

水路模型実験における堤防越流量の減少に効果的な多重防御構造の検討

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

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降、津波への多重防御策として、樹林帯と堤防の組み合わせの計画がされている¹⁾。しかし、それらを組み合わせたことによる水理学的特性についてはあまり検討されていない。生態学的には、砂浜・砂草・樹林帯に連続性を持たせるため、堤外地側に樹林帯を配置した方が良いのではないかと考えられているが、樹林帯の破壊を防ぐためには堤内地側に樹林帯を配置した方が良いのではという考えもある。そこで、津波の越流量について樹林帯と海岸堤防の組み合わせ配置による変化の把握を目的として水路模型実験を行った。

2. 研究方法

(1) 実験方法 空圧式造波ゲートの急開により段波を発生することが出来る、幅0.4m、長さ18mの実験水路を使用した(図-1)。水路内にはゲートから4mの位置から1:10のスロープを0.5m、その背後は水平となる実験床を設置した。実験模型の縮尺は1/100とし、減勢模型として樹林帯模型と海岸堤防模型を用いた。樹林帯模型は、樹木直径：4mm、高さ：18.0cm、模型樹木密度：0.22本/cm²、幅：0.4mとし、長さ：0.8mの樹林帯模型Ⅰと長さ0.02m(2列)の樹林帯模型Ⅱとした。海岸堤防模型は、幅：0.4m、堤防高：6cm、天端長さ：4cm、のり面の勾配：1:2とした。減勢模型の配置は、汀線より12cmの位置より設置し、模型の配置が汀線から順に、海岸堤防、樹林帯ⅠとしたCASE-EV_I、樹林帯Ⅰ、海岸堤防としたCASE-V_IEを比較した(図-2：実験ケース一覧)。計測機器として、容量式波高計6本とLDVシステムを用い、水位、流速を計測した。入力波条件は、ゲート下流側水深：5cm、タンク水深：25、20、15cmの3ケースとした。また、汀線から順に樹林帯Ⅱ、海岸堤防と配置したCASE-V_{II}Eに関しては、堤防の配置はそのまま樹林帯を設置していないCASE-N_{II}Eと比較し、反射波の水位を測定点G0で計測し、その値から越流量の変化を考察した。このとき入力波条件は、ゲート下流側水深：5cm、タンク水深：25cmの1ケースのみとした。

3. 結果および考察

(1) CASE-EV_IとCASE-V_IEの越流量の比較 図-3に測定点G5での累積越流量とタンク水深の関係を示す。ここで、CASE-NNは樹林帯・海岸林共に設置しないケースであり、CASE-V_INはCASE-V_IEの樹林帯の配置はそのまま堤防を外したケース、CASE-EN_IはCASE-EV_Iの堤防の配置はそのまま樹林帯を外したケースである。越流量は、流速と水深と水路幅の積から求めているが、CASE-V_IEのみ限界水深から求めた。CASE-V_IEとEV_Iを比較すると、V_IEの方が越流量は小さい。CASE-V_IEが越流量を低減する効果が高い理由は、樹林帯により入射波の一部が反射され流入量が減り、さらに堤防による反射も加わることで樹林帯と堤防の相乗効果からである。また、CASE-V_IEはCASE-V_IN_Iの越流量の0.42、0.49倍(タンク水深20、25cm)に減少している。一方でCASE-EV_IはCASE-EN_Iの0.57、0.87、0.82倍(タンク水深15、20、25cm)と減少率がCASE-V_IEに比べて小さい。したがって、CASE-EV_Iのように堤防のすぐ背面に樹林帯を配置することは、越流量を低減させる効果が薄いと言える。

(2) CASE-N_{II}EとCASE-V_{II}Eの越流量の比較 水路実験の結果、樹林帯の長さが0.8mと十分に長い場合には、海側に樹林帯を設置したケースの方が越流量は小さくなった。このとき、実験の映像から、樹林帯の内部に反射点をもつことがわかった。樹林帯が十分に長い(反射点が樹林帯内部に収まる長さ)場合、越流量を減少させることが分かったが、樹林帯の長さが短く反射が始まる前に樹林帯を通過してしまう場合、水位を堰上げることから越流量を増加させる可能性もある。そこで、反射点が最も堤防よりになったタンク水深25cmにおいて、樹林帯が極端に短いCASE-V_{II}Eの実験を行った。図-4に測定点G0での反射波の水位の時間変化をCASE-V_{II}EおよびCASE-N_{II}Eについて示す。津波が測定点G0を通過した時刻を0sとした。観測される最初の反射波はスロープによる反射であり、最大水位は堤防による反射である。CASE-V_{II}Eでは、

樹林帯による反射はみられないものの、樹林帯により堰上げられた流体が堤防の反射波とともに押し戻される現象が観測された。それが、**図-4**のような水位変化となって表れている。これを堤防のみのCASE-N_{II}Eと比較すると、反射波の水位の最大値は樹林帯ありのケースの方が微小ではあるが大きく、また反射波が測定点G0に到達する時刻も早いことから、反射された流量が多く、越流量は少なくなったと考えられる。

4. 結論

樹林帯と海岸堤防の位置関係に関して、樹林帯が海側で海岸堤防が陸側の方が越流量の減少効果が大いことが分かった。また、樹林帯が長い場合と短い場合では、そのメカニズムは異なるものの、越流量を減少させる効果は共に認められた。しかし樹林帯が短い場合に関しては、直接越流量を計測したわけではないため、今後、更なる実験を行って定量的な評価を行う必要がある。また、樹木破壊が生じる場合についても更なる検討が必要である。

謝辞：本研究の一部に、科学研究費補助金基盤研究 B (No. 24310127, 代表：田中規夫) を使用した。実験の一部は、当時の大学院生であった鈴木一貫氏のご協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献

1)庭田 侑, 田中 規夫, 北海道白糠町和天別における減勢工型の堀と盛土を併せ持つ海岸防災林の津波減勢効果, 土木学会関東支部発表会 II-43(CD-ROM), 2015.

