

## 岩手県大槌町浪板地区における 道路盛土・鉄道盛土の多重防御による津波減勢効果の検討

嶋川 純平 大阪大学 大学院工学研究科  
常田 賢一 大阪大学 大学院工学研究科  
小林 拓磨 (株)建設技術研究所

### Study on tsunami-reduction function of railway and highway earth banks for multiple defenses at Namiita in Otsuchi of Iwate Prefecture

Jumpei SHIMAKAWA Graduate school of Engineering, Osaka University  
E-mail: jshimakawa@civil.eng.osaka-u.ac.jp  
Ken-ichi TOKIDA Graduate school of Engineering, Osaka University  
Takuma KOBAYASHI CTI Engineering Co., Ltd.

#### Abstract

The great tsunami flood occurred in the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake in Japan and many houses and infrastructures were damaged severely. For the reconstruction and future preparation against the tsunami flood, the Japanese Government proclaimed the measures of the multiple defenses which reduce the tsunami applying many kinds of structures such as sea wall, forest and earth bank etc. However, the multiple defenses haven't been proposed actually even now. Although the tsunami-reduction function and toughness against tsunami of earth banks are necessary to be clarified, the adjoining highway and railway earth banks corresponding to the typical multiple defenses can be found newly in Iwate Prefecture. The field survey on the above earth banks was conducted to investigate the eroded and attacked conditions induced by the tsunami overflow. Furthermore, the tsunami simulation was conducted to discuss the tsunami attacking conditions and the tsunami-reduction function of the above earth banks. As the results, the several important lessons on the toughness and the tsunami-reduction function of earth banks against the tsunami flood can be obtained.

#### 1 はじめに

2011年3月11日14時46分、東北地方太平洋沖地震が発生し、東北地方の沿岸部に津波高20mを超える巨大な津波(以下、今次津波と呼ぶ)が来襲した。この津波によって、防潮堤や防波堤をはじめとする津波防潮構造物は壊滅的な被害を受け、背後の市街地にも甚大な津波被害が及んだ。

過去に例を見ない甚大な津波被害を受けて、中央防災会議では、今後起こりうる想定外の巨大津波(レベル2津波)対策として、防潮堤や防波堤に加えて、防潮林、陸域で道路や鉄道として供用されている盛土など、複数の津波対策施設を設けて津波を減勢させる“多重防御”の概念が提示された。この一例として、仙台東部道路が挙げられる。同盛土は、海岸から3~4km程度内陸側に位置しており、海岸の防潮堤に対する2線堤として、津波の浸水を抑制したことが示唆されている。しかしながら、盛土の津波減勢効果および盛土の耐津波性能は明らかにされておらず、多重防御の具体化に際しては、これらの課題を解決する必要がある。

著者らは、上記の仙台東部道路以外の特筆すべき事例として、岩手県上閉伊郡大槌町浪板地区に着目した。同地区は、海岸から100mおよび300mの内陸側に、それぞれ道路盛土

および鉄道盛土が位置しており、今次津波において相当規模の津波が盛土を越流したが、盛土は致命的な被害に至らずに残存し、多重防御として津波減勢効果を発現したことが示唆される貴重な事例である。

そこで、本研究では、盛土による多重防御の有効性の検証を主たる目的とし、盛土の耐津波性能および盛土の津波減勢効果を検証した。具体的には、前者については浪板地区の各盛土が受けた津波諸元と盛土の被害状況を整理することで検討した。後者については、津波シミュレーションを用い、2つの盛土による津波減勢効果およびその向上策についても検討した。

#### 2 浪板地区の概要

検証対象地である岩手県上閉伊郡大槌町浪板地区の拡大衛星写真をPhoto 1に示す。浪板地区はリアス式海岸であり、津波高が増幅されやすい湾になっている。また、内陸側は山地に繋がり急勾配となっており、津波到達距離は最大でも800m程度(解析結果による)であるが、押し波・引き波が生じたため、盛土にとっては非常に厳しい津波であったことが推測される。南北方向の地形は、浪板川付近を最低部として、両方向に徐々に標高が高くなる谷型である。

Photo 1のように、浪板地区には、海岸に沿って高さ4m程度の防潮堤、海岸から内陸側100m程度に国道45号の道路盛土、さらに200m内陸側にJR山田線の鉄道盛土がある。道路盛土および鉄道盛土は、いずれも盛土高が5~6m程度であったが、先述した通り、同地区は内陸ほど標高が高い地形であり、海側にある道路盛土の天端高は、最低部でT.P.9m程度、より陸側にある鉄道盛土は最低部でT.P.17m程度である。これらの防潮堤、盛土は、今次津波の押し波・引き波の越流を受けながらも決壊などの致命的な被害に至らず、概ね残存している。

