

旧北上川河口部改修事業における近接施工対策の取り組み

川崎地質(株) 正会員 ○太田 史朗

国土交通省 東北地方整備局 正会員 高田 浩穂

国土交通省 東北地方整備局 川村 健弘

国土交通省 東北地方整備局 清水川 泉

川崎地質(株) 正会員 大坪 智博

1. はじめに

東日本大震災で激甚な津波災害を受けた宮城県石巻市では、市街地中心部を流れる旧北上川河口部の河川復旧・復興事業として堤防整備を進めている。

当該地には、最大約50m厚にも及ぶ軟弱地盤（沖積層）が分布しており、背後に位置する家屋等への築堤盛土による引き込み沈下の影響が大きい区間において影響軽減対策の実施が不可欠である。軟弱地盤上の盛土施工では、事前の十分な土質調査および現場で得た動態観測データを早い段階でフィードバックし、物性値を含めた解析モデルを最適化し、予測精度を向上させることが重要である。当該事業では、十分な土質調査及び土質試験データに基づき沈下量や影響範囲の予測を行った上で、試験盛土でその妥当性を検証し、解析モデルの最適化ならびに対策工の検討を行うものとした。本報告では、試験盛土を踏まえたモデル最適化と近接施工対策の検討結果について報告する。

2. 試験施工を踏まえたモデルの最適化

沖積層（層厚20～50m）のうち海成粘性土 Ac2 は層厚が約20mと厚く、深度方向に物性変化が認められ4層に細分化（図-3）される。

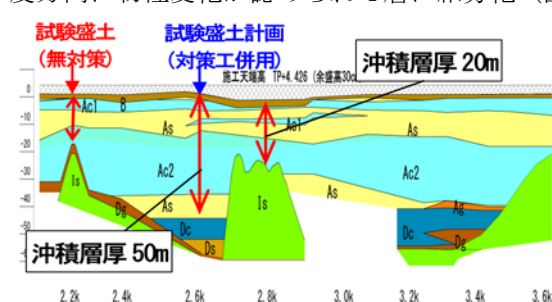


図-2 築堤予定区間（左岸）の土質縦断面図

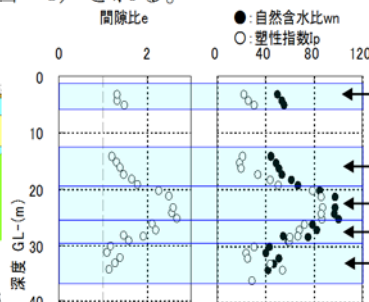


図-3 深度方向の物理特性

圧密試験は、年代効果を受け疑似過圧密を示す海成粘性土の圧密降伏応力 P_c 値を的確に把握するため、圧密荷重と間隙比の関係が連続的に得られる定ひずみ速度載荷圧密試験を細分化した地層毎に実施した。なお、定ひずみ速度載荷圧密試験では一般に大きめの圧密降伏応力値が得られることから標準圧密試験（段階載荷）とのフィッティングで圧密降伏応力 P_c を補正した（図-4）。背後に家屋が無い箇所では試験盛土（図-2 無対策箇所）を実施した結果、実測値から双曲線法で予測した最終沈下量及び横断方向の沈下形状（引き込み沈下量）は、二次元弾塑性 FEM 解析（関口太田モデル）で予測した値とほぼ一致したためモデルは妥当と判断した。

写真-1 旧北上川河口部全景

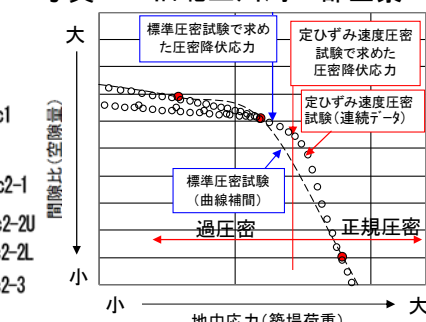


図-4 圧密試験評価の模式図

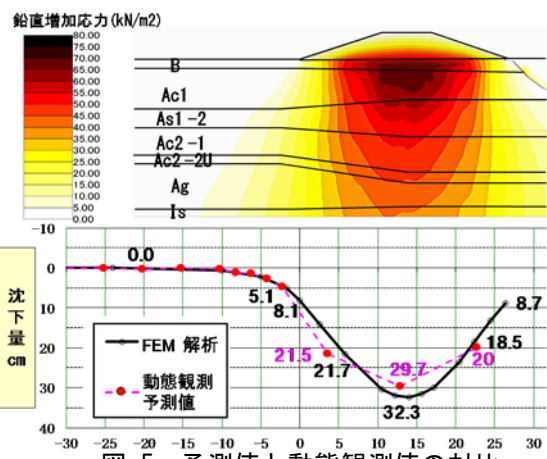


図-5 予測値と動態観測値の対比

キーワード 軟弱地盤、堤防盛土、近接施工、事前予測、動態観測、妥当性評価

連絡先 〒983-0852 宮城県仙台市宮城野区榴岡三丁目4-16 川崎地質株式会社北日本支社 TEL 022-792-6330

3. 近接施工対策の検討

無対策箇所の試験盛土を実施した地区以外は、近接する家屋が引き込み沈下の影響範囲内に係るため、影響を遮断する対策工が必要と判断された。対策工は対策深度が30m超となること、中間にN値10～20の砂層が分布することから「固化改良」が最適と判断した。

なお、対策深度の決定にあたり下記の対応を図った。

⇒ 沈下に伴う改良体と軟弱土の縁切り挙動のモデル化

(改良体と軟弱土の接触面はせん断し段差が生ずる。図-7 参照)

