

越流津波で被災した従来型式の海岸堤防の水利破堤実験と対策の考え方

農研機構 農村工学研究所 松島健一, 三島尚人, 中達雄, 桐博英

1. はじめに

過去の高潮災害等を契機に、我が国では高潮や高波の際に生じる多少の越波に対して盛土材の流失を防止するため、堤防天端と裏法面をコンクリートで被覆する三面張り堤防が採用されてきた。しかしながら、東北地方太平洋沖地震により津波が越流した海岸堤防には著しい損傷もしくは全壊した事例が多く見られた。このため、本研究では従来型式の三面張り堤防を対象とした被災メカニズムを実験的に明らかにし、対策法について検討した。

2. 実験方法

図-1 に水利実験に用いた三面張り堤防モデルを示す。模型縮尺は1/15 であり、現地換算値で堤高 6.0 m, 天端表法・裏法勾配 1:1.0, 表法コンクリート厚 0.50 m, 天端および裏法コンクリート厚 0.25 m である。地震等による影響を考慮して目地部の遮水性が低下したケース及び低下しないケースを設定した。目地材にはそれぞれ透水性スポンジと遮水性スポンジを用いた。目地幅はともに 3.0 mm 程度(模型値)である。盛土は銚田砂を締固め度 90%になるよう転圧して作成した。

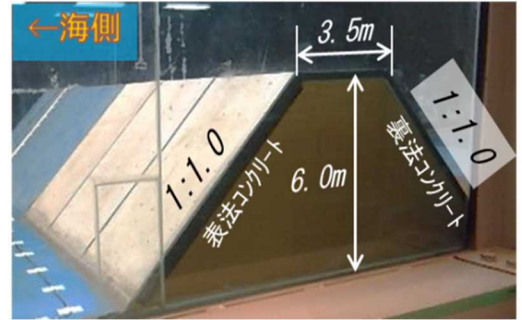


図-1 水利実験に用いた三面張り堤防モデル (寸法：現地換算)

図-2 は実験に用いた大型水路である。ゲートを引き上げることで、最大周期 20 秒程度(現地換算で約 80 秒)の段波が発生する。表-1 に実験条件を示す。既往研究において基礎地盤の洗堀に伴って根固め工が変位し、裏法コンクリートが不安定化することが報告されている。このため、本実験では基礎地盤をセメント改良し、洗堀を防止することとした。

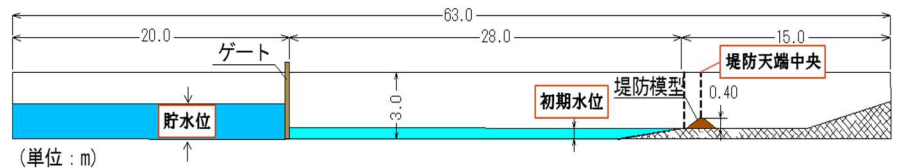


図-2 大型断面二次元水路

表-1 実験条件

| 貯水位 | | 沖波高 (m) | 入射波高 (m) | 透水性目地ケース | | 遮水性目地ケース | |
|---------|---------|---------|----------|----------|------|----------|--|
| 模型値(mm) | 現地換算(m) | | | 損傷状況 | | 損傷状況 | |
| 1,080 | 1.62 | 5.18 | 3.84 | 裏コン孕出し | 変化なし | | |
| 1,180 | 1.77 | 7.30 | 6.85 | 崩壊 | 変化なし | | |
| 1,280 | 1.92 | 8.20 | 7.54 | 未実施 | 崩壊 | | |

(堤防未設置条件における波高である。)

(1) 透水目地ケース

1 回目の段波(沖側 120m 地点での進行波高 5.18m)を作用させた時点で、写真-1 に示すように泥濁化した盛土材が裏法コンクリートと根留め工の間から吹き出し、裏法コンクリートが押し出された。この状態で 2 回目の段波(進行波高 7.30m)を作用させた。そのときの被災過程を写真-2 に示す。越流開始から 20 秒後に裏法コンクリートが一斉に押し流された。その後、波浪によって裏法側の盛土材が侵食され、徐々に堤体断面が縮小した。約 18 分後には天端コンクリートが崩落した。



写真-1 津波越流後の裏法コンクリートの損傷状況 (透水目地ケース)

(2) 遮水目地ケース

目地部への越流水の流入を防止することで、1 回目および 2 回目の段波に対して堤防の損傷は生じなかったが、3 回目の段波(進行波高 8.24m)を作用させた段階で、写真-3 に

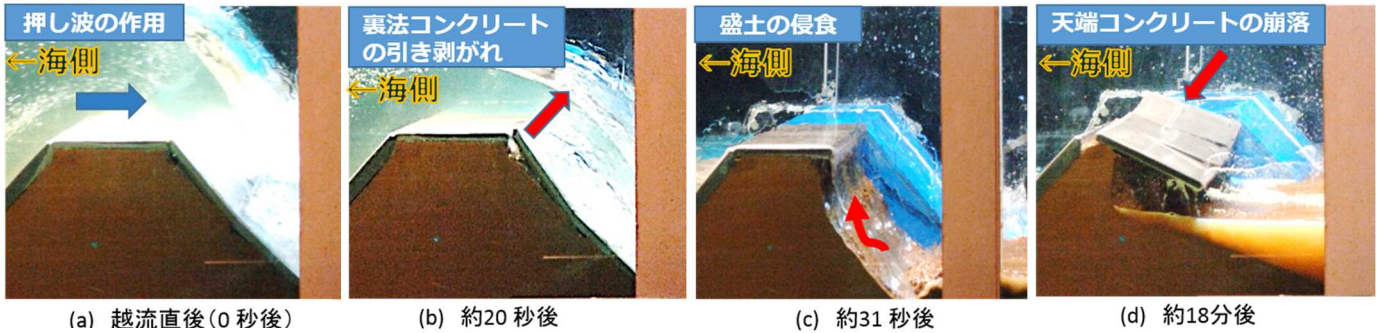


写真-2 三面張り堤防モデルの被災過程 (透水目地ケース)