各盛土の渡河部は、いずれも橋梁(道路橋の側道橋と鉄道本橋が流失)であり、今次津波来襲時には、橋梁の開口部を通して、津波流が早期に盛土背後に到達していたと思われる。

### 3 盛土の耐津波性能の検討

本章では、盛土被災状況と盛土が受けた津波諸元の推定結果とを整理することで、盛土の耐津波性能の明確化を試みた。津波諸元の推定に際しては、地元住民に対するヒアリングおよび津波シミュレーション結果に基づく。なお、津波シミュレーションについては、4章にて詳述する。一方で、盛土の被災状況については、津波直後の盛土の被災写真および盛土の現地調査(2014年6月実施)に基づいている。

#### 3.1 盛土に作用した津波諸元

シミュレーションによって得られた津波越流深および津波流速の経時変化を、Fig.1(浪板川付近の道路盛土)、Fig.2(浪板川付近の鉄道盛土)に示す。

まず、道路盛土に作用した津波諸元をFig.1より推測する。同図(下)の津波流速の経時変化において“-(陸方向)”から“+(海方向)”に変わる時間を、押し波が引き波に変わった時間とする。そして、押し波時は、盛土前面の浸水深の経時変化、引き波時は、盛土背後の浸水深の経時変化に着目する。津波の第1波は、押し波に加えて、引き波も道路盛土を越流し、その浸水深は最大で10mを超えていることが分かる。また、流速の経時変化では、盛土背後の“-(押し波)流速”と盛土前面における“+(引き波)流速”を比較すると、後者の方が卓越しており、引き波の作用がより大きいと推測される。図示の通り、津波第1波が盛土を越流した時間は、押し波が6.1分、引き波が5.7分であり、合計11.8分と推測される。また、第2波も道路盛土を越流しているが、越流深は2m程度であり、押し波は越流しているが、引き波は越流していないことが分かる。

次に、鉄道盛土に作用した津波諸元についても道路盛土と同様の方法で推察する。Fig.2より、鉄道盛土における越流深は最大で2.2mであり、道路盛土と同様に、第1波の押し波と引き波の両方が越流している結果となった。第1波の津波越流時間は、3.1分程度であり、2波目の越流は、押し波・引き波のいずれも確認されない。したがって、道路盛土は、鉄道盛土に



Photo 1 Namiita District after tsunami

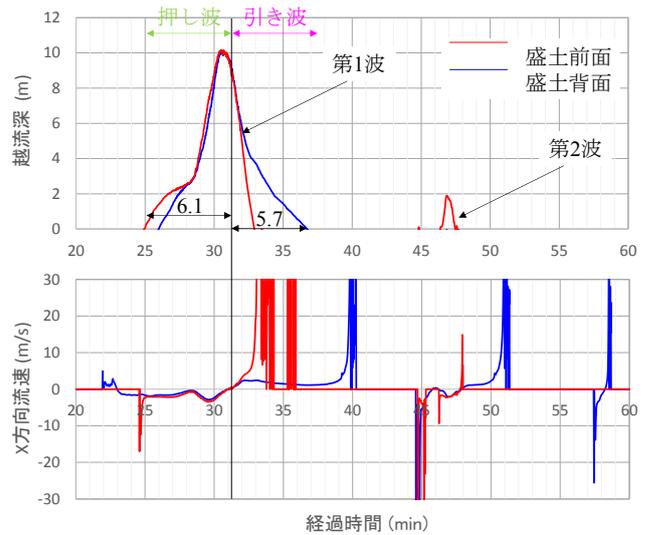


Fig.1 Time history of overflow depth (upper) and flow velocity (lower) at highway bank

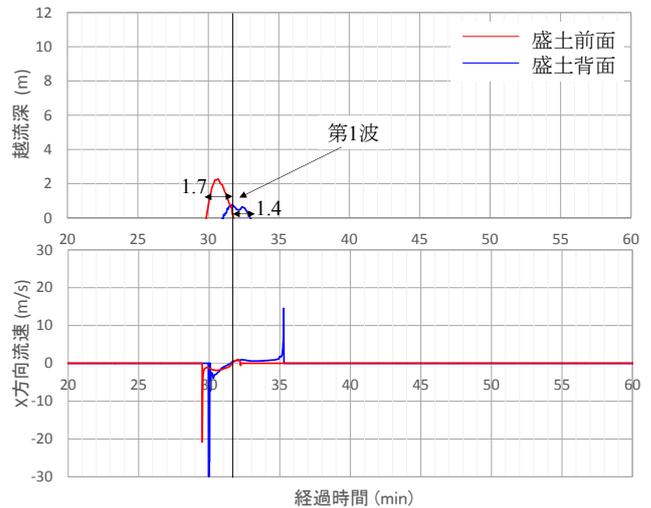


Fig.2 Time history of overflow depth (upper) and flow velocity (lower) at railway bank

