

堤内地におけるハード対策の津波被害軽減効果

Tsunami Damage Mitigation Effects of “Hard “ Measures in the Hinterland

加藤史訓¹・福濱方哉²・藤井裕之³・高木利光⁴・児玉敏雄⁵

Fuminori KATO, Masaya FUKUHAMA, Hiroyuki FUJII
Toshimitsu TAKAGI and Toshio KODAMA

Coastal dike should be constructed and maintained to prevent damage in the hinterland caused by the design tsunami, but can not always be constructed because of land availability etc. Besides this, larger tsunamis may overtop the coastal dike and run up on the hinterland. In such cases, “hard” measures in the hinterland as well as measures prompting resident’s evacuation should be considered. The measures, such as forest zones, elevating land and secondary dikes, can mitigate damage to houses and humans through tsunami runup control in the hinterland. To realize the measures, we evaluated tsunami damage mitigation effects of the “hard” measures in the hinterland.

1. はじめに

想定される津波に対して背後地が被害を受けないように海岸堤防は設計・管理されなければならないが、想定を上回る津波が来襲することにより背後地に津波が遡上する可能性がある。また、海岸利用等の制約のため、想定される津波に対して十分な高さの堤防を建設できないこともある。このような場合、避難対策により人的被害の軽減を図るとともに、堤内地において氾濫流を制御するハード対策が選択肢として重要となる。堤内地でのハード対策については、樹林帯の津波遡上低減効果が検証され(首藤, 1985; 原田・河田, 2005 など), 地盤高上げは北海道南西沖地震津波の被災後に奥尻島で実施されている。また、旧堤や道路施設等を二線堤として活用することも考えられる。その設計の考え方を具体化するため、樹林帯、二線堤、地盤高上げの被害軽減効果を評価した。

2. 津波計算の概要

図-1 に示す高知海岸仁ノ工区を対象に、波源として中央防災会議の東南海・南海地震同時発生モデルを採用して津波伝播・遡上計算(非線形長波方程式)を行い、各対策のもとでの遡上過程を解析した。津波伝播・遡上計算では、加藤ら(2006)と同様に、地殻変動(2m程度沈降)および地震動による沈下(沈下量 3.44 m)を想定して、海岸堤防の高さを T.P.+4.39 m に設定した。計算格子間隔は、ネスティングにより 2,700 m から 11

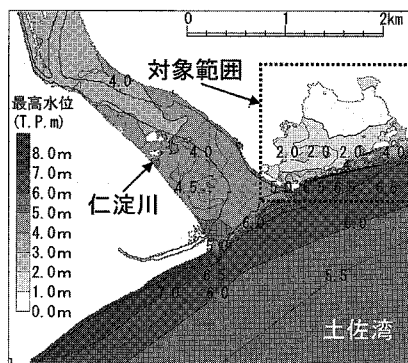


図-1 対象範囲の最高水位(対策前)

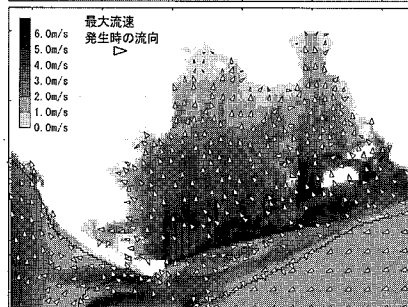
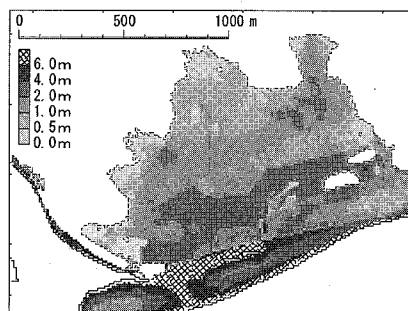


図-2 対策前の最大浸水深(上), 最大流速(下)

