平成28年台風10号による 仙台海岸海浜変形への影響

三戸部 佑太¹・田中 仁²・鈴木 彰容³・梅田 信⁴・
小森 大輔⁵・峠 嘉哉⁶

¹ 正会員 東北学院大学講師 工学部環境建設工学科 (〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1)

E-mail: yuta.mitobe.c5@tohoku.ac.jp

² フェロー会員 東北大学教授 大学院工学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

³ 学生会員 東北大学 大学院工学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

⁴ 正会員 東北大学准教授 大学院工学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

⁵ 正会員 東北大学准教授 大学院環境科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

⁶ 正会員 東北大学助教 大学院工学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

平成28年台風10号による高潮・高波の実態調査およびその海浜地形変化への影響を調べるため仙台海岸において台風通過当日から翌日にかけて現地調査を実施した。その結果最大でT.P. 4m程度まで波浪が遡上したことがわかった。また、仙台新港周辺の海岸沿いの盛り土法先に大きな侵食が生じていた。蒲生干潟の前の砂丘部では越波が生じ、これにより干潟内に砂が輸送されたことがわかった。

空中写真による汀線変化の調査を行い、平均的に20~30m程度の汀線後退が生じたことがわかった。岸沖漂砂により概ね1~2か月で台風来襲以前の汀線位置まで回復したが、砂丘部に越波が生じた蒲生干潟や井戸浦周辺においては汀線の回復が遅い。河口や離岸堤に加えて2011年津波により海岸線に露出された構造物による沿岸漂砂の捕捉効果によりその漂砂上手側で汀線の回復傾向が大きい。

Key Words : field survey, aerial photographs, shoreline analysis, erosion, recovery process, overtopping

1. はじめに

平成28年に太平洋側から東北地方へ上陸した台風10号は、主に東北から北海道にかけて多大な被害を及ぼした。今次台風の進路は観測史上初めて太平洋側から東北地方へ上陸した台風であり、また東北地方では台風10号の接近が満潮時と一致していたため高潮や高波による沿岸部での被害が懸念されていた。実際に沿岸部においても港湾施設の破損や高潮による冠水による通行止めなど多数の被害が報告されている¹⁾。

仙台海岸は2011年東日本大震災津波により生じた大規模な地形変化の影響が現在も残存しており²⁾、海岸侵食などの防災上の問題も発生していることから、海浜変形に関する継続的な調査が必要とされている領域である。そこで台風来襲当日および翌日に仙台海岸を対象に現地調査を実施し、今次台風による高潮および高波の実態を把握するとともに、それによる海浜地形への影響について空中写真に基づく汀線変化をもとに議論する。

2. 研究方法

本研究では名取川河口から仙台新港までの延長約12kmの砂浜海岸(図-1)を対象として2016年8月30日16時~18時(台風通過時)および2016年8月31日9時30分~14時(台風通過翌日)に現地調査を実施した。なお対象領域の北側に位置する仙台新港において台風通過時の8月30日15時に最大潮位偏差50cm,最大有義波高6.44mを記録している。本領域では数十年にわたり約1~2か月間隔の高頻度で空中写真が撮影されており、継続的に海浜変形に関する調査が実施されてきた。北向きの沿岸漂砂が卓越することが知られており、本領域中に流れ出る七北田川の河口部では右岸砂州が大きく発達している。2011年津波後も継続的に空中写真撮影を実施しており、その海浜地形への影響について議論されてきた。仙台海岸においてはそれぞれ七北田川および名取川の河口左岸側に位置する蒲生干潟および井戸浦周辺で2011年津波により大規模な侵食が生じており、これらの領域が大きく凹んだ汀線形状となることで漂砂過程に影響を生じており³⁾、いまだに従前の汀線位置よりも大きく後

図-1 研究対象領域

退したままの領域が残っている。本研究では台風来襲前の2016年7月12日および台風来襲後の9月1日、10月1日、11月5日に撮影された空中写真に基づき今次台風による汀線変化およびその後の回復過程を示すとともに、2011年津波による影響について議論する。

3. 現地調査結果

(1) 高潮・高波の様子および痕跡

図-2は仙台新港付近(図-1:A)において台風通過時に撮影した波浪の様子と台風通過翌日の水位痕跡の写真を示している。本領域の北端部の仙台新港付近は盛り土により高台となっているが、台風通過時には高波浪が来襲し、盛り土法先まで到達していることがわかる(写真A1・A2)。またこの高台部分から七北田川河口までの間に位置している蒲生干潟ではその前面の砂丘を越波し、干潟内に海水が侵入している様子が確認された(写真A3)。なお、2011年津波後の復旧工事により建設された七北田川河口右岸側の堤防(天端高 T.P. 7.2m)にみられた水位痕跡から約 T.P. 2.6m 程度まで水位が上昇していたことがわかった(写真A4)。

