

庄内砂丘の冠水被害と地下水構造

(株)新東京ジオ・システム ○後藤 啓太, 瀬野 孝浩, 中臺 直之

1. はじめに

庄内砂丘地区では、平成23年6月から9月にかけての豪雨や台風等により、砂丘畑地で広範囲の冠水被害が発生した。

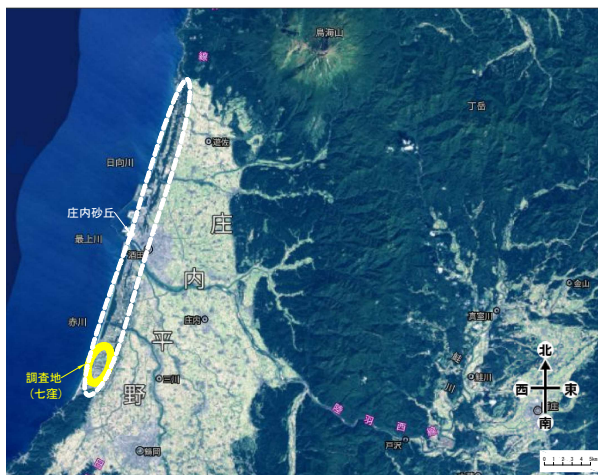


図-1 全体平面図¹⁾

それを受け、地域内の地下水の経年変動を把握するために平成24年より水位観測を実施し、対策工により冠水被害の抑制を図っている。

今回は、庄内砂丘の冠水被害の経緯と地質的な構造の概要を整理し、継続した水位観測によって得られた水位変動の特徴と対策工による地下水位の変化について報告する。

2. 調査地概要

(1) 地質・土質概要

砂丘の微地形は、海側に標高15～20m 程度の人工砂丘が位置し、内陸側に標高50～60m の旧期砂丘及び新期砂丘が配列されており、両者の間に今回の調査地となる「砂丘列間低地」と呼ばれる窪地が形成されている。

対象となる砂丘堆積物の、砂の粒子は淘汰のよい細砂～中砂からなる風成砂であり、透水性を左右する砂の粒径は0.4mm程度を主とし、透水係数は $k=10^{-3} \sim 10^{-4} (m/sec)$ 程度を示す。

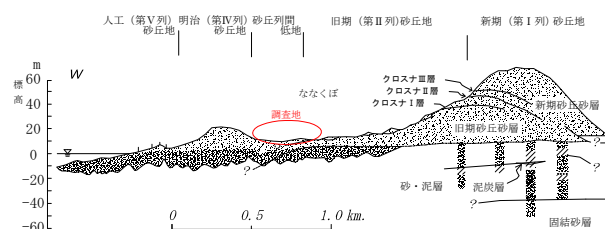


図-2 庄内砂丘地帯の地形・地質断面図²⁾

(2) 地質状況

調査深度内の砂丘堆積物は砂の粒径は概ね均一な細砂～中砂であり全体的に緩く、下位ほど締まりが良くなることが判明した。

なお、図-2に示すような新期砂丘と旧期砂丘を区分する明瞭な境界は確認できなかった為、打ち込みサンプリング時の貫入抵抗の大小により区分した。

当地区の水位観測孔は深度10～15m 程度とし、掘削孔径φ66mm でオールコアボーリングを実施し、VP50のストレーナー管を用いて設置した。

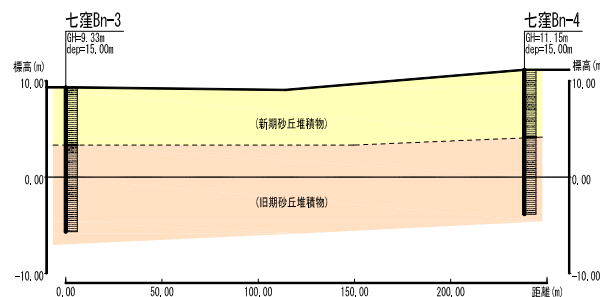


図-3 土層推定断面図(代表断面)

