

## 津波による大規模地形変化とそれに伴う構造物の被災にかかる考察\*

パシフィックコンサルタンツ株式会社 永澤 豪  
東北大大学院 田中 仁

### 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震およびそれに伴う津波（以下、今次津波と呼ぶ）による土木構造物の被災は、大規模かつ広域に渡り、我国の歴史上、類をみないものであり、現在、復旧・復興に向けて国を挙げた対応が行われている。今次津波は、陸上への遡上に伴って沿岸部で巨大な波力・流速を発生し、沿岸部の構造物を破壊し、構造物が破壊された箇所については、大規模な地形変化を起こすこととなった。また、浸水域では多くの家屋が破壊され、何万人もの多くの命が失われることとなった。今次津波の発生確率は、1,000年規模と言われているが、地震大国である我が国においては、その影響を正しく理解し、構造物破壊や地形変化のメカニズムを把握することは非常に重要である。

本研究では、今次津波により発生した大規模地形変化およびそれにともなう構造物の被災について、空中写真等からパターン分類を行い、被災要因等について考察を行ったものである。

### 2. 検討方法

被災前後の空中写真等から、今次津波前後の堤防の被災状況、地形変化状況を確認し、被災箇所の特徴等について分類を行った。分類を行った被害箇所について現地調査を行い、被災要因について検討を行った。また、今次津波のシミュレーション結果から外力を算定し、被災要因の考察を行った。

### 3. 被災箇所の地形的特徴と被災要因の分類

被災前後の空中写真（国土地理院撮影）から、今次津波前後の堤防の被災状況、地形変化状況を確認し、被災箇所の特徴について分類を行った。分類対象被災箇所は、津波の高さが大きく、被害が相対的に大きい岩手県と宮城県の沿岸とし、約90箇所について整理を行った。その結果、大規模な地形変化に伴い、護岸・堤防等の倒壊が発生している箇所の地形的特徴について、A～Dの4つにパターンに分類を行った。パターン分類結果を表1に示す。また、表1に示した代表的な箇所の被災前後の空中写真を図1に示す。

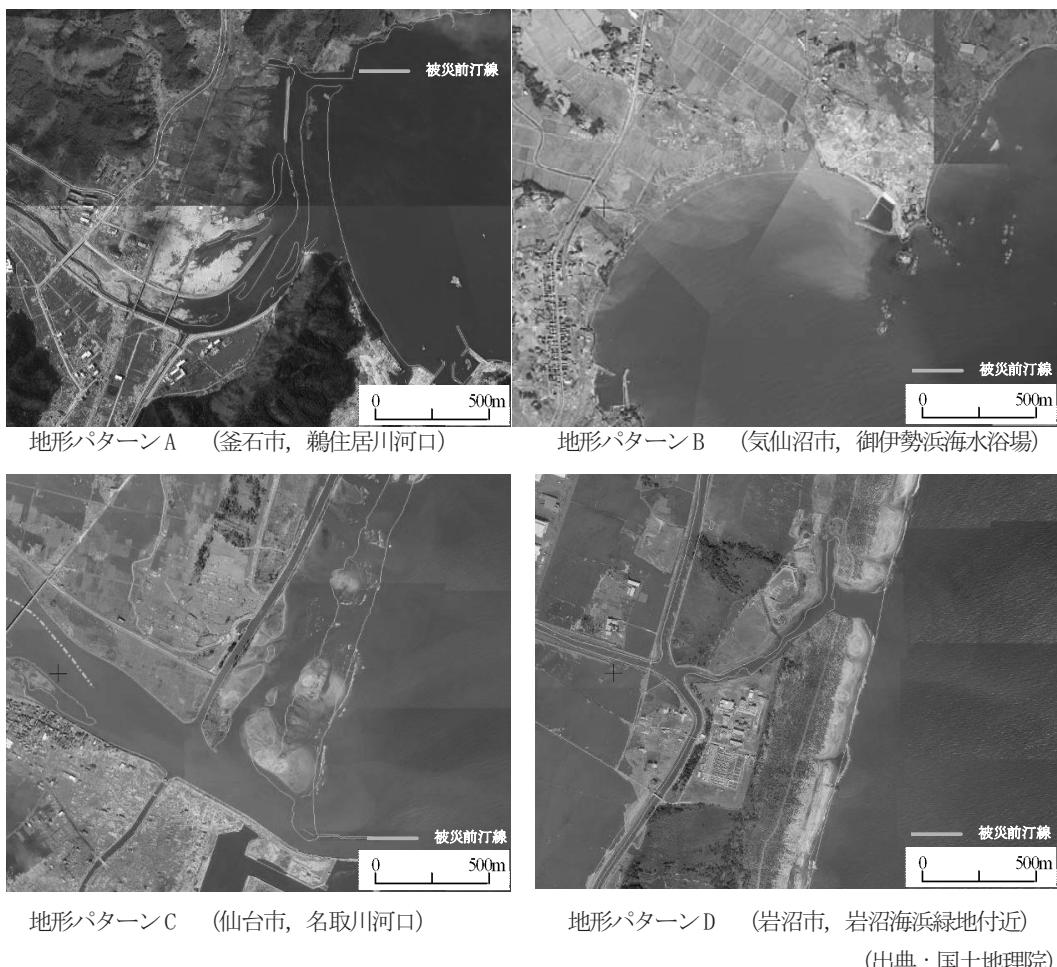
堤防・護岸の破壊および大規模な地形変化が発生しているのは、津波が大規模に浸水しやすい低平地および河口部であり、さらに沿岸部の微地形として周囲より低い箇所があり、押し波・引き波時に流れが集中する箇所であると考えられる。ただし、津波が大きく堤防・護岸を越流する場合でも、浸水範囲が狭く、浸水量が小さい場合は、大きな被害が生じないと考えられる。表1に示した被災パターン別について被災要因を推定した結果を表2に示す。

