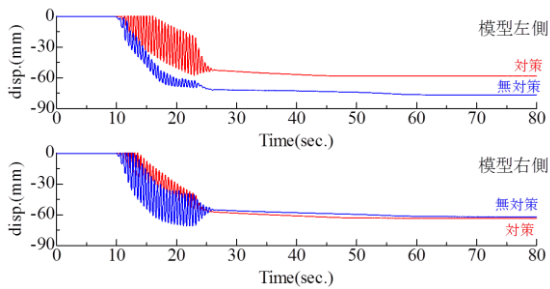
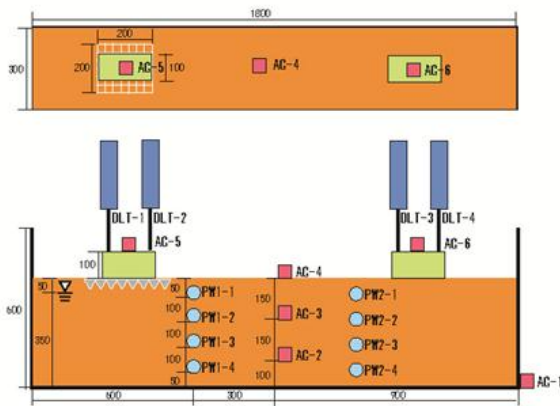
#### (4) 不同沈下抑制効果

本研究の実施中に東日本大震災が発生し、戸建て住宅を中心に液状化小規模構造物の



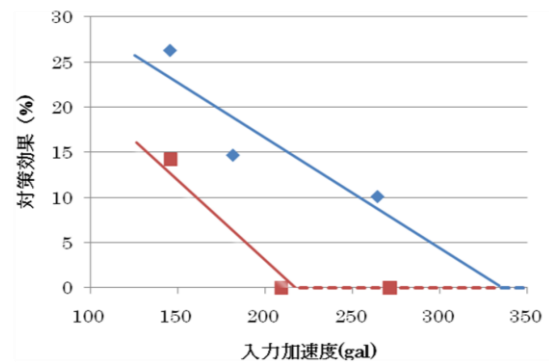
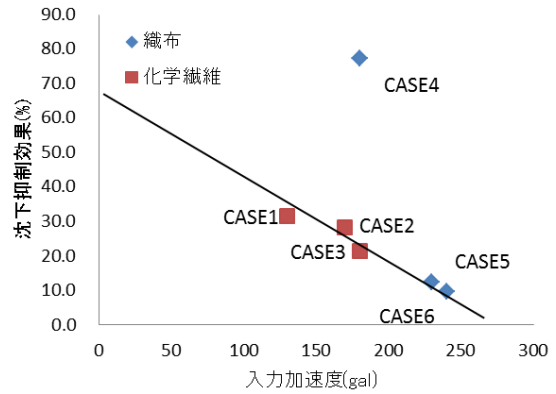
不同沈下が発生した。そこでコニカルマットの適用用途の一つとして、小規模構造物の不同沈下抑制効果の検討を行った。

シート部の剛性が異なる模型と無対策の場合について振動試験を行ったところ、沈下抑制効果があることが明らかになったが、一方でその効果はある一定の加速度レベル以



下、すなわち、一定の液状化程度以下に留まることも明らかになった。その限界加速度はシート部の剛性と目の粗さによる引張抵抗と相関があることが明らかになった。ただし、マットが介在することで、沈下量がある程度大きくなっても、均等に沈下しており、不同沈下の抑制効果は、より液状化の程度が激しくなっても効果が期待できることも明らかになった。

これらの(1)から(4)に示した結果から、本研究で対象としたコニカルマットによって、河川堤防の堤防強化が図られることが可能であることを示すと同時に、変形抑制効果、沈下抑制効果に加えて、支持力を増大させ、



不等沈下の抑制効果もあることを明らかにすることができた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

- ①土屋智仁、模型地盤を用いたコニカルマットの支持力増加実験、関東学院大学工学部研究発表講演会、2012年11月27日、横浜市
- ②松本愛貴、コニカルマットの小規模構造物に対する不同沈下抑制効果に関する検討、関東学院大学工学部研究発表講演会、2011年11月25日、横浜市
- ③土屋智仁、コニカルマットの支持力増加機構を明らかにするための模型実験、関東学院大学工学部研究発表講演会、2011年11月25日、横浜市
- ④規矩大義、コニカルマットを用いた河川堤防の耐震対策について(その1. メカニズムと適用性)、第45回地盤工学研究発表会、2010年8月18日、松山市
- ⑤規矩大義、コニカルマットを用いた河川堤防の耐震対策について(その2. 小型振動台実験)、第45回地盤工学研究発表会、2010年8月18日、松山市
- ⑥規矩大義、コニカルマットを用いた堤防の耐震対策に関する大型振動台実験、第45回地盤工学研究発表会、2010年8月18日、松

山市

⑦柴田東、地盤補強用マット（コニカルマット）による地盤剛性向上の確認試験、第 45 回地盤工学研究発表会、2010 年 8 月 18 日、松山市

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

規矩 大義 (KIKU HIROYOSHI)

関東学院大学・工学部・教授

研究者番号：70251759

### (2) 研究分担者

酒井 英男 (SAKAI HIDEO)

富山大学・大学院理工学研究部・教授

研究者番号：30134993

### (3) 連携研究者