

5.5 河床下地盤の固化改良による周辺宅地の側方流動対策～千葉県香取市小野川～

1. はじめに

香取市は千葉県の北東部にあり、地形的には北部の利根川の低地、南部の谷津と呼ばれる谷に刻まれた下総台地から構成されている。利根川が東西に流れ、江戸時代以降の利根川の東遷による土砂堆積によって陸地となった低湿地が広がっている(図1)。東日本大震災における香取市の被害の特徴は、液状化を要因とする地盤沈下や地盤の移動(側方流動)により、建物が沈下・傾斜し、道路や埋設管などが損傷したところである(写真1)。

液状化したのは、かつて水域であった場所を利根川の浚渫土などで人為的に埋め立てたところや利根川の運んだ土砂が堆積して昭和以降に集落が形成された場所などである。地下水位が高く、緩く細かな砂層から形成された形成年代の若い土地が地震により液状化したと考えられる。

香取市の液状化対策委員会は、再度大きな地震が発生した場合に、河川に向かって側方流動(図2)が生じることを二次元地震応答解析等により確認し、側方流動が発生しないようする様々な方法を検討し、河床下の地盤を格子状に改良するという工法を選択した。



図1 液状化発生地域の新旧地図



写真1 小野川の噴砂と側方流動

図2 側方流動対策エイメージ図

2. 地盤改良の概要

本工事は香取市内を流れる一級河川小野川の側方流動防止を目的に、河床下を固化改良して河川護岸を連結させた。表1に地盤改良の仕様を示す。写真2に施工状況を示す。

図3には近傍の柱状図を併記しているが、改良対象はN値5程度以下の緩い砂質土を主体とした地盤であった。計画では、台船(図4)を用いた施工の他に仮設桟橋上からの施工や河川を一度埋めてから施工する方法も想定されたが、本工事は河川内作業を渇水期中に完了しなければならないという工期の制約があり、いずれも仮設設備に相当の時間を要すること、またその期間は河川側道の規制が必要となることから工程や工費の面で有利な台船を用いた施工方法が採用された。

表1 地盤改良の仕様

| 項目 | 仕様 |
|-----------------------------|------------------|
| 工法 | 高圧噴射搅拌工法 |
| 対象土 | 砂質土 |
| 改良径 (mm) | 2000 |
| 改良量 (m ³) | 15,579 |
| 改良率 (%) | 50以上 |
| 改良深さ (m) | 5.0 |
| 固化材の種類 | 工法専用固化材 |
| 固化材添加量 (kg/m ³) | 210 |
| 目標強度 (kN/m ²) | 1000 |
| 添加方法 | スラリー添加(W/C=150%) |



写真2 施工状況
(左：施工ヤード、右：仮設ヤード)

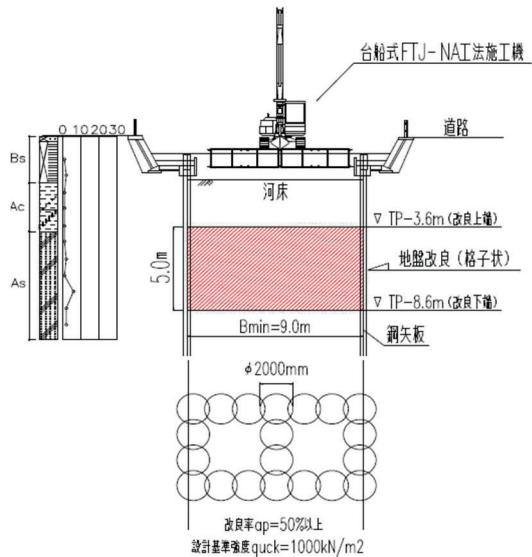


図3 改良標準断面図

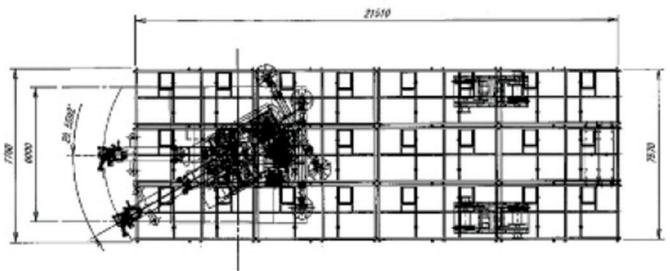


図4 台船形状図

また、一般に河川内工事で用いられている単管式の高圧噴射搅拌工法では、施工時の地盤隆起が周辺住宅や河川施設に影響を与える可能性があったため、本工事では低変位工法を採用し、施工時に切削した地盤をエアリフト効果により地表面に排泥として出すことのできる二重管式の高圧噴射搅拌工法が施工された。

さらに、台船の幅が8m程度あるのに対し、河川幅は最小で9m程度と台船移動による施工位置決めは困難となることが想定されたので、旋回することで任意の位置に施工可能なアーム式（バックホウタイプ）の施工機を用いることとした。しかし、施工時の排泥は河川汚濁の要因となるため、排泥が河川に拡散しないような対策を講ずる必要があった。そこでφ2000mmの改良径に対し、φ2220mmのケーシングで改良域を覆い、施工時にケーシング内に溜まる排泥をもれなくポンプアップする排泥回収方法を適用した。施工時はケーシングを地盤中に圧入し、ケーシング内に溜まった排泥を適宜、真空ポンプで仮設ヤードの水槽に送り、10t排泥運搬車で搬出することにした。