比べて非常に厳しい津波の作用を受けたことが、本シミュレーション結果より推測できる。

驚見による津波痕跡(高)および地元住民に対するヒアリングからは、道路盛土での津波越流深が10~11mで15分程度、鉄道盛土では2~3mで10分程度と予測しており<sup>2)</sup>、シミュレーション結果は、越流時間を過小に算出しているが、越流深については実現とほぼ整合している。また、ヒアリング結果からは、第1波の押し波・引き波が両盛土を越流していたことが明らかとなっており、この点は、解析結果は実現と一致している。

#### 3.2 盛土の被災状況

道路盛土の被災状況をPhoto 2(三陸国道事務所による)に、鉄道盛土の被災状況をPhoto 3(野崎氏および台野氏による)に示す。Photo 2は、浪板川の橋梁の右岸橋台から釜石市方面(南側)の道路盛土の被災状況である。同写真より、手前の橋台背面の道路盛土で、引き波による侵食が顕著に見られる。これは、橋梁位置が最も標高が低く、津波流が集中し易いこと、盛土と橋台との構造の不連続による侵食の増進に起因すると

ともに、引き波が押し波よりも流速が大きいことによると推察している。ここで、注目すべき点は、舗装は剥離しているが、路盤・路床は残留し、決壊には至っていないことである。これは、同写真の奥側の盛土の一般部では、さらに顕著であり、車道の舗装が残留している。

盛土天端の舗装などの補強による津波侵食の拡大抑制は、仙台平野の井土浦地先の越流深4m程度の河川堤防<sup>3)</sup>および津波越流の再現実験<sup>4)</sup>でも指摘済みであるが、当該地区は10mを超える越流深に対する耐津波性の実証例として、意義が高い。

Photo3 は浪板海岸駅より釜石市側を望んだ鉄道盛土の被害状況である。同盛土は震災以降、復旧されず、震災当時の状態であったため、2014年6月に鉄道盛土の侵食状況および盛土の材料特性の計測を実施した<sup>2)</sup>。その結果、侵食深は右岸橋台から10m以内では、橋梁に近いほど大きく最大2.7mであり、橋台から10m~80m離れた範囲でも0.6~0.8m程度の侵食が確認された。橋梁付近については、道路盛土よりも侵食量は少ないが、橋梁に近いほど侵食が顕著であること、引き波による侵食が顕著であることは類似である。一方で、橋梁から離れた箇所については、鉄道盛土の方がより侵食されている。これは、鉄道盛土の天端は、流出しやすいバラストによる補強のみであり侵食され易いこと、盛土の締固め度が77%と低い値であることに起因すると推察している。



Photo 2 Eroded highway bank



Photo 3 Eroded railway bank

Table 1 Conditions of eroded banks and tsunamis

	津波諸元		盛土侵食被害		天端補強
	最大越流深	越流時間	橋梁付近	一般部	
鉄道盛土	2.2m	3.1min	最大200cm	60~80cm	バラスト
道路盛土	10.8m	11.8min	顕著	皆無	アスファルト舗装

### 3.3 盛土に作用した津波諸元と盛土被害状況

上述した盛土の被害状況と盛土に作用した津波諸元の推定のみをTable 1に示す。同表に示す通り、道路盛土には、越流深10mの津波の第1波が11.8分程度(ヒアリング等からは12~15分程度)押し波・引き波として作用したが、道路盛土は天端高を概ね保持し、比較的侵食しやすい箇所でも決壊には至らなかった。従って、条件にもよるが、道路盛土のように十分に締固められた盛土でアスファルト舗装により天端補強することで、10mを超える津波越流に対しても耐える性能を有することが示唆された。

一方、鉄道盛土は、越流深2mの津波を3.1分程度(ヒアリング等からは7~10分程度)受けた。そのため、山側にある鉄道盛土は道路盛土に比べて津波の影響は小さかったが、橋梁から離れると一様に60~80cm程度の天端侵食があった。これは天端がバラスト構造であること、締固め度が比較的低いことに起因する。しかしながら、鉄道盛土においても、破堤することは無く、相応の形状が保持されており、津波に対する耐侵食性を有することが示唆された。

