

## 軟弱地盤上の防潮堤築造に伴う残留沈下予測と天端の上げ越し対策

安藤ハザマ 正会員 ○グエン ホン ソン 正会員 松本江基  
 安藤ハザマ 澤口 宏 今井 正 伊東 圭  
 岩手県 及川郷一 奥平周示 西村昌史 平川 竜

### 1. はじめに

岩手県釜石市では東北地方太平洋沖大震災(2011年)で多くの防潮堤が被災した。片岸海岸防潮堤の復旧はL1津波を対象とし、その水位に1mの余裕高を加えた高さが計画堤防高とされた。

片岸海岸防潮堤は、鵜住居川の河口付近に設置しており、堤体延長は約800m(No-60.0~No+758.3)である(図-1)。堤体形状は、計画堤防高TP+14.5m、天端幅4.0m、法勾配1:2.0で、盛土施工基盤高はTP+1.0mとされた。防潮堤の基礎地盤は軟らかい砂・軟弱粘性土層が深く堆積した軟弱地盤である(図-2)。このため、防潮堤の安定対策と液状化対策として防潮堤法面に深層混合処理(DCS工法:大口径・大深度)<sup>1)</sup>、防潮堤中央部に残留沈下低減のため沈下促進対策工法としてサンドドレーン(SD)<sup>2)</sup>が採用された(図-3)。また、防潮堤築造後の将来的な沈下を考慮しても計画堤防高(TP+14.5m)を確保することが求められた。このため、防潮堤築造に伴う残留沈下の精度の良い予測とその対策が課題となった。

本報では、盛土施工中の沈下観測データに基づき、FEM解析手法及び双曲線法を適用して盛土完了後の残留沈下量の予測や対策工の考え方について報告する。

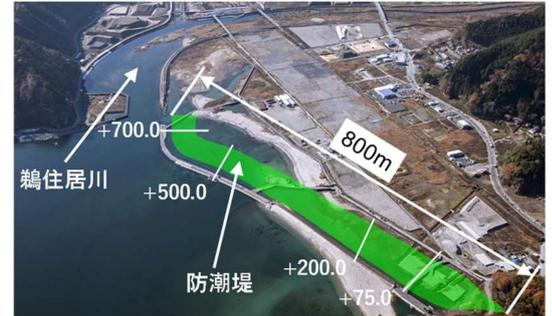


図-1 片岸海岸防潮堤の建設位置図

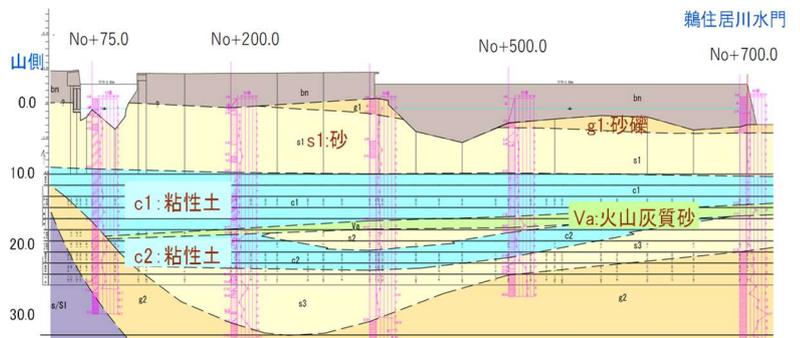


図-2 地層縦断面図

### 2. 防潮堤の沈下挙動

片岸海岸防潮堤には、沈下観測断面を4箇所(No+75; No+200; No+500; No+700)設けた。そのうち中央部には層別沈下計を設定した(図-3)。盛土施工の最終段階前の高さTP+13.5m時点の防潮堤中央部の地盤表面沈下量を表-1に示す。防潮堤縦断方向にみれば、No+75地点の沈下量が約1.1mであるが、No+700地点では沈下量が約0.4mとなっており、山側から鵜住居川に向けて沈下量が小さくなっていることがわかる。この理由は、No+75からNo+700に向けて粘性土層が徐々に薄くなっているためと考えられる。場所によって沈下量が異なることから各断面の残留沈下量を予測することとした。

