

東日本大震災前後の深浅測量データを用いた石巻海岸の地盤沈下量評価*

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

田中 仁

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

Nguyen Xuan Dao

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 Mohammad Bagus Adityawan

1. はじめに

2011 年東日本大震災の際に、震源地に近い三陸沿岸において大規模な地盤沈下が生じた。陸域においては国土地理院などにより実測が行われており、その最大値は鮎川における 1.2m にも及んでいる¹⁾。これにより、高潮時に海水の侵入する沿岸地域が多く見られ、河川堤防の沈下による洪水時の治水安全度低下などの問題が発生した。坂井・泉宮²⁾は GPS 地殻変位データから波源域の逆推定を行い、これから得られる地殻変位は海底の数点の測点を除いて国土地理院の実測値と良好に一致するとの報告を行っている。

著者らは、東日本大震災前後における石巻海岸における深浅データをもとに海域の地盤沈下量の算定を行っている³⁾。ただし、この発表論文に数値の誤りがあったことが判明した。そこで、本稿において正しい値を示すとともに、より詳細な検討結果を示すこととした。したがって、以下に示す図面の多くは文献³⁾に示したものと類似しているが、ここに示すものが修正された確定値である。

2. 研究対象海岸の概要

研究対象とした石巻海岸の概要を図-1に示す。また、深浅測量の測線位置は図-2の通りである。図-2

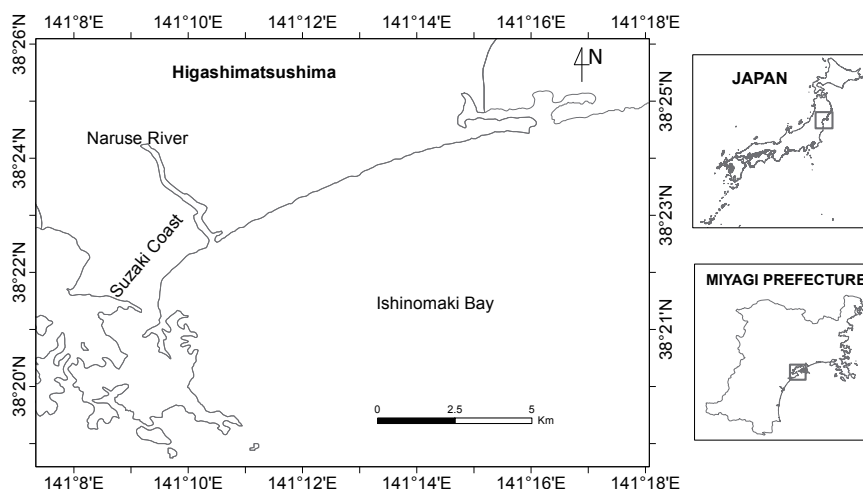


図-1 石巻海岸の位置

* Application of bathymetry for estimating of sea bottom subsidence in Ishinomaki due to the 2011 East Japan Earthquake, Hitoshi Tanaka, Nguyen Xuan Dao and Mohammad Bagus Adityawan