## 4 盛土による津波減勢効果の検証

### 4.1 解析条件

本研究では、非線形長波理論式に基づいたシミュレーションモデルを用いて解析を実施<sup>5)</sup>した。解析における詳細な条件をTable 2に示す。ここで、波源モデルは、藤井・佐竹ver.4.6モデルを用いるが、当該海岸における実測値と適合するように地殻変動量を調整した。調整においては、相田による幾何学平均Kおよび幾何標準偏差 $\kappa^6$ を指標として用いた。

本解析は盛土による津波減勢効果の検証が主たる目的であり、実地形を正確に再現することが重要である。そこで、解析対象地の浪板地区付近では、比較的細かい10mメッシュで計算したが、盛土の天端高についてはより正確に再現するため、盛土に沿うメッシュの境界には、天端高と同等の格子境界壁を設置している。なお、本解析では侵食による盛土形状の変化を考慮できないが、今次津波における天端の侵食は軽微であったことから、結果に大きな差異はないと判断した。

解析に用いた地形データは、岩手県提供のデータを用いたが、鉄道盛土の天端高はJR東日本による盛土標高データ、道路盛土のそれは国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所による緊急調査報告書を参照して決定した。

解析ケースをTable 3に示すが、Case1~Case4は、現況の各盛土の減勢効果を個別に検討することを、Case5~Case11は、盛土の減勢効果の向上策を検討することを目的にして設定した。

本稿では、津波減勢効果は、計算時間中において最大となる浸水深の低減効果および津波到達時間の遅延効果(以下、津波遅延効果と呼ぶ)に着目している。また、津波到達時間は、地震発生から浸水深が20cmに達するまでの時間と定義した。

### 4.2 鉄道盛土および道路盛土による津波減勢効果

#### (1) 最大浸水深

盛土による浸水深の低減効果の分布をFig.3に示す。たとえば、同図(a)は、道路盛土のみある場合の浸水深と盛土がない場合のそれとの差であり、負値が大きいほど、盛土による低減効果が大きいことを示す。Fig.3 (a)より、道路盛土は、盛土前後の広範囲にわたって浸水深を低減しており、その程度は盛土部を除くと概ね1m未満である。一方、(b)より、鉄道盛土は、低減効果が鉄道盛土背後のみで、道路盛土の効果が及ぶ範囲に比べて小さいが、低減量は概ね2~4m程度低減であり、道路盛土に比べて大きい。これは、鉄道盛土を越流する津波

が道路盛土に比べて小さいことに起因すると考えている。また、(c)より、2つの盛土がある場合(現状)の浸水深は、盛土がない場合に比べて鉄道盛土背後において2~4m程度の低減効果がみられるが、鉄道盛土のみの場合と比べて3~4mの低減効果がある範囲が広がっている。つまり、2つの盛土のそれぞれの浸水深の減勢効果を重ね合わせた傾向を示しており、多重防御によって相乗的に浸水深を低減していることを示す。

## (2) 津波到達時間

盛土による津波遅延効果の分布をFig.4に示す。たとえば、同図(a)はCase4とCase2の津波到達時間の差で、正の数値が大きいほど道路盛土による津波遅延効果が大きいことを示す。また、600sec以上に分類される領域は、盛土がない場合(Case4)は浸水していたが、盛土の効果によって浸水が免れた領域であり、-600sec以下の領域は、盛土がない場合には浸水していなかったが、盛土があることで浸水してしまう領域を示す。同図(a)より、道路盛土によって、道路盛土背後の広い領域で10秒以上、部分的には60秒以上、津波の到達が遅い。また、同図(b)より、鉄道盛土も同様に、鉄道盛土背後における津波の到達は10秒以上遅い。しかしながら、いずれの場合も渡河部付近、つまり開口部付近では盛土による津波遅延効果が見られない。同図(c)より、道路盛土および鉄道盛土の両方を設置することで、2つの盛土の遅延効果を足し合わせた傾向を示している。具体的には、一部を除くほとんどの領域で津波の到達を10秒以上遅延している。

以上より、盛土による津波減勢効果は示され、また盛土を多重に設置することで、その効果がより大きくなることが明らかとなった。

Table 2 Analytical conditions

基礎方程式と解法	非線形長波方程式 (Leap-Frog差分法)
越流境界	本間公式による越流計算
計算格子間隔	1350m、450m、150m、50m、10m
計算時間間隔	0.1s
地盤変位量	Okada(1992)の手法より算出
陸上遡上計算における波先端条件	$10^{-5}$ (水域側水位と陸域側地盤高の差が条件を超える場合に適用)
粗度係数	1350m~50mは中央防災会議公開データ、10m格子は岩手県より提供されたデータを使用
波源モデル	東京大学 藤井・佐竹モデル(ver.4.6)**
潮位	津波来襲時の潮位：T.P.-0.42m