示すように越流開始から約9秒後に裏法肩コンクリートが引き剥がされた。裏法肩付近には40~45kPa程度の負圧が認められた。図-3に堤防天端中央上の越流水深と裏法肩コンクリート(厚み0.25m,長さ3.2m,比重2.3)の引き剥がれに対する安全率を示す。越流水深の増加に伴って安全率が低下し、越流水深4.0~5.0m(静水頭換算)を上回った時点で安全率1.0を下回っていることがわかった。

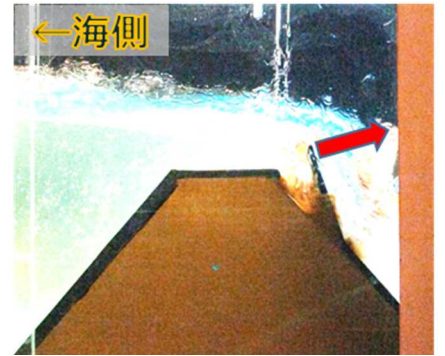


写真-3 三面張り堤防モデル (透水目地ケース) の裏法コンクリート引き剥がれ状況

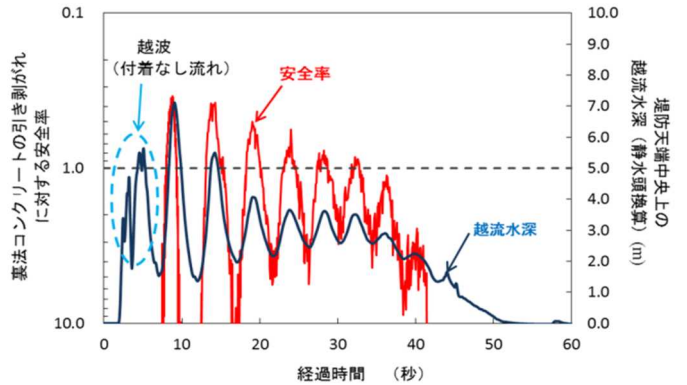


図-3 堤防天端中央上における越流水深及び揚力による裏法コンクリートの引き剥がれに対する安全率

4. 被災事例

東日本大震災合同報告(2014)¹⁾における海岸堤防の被災調査結果によると、津波が越流しなかった海岸堤防には被災が生じなかった。その一方、越流の規模にもよるが、津波が越流した堤防の被災率が高かったことが報告されている。このことは津波が堤防表側のみに働く場合、高い抵抗力を持っているが、越流に対しては十分な抵抗力を有していなかったことを意味する。図-6は岩手県宮古市宮古湾における海岸堤防の被災状況である。表法側の壁体及び裏法尻の根留め工に破損や流出が生じておらず、天端及び裏法コンクリートのみが流出していた。被災後の状況のみで原因を特定することはできないが、先述の実験結果に示されるように、根留め工が変位しない条件では、地震等で損傷した目地部への越流水流入による裏込め材の流動化や、深い越流水深時の負圧の働きで生じる引き剥がす力に十分に抵抗できていなかった可能性が指摘できる。

5. 考察及び結論

盛土表面に被覆コンクリートを設置した三面張り堤防は、地震等による目地部の開きや大規模な越流が発生すると、裏法側の被覆コンクリートが流出し、堤体の侵食に発展する可能性が高いことが確認された。このことから、堤防の耐震化により目地部の損傷を抑制するとともに、地震等により目地部の開きや不陸など多少

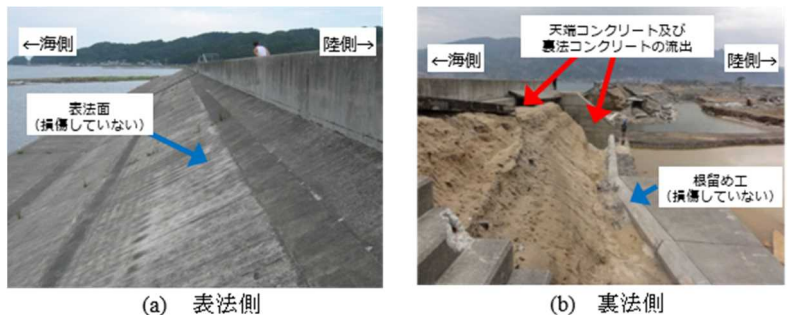


写真-4 岩手県宮古市宮古湾における海岸堤防の損傷状況

生じて、その部分が弱点とならない工夫を取り入れる必要がある。具体的には、目地部に越流水が流入しても壊れにくい盛土構造、流水に対して抗力を生まない噛み合わせ²⁾などが挙げられる。また、被覆工同士の連結や盛土への定着によって引き剥がれない工夫を取り入れることが重要であると考えられる。

謝辞: 復興庁・農林水産庁食料生産地域再生のための先端技術展開事業による補助を受けました。

引用文献: 1)東日本大震災合同報告(共通編3編):津波と特性被害(共通編2),日本地震工学会・土木学会・地盤工学会,221-265,2014,2)国土技術政策総合研究所河川研究部:粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討(第1報),国総研技術速報, No. 1,平成24年5月14日