3. 水位観測関連実施状況

(1) 水位観測孔設置状況

水位観測孔は図-4に示すように、各対策工事計画路線沿いに水位観測孔(Bn-1～Bn-7)を配置した。

観測方法に関しては初年度のみ通年の水位変動を連続的に採取するために、投げ込み式自動水位計を用いて1日毎に水位観測を行い、その後は原則2週間に1回程度の間隔で触針式水位計による水位観測を実施した。

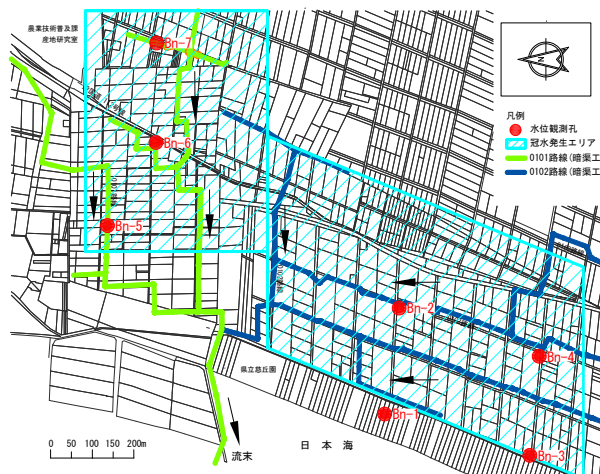


図-4 観測孔設置状況

(2) 対策工事実施状況

平成 30 年より流末方向から順次実施され、0102 路線は令和元年 4 月から 9 月、0101 路線は同年 10 月から翌年 3 月までの期間で主たる対策工事が実施され、その後令和 2 年から 3 年の間で枝線が整備され、現在では予定区間の 9 割が施工完了した状況にある。

対策工事の内容は大まかにφ100～800mm 程度のポリエチレン製波状管(主に有孔管)を GL-1.50～4.00m 程度の区間に埋設し水位上昇の抑制を図っている。

4. 水位観測結果

(1) 水位変動状況

年間の水位変動は降水量が例年並みの場合、緩いサインカーブを描き変動し、最低水位を10月に記録し、その後、秋雨期間を経て上昇に転じ、12月から3月の冬期間に最高水位を記録する。3月以降は再び最低水位に向かうという変動を示すことが確認できた。

冠水被害を発生させた平成23年の8/18には日雨量280mm、9/20～9/21の2日間は計150mmの降雨が確認されている。観測開始以降の平成25年7/11～7/12の2日間でも計150mmの降雨が確認され、同様に冠水被害が発生していることから、冠水被害は降雨と明確な相関を有しており、累積雨量が100mmを超えるようになると急激に水位が上昇し、場合によっては冠水被害を発生させるものと判断される。

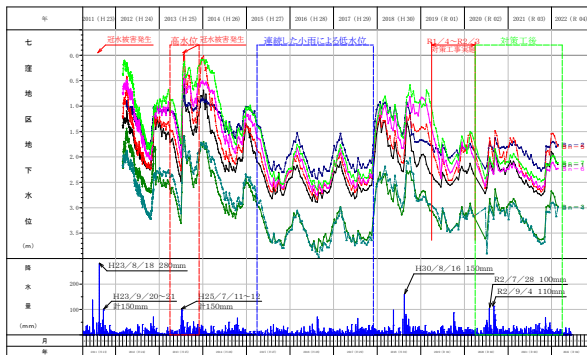


図-5 水位変動状況

(2) 対策工事の効果について

令和元年の対策工事以降は地下水位が年間を通して低く推移し、令和2年の7月や9月の日雨量100mmを超える降雨の際にも、冠水被害は発生しておらず、対策工事で設置した排水管からも多量の排水が確認された。

以上のことより、対策工事の効果が発揮されているものと推測されるが、平成25年以降は、過去に冠水被害を発生させたような降雨は観測されていない為、他の対策効果の評価材料として回帰分析を行った。