Table 3 Analytical cases

	道路盛土	鉄道盛土
Case1	現状	現状
Case2	現状	なし
Case3	なし	現状
Case4	なし	なし
Case5	+2m	現状
Case6	現状	+2m
Case7	渡河部遮蔽	現状
Case8	現状	渡河部遮蔽
Case9	現状	渡河部25%遮蔽
Case10	現状	渡河部50%遮蔽
Case11	現状	渡河部75%遮蔽

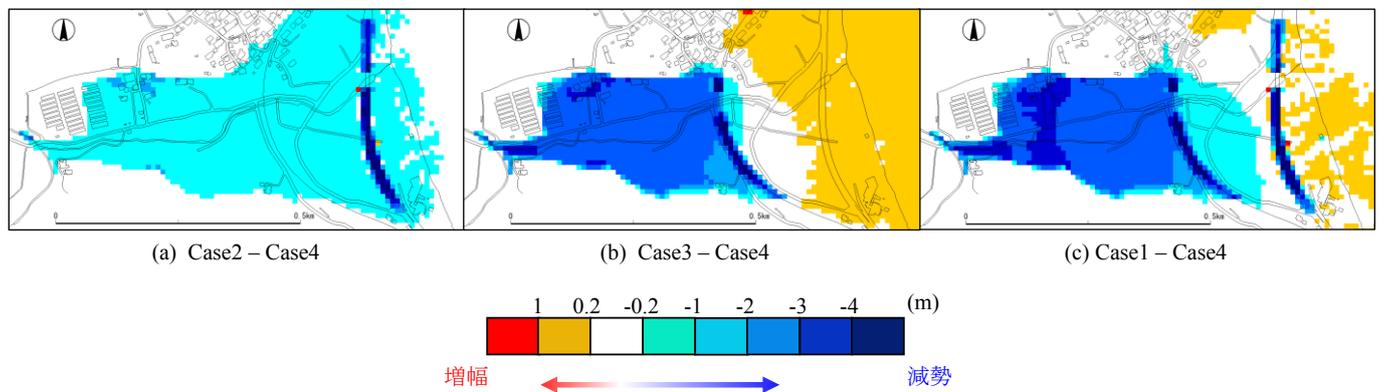


Fig.3 Reduction effect of maximum flood depth by each bank

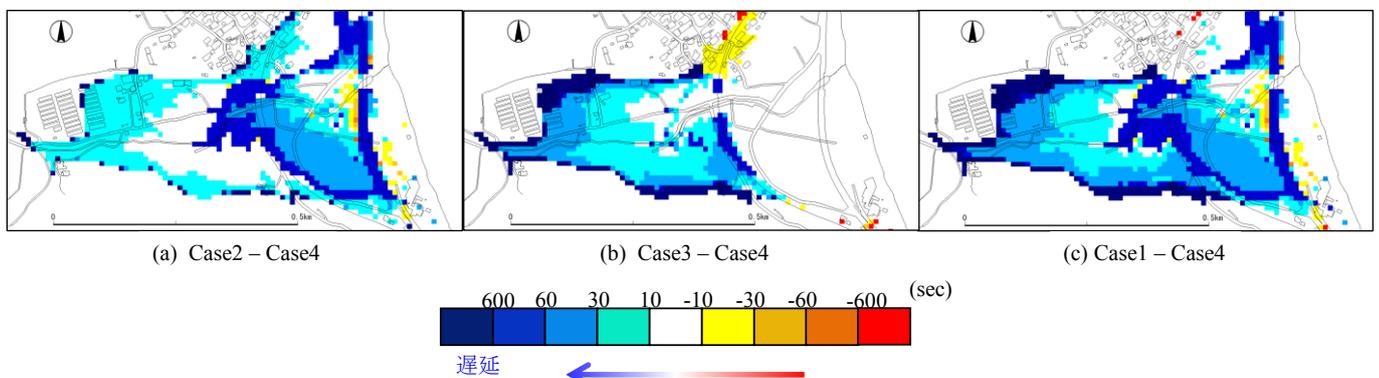


Fig.4 Delay effect of tsunami arrival by each bank

### 4.3 盛土の嵩上げおよび渡河部遮蔽による津波減勢効果

本節では、今後の津波対策に有効な構造の検討を目的とし、浪板地区の道路盛土および鉄道盛土を基礎データとして、盛土の2m嵩上げおよび渡河部遮蔽による津波減勢効果を検証した。構造条件はTable 3に示すCase5~Case11であり、嵩上げは道路盛土(Case5)および鉄道盛土(Case6)とした。また、遮蔽する渡河部は、鉄道盛土が幅40m、道路盛土が幅30mであり、道路盛土では完全遮蔽(Case7)とし、鉄道盛土は遮蔽率を25%(Case9)、50%(Case10)、75%(Case11)および100%(Case8)を想定した。まず、Case5~Case8について検討する。

