

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580341

研究課題名(和文) 気候変動で頻発が予想される中小規模の高潮災害低減技術の開発

研究課題名(英文) Development of a Self-waking Auxiliary Dike for Alleviating Floods in Coastal Area

研究代表者

桐 博英 (KIRI, Hirohide)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・水利工学研究領域・上席研究員

研究者番号：60360385

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：農地海岸では、沈下による天端高の不足が堤防の性能劣化の最大要因であるほか、気候変動による海面上昇、洪水や台風の極端化が予測されており、沿岸部の農業地域では洪水、高潮に伴う浸水被害のリスクが高まっている。高潮災害のリスクは、数値解析で評価されてきたが、浸水被害を減らすにはリスク評価だけでは困難で、実現できる対策が求められている。本研究では、中小規模の高潮災害で生じる堤防の天端高不足を補うことを目的として、外水位が上昇した場合に起立して溢水を防ぐ、自己起立型補助堤防を開発し、その性能を水理模型実験で検証した。

研究成果の概要(英文)：In coastal farmlands, reduction of the height of coastal levees by subsidence degrades their performance. Furthermore, in addition to the sea level rise, increasingly severe floods and typhoons are forecasted as a result of climate change. Consequently, the risk of flood damage caused by floods or storm surges is growing on coastal farmlands. Whereas the risk of storm surge disaster has been evaluated by numerical analysis, it is difficult to reduce flood damage by performing only risk assessments. Thus, effective measures to reduce damage on coastal farmlands are required. Through this study, I developed the self-standing type auxiliary embankment to prevent flooding by small or medium-sized storm surges, and verified its features by hydraulic model experiments.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：気候変動 高潮 農地海岸 堤防 減災

1. 研究開始当初の背景

(1) 気候変動の影響により、洪水や台風といった気象現象の極端化が予測されており、河口低平農地では洪水、高潮に伴う氾濫災害のリスクが高まっている。実際に、過去 20 年程度の高潮災害を振り返っても、1999 年台風 18 号では、八代海沿岸の旧不知火干拓地を中心に 1,000ha を超える農地が被災したほか、2004 年台風 16 号では、岡山県の海岸線全域で潮位が海岸堤防天端を超える事態が発生している。

(2) 将来の気候変動の影響として、IPCC は 100 年間に 0.58m の海面上昇量を推定しているほか、台風勢力の増強によって有明海湾奥部では、高潮の潮位が 0.55m 程度上昇するシミュレーション結果が得られている。

(3) 干拓によって造成された農地海岸が多い有明海沿岸部では、地盤が軟弱なため、地区によっては堤防の沈下が早く進んでおり、頻繁に堤防を改修するなど維持管理にコストがかかっている。

(4) 沿岸部の河口低平農地は、気候変動の影響が早期にかつ、顕著に現われる地域であると考えられ、数値シミュレーションにより高潮災害リスクが評価されてきた。その結果、沿岸部の河口低平農地における高潮氾濫災害のリスク評価のための数値シミュレーションモデルについては、完成の道筋が見える成果が得られている。しかし、「氾濫災害をいかにして減らすか」との命題に答えるにはリスク評価だけでは困難で、実現できる対策が求められている。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、気候変動の結果、今後増加すると考えられる中小規模の高潮災害時の堤防の天端高不足を補うことを目的として、外水位が異常に上昇した場合に起立して越水を防ぐ、「自己起立型補助堤防（以下、「補助堤防」という）」を開発する。

(2) 将来の気候変動の影響として予想されている海面上昇や台風、洪水の極端化によって、海岸や河川に設置されている堤防を超える氾濫災害の増加が指摘されている。しかし、堤防の嵩上げは、コストの面で実現が困難と考えられる。本研究で開発する「補助堤防」は、現在の堤防の上部に設置し、

