

海岸堤防越流後の減勢に適した二重堤防構造の実験的検討

埼玉大学大学院理工学研究科 学生会員 ○五十嵐 善哉
 埼玉大学レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

1. 研究背景と目的

東北地方太平洋沖地震津波による壊滅的被害をうけて、レベル2 津波に対する減災機能を高めるため、多重防御という考え方が提案された。しかし、多重防御に関する研究が少なく、津波に対する有効的な多重防御の構造が確立されていない。そこで本研究では、二重堤防構造の第2 堤防高さ及び法面勾配に着目し、津波のエネルギー減衰を水路模型実験により定量的に求め、減災に適した構造を提案することを目的とする。

2. 内容

二重堤防構造では堤防間で生じる跳水によるエネルギー減衰を増加させると同時に、第1 堤防周辺の流速を落とすことにより、破堤に至るまでの時間を延長し、粘り強い構造となることを期待する。そのため、定常流水路において第二堤防構造を変化させて水理実験(1/100 スケール)を行った。第1 堤防高さに対する第2 堤防高さの比は約 0.125, 0.25, 0.375 とし、これを CASE D₁1, D₁2, D₁3 とする。ここで、第1 堤防高さ: 14.5cm, 2 つの堤防法尻間隔: 30cm, 第2 堤防表法面(海側)の勾配: 1 割勾配, その他の法面勾配: 2 割勾配とした。ただし、第2 堤防表法面勾配の影響を見るため、CASE D₁2 に関しては表法面勾配を 0 割(鉛直), 2 割, 3 割勾配とした CASE D₀2, D₂2, D₃2 も行った。CASE D₀2, D₁2, D₂2, D₃2 は、第2 堤防の法肩をそろえて実験を行った。比較のために第1 堤防のみの場合の実験(CASE S)も行った。各ケースにおいて、第1 堤防法肩付近での限界水深と二重堤防構造通過後の水深を計測し、連続式等からエネルギー減衰率 ΔE (エネルギー減少量/第一堤防法肩でのエネルギー) を算出した。

3. 結果及び考察

(1) 第2 堤防高さの影響 水理実験より、流況は図-1 のように Type c, b, a1, a2 の4 つに分類された。第2 堤防高さの影響を見るため、CASE D₁1, D₁2, D₁3 及び CASE S に関して、縦軸にエネルギー減衰率、横軸に無

次元越流水深 h_c' をとったグラフを図-2 に示す。ここで、 h_c' とは、第1 堤防の法肩付近の限界水深を第1 堤防高さで除した値である。また、縦軸に h_c' 、横軸に無次元第2 堤防高さ EH_2' をとり、流況を分類したグラフを図-3 に示す。ここで、 EH_2' とは、第2 堤防高さを第1 堤防高さで除した値である。図-2 より、第1 堤防のみであっても 40~80% 程度のエネルギー減衰率が認められた。これは、堤防越流後の流体が底面をたたく効果によるものと考えられる。次に、第2 堤防の効果に関しては、 h_c' が 0.12 以下の場合、CASE S とあまり差が見られなかった。これは、 h_c' が 0.12 以下の場合、摩擦の影響が大きく、CASE S における ΔE が大きかったためと考えられる。 h_c' が 0.19 以上の場合、流況が Type b, c であれば、12~21% 程度 ΔE が上昇した。これは、堤防間で生じた跳水による効果と考えられる。Type a1 においては、跳水が発生しないものの、7~22% 程度 ΔE が上昇した。これは、第2 堤防越流の際に斜方投射された流体が着水する際の底面をたたく効果と考えられる。そのため、投射角度が水平に近づく、もしくは越流後の最大水位が小さくなるとその効果は小さくなり、 ΔE は 7~12% 程度の上昇に留まった。Type a2 においては、跳水が発生せず、たたく効果も期待できないため、 ΔE は 5% 程度の上昇に留まった。

(2) 第2 堤防表法面勾配の影響 第2 堤防表法面勾配の影響を見るため、CASE D₀2, D₁2, D₂2, D₃2 及び CASE S に関して、縦軸に ΔE 、横軸に h_c' をとったグラフを図-4 に示す。また、縦軸に h_c' 、横軸に EH_2' をとり、流況を分類したグラフを図-5 に示す。図-4 及び図-5 により、CASE D₂2 及び D₃2 では、 h_c' が 0.2 程度で流況が Type b から Type a2 に変化しており、それに伴い ΔE が減少していることが分かる。すなわち表法面勾配が 2, 3 割の場合、Type a1 の状態が認められなかった。既往研究¹⁾において、Type b から Type a1 への限界状態で、第2 堤防上の水位が上下動する振動現象が発生し、 ΔE が減少することが認められているが、本ケースでは流

況が Type b から Type a2 へ移行し、振動現象は発生しなかった。すなわち、表法面勾配を緩やかにすることで振動現象を抑えられる可能性がある。また、CASE D₀2 では、本実験における最大流量時でも 2 つの堤防間に流体が貯留された状態 (Type b) であった。このことから、表法面勾配が 1~0 割の間で貯留効果が大きく向上すると考えられる。

4. 結論

二重堤防通過時の流況は 4 種類に分類された。無次元越流水深が小さい場合、摩擦の影響から第 2 堤防配置による差はあまり見られなかった。無次元越流水深が 0.19 以上の場合、堤防間で跳水が発生する条件 (Type c または b) であれば ΔE は単線堤構造より 12~21% 程度向上した。跳水が発生しなくても、第 2 堤防越流後に流体が斜方投射されれば、着水時に底面をたたく効果により、単線堤構造と比べ ΔE は 7~22% 程度大きかった。ただし、第 1 堤防および第 2 堤防の破壊リスクを減らすには、堤防間に流体が貯留され、ウォータークッションの役割を果たす必要がある。また、堤防間で跳水が発生せず、第 2 堤防越流時に空気を巻き込まない場合、 ΔE は大きく減少した。本研究では、第 2 堤防の高さと表法面勾配が水位状態に大きく関係していることを示した。

謝辞：本研究の一部に、科学研究費補助金基盤研究 B (No. 15H02987, 代表：田中規夫) を使用した。記して謝意を表します。

参考文献

1) 五十嵐善哉, 田中規夫: レベル 2 津波の堤防越流に対する減勢に適した裏法側堤防構造の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I_325-I_330, 2015.