#### (1) 最大浸水深

盛土の2m嵩上げおよび渡河部の遮蔽による最大浸水深の低減効果の分布をFig.5に示す。ここで、(a)~(d)は、各対策を施した場合の浸水深と現状(Case1)のそれとの差である。(a),

(b)より、盛土を2m嵩上げしても、低減する浸水深は、いずれも1m未満と僅かである。

次に、(c), (d)より、道路盛土の遮蔽による浸水深の低減は、鉄道盛土背後のみであり、1m未満と僅かであるが、鉄道盛土を遮蔽した場合、鉄道盛土背後の浸水深は概ね2~3m程度低減する。つまり、最大浸水深を低減する対策としては、鉄道盛土の渡河部の遮蔽が有効であり、上記の他の対策では、いずれも低減量は1m未満に留まる。これは、10mを超える越流を受ける道路盛土では、2m程度の嵩上げや、渡河部の遮蔽では、最大浸水深の低減には効果が小さいこと。また、津波に対して、一定の高さがある盛土では、開口部の遮蔽が非常に有効であることを示す。

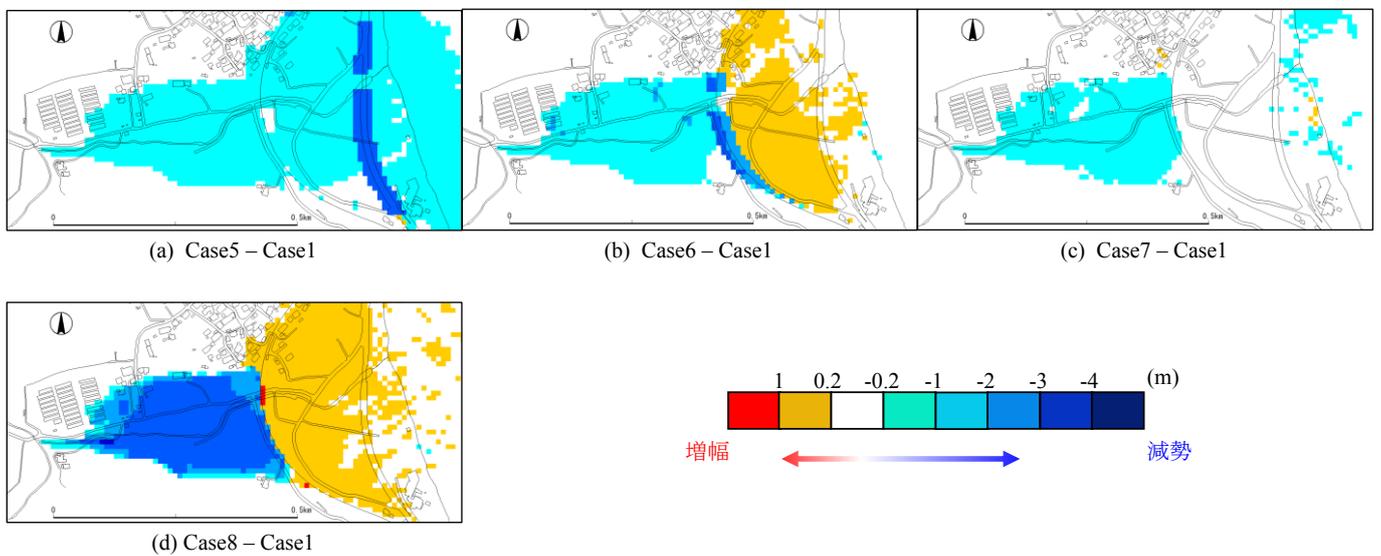


Fig.5 Reduction effect of maximum flood depth by 2m levee raising or closing aperture