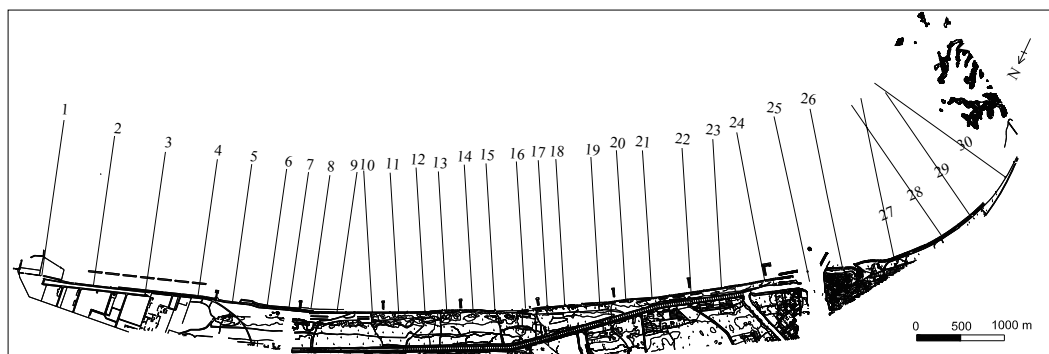


図-2 石巻海岸における深浅測量の測線位置

の No.1 測線の東側には石巻工業港が位置している。同港の建設後、沖側に延伸された防波堤により沿岸漂砂の移動が阻止され、防波堤西側の海岸侵食が顕在化した⁴⁾。このため、石巻工業港から鳴瀬川河口にかけて 8 基のヘッドランドが施行され、さらに東端の一号ヘッドランドの東側には離岸堤も建設されている。一方、漂砂系の末端に位置する洲崎海岸では汀線の前進が著しい⁵⁾。

津波前後の深浅データとして、2010 年 12 月および 2011 年 8 月に宮城県河川課により取得されており、これ入手して詳細な解析を行った。

3. 結果および考察

(1) 海浜断面変化

東日本大震災津波の発生前後における海浜断面測量結果を図-3 に示す。ほぼいずれの測線においても地震後の 2011 年 8 月の断面（鎖線）が低下を示していることが確認される。No.26 以降では津波前後で顕著な地形の変化が見られるが、それ以外では地震前の断面がそのまま断面形状を保って平行移動している。津波による地形変化は当然浅水域に限定され、深い箇所での海底面の平行移動は地盤沈下によるものと推測される。なお、No.26 は鳴瀬川河口近くに位置し、特に大きな変化を示している。

(2) 地盤沈下量の推定

そこで、地震前の地盤高さ z_2 と地震後の地盤高さ z_1 との関係を図-4 にプロットした。いずれの測線においても、実測データはほぼ 6m 以深では勾配 45 度の線上に位置しており、地震による地盤沈下が生じていると解釈される。図示した様に、平行移動量から地盤沈下量 Δz を推定することが出来る。

なお、石巻海岸において地形変化の限界水深は 8m であることが知られている（望月ら⁶⁾）。風波による限界水深に比べて、津波による限界水深は 2m ほど浅いとの結果が得られた。

他の測線についても同様な平行移動量の評価により、地盤沈下量を求めることが出来る。各測線での地盤沈下量を図-5 に示す。石巻海岸の東部においては 80cm から 100cm 程度であり、西に向かって徐々に減少する傾向を示し、最小で 40cm 程度となっている。一方、国土地理院により測定された陸上部での地盤沈下量¹⁾ を図-6 に示す。また、図-5 に示した本研究の対象エリアを“Study area”として示している。これより、本研究で得られた地盤沈下量は、国土地理院による陸上でのそれときわめて調和的であることが確認される。