- ・堤防の沈下による天端高不足を補う
- ・10年に1度の再現期間で発生する高潮による越水・越波を防ぐことができる

ことを目標として、既存堤防を嵩上げする。

(3) 河川堤防からの越水を防ぐため、ドナウ川では、既存堤防上に角落とし状の「可搬式堤防」を設置している例がある。本研究では、

設置対象の堤防を農地海岸にしており、近隣に堤防を設置するのに必要な人員が確保できないことを前提とし、外水位に応じて自ら起立する堤防を開発する。

3. 研究の方法

3年の研究期間の中で、

- ・補助堤防の高さによる氾濫被害低減効果の検証
- ・補助堤防の目標性能の設定
- ・起立機構の設計、模型の製作
- ・水理模型実験による起立機構の動作および耐波性能の検証

を行う。なお、本研究では、室内実験による検証データの収集までとする。

4. 研究成果

(1) 補助堤防の嵩上げ高さ

本研究で開発する補助堤防は、既存の堤防の上部に設置し、潮位の上昇とともに起立して堤防を嵩上げる。補助堤防を設計するにあたり、「どの程度の嵩上げ高が必要になるのか？」が最も重要な設計要件であるため、本研究では有明海・八代海沿岸部の農地海岸を中心に海岸堤防の劣化状況に関するデータを収集した。

A地区海岸における海岸堤防の計画天端高と現況の天端高を比較したのが図1である。ここで、未改修区間の海岸堤防は最大で0.5m程度の沈下量が見られ、場所により沈下量に

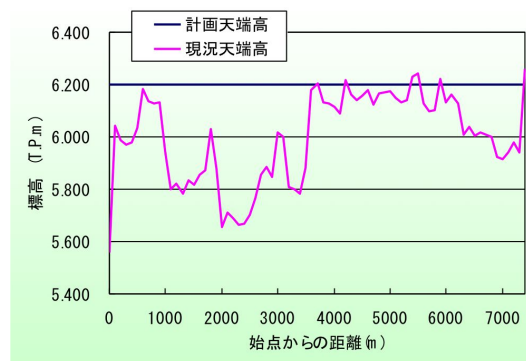


図1 堤防沈下量データの例



写真1 有明海沿岸部の旧干拓堤防に残る堤防嵩上げの痕跡

大きな差がある。一方、旧干拓堤防に残る堤防の嵩上げの痕跡からは、概ね 0.3m の嵩上げ量が必要だったことが推察された（写真 1）。以上の調査結果から、補助堤防による嵩上げ高を 0.3m とし、これ以上の沈下が見られる箇所は速やかに改修されると想定した。

(2) 補助堤防の起立機構

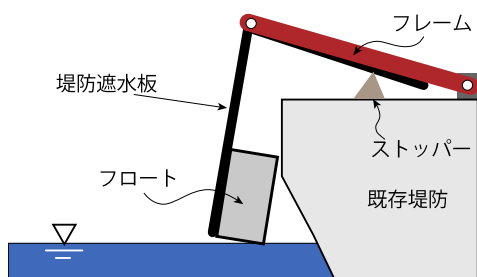
補助堤防の起立機構の検討にあたり、以下の点を考慮した。

- ・複雑な形状を排除し、長期にわたって動作が行われること
- ・起立の際にピンを抜く等の作業を必要とせず、海岸管理者が荒天時に海岸に出向かなくても済む構造であること
- ・水密機構を簡素化し、若干の漏水を許容すること

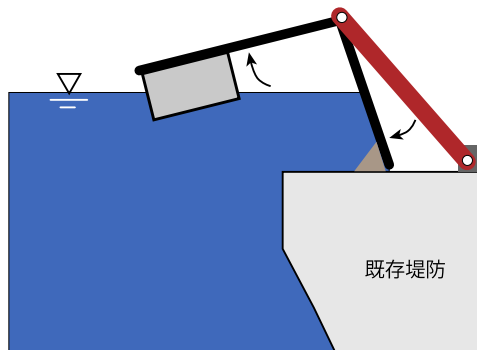
補助堤防の起立機構を検討した結果、起立動作はフロートの浮力を用いることとし、前節で検討した必要嵩上げ高から補助堤防のプロトタイプを設計した。