- | | | |
|--------|------|--------------------------------------|
| 1 正会員 | 工修 | 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部海岸研究室 主任研究官 |
| 2 正会員 | 工修 | 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部海岸研究室長 |
| 3 正会員 | 修(工) | (株)アイ・エヌ・エー海岸部 |
| 4 フェロー | 博(工) | (株)アイ・エヌ・エー海岸部 |
| 5 正会員 | 博(工) | (株)アイ・エヌ・エー海岸部 |

mまで細かくした。

仁ノ工区の堤防海側では最高水位は約 T.P.+6.5 m に達し、背後地に津波が遡上した。その結果、対策前の状態では、図-2 のように、背後地の浸水深は最大で約 4 m となり、背後地の流速は堤防陸側で最大 6 m/s に達した。

3. 樹林帯の効果

(1) 評価方法

樹林帯については、原田・今村 (2003) が防潮林幅と遡上距離などの減衰効果を整理し、浸水深 3 m 以下の津波に対して幅 100 m 以上の防潮林が被害軽減に十分効果ありと評価している。本研究では、樹林帯の幅を 200 m とし、図-3 に示す 3 ケース (A: 堤防背後に樹林帯を設置, B: 堤防の 200 ~ 400 m 陸側に樹林帯を設置, C: 集落の前に樹林帯をハの字型に設置) を想定し、対策前の最大浸水深や最大流速と比較した。樹林帯の効果は、原田・今村 (2003) に従って、Morison 式にもとづく抵抗項を浅水理論の運動方程式に加えることで評価した。なお、原田・今村 (2003) では、抗力項と慣性力項の線流量を「防潮林無しの場合」で数値計算より求めたとしている。本研究では、厳密には抵抗係数を再検討する必要があるものの、計算負荷軽減のため、原田ら (2000) と同様に防潮林を考慮した計算時の線流量を用いた。計算では、原田・今村 (2003) の防潮林現地調査結果 (北上川, 志津川, 高田松原) と数値計算条件を参考にして、樹林密度 30 本 / 100 m², 幹の直径 0.15 m, 樹高 10 m, 枝下高 5 m, 葉部の密度 0.65 とした。

(2) 評価結果

樹林帯 A では、図-4 のように、対策前の最大浸水深が 2 ~ 3 m 程度となる樹林帯背後で数 cm の水位低下が見られる一方、樹林帯内では逆に水位が数 cm 上昇した。また、4 m/s 程度だった樹林帯背後の最大流速は最大で 1 割減少した。樹林帯 B, C でも、図-5 ~ 6 のように、

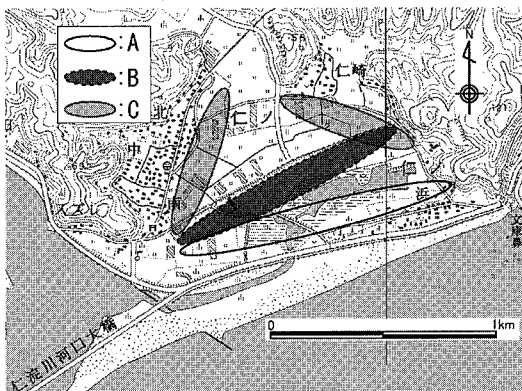


図-3 樹林帯の位置設定

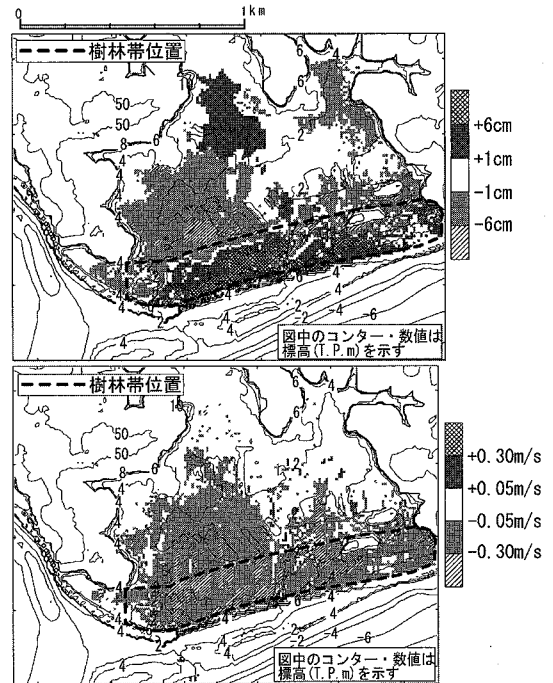


図-4 最大浸水深 (上) と最大流速 (下) の変化 (樹林帯 A)