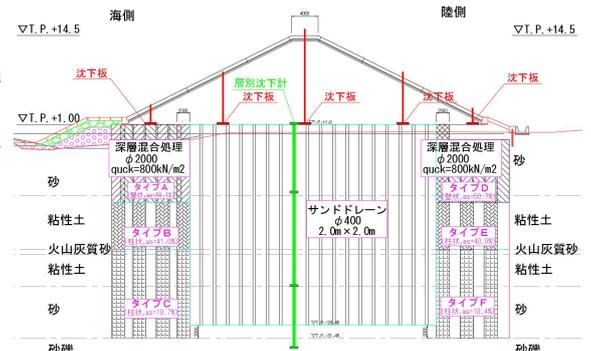


図-3 沈下観測配置(断面図の例)

### 3. 残留沈下量予測

本工事では各盛土工の段階完了後に被覆ブロック(50cm厚)を設置することから、防潮堤天端だけでなく防潮堤の法面の残留沈下挙動を予測する必要があった。また、盛土施工は大きく4段階に分割して盛り立てられた。施工工程は沈下量に大きく影響することから、これらを考慮することができる、土/水連成の2次元弾粘塑性圧密変形解析FEMプログラム<sup>2)</sup>(DACSAR)を用いて3箇所(No+75; No+200; No+500)の沈下挙動を予測した。例としてNo+75の解析モデルのメッシュ及び境界条件は図-4に示す。粘性土層は関口・太田モデルとし、それ以外地盤層は線形弾性モデルとした。

FEM解析に併せて4箇所(No+75; No+200; No+500; No+700)で

表-1 解析時点の防潮堤中央沈下量

観測位	No+75	No+200	No+500	No+700
盛土高 TP (m)	+13.5	+13.5	13.5	13.5
盛土厚 (m)	12.0	12.0	12.0	12.0
沈下量 Si (cm)	111.1	86.0	42.2	39.9

キーワード 軟弱地盤、残留沈下、FEM解析、双曲線法、上げ越し  
 連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 TEL 03-3355-3442

実測時間-沈下量曲線から双曲線法<sup>3)</sup>で残留沈下量を予測した。双曲線法は各段階盛土完成後、任意の時点での圧密度や一次圧密完了後の残留沈下量を推定する方法である。今回予測の時点は最終段盛土完成ではなく途中段階 (TP+13.5m) で最終盛土後の残留沈下量を予測する必要があった。そのため、既に完了した盛土段階の沈下データに基づいて双曲線法で最終沈下量 ( $S_f$ ) を算定し、過去段階の盛土荷重と起点沈下量 ( $S_0$ ) 及び  $S_f$  の曲線関係を作成し、最終盛土段階の  $S_0$  と  $S_f$  の沈下量を推定した (図-5)。  $S_0$  と  $S_f$  の差分  $\Delta S_f$  は最終盛土段階での一次圧密による残留沈下量となる。

No+75 の防潮堤中央部分の時間-実測観測沈下量・盛土厚さとの FEM 解析結果や双曲線予測法の結果を図-6 に示す。予測開始の時点で両方法の結果が実測沈下のデータと一致している。その後の将来的な沈下予測値は、FEM 解析より双曲線法が大きな予測結果を示す傾向が確認された。

#### 4. 残留沈下の対策工

残留沈下量の予測結果を表-2 にまとめた。残留沈下量は、No+75 から No+700 に向かうにしたがって小さい値を示した。最も沈下が大きい No+75 地点では、被覆ブロック工完了 50 年後、FEM 解析では最大残留沈下量 13.6cm、双曲線法では 24.7cm が予測された。防潮堤は計画高 TP+14.5m を確保する必要がある。これらのことが総合的に判断され、残留沈下対策工が検討された。

その結果、最も適切な残留沈下対策工として、盛土築造期間中に防潮堤天端の被覆工の部分を上げ越しておく、上げ越し工法が採用された。上げ越しの量は、それぞれの箇所の予測沈下量に基づき、No+75 から No+700 に向けて上げ越し量は 30.0cm ; 20.0cm ; 15.0cm ; 10.0cm とされた (表-2)。その施工範囲およびすりつけ範囲を図-7 に示した。