対象領域中央に位置する荒浜海岸(図-1:B)においては6基の離岸堤が設置されているが、台風通過時にはこれらを乗り越える高波浪が来襲し、堤防法先付近まで遡上している様子が確認された(図-3)。また周辺において堤防法先付近に漂着物が堆積している様子も確認された(写真B2)。堤防天端高(T.P. 7.2m)との比較から T.P. 3.8m 程度まで遡上高が達していたと推定される。

名取川河口左岸側(図-1:C)に位置する井戸浦の前面の砂丘部においても高波浪の越波が確認された(図-4)。

図-2 七北田川河口から仙台新港までの現地調査時の写真。上図のA1~A7は対応する写真の撮影位置 (A5~A7: 図-5)

図-3 荒浜海岸における現地調査時の写真。上図のB1~B2は対応する写真の撮影位置

図4 名取川河口左岸側における現地調査時の写真。上図のC1は下の写真の撮影位置

名取川河口周辺部においては明確な水位痕跡が見られなかったが、名取川の河口付近の水位観測所（閑上第二観測所）において最大で T.P. 2.05m の水位が観測されている。上述の他の水位痕跡を含め、今回確認された水位痕跡は 2011 年津波前の海岸堤防の高さである T.P. 5.2m よりも低く、以前の堤防高さで十分防護可能なレベルの高潮および高波浪であったといえる。

(2) 地形変化の様子

対象領域北端部の仙台新港周辺においては 2011 年津波以降海岸侵食が進み、盛り土の法先が徐々に侵食されていた。盛り土の背後にはすぐにコンテナヤードや道路があり、また一部は盛り土の上が駐車場となっている。これらの被災が危惧されることから侵食対策としてこれまで数度にわたり盛り土法先にサンドバック等が設置されており、また北端部から護岸工事が開始されていた(図-5: A5・A6)。上述のように今次台風では高波浪が盛り土法先に達しており、これにより、さらに大きく侵食が進んでいる様子が確認された(写真 A5'・A6')。また護岸工事箇所の前面の鋼矢板を越波し、工事箇所においても侵食が生じている様子が確認された。蒲生干潟前面の砂丘部においては越波が生じていたが、台風通過翌日に砂丘の干潟側において干潟側に倒伏した植物が観察された(写真 A7)。これらの植物は倒伏した状態で根元が埋没しており、このことは越波による土砂輸送により干潟側に堆積が生じていたことを示している。

4. 空中写真解析結果

(1) 七北田川河口から仙台新港

図-6 は七北田川河口から仙台新港までの空中写真および抽出した汀線位置を示している。なお汀線位置は撮影時刻および平均的な海浜勾配 (0.11) によって潮位補

図-5 七北田川河口から仙台新港周辺で確認された地形変化の様子。写真の概ねの撮影位置は図-2参照

正した値を示している。空中写真から、全体的に汀線が後退し、北端部の盛り土周辺では砂浜が一時的に消失していることがわかる。また、七北田川河口の右岸側から張り出している河口砂州が大きく削られている。河口左岸側においても局所的に侵食が大きく、左岸導流堤を越える流れが生じていたことを示唆している。汀線位置を比較すると、全体的に約 30m 程度の後退が生じているがその後徐々に回復傾向にある。特に河口右岸側においては汀線の回復傾向が大きく、台風来襲から 2 か月後の 11 月 5 日には台風来襲以前よりも汀線が前進している。本海岸においては北向きの沿岸漂砂が卓越するが、これが河口部においてさえぎられることで漂砂上手側の右岸側において堆積傾向が大きいものと考えられる。

図-7 は 2011 年津波来襲直前の 2011 年 3 月 6 日からの汀線変化を示している。この範囲では津波による蒲生干潟周辺の大規模な侵食およびその回復に伴う周辺海浜の侵食³⁾により、一時的に数十～数百 m 汀線が後退していた。その後徐々に汀線位置に回復が見られるものの、近

図-6 七北田川河口から仙台新港の空中写真(a)~(d)と台風前(2016/7/12)の汀線位置(y_0)からの変化量(e)