補助堤防の概要を図 2 に示す。補助堤防は、

- ・「く」の字型に折り曲げた堤防遮水板をフレームに固定する
- ・フレームは一方の端で堤防遮水板の屈曲部、もう一方の端で既存堤防と、それぞれ回転運動が可能な形で固定され、フレームによって堤防遮水板を釣る形態をとる
- ・低水位時には既存堤防の外水側にフロート部を張り出す形で倒伏しているが、浮力でフロートが上昇するのに伴い、回転運動により堤防遮水板の陸側部分が起立する



a) 低水位時



b) 起立時

図 2 補助堤防の動作機構

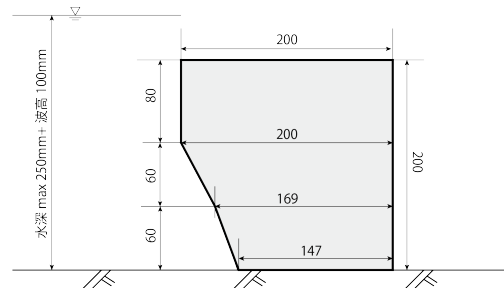
- ・堤防遮水板の陸側部分が起立し、ストッパーと密着することで最終的に止水する（図 2 b）

(3) 予備実験

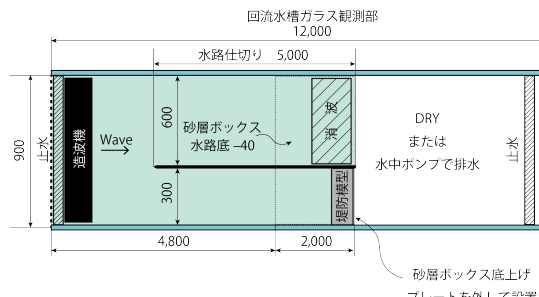
補助堤防のプロトタイプは、フルード相似則にもとづく 1/3 スケールの水理模型を製作し、予備実験により最適な形状を抽出した。

実験は、幅 0.9m の回流水槽中央部に既存堤防をモデル化した台で仕切り、その上に補助堤防模型を設置して実施した。水理模型を設置した既存堤防模型と水槽の平面図を図 3 に示す。予備実験では、堤防遮水板の屈曲角を 100°、105° および 110° の 3 パターンに対し、海側の水位を上昇させるとともに造波機で不規則波を作用させ、補助堤防が想定どおりに起立するかを検証した。

予備実験における補助堤防の起立状態の状況を写真 2 に示す。予備実験では、設計したプロトタイプにおいて、起立動作の際に堤防遮水板の陸側下端が浮き、海水が溢水する状況が見られた。このため、海側のフロート長



断面図



平面図

単位：mm

図 3 水理模型の既存堤防模型断面図（上）および実験水槽平面図（下）

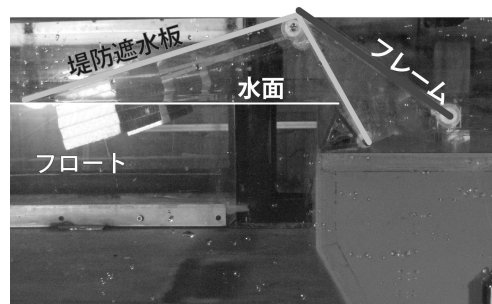


写真 2 補助堤防起立時の様子

を当初設計より長くすることで溢水前に起立させ、さらに起立角度を予め設定し、これとストッパーの角度を合わせることで漏水をほぼ無くすることができた。

(4) 連続設置した場合の検証

3台の補助堤防を並べて配置した場合の動作状況を観察した。並列に配置した場合も外水位の上昇に伴い3台の補助堤防が同時に起立することを確認した。ここで、補助堤防の隙間からの漏水が認められたため、堤防遮水板の両端に止水用プレートを取り付けた。なお、堤防止水板の取付けの関係で止水用プレートを陸側堤防板の全てを止水できなかったが、漏水は補助堤防の起立状態に影響を及ぼすことはなかった。