⇒ 着底層は礫層を基本とするが、一定の強度を有する粘性土層Ac2-3に着底させた検討も実施。

(対策工底面に作用する押込み力<地盤強度となる土層)

沈下に伴う改良体と軟弱土の縁切り(せん断破壊)は破壊後の残留剛性も考慮出来る「バイリニア要素」によりモデル化した(図-6)。

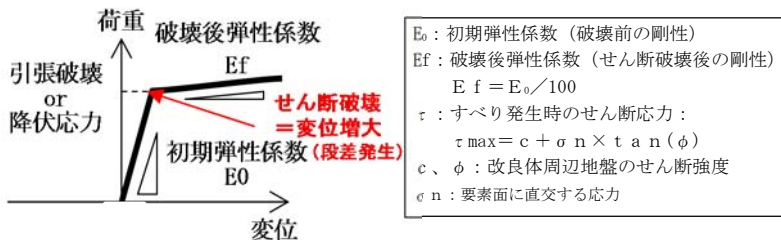


図-6 改良体と地盤の縁切り挙動のモデル化 (バイリニア要素)

表-1に固化改良の仕様に応じた影響範囲(不同沈下として傾斜角3/1000を超える範囲)を示した。同表には改良体と地盤の接触面に「ジョイント要素: Goodman 1968」を導入(剥離後の剛性0)した結果も併記したが完全に縁切り(引張応力発生で応力伝達0)されるモデルのため危険側の結果と判断した。また、改良体と軟弱土を連続体としてモデル化した場合は、改良体が地盤の沈下とともに盛土側に倒れ込む挙動を示して背後の地盤も追随するため影響範囲が大きくなる結果となった。以下に、本検討の基本モデルとした改良体と地盤の接触面にバイリニア要素を導入した検討結果を要約する。

CASE1: 基底の砂・礫層に着底 ⇒ どのケースでも影響は完全に遮断される(影響範囲0m)。

CASE2: 粘性土Ac2-3に着底⇒ 地盤のせん断剛性を増加させると影響範囲が拡大(縁切りしづらい)。
⇒ 固化改良の強度を大きくすると影響範囲が縮小。

以上の検討を踏まえ、対策工は2列(幅2m)の接円改良、改良強度は600(kN/m²)を基本とし、近接家屋の離隔距離に応じて改良深度を適宜設定する方針とした。但し、対策工を含む試験盛土(改良深度を変えた2ケース)を行い、設計手法の妥当性を確認した上で、本工事に進むことを条件とした。

4. まとめと今後について

本検討では、事前解析で得た沈下量や沈下時間、周辺への影響量(水平・鉛直変位とその発生範囲)の予測値と、試験盛土で得られる実測値とを比較検証することで、適切な予測モデル(物性値・解析手法)に基づく影響範囲の検討および対策要否の判定を実施することが出来た。また、築堤盛土による堤防背後の家屋等の引き込み沈下の影響を軽減する対策は、堤防尻部への応力遮断壁(固化改良)を選定したが、地盤と改良体の縁切り挙動をモデル化することで、家屋との離隔距離に応じた適切な対策仕様を決定出来た。今後、対策工併用の試験盛土で、設計手法の妥当性を確認する予定であり、その内容は別の機会でご報告する。なお、本報告の検討は、旧北上川軟弱地盤対策検討会の各委員の皆様のご多大なご助言により実現した。ここに、深く感謝を申し上げます。

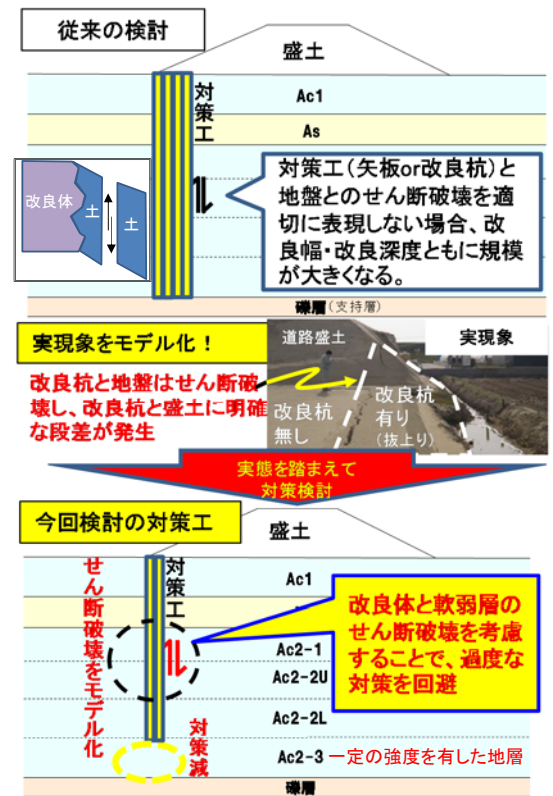


図-7 対策工検討の概念図

表-1 改良仕様に応じた影響範囲

着底層	改良配置: 接円(改良率83.3%) 改良幅: 2列(2m)					
	改良強度(kN/m ²)	600		800		1000
	地盤のせん断強度	最小値	平均値	最大値	最大値	最大値
CASE1 砂・礫層着底	要素なし	—	6.0m	—	5.5m	5.1m
	ジョイント要素	0.0m	0.0m	0.0m	0.0m	0.0m
	バイリニア要素	0.0m	0.0m	0.0m	0.0m	0.0m
CASE2 Ac2-3層着底	要素なし	—	11.7m	—	11.7m	11.7m
	ジョイント要素	0.0m	0.0m	0.0m	0.0m	0.0m
	バイリニア要素	0.0m	2.1m	5.9m	5.6m	5.2m

※無対策の影響範囲=20m