年の七北田川河口から仙台新港までの汀線位置は津波来襲直前と比較して数十 m 下がった位置で遷移していた。今次台風(2016年8月30日)による汀線の後退量は津波後の汀線変化の中で特筆して大きなものとはなかったが、一方で上述のように盛り土部の法先に大きな侵食が確認されており、津波により生じた汀線後退が残存することで仙台新港周辺部における海岸侵食問題を深刻化させている。

なお、現地調査結果から越波による蒲生干潟内への土砂輸送の痕跡が確認されているが、空中写真解析から抽出した水際線の位置には大きな変化が見られなかった(図-8)。今次台風による干潟環境への影響を議論するには地盤高の変化を含めたより詳細な調査が必要である。

(2) 荒浜海岸

荒浜海岸においては全体的に約 20m 程度の汀線後退が生じている(図-9)。また離岸堤背後に発達していたトンボロ状の汀線形状が侵食によりやや平坦となっている。台風来襲1か月後にはほぼ台風来襲以前の汀線位置まで回復している。

この範囲では 2011 年津波後の汀線変化の中で比較的大きな侵食が生じたが、その後急速に汀線が回復してい

図-7 汀線位置の時間変化。測線位置は図-6の縦鎖線参照。時間は2011年津波来襲(2011/3/11)からの日数

図-8 蒲生干潟周辺の水際線(潮位補正なし)の変化

図-9 荒浜海岸の空中写真(a)と台風前(2016/7/12)の汀線位置(y_0)からの変化量(b)

図-10 汀線位置の時間変化。測線位置は図-9の縦鎖線参照。時間は2011年津波来襲(2011/3/11)からの日数

る(図-10)。今次イベントによる長期的な影響はないものと推察される。

(3) 名取川河口から井戸浦周辺

名取川河口左岸側の井戸浦周辺においても概ね様に 20m 程度の汀線後退が生じた(図-11)。2011 年津波時には河口砂州の侵食により、砂州先端部と左岸導流堤の間に隙間が生じ、その後数年間にわたりこれが維持され

た. 今次イベントにおいても河口砂州先端部の侵食が生じているが, 河口左岸の導流堤との間に隙間は生じず, 1 か月後の10月1日においてすでに台風来襲以前よりも砂州先端に伸長がみられる. 台風時の洪水流が河口砂州を越流したことが確認されており, 河道側から汀線側へ輸送された砂が堆積することで河口砂州が海側へ前進したものと考えられる. また, 井戸浦北端部周辺 ($9400 < x < 9700\text{m}$) においても汀線の回復が早い, その他の範囲ではほとんど汀線の回復がみられない.

井戸浦周辺では2011年津波により数百 m の汀線後退が生じており, その後徐々に回復が見られるものの, その速度は遅く津波以前の汀線から数十 m 以上後退したままである(図-12). この領域の北側 ($8000 < x < 9400\text{m}$) では, 津波およびその後の侵食により, 津波以前は汀線より陸側に位置していた消波ブロックや直立壁が海岸線に露出しており, これにより漂砂系の不連続を生じている. そのため井戸浦の北端部周辺では北向きの沿岸漂砂が遮断され堆積傾向が生じている. 2011年津波による地

形変化やそれ以後の汀線変化に対し今次イベントによる汀線変化は小さい. なお, 海岸堤防建設箇所 ($x < 10500\text{m}$) とまだ建設が開始されていない領域 ($x > 10500\text{m}$) において汀線変化に大きな差異は見られなかった.

(4) 対象領域全体

対象領域全体の汀線変化をみると(図-13), 2011年津波による侵食およびその後の海浜変形過程において砂浜の消失した範囲 ($8000 < x < 9400\text{m}$) を除いて概ね一様に20~30m 程度の汀線後退が生じていることがわかる. 構造物や河口などから離れた領域 ($3000 < x < 5000\text{m}$) では, その後沿岸方向に一様に汀線の回復が生じており, これは岸沖漂砂による汀線回復が支配的であることを示している. 一方で, 七北田川河口右岸側や荒浜海岸の離岸堤群の北側, 井戸浦北側に位置する消波ブロック群の北側といった沿岸漂砂上手側において汀線の前進傾向が強く, 河口や構造物による沿岸漂砂の捕捉効果⁴⁹⁾が寄与している. なお, 井戸浦北端部の消波ブロック群と同様に, 南蒲生浄化センターの排水路(図-13 参照)についても津波による汀線後退によりその先端が海岸線に露出された状態となっているが, その漂砂上手側においても堆積傾向が大きいことがわかる.