また、海岸背後の土地利用面の特徴としては、低平地に適した田圃となっていることが多く、海側には潮害防護等として海岸林が整備されている箇所が多くみられた。これらの海岸林の多くは、今次津波で折損・倒伏し、護岸・堤防同様に流出している。

\*Study of Structural Damages with massive Geomorphic Change due to Tsunami by Tsuyoshi NAGASAWA and Hitoshi TANAKA.

表1 大規模な地形変化および堤防・護岸の被害が発生している箇所の地形パターン

地形パターン	地形			地形変化および被災の様相	被災箇所(例)
	沿岸部	沿岸部地形	背後地		
A	リアス部	河口(河口砂州)	奥行きのある谷地形	・河口幅が拡大する。 ・河口左右岸の護岸・堤防が破壊される。 ・砂州が流出する。	船越、浪坂海岸、鵜住居川、陸前高田、北上川河口等
B	リアス部	砂浜	奥行きのある谷地形	・筋状に侵食が発生する。 ・護岸・堤防が破壊される。 ・砂浜が流出し、大きく汀線が後退する。	吉里吉里、越來湾三陸駅、只出(唯出)、田中浜、御伊勢浜、長須賀等
C	平野部	河口(河口砂州)	平野(低平地)	・河口幅が拡大する。 ・河口左右岸の護岸・堤防が破壊される。 ・砂州が流出する。	鳴瀬川、七北田川(蒲生干渉)、名取川、阿武隈川等
D	平野部	砂浜	平野(低平地)	・筋状に侵食が発生する。 ・護岸・堤防が破壊される。 ・部分的に砂浜が流出し、その部分の汀線が後退する。	石巻、野蒜、荒浜、岩沼、山元町等の海岸等



(出典：国土地理院)

図1 大規模な地形変化および堤防・護岸の被害が発生している箇所の地形パターン空中写真

表2 大規模な地形変化および堤防・護岸の被害が発生している箇所の地形パターンの推定される被災要因

地形パターン	地形			被災要因
	沿岸部	沿岸部地形	背後地	
A	リアス部	河口(河口砂州)	奥行きのある谷地形	津波がリアス式地形の谷に沿って深く浸水し、引き波時に相対的に低い河口部に流れが集中し、破堤し、砂浜が流出する。
B	リアス部	砂浜	奥行きのある谷地形	津波がリアス式地形の谷に沿って深く浸水し、引き波時に旧流路や小規模水路など、微地形として低いところに流れが集中し、破堤・砂浜が侵食する。
C	平野部	河口(河口砂州)	平野(低平地)	津波が相対的に低い河口部に引き波時の流れが集中し、砂州や砂浜が流出し、河口幅が拡大する。
D	平野部	砂浜	平野(低平地)	旧流路など微地形として低いところに流れが集中し、砂浜が筋状に侵食される。

#### 4. 堤防・護岸の破壊および大規模な地形変化が発生した箇所の現地調査

前項で整理した堤防・護岸の破壊および大規模な地形変化が発生した被災箇所のうち数カ所で現地調査を行った。ここでは、地形パターンB 気仙沼市御伊勢浜海水浴場における現地調査結果を示す。

##### 4.1 被災状況

御伊勢浜海水浴場の位置図と被災前後の空中写真を図2に示す。被災後の空中写真には、国土地理院が提供している浸水範囲概況図から概略の浸水範囲境界線（写真中破線）を示した。