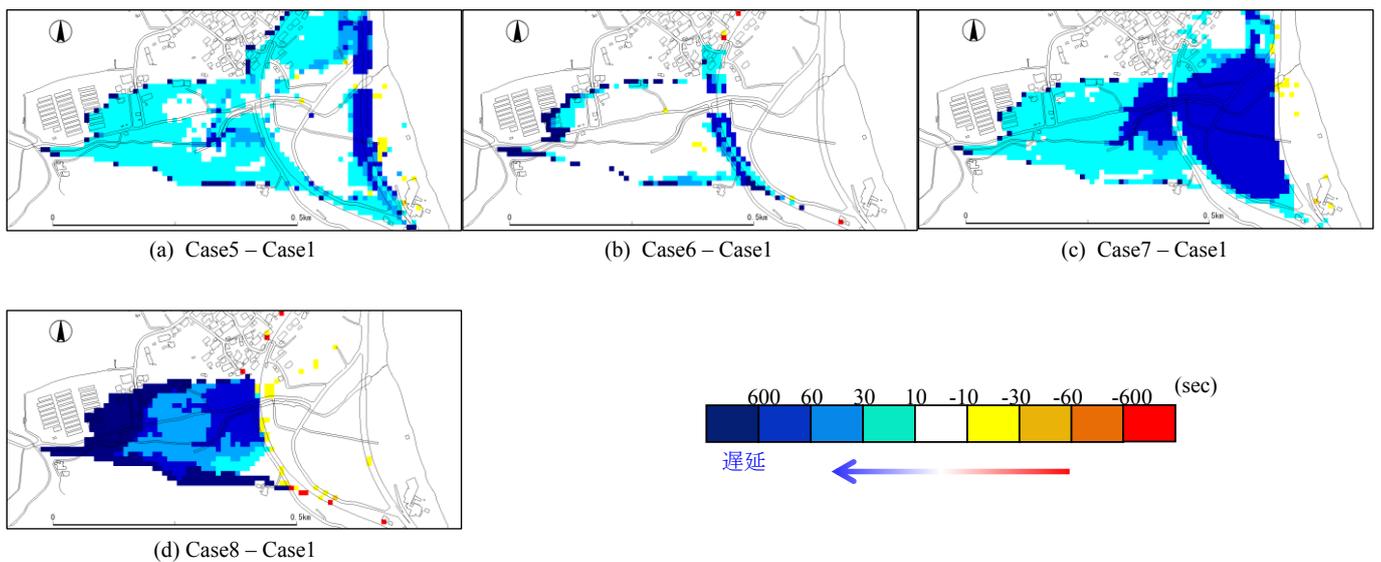


Fig.6 Delay effect of tsunami arrival by 2m levee raising or closing aperture

## (2) 津波到達時間

盛土の嵩上げおよび渡河部の遮蔽による津波遅延効果の分布をFig.6に示す。まず、道路盛土の嵩上げ(a)によって、鉄道盛土背後で津波到達が10~30秒程度遅延している。一方、鉄道盛土の嵩上げ(b)による遅延効果は、ごく僅かであった。

次に、盛土渡河部の遮蔽による津波遅延効果は、全体的に、盛土渡河部の遮蔽で現状より津波の到達を大きく遅延している。ここで、道路盛土による遅延効果(c)は、道路盛土から鉄道盛土間で概ね1分以上、鉄道盛土背後でも広い領域に渡って10~30秒程度の遅延効果がある。一方、鉄道盛土による遅延効果(d)は、鉄道盛土背後のみで概ね30秒以上である。つまり、津波の到達を遅延するには、地形などの条件にもよるが、本例の浪板地区では、盛土を2m嵩上げするよりも、渡河部の遮蔽が有効であることが示された。

### 4.4 渡河部の開口部の遮蔽率の効果

上記では、鉄道盛土の渡河部を完全に遮蔽することで浸水面積や津波到達時間が抑制されることが示された。しかし、治水の観点から、渡河部を完全に遮蔽することは困難であり、現実的には渡河部を縮小する対策が想定される。そこで、本節では、渡河部の遮蔽率と浸水面積の関係を検討する。

渡河部の橋梁の開口長は40mであるが、遮蔽はこの延長の縮小(例えば、遮蔽率25%は開口長が30mの場合)で定義した。各遮蔽率における最大浸水深の低減効果の分布は割愛するが、遮蔽率25%では、ほとんど効果が見られず、同50%では1m未満、同75%では1~2m程度、同100%では2~3m程度の低減効果が見られ、遮蔽率が大きくなるほど、低減効果も大きい。なお、鉄道盛土の2m嵩上げによる最大浸水深の低減効果は概ね1m未満であり、遮蔽率50%と同等の効果である。