なお、仮設ヤードの水槽は施工中にケーシングの隙間から河川水が流入することを想定し、標準的な陸上施工の排泥量の2倍程度をストックできる台数とした。（図5）

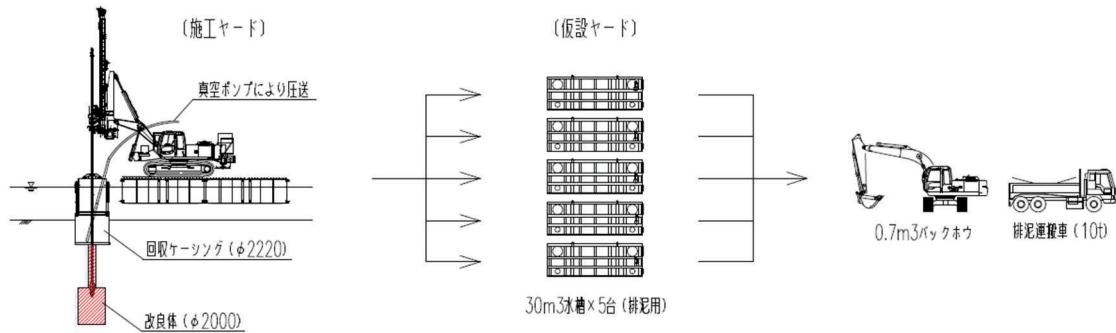


図 5 排泥回収方法

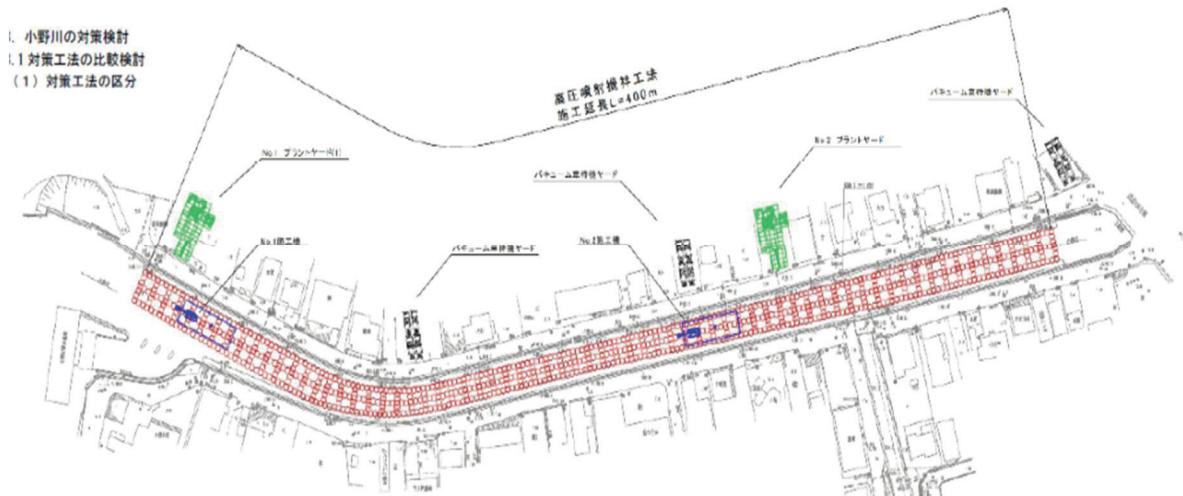


図 6 改良施工平面図

3. 施工管理

施工時の河川汚濁は、下流側で採取した河川水の pH を測定して確認したところ、 $pH = 7.4 \sim 7.8$ 程度と施工前後でほとんど変化はなく、また目視でも濁りは確認されなかった。施工時の地盤変位は、改良域と周辺住宅の間の河川側道で 1 日 3 回動態観測を行った。観測結果は施工前後で有害な変位は確認されていない。ケーシング内からポンプアップして場外搬出した排泥量は、標準的な陸上施工の 1.0~1.2 倍程度であり、過度に増えることなく施工出来た。

改良体の品質確認はボーリングでコアを採取し、施工後 28 日経過後の供試体で一軸圧縮試験を実施した。測定結果は設計基準強度 1000kN/m^2 に対して、 1100kN/m^2 以上であった。図 6 に改良施工の平面図を示す。

4. おわりに

2016年に小野川の側方流動に対する液状化対策事業が完了した。液状化が発生すると、小野川沿いの高低差がある地盤で、流動化した地盤が河川背後から河川側に向かって移動し、大きな水平変位が発生するが、対策工（側方流動対策工）により、河床部の地盤改良が完成し、河川背面地盤の水平変位を抑え、側方流動を防ぐ対策が完了した。

対策委員会が行った二次元地震応答解析（FLIP）で、この事業による効果（護岸の変位・傾斜など）をシミュレーションしたところ、今回と同様の地震やこれより加速度の大きな直下型地震においても対策工の閾値※内に有害な変位が抑えられることが確認された。写真3に現在の小野川護岸の状況を示す。

※①タイプ1地震に対しては、宅地の液状化程度が軽微となることを目標に、水平変位5cm以下とする。

②タイプ2地震に対しては、宅地に有害な変位が生じないよう、宅地境界から10mの範囲で水平ひずみ（水平方向の伸縮ひずみ）0.3%以下とする。



写真3 現在の小野川護岸の状況

【参考資料】

- 1) 台船を用いたエア・スラリー式高圧噴射搅拌工法の河川内工事への適用、杉本知弘、今井優輝他、第51回地盤工学研究発表会投稿論文、2016.9
- 2) 佐原地区の液状化対策検討結果、香取市ウェブサイト、液状化対策検討委員会