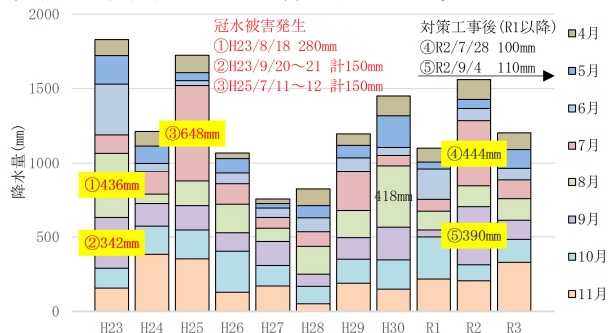


図-6 年度毎の月別降水量

5. 回帰分析

今回は平成24年の自動水位観測データのうち、水位低下の傾向を把握するために最低水位を記録する1か月前の9月から降雨により水位が急上昇した11月までの3か月間に期間を絞り回帰分析を実施し、得られた回帰式を用いて以降の降雨に対する水位変動を推定した。

(1) 分析条件

解析に用いた降水量のデータは調査箇所付近に近接する庄内空港に設置されているアメダス浜中³⁾のデータを使用し、9月1日～11月30日までの91日間の降雨に対する水位変動から実効雨量の算出を行った。

なお、実効雨量は以下に示す条件の組み合わせから、最も大きい相関係数を得られた結果を用いた。

- ・通減係数(α): 0.800～0.900 (0.010刻みで計算)
- ・累積日数(n): 1～30日 (1日刻みで計算)
- ・遅延日数(d): 0～20日 (1日刻みで計算)
- ・回帰式: 直線回帰式および指数回帰式の両方

(2) 分析結果

相関係数は0.89～0.92を示しており、通減係数や累積日数及び遅延日数も、概ね妥当な数値を示すことから、今回の解析結果から推定される水位は対策工事を実施しなかった場合を再現できているものと推測される。

表-1 回帰分析結果一覧

地下水位データ	通減係数 α	累積日数 n	遅延日数 d	回帰式	相関係数	判定
Bn-1	0.90	23	8	$Y=\exp(0.93107-0.00484x)$	0.91873	◎
Bn-2	0.90	22	7	$Y=\exp(0.69617-0.00443x)$	0.91339	◎
Bn-3	0.90	21	8	$Y=\exp(1.05221-0.00293x)$	0.91269	◎
Bn-4	0.90	21	8	$Y=\exp(1.20030-0.00226x)$	0.89752	◎
Bn-5	0.90	22	8	$Y=\exp(0.90064-0.00433x)$	0.92343	◎
Bn-6	0.80	22	7	$Y=\exp(0.80497-0.00455x)$	0.91087	◎
Bn-7	0.90	22	10	$Y=\exp(0.69095-0.00436x)$	0.89182	◎

6. 考察

水位推定結果の一例を以下に示すが、平成25年の冠水被害を発生させた豪雨や、対策工事前の多雨に対する実測値と推定値は近似しており、対策工事以降になると降雨に対しての実測値と推定値に50～75cm程度差があることが確認できた為、今回の解析は対策工事の効果が発揮されていることを確認できる評価材料の一つとなりうると考えられる。

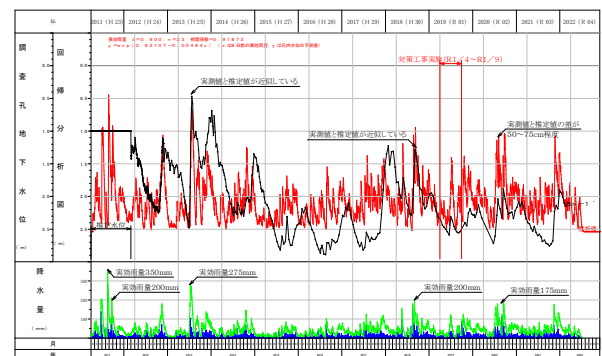


図-7 Bn-1実測水位と推定水位の比較

《引用・参考文献》

- 1) 国土地理院(写真+注記) ※一部追記
- 2) 角田清美:「日本海および東シナ海沿岸の主な海岸砂丘地帯の形成期と固定期について」第四紀研究14巻(1975)4号 P255
- 3) 国土交通省 過去の気象データ, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2022.06.21)