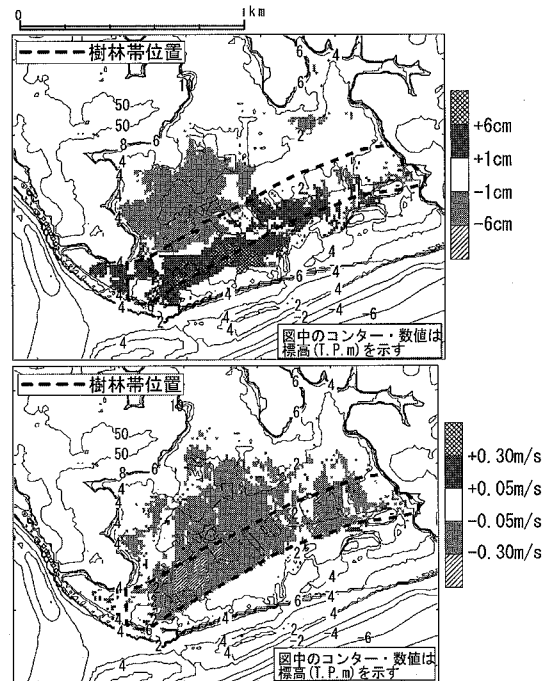


図-5 最大浸水深 (上) と最大流速 (下) の変化 (樹林帯 B)

最大浸水深や最大流速の減少量は樹林帯 A と同程度で、樹林帯 C でも津波の勢力を集落外に逸らすことはできなかった。

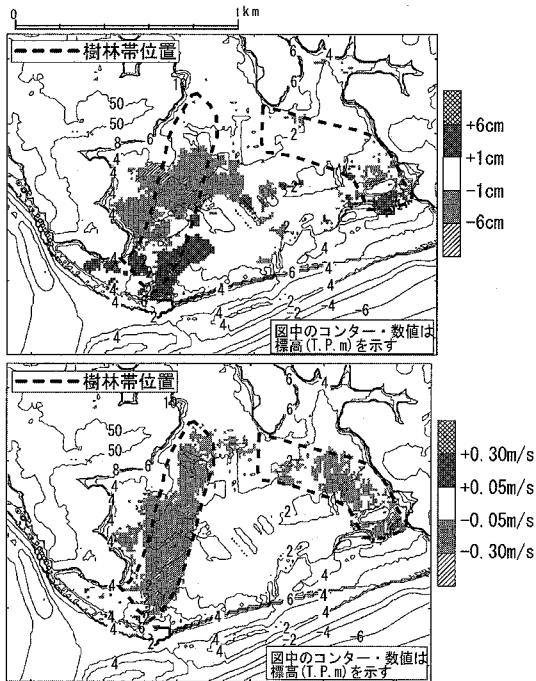


図-6 最大浸水深(上)と最大流速(下)の変化(樹林帯C)

以上のように、最大浸水深が最大4m程度の津波遡上に対して、幅200mの樹林帯は浸水深や流速をあまり低減しなかった。樹林帯は船などの漂流物を阻止し、津波にさらわれた人のすがりつく対象となるといった効果があり、既往の被害調査や研究成果から(松富ら, 2005; 原田ら, 2003) 樹林帯による津波減衰効果が確認されている。しかし、津波の規模や樹林帯幅によってその効果が異なり、海岸堤防を代替するものではない。堤防による対策が実施可能な地域では、津波の陸上遡上を十分抑制するように海岸堤防の高さ・強度を確保する必要がある。

4. 二線堤の効果

(1) 評価方法

二線堤については、図-7の位置で、2通りの天端高(対策前の堤内地の最高水位相当のT.P.+4.0m, 越流しない高さ)と開口部(2箇所, 開口幅11m)の有無を考慮して、津波遡上計算を行った。

(2) 評価結果

二線堤の高さをその設置前の堤内地の最高水位程度であるT.P.+4.0mとしても、二線堤で津波が堰き止められて水位が上昇し、二線堤の背後が浸水した(図-8)。ただし、二線堤の堤内側では、二線堤がない場合と比べ、最高水位は1m程度、最大流速は1~2m/s減少しており、浸水深・流速の低減効果が認められた。また、二