## 5 まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) 道路盛土は、津波の第1波(押し波と引き波)により浸水深10m程度の津波に最大12~15分程度(解析では11.8分程度)の越流を受けたが、決壊せずに残存し、天端高も概ね維持している。従って、適正に締固め管理され、アスファルト舗装で天端補強された状態の道路盛土は、少なくとも越流深10m程度の越流に対して粘り強く、破堤することは無い耐津波性を有することが示唆される。
- 2) 鉄道盛土は、締固め度が80%程度で比較的緩い状態にあり、津波の第1波(押し波と引き波)により浸水深2m程度の津波に7~10分(解析では3.1分程度)の越流を受けたが、天端では60~70cm程度の侵食被害に留まる。従って、比較的締固め度が低く、バラストだけの盛土でも、少なくとも越流深2~3m程度の津波に対して、破堤することは無く、相応の粘り強さを保持することが示唆される。
- 3) 道路盛土と鉄道盛土によって最大浸水深が低減しているが、浪板地区においては、道路盛土より鉄道盛土の方が、その効果は大きい。
- 4) 盛土により背後への津波の到達を10秒程度、部分的に60秒以上遅延できるが、開口部がある場合、開口部の付近では、遅延効果は見られない。
- 5) 盛土を多重に設置した場合、盛土1つの場合より減勢効果は大きくなり、特に、多重に盛土がある場合の津波遅延効果は、概ね各盛土の効果を重ね合わせた効果の発現を示す。
- 6) 浪板地区において、今後、津波対策を講じる場合、最大浸水深の低減には、鉄道盛土の渡河部の遮蔽が有効であり、2mの嵩上げのみでは、その効果は小さい。

7) 鉄道盛土の渡河部40mの25%遮蔽による浸水面積の低減は僅かである。また、75%程度の遮蔽でも1~2m程度の低減効果があり、盛土の嵩上げよりも有効である。

以上、浪板地区の道路盛土と鉄道盛土による多重防御の事例解析により、有益な知見が得られたが、当該地区の谷底低地部は奥行きが700m程度と狭く、津波高が大規模であるために、盛土の多重防御効果も比較的小さかった。奥行きのある地形あるいは津波高によって、盛土あるいは多重防御の効果はより期待できると思われる。これについては、今後、詳細な検証が必要である。

また、東北地方太平洋沖地震では、コンビナートにおける石油タンクの被害事例が報告されたが、沿岸埋立地のコンビナートでは、津波によるタンクの破損、危険物質の流出などに対する対策が必要である。例えば、コンビナートにおいて盛土を多重化して活用する概念をFig.7に示すが、本文では“狭域多重防御”と呼ぶ。同図のように、防潮堤を超えるレベル2津波に対して、防潮盛土、仕切り盛土、敷地内道路盛土、敷地境界盛土など、多様な盛土群により、津波の浸水、タンクへの作用、敷地外への流失などに対する抑制が期待できる。今後は、コンビナートなどにおける狭域多重防御のための盛土の構造設計とその効果を検証する予定である。

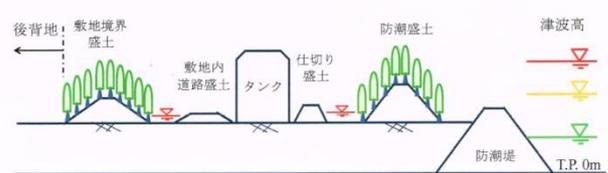


Fig.7 Concept of multiple defenses using earth banks in petrochemical complex area

謝辞：浪板地区交流センター館長の野崎勝憲氏および同地区代表台野宏氏には、ヒアリングおよび被災写真の提供の協力を頂いた。また、東北地方整備局三陸国道事務所および東日本旅客鉄道(株)には、それぞれ、被災写真、道路構造諸元データの提供および現地立会い、鉄道盛土の構造データの提供を頂いた。関係各位に感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 鷲見哲也：<http://www.daido-it.ac.jp/~t-sumi/lab/index.htm>.
- 2) 常田賢一・嶋川純平・植田裕也・小林拓磨・大塚隆人・永井浩泰：道路盛土と鉄道盛土の耐津波性および津波多重防御の検討，*Kansai Geo-Symposium2014*，pp.101-106，2014.
- 3) 常田賢一・谷本隆介：2011年東北地方太平洋沖地震の現地調査による防潮堤などの津波被害特性，*土木学会論文集 B2(海岸工学)*，Vol.68，No.2，pp.1406-pp.1410，2012.
- 4) 常田賢一・竜田尚希・鈴木啓祐・谷本隆介：津波防潮堤の評価および防潮盛土の耐侵食性の確保・向上，*土木学会論文集 B2(海岸工学)*，Vol. 69，No. 2，P0012，I\_1016-I\_1020，2013.
- 5) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き Ver.2.00，2012。  
([http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui\\_settei.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/saigai/tsunami/shinsui_settei.pdf))
- 6) 相田勇：三陸沖の古い津波のシミュレーション，*地震研究所彙報*，Vol.52，pp.71-101，1977.