御伊勢浜海水浴場は、被災前は護岸前に数10mの砂浜、背後地にはマツの海岸林を有する弓なりの海岸であったが、今次津波で護岸が数100mに渡って倒壊・流失し、汀線が50～200m程度後退した。津波浸水高は、15～16m（東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによる）であり、被災前の護岸背後の地盤高は3～4m前後であったと考えられることから、約10m程度の深さで越流が発生したと考えられる。背後地は、海岸林と田圃と街道沿いの集落であり、浸水範囲内の海岸林・家屋はその多くが流出することとなった。

図2に現地調査時の写真を示す。また、図1に写真の撮影方向を矢印で示す。写真①は対象海岸を東端より撮影したものである。護岸東端部を除き、その多くが流出しており、従来の護岸法線（写真中に破線で表示）より汀線が大きく後退している。写真②は背後地より海側を向いて撮影したものであるが、同様に汀線が大きく後退している様子がわかる。海岸部に島状に残っている物体は、破壊・流失した護岸の一部である。

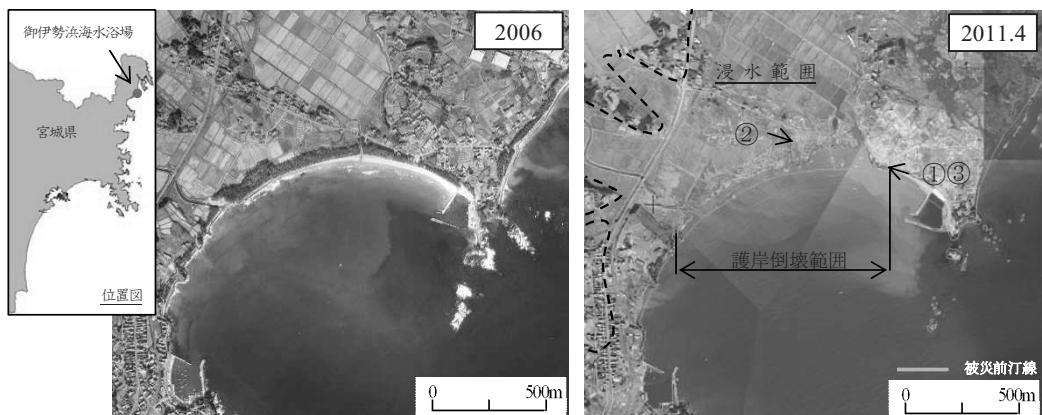


図2 御伊勢浜海水浴場被災前後空中写真（出典：国土地理院）



図2 現地状況写真 (2011年4月撮影)

#### 4.2 外力と被災要因の考察

東北大学モデル (version1.0) による今次津波の再現計算を実施した結果、大規模な地形変化と護岸の倒壊が発生した汀線部の最大浸水深は約 15m にも達しており、護岸天端高 T.P.+4.5m と比較すると越流深は 10m にも達する。また、最大流速は、10m を超える強い流れが発生しており、この流れによる侵食および流体力により護岸は倒壊に至ったと考えられる。

破壊された護岸は海側に傾斜しており、また、流出した護岸についても汀線より海側に流出していることから、特に強い引き波により被災したと考えられる。ただし、津波は繰り返し作用することから、どの段階で被災に至ったかについては、さらに詳細に検討する必要がある。



図3 海側に傾斜した護岸 (2011年4月撮影)

#### 5. まとめと今後の課題

以下に本稿のまとめと今後の課題について示す。

- 空中写真より、大規模な地形変化に伴い、護岸・堤防等の倒壊が発生している箇所の地形的特徴について4つのパターンに分類を行った。その結果、大規模な地形変化に伴い、護岸・堤防等の倒壊が発生する箇所は、津波が大規模に浸水しやすい低平地および河口部であり、さらに微地形として周囲より低く、押し波時・引き波時に流れが集中する箇所であると考えられる。
- 代表的な箇所において、現地踏査を実施し、被災要因を検討した。その結果、大規模越流とそれに伴う引き波で大規模な侵食と護岸の倒壊が発生したことが推測された。ただし、津波は押し波・引き波が繰り返し作用することから、どの段階で被災に至ったかについては、さらに詳細に検討する必要がある。

#### 考察文献

- 「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」による速報値
- 平成23年(2011年) 東日本大震災2.5万分1浸水範囲概況図(宮城県版) 国土地理院技術資料D・1-No.589, No.77
- 東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施 東北大学モデル (version1.0)  
(<http://www.coastal.jp/ttjt/index.php?plugin=attach&refer=津波計算結果&openfile=110610vers1.0.pdf>)