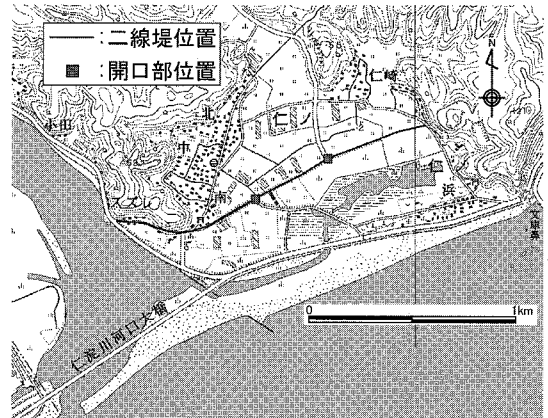


図-7 二線堤とその開口部の位置

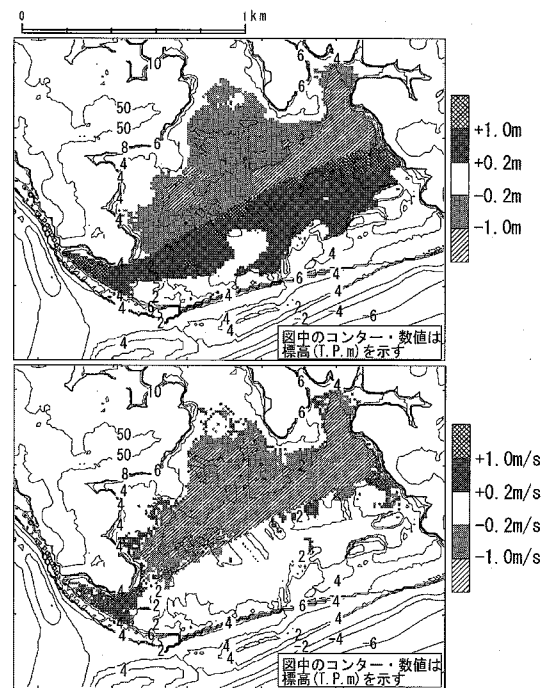


図-8 最大浸水深(上)と最大流速(下)の変化(天端高T.P.+4.0mの二線堤, 開口部なし)

線堤を越流しない条件を設定したところ、図-9のように、二線堤を越流しないために必要な天端高はT.P.+5.5m程度と評価された。一方、二線堤に開口部がある場合、図-10のように最大浸水深の低下は限定的だが、最大流速は1m/s程度減少している。

以上のことから、二線堤の流速低減効果は開口部の有無によらず顕著であるが、浸水深低減には開口部の確実な閉鎖が必要であると判断される。また、二線堤の天端高は堰上げ効果を考慮して設定する必要がある。

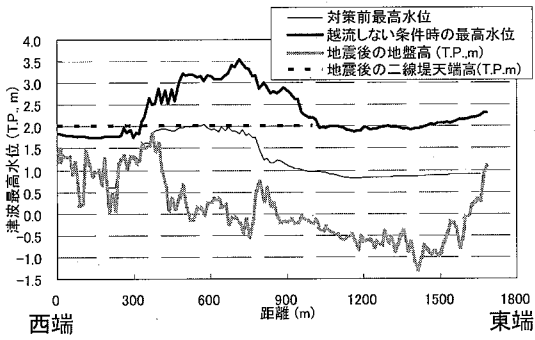


図-9 二線堤堤外側の水位縦断面図
(高さは地殻変動による2mの沈降後のもの)