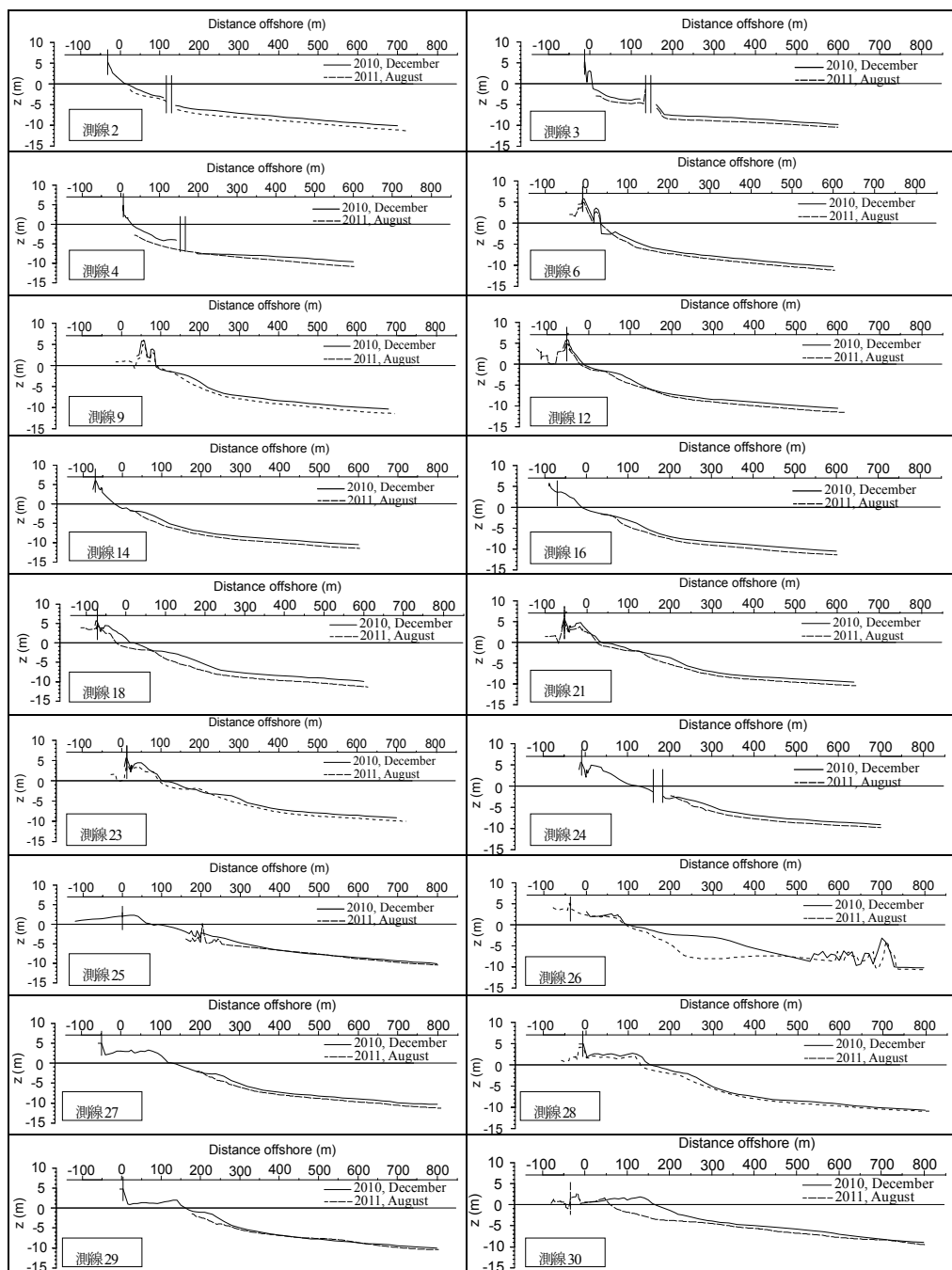


図-3 地震前後の深浅測量結果の比較

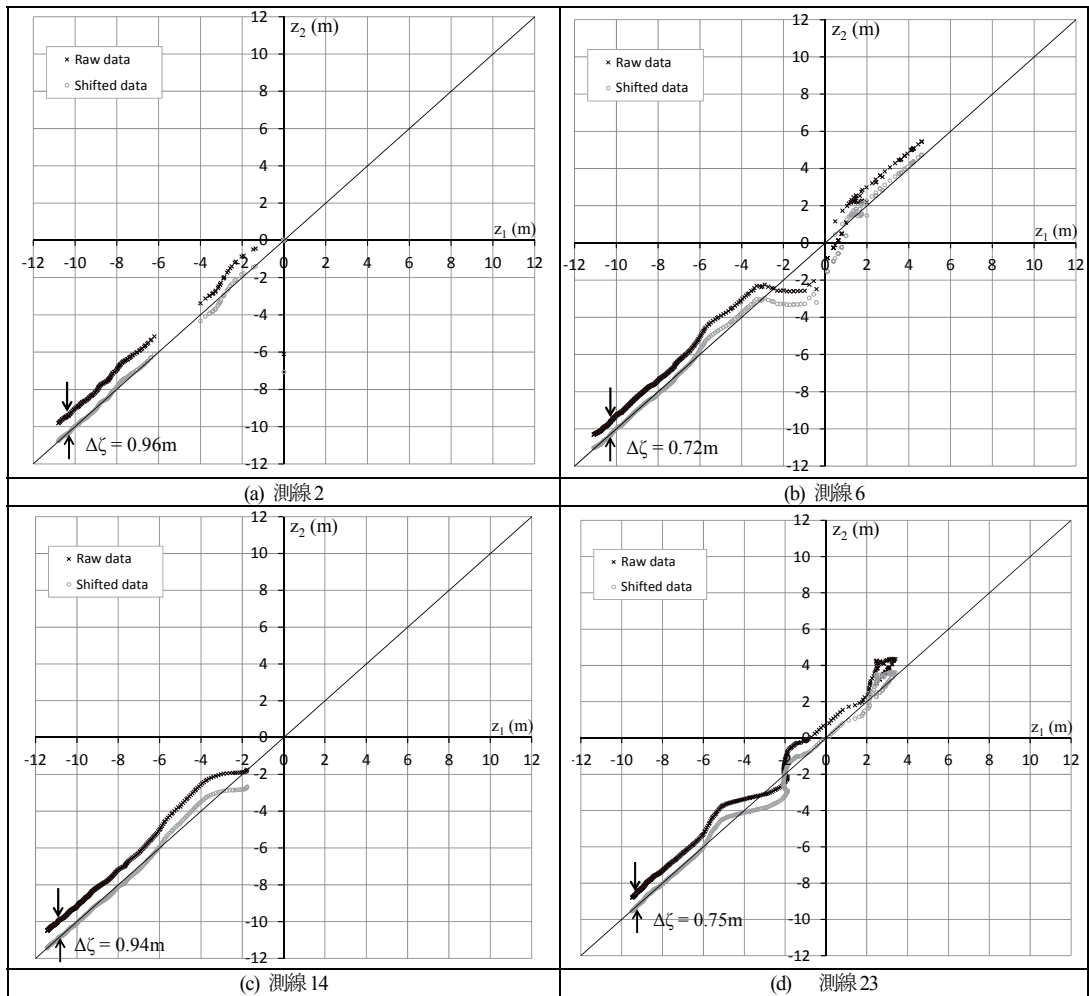


図-4 地震前後での地盤高さの比較

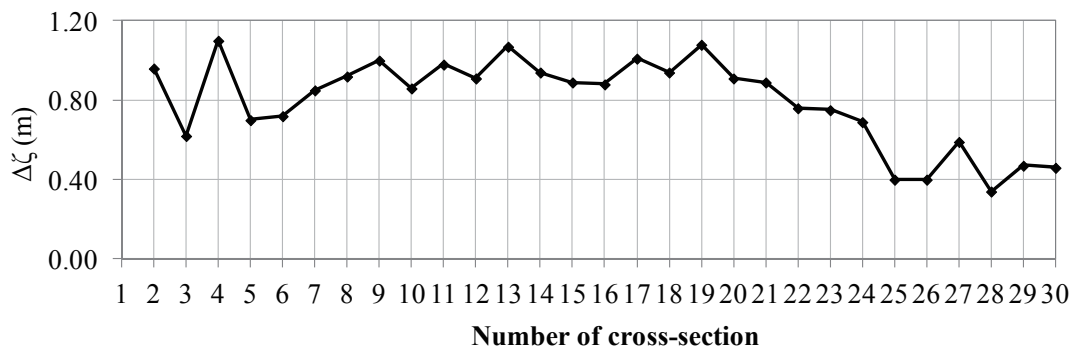


図-5 推定された地盤沈下量



図-6 国土地理院による地盤沈下の実測値

(3) 津波による石巻海岸での海浜変形

図-7には津波前後の地形変化量を、堆積を正、侵食を負としてコンターにより示している。ただし、図-5に示した地盤沈下が地震直後に発生し、その後来襲した津波により地形変化が生じたものと考え、推定された地盤沈下量だけ図-3に示した2010年12月の地盤高さを下げ、2011年8月の実測値との差をもって地形変化量とした。