一方で, 蒲生干潟や井戸浦の前面においては汀線の回復が小さい. これらの領域では砂丘を越波したことが確認されており, また蒲生干潟周辺では前述のように砂丘の干潟側で砂の堆積が確認されている. 干潟側への越波による砂の輸送により海浜部から砂が損失していることが岸沖漂砂による汀線回復量の減少に寄与している可能性がある. 今後, 今次台風下における越波による干潟側への土砂輸送量についてより定量的な解析が必要である.

図-11 名取川河口左岸側の空中写真(a)~(d)と台風前(2016/7/12)の汀線位置 (y_0) からの変化量(e)

図-12 汀線位置の時間変化. 測線位置は図-11の縦鎖線参照. 時間は2011年津波来襲(2011/3/11)からの日数

図-13 対象領域全体の空中写真(上)と台風前(2016/7/12)の汀線位置(y_0)からの変化量(下)

5. まとめ

台風通過時の状況及び翌日の痕跡調査から、波浪の遡上高が最大で T.P. 4m 程度まで達していたことが分かった。これは 2011 年津波来襲以前の海岸堤防の天端高よりも低く、従前の施設により十分防護可能なレベルの高潮・高波であったと考えられる。また、2011 年津波後に汀線が後退していた仙台海岸北端部において、高波浪が海岸沿いの盛り土の法先に達して大きな侵食が生じていた。その南側の蒲生干潟や名取川河口左岸側の井戸浦においてはその前面の砂丘部において越波が生じており、これにより干潟内部への土砂輸送が生じた。

汀線解析から本領域で全体に 20~30m 程度の汀線後退が生じたことが分かった。その後岸沖漂砂の寄与により、急速な汀線の回復が生じているが、蒲生干潟や井戸浦周辺での汀線回復はほかの領域と比較して遅く、越波による土砂輸送量についてより詳細な検討が必要であろう。また、河口や離岸堤の他に 2011 年津波による侵食によって海岸線に露出した構造物によって沿岸漂砂が遮断されており、漂砂系の不連続が生じていることが確認された。

謝辞：本研究に対して河川財団河川整備基金の助成を受けた。また本稿で示した仙台新港における波浪観測値は国土交通省港湾局が観測し港湾空港技術研究所で処理された速報値である。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 28 年台風 10 号による被害状況等について, <http://www.bousai.go.jp/updates/h28typhoon10/>, 2016.
- 2) Vo Cong Hoang, 田中 仁, 三戸部佑太：東日本大震災津波後の仙台海岸広域漂砂系の回復状況, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, No.2, pp.I_769-I_774, 2016.
- 3) Vo Cong Hoang, 田中 仁, 三戸部佑太：津波により侵食された河口部の sink 効果による周辺海浜での汀線後退, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_506-I_510, 2014.
- 4) 姜 炫宇, 田中 仁, 坂上 毅：長期現地観測資料に基づく仙台海岸汀線変動特性・土砂収支の検討, 海岸工学論文集, Vol.51, pp. 536-540, 2004.
- 5) Eko Pradjoko, 田中 仁：沿岸漂砂系に流入する河口左右岸の汀線変動特性に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp.541-545, 2012.

(2017.2.2 受付)

MORPHOLOGICAL CHANGE ON SENDAI COAST BY TYPHOON NO.10, 2016

Yuta MITOBE, Hitoshi TANAKA, Akihiro SUZUKI, Makoto UMEDA, Daisuke KOMORI and Yoshiya TOUGE

Impact of high tide and high waves due to typhoon No.10, 2016 was discussed through field surveys under and after the typhoon event. From visual observation and debris carried in the event, maximum run-up height on Sendai Coast was estimated to be about T.P. 4 m. Severe erosion of embankment toe along the coast line near Sendai Port was observed. Due to overtopping of high waves over sand dune, some amount of sediment was transported into Gamo Lagoon.

20 ~ 30 m retreat of shoreline was observed through shoreline analysis based on aerial photographs taken before and after the typhoon. In one or two months after the event, shoreline positions almost reached to the positions before the typhoon mainly due to the contribution of the cross-shore sediment transport. However, the recovery was relatively slow in the area around Gamo Lagoon and Idoura Lagoon where the wave overtopping over the sand dunes were observed during the field survey. In addition to a river mouth and detached breakwaters, some structures revealed to coast line due to the erosion by the 2011 tsunami have effect to block the longshore sediment transport to induce faster recovery of the shoreline on the up-drift side of the longshore sediment transport.