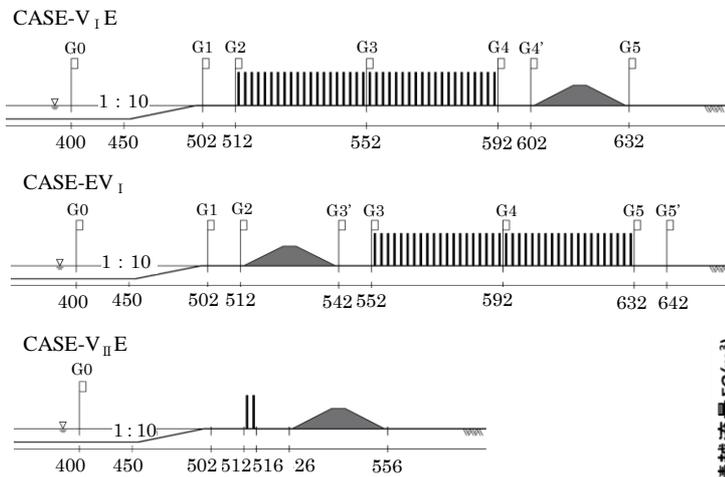


図-2 実験ケース一覧

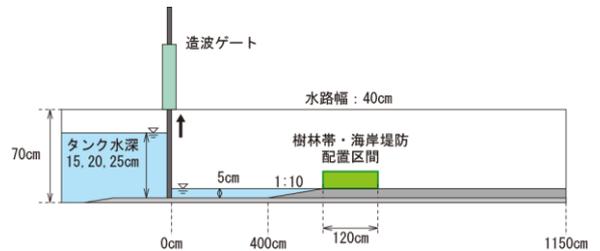


図-1 実験装置略図

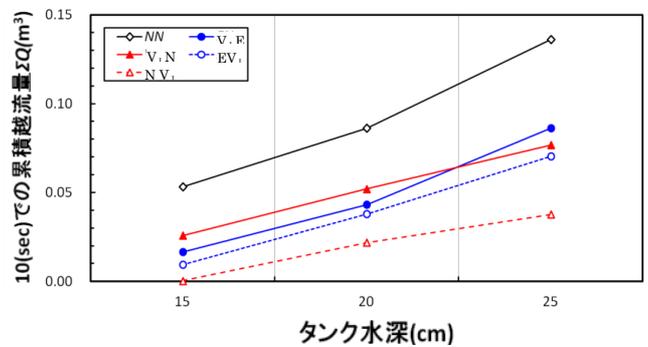


図-3 越流量の比較

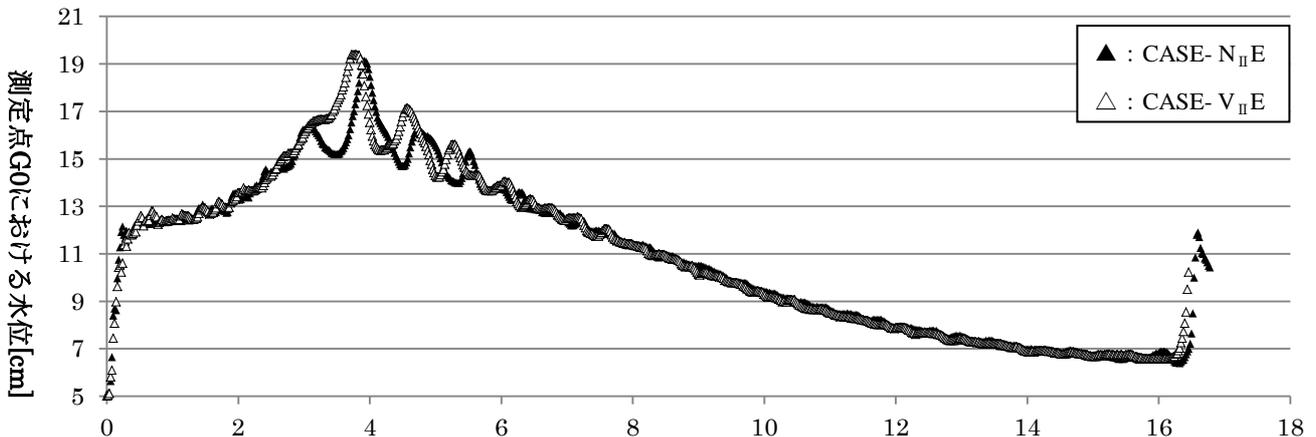


図-4 反射波の水位変化