これによれば、鳴瀬川の河口部においてもっとも大きな地形変化が生じている。河道に向かう押し波および引き波により、河口テラスの侵食が生じた結果である。また、河口右岸の洲崎海岸においても顕著な侵食が見られる。Nguyenら⁷⁾はこの原因について検討を行うためにVOFおよびk-εモデルをベースとした断面二次元計算を行い、洲崎海岸西側の捨て石堤が津波により破壊され、岸向きの流れが卓越して大きな侵食が生じたのに対し、それ以外の区間ではコンクリート被覆ブロック堤が残存したことにより、堤防前面海側での底面せん断力が捨て石堤部よりも低下したことを明らかにしている。さらに、測線2から4にかけての離岸堤付近においても侵食が見られる。

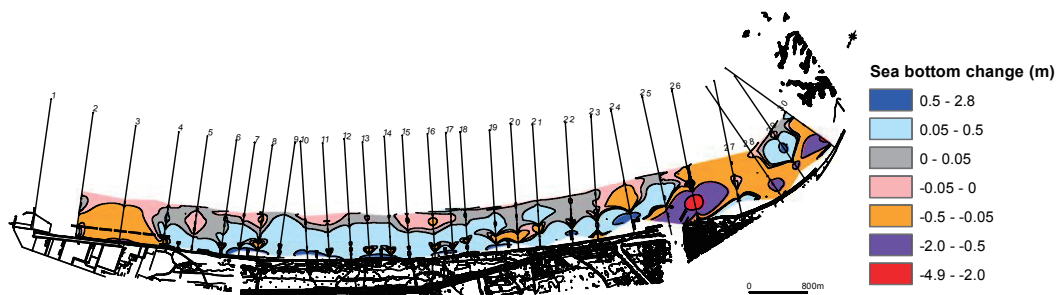


図-7 津波による地形変化のコンター図

4. おわりに

本論文においては、2011 年東日本大震災津波の際に生じた宮城県石巻湾における地盤沈下量に関する検討を行った。推定された沈下量は、国土地理院による陸上部でのそれと良い一致を示すものであった。この結果は、津波前後の深浅データから単純に差を取ると、津波による地形変化を過大評価してしまうことを意味している。地盤沈下量を取り除くことにより、津波の流体力によりもたらされた地形変化を正確に求めることが可能になった。

謝辞：本研究を行うに際して宮城県河川課から深浅測量資料の提供を受けた。また、(財)河川環境管理財団河川整備基金、東北建設協会建設事業に関する技術開発支援、および東北大学特定研究プロジェクトの助成を受けた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土地理院：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査結果について、<http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sokuchikijun60008.html>, 2011.
- 2) 坂井雄太・泉宮尊司：GPS 地殻変位データを用いた東北地方太平洋沖地震津波の波源域の逆推定およびその精度に関する研究, Vol.B2-69, pp.I_181-I_185, 2013.
- 3) Nguyen Xuan Dao・田中 仁・Mohammad Bagus Adityawan・真野 明・有働恵子：東日本大震災津波による石巻海岸での海浜地形変化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.B2-69, pp.I_281-I_285, 2013.
- 4) 高橋 徹・田中 仁：石巻湾におけるヘッドランド施工による漂砂制御効果, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.471-475, 2005.
- 5) 田中 仁・松富英夫・泉 典洋：古地図を用いた仙台海岸・石巻海岸の長期汀線変動に関する検討, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.556-560, 2005.
- 6) 望月倫也・宇多高明・大類光男・大谷靖郎：仙台湾北部沿岸の海浜変形の実態, 海岸工学論文集, 第 37 巻, pp.369-373, 1990.
- 7) Nguyen Xuan Dao・Mohammad Bagus Adityawan・田中 仁：海岸堤防の構造に依存した津波被害と数値モデルによる検証, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.B2-69, pp.I_346-I_350, 2013.