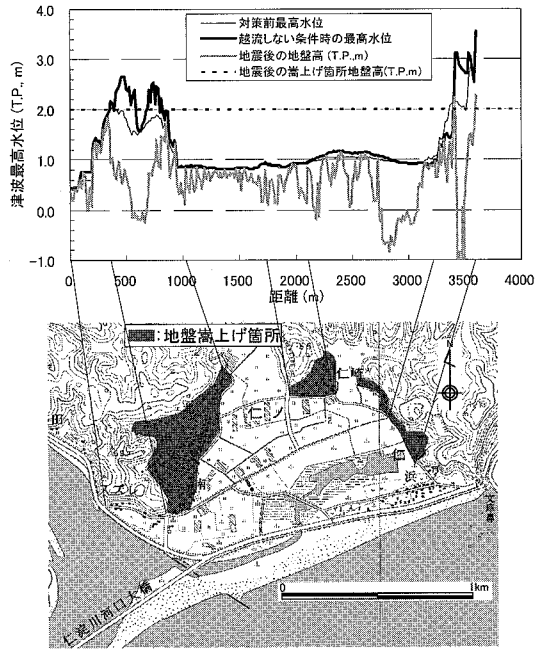


図-11 地盤高上げ箇所前面の水位縦断面図
(高さは地殻変動による2mの沈降後のもの)

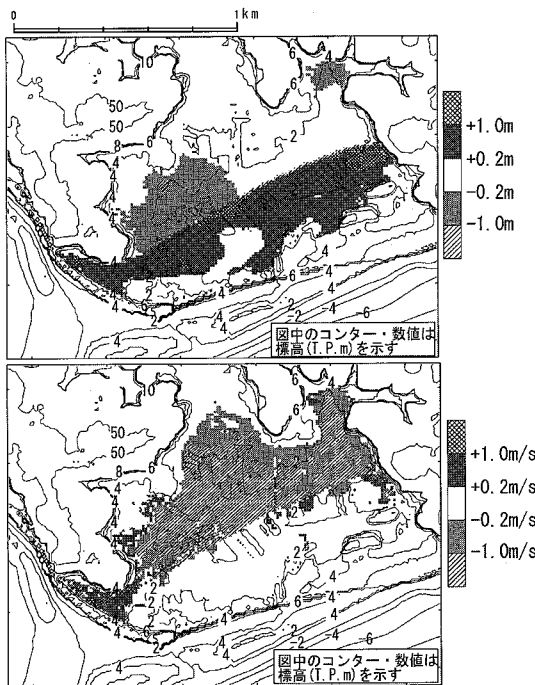


図-10 最大浸水深 (上) と最大流速 (下) の変化 (天端高 T.P. + 4.0m の二線堤, 開口部あり)

5. 地盤高上げの効果

(1) 評価方法

地盤高上げについては、図-11に示された集落の地盤高が T.P.+4.0m (対策前の堤内地の最高水位相当, 地殻変動後は T.P.+2.0m) 以上になるように想定し, 津波遡上計算を行った。さらに, T.P.+4.0m への高上げでは対象集落の一部で浸水することが判明したので, 対象集落が全く浸水しない地盤高についても検討した。

(2) 評価結果

T.P.+4.0m まで地盤を嵩上げすると, 図-12のよう

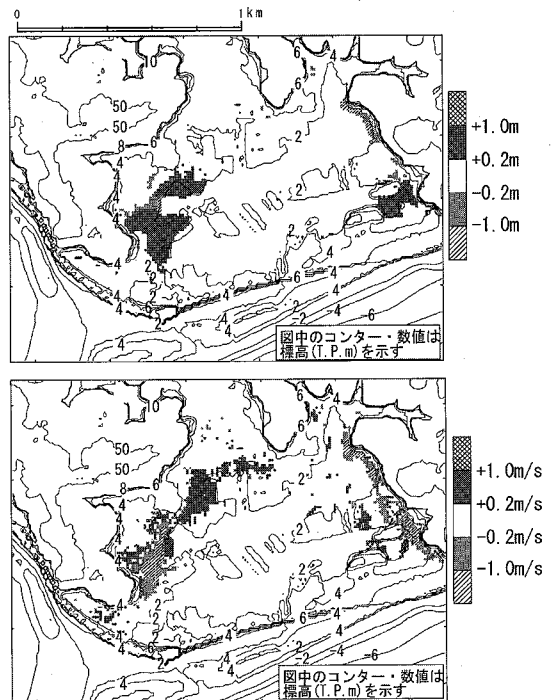


図-12 最大浸水深 (上) と最大流速 (下) の変化 (T.P. + 4.0m の地盤嵩上げ)