(5) 起立特性の検証とモデル化

図4に示す変数配置をもとに、海側フロート長を230mm、210mmおよび190mmの3とおりに変化させた場合の外水位と起立角度 θ の関係を図5に示す。水理模型実験の結果、安定して起立動作が行われ、いずれのケースでも外水位の上昇に伴いほぼ線形にゲートが起立することが確認された。

図5中の直線は、各色に対応した海側フロート長において、式(1)から求めた起立角度の理論値である。

$$D = L\sin(\theta + \beta) - \ell\sin\theta \quad (1)$$

ここで、 D :海側水位、 L :海側フロート長さ、 θ :起立角度、 β :堤防板の屈曲角、 ℓ :陸側堤防板長さ、である。

起立角度の理論値と実験で得られた値を比較すると、 $\theta = 35^\circ$ よりも起立した(角度が急な)領域で両者がよく整合すると判断できる。起立角度がわかれば、堤防の最終的な高上げ高 H は、

$$H = \ell\sin\theta \quad (2)$$

で与えられる。このため、必要とされる堤防の高上げ高と外水位が定まれば、式(1)、(2)で補助堤防の諸元を設計することができる。

一方、補助堤防が 35° よりも倒伏した領域で理論値と実験値に差が生じるのは、既存堤防に設けたストッパーの上に遮水板が載ることによって遮水板の下端が浮くためである。ここで、堤防遮水板の浮き上がりは、遮水板の下端をレールに固定することで止めることは可能であるが、外水位の上昇とともにゲート下端が下面に密着されるため、起立状態ではほぼ解消できることを確認されている。

(6) まとめ

現状では、沈下により海岸堤防の天端高が計画よりも低くなっている部分があるにも関わらず、維持管理費の問題から改修が遅れているものも存在する。本研究で開発した補助

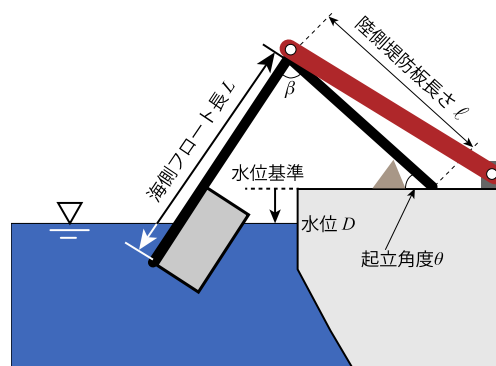


図4 モデルの変数配置

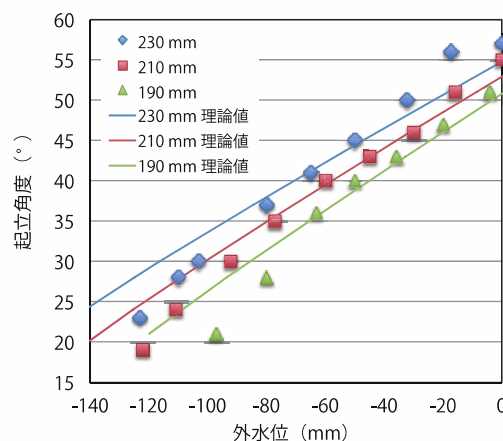


図5 外水位と起立角度の関係

堤防は、海岸堤防の全面的な更新が困難ななかで堤防天端高不足による堤防機能の低下を抑制しようとするものであり、今後さらに詳細な検討を加えて実用化していきたい。

5. 主な発表論文等

本研究で開発した補助堤防は、現在、特許出願準備をすすめており、25年度までの成果の公表を見合わせた。

〔学会発表〕(計 1件)

桐ほか、沿岸地域の溢水被害を軽減する自己起立型補助堤防の開発、農業農村工学会大会講演会、2014年8月26日～8月28日、朱鷺メッセ(新潟市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桐 博英(KIRI, Hirohide)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所水利工学研究領域・上席研究員

研究者番号：60360385