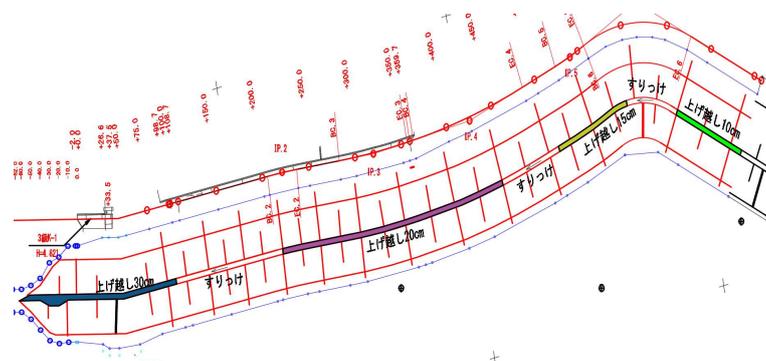


図-7 上げ越し対策工の平面図

#### 5. おわりに

軟弱地盤上での高い防潮堤築造に伴い 1m を超える大きな沈下が生じた。FEM 解析と双曲線法によって防潮堤天端の被覆工完了後の残留沈下量が予測された。防潮堤の計画堤防高 TP+14.5m を将来的にも確保するため、最終被覆工の前に上げ越し対策工が採用され対策を実施した。なお、その後に岩手県が実施している経過観測においても計画堤防高以上が確保させていることを確認する。

#### 参考文献

- 1) 木付拓磨・澤口宏・今井正・高植俊彰・土屋潤一・稲濟慎哉：大口径・大深度深層混合処理工法…、第 1 2 回地盤改良シンポジウム、2016
- 2) Iizuka, A. and Ohta, H.: A determination of input..., S&F, Vol. 27, No. 3, pp.71-87, 1984
- 3) 宮川勇：軟弱地盤と盛土、「土と基盤の設計法 (その 3)」、土質工学会、p.178、1963

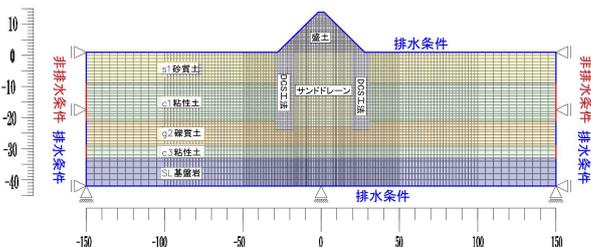


図-4 FEM 解析メッシュ・境界条件 (No+75)

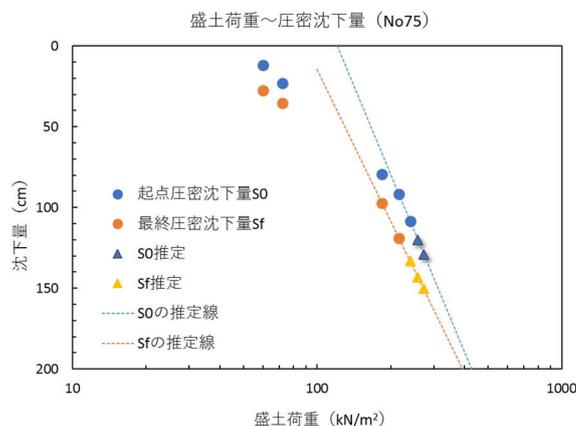


図-5 最終圧密沈下量推定 (例)

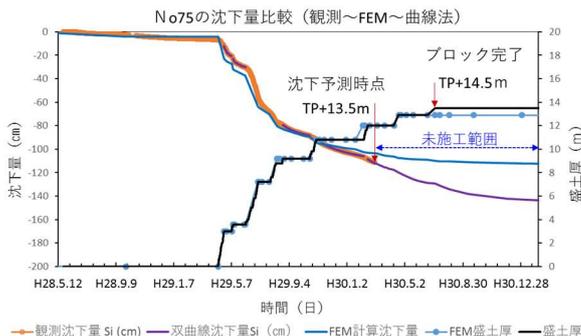


図-6 観測沈下と予測結果 (No+75)

表-2 残留沈下予測結果

観測断面	No+75	No+200	No+500	No+700
現沈下量 $S_1$ (cm)	111.1	86.0	42.2	39.9
残留沈下予測結果				
双曲線法 $\Delta S_f$ (cm)	24.7	12.2	10.3	7.2
(被覆工完了 50 年後)				
FEM 解析 $\Delta S_f - FEM$ (cm)	13.6	9.3	7.1	-
上げ越し厚さ (案) $\Delta H$ (cm)	30	20	15	10