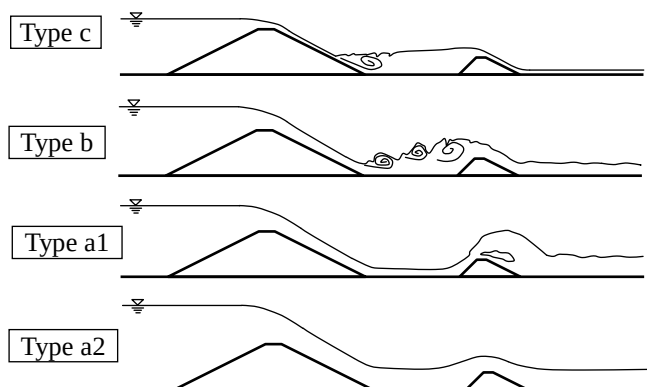


図-1 二重堤防構造通過時の流況分類

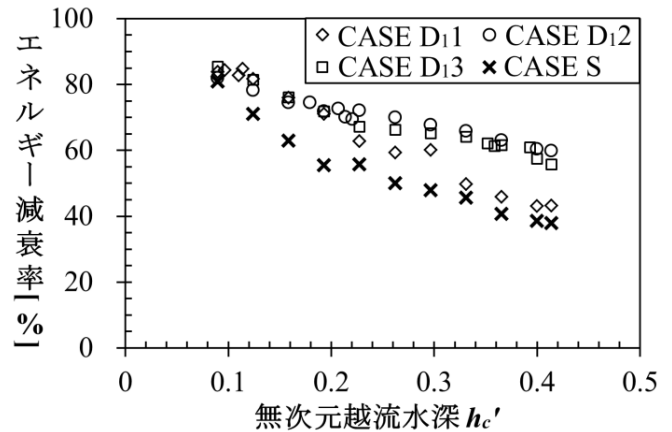


図-2 第 2 堤防高さとエネルギー減衰率

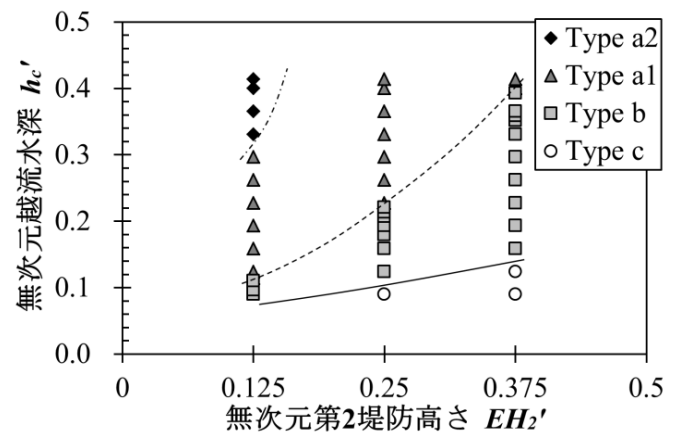


図-3 第 2 堤防高さと流況の関係

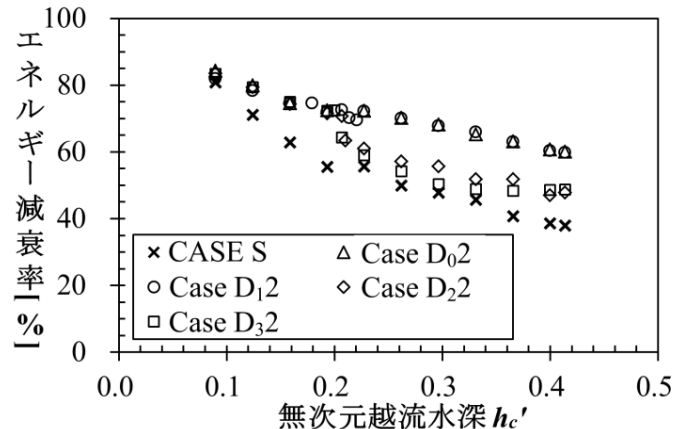


図-4 第 2 堤防表法面勾配とエネルギー減衰率

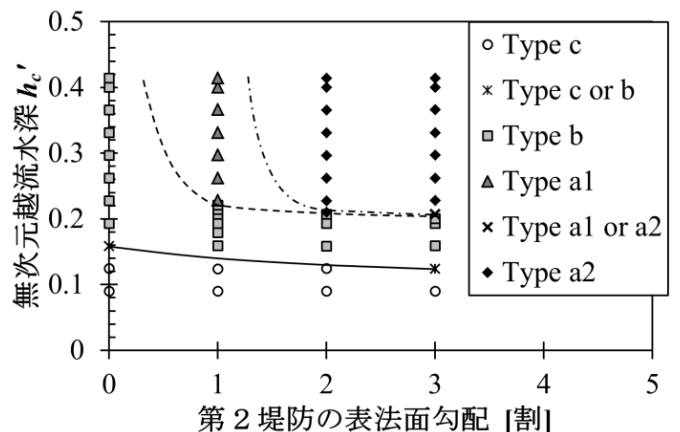


図-5 第 2 堤防表法面勾配と流況の関係