に, 最大浸水深は嵩上げ箇所で減少しているが, その近傍では逆に増加している箇所もある。最大流速も同様であった。嵩上げ箇所は遡上先端に近い部分のため, 堤内

表-1 被害想定結果

被害	対策なし	樹林帯			二線堤				地盤嵩上げ		
		樹林帯A	樹林帯B	樹林帯C	開口部無 T.P. +4.0m	開口部無 越流 なし	開口部有 T.P. +4.0m	開口部有 越流 なし	T.P. +4.0m	越流なし	
建物被害(棟)	大破	1,164	1,168	1,165	1,163	1,351	1,471	1,385	1,480	1,230	1,255
	中破	1,767	1,743	1,752	1,753	992	857	1,459	1,373	1,703	1,695
	軽微	3,782	3,785	3,786	3,783	2,496	1,866	3,630	3,583	3,556	3,498
	床下	982	970	967	961	1,182	201	918	845	977	668
	計	7,695	7,667	7,670	7,660	6,021	4,395	7,393	7,281	7,467	7,116
死者数(人)	857	854	855	854	701	576	845	843	846	821	

地全体の遡上過程への影響は少なかった。また、嵩上げ箇所が浸水しない条件とした場合の最高水位縦断分布より、対象集落が浸水しないようにするには、T.P.+5.2 m 程度まで嵩上げする必要があると評価された(図-11)。

6. 家屋・人的被害の軽減効果

各対策による家屋・人的被害の軽減効果を、加藤ら(2006)に従って、最大浸水深から中央防災会議の手法で算定した。この手法では津波到達時間や避難意識により死者率が補正されるが、本研究では最悪のケースを想定して補正を行わなかった。また、この地区では建物が内陸に分布していることをふまえ、実際には建物がない地域も含め、陸上部の各格子(11. mメッシュ)に家屋1棟、2.7人(平成15年住宅・土地統計調査結果の全国平均値)が存在すると仮定した。

表-1のように、建物・人的被害の総数に対し、樹林帯や地盤嵩上げはほとんど影響しないが、開口部が無い二線堤は2~4割低減する。樹林帯や開口部がある二線堤は、浸水深が低下する範囲が限定的なため被害があまり軽減されない結果になっているが、流速の低減により実際の被害軽減は推定結果より大きいと推察される。その評価には、松富・首藤(1994)が提案している流速を考慮した被害関数を用いる必要がある。また、二線堤や地盤嵩上げはその外側の浸水深の増大により大破戸数を逆に増やすので、実施箇所について注意が必要である。

7. おわりに

堤内地での津波被害軽減対策として、樹林帯、二線堤、地盤嵩上げの被害軽減効果とその設計の留意点を整理した。堤内地の津波対策として二線堤や地盤嵩上げを用い

る場合には施設による津波の堰き上がりを考慮して天端高、地盤高の設定を行う必要がある。樹林帯による対策は被害調査や既往の研究から津波を低減する効果が確認されているものの、津波の規模や樹林帯の条件によってその効果が異なることに留意する必要がある。また、二線堤による対策では堤内地の流速低減効果が大きいいため、対策による効果の把握には流速を考慮した被害想定手法を用いる必要がある。

本研究の実施に際し、四国地方整備局高知河川国道事務所から海岸堤防の耐震調査成果をお借りした。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 加藤史訓・福濱方哉・藤井裕之・高木利光(2006): 地形変化および海岸堤防の変状を考慮した津波被害想定手法, 海岸工学論文集, 第53巻, pp. 1351-1355.
- 首藤伸夫(1985): 防潮林の津波に対する効果と限界, 海岸工学論文集, 第32巻, pp. 465-469.
- 原田賢治・油屋貴子・Hamzah Latief・今村文彦(2000): 防潮林の津波に対する減衰効果の検討, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 366-370.
- 原田賢治・今村文彦(2003): 防潮林による津波減衰効果の評価と減災のための利用の可能性, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 341-345.
- 原田賢治・河田恵昭(2005): 津波減衰効果を目的とした海岸林活用条件の検討, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 276-280.
- 松富英夫・首藤伸夫(1994): 津波の浸水深, 流速と家屋被害, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 246-250.
- 松富英夫・高橋智幸・松山昌史・原田賢治・平石哲也・Seree Supartid・Sittichai Nakusakul(2005): タイの Khao Lak と Phuket 島における 2004 年スマトラ島沖津波とその被害, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 1356-1360.