真空圧密工法を用いた超軟弱地盤における載荷盛土の施工事例

中日本高速道路株式会社　正会員　○ 山田 耕一　川井田 実
前田建設工業株式会社　正会員　信田 潤一　平田 昌史
西川 浩二　小嶋 一聡

1. はじめに

舞鶴若狭自動車道若狭工事は，福井県三方上中郡若狭町内の 4 地区（三田地区，向笠地区，鳥浜地区，気山地区）において，構造物築造場所に 9 箇所の載荷盛土を施工する工事[1),2)]である．この若狭工事では，N 値が 0～1 程度の粘性土･腐植土が G.L.-10m～-40m にわたって厚く堆積した超軟弱地盤地帯であるため，各種の軟弱地盤対策工法を実施しており，周辺地盤の変形抑制や地盤の圧密促進に高い効果を発揮している[2)]．本報告では，この若狭工事で実施した対策工法の 1 つである真空圧密工法について，その施工状況や対策効果について紹介する．

2. 真空圧密工法の概要

真空圧密工法は，地盤にプラスチックボードドレーンを挿入し，真空ポンプを使って強制的に排水することで圧密を促進させる工法である．真空圧密工法は，本質的にはプレローディング工法であるが，通常のプレローディング工法とは異なり，改良域の側方にも真空圧が作用するため，周辺地盤の側方変形が改良域側へ引き込まれるのが特徴である（**図-1**）．このため盛土施工と併用した場合には，盛土載荷によって押し出される周辺地盤の側方変形を低減させることが可能であると同時に，改良域の安定性が向上するため盛土の急速施工も可能である．若狭工事では，気密シート式の真空圧密工法（高真空 N&H 工法[3)]）を採用しており，4 地区 9 箇所の載荷盛土のうち，3 箇所（三田，鳥浜②，気山）の載荷盛土に対して真空圧密工法を実施した．**写真-1** は，向笠地区に位置する鳥浜②の載荷盛土における真空圧密の施工状況である．

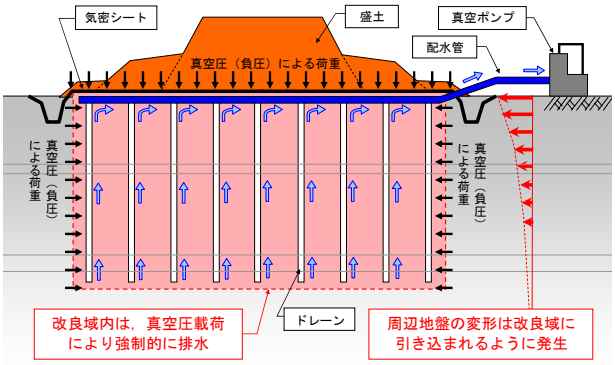

図-1　真空圧密工法（高真空 N&H 工法）の概略図

3. 真空圧密工法による対策効果

(1) 気山載荷盛土：気山載荷盛土の地盤は，傾斜した基盤に沿って軟弱な腐植土が厚く堆積した地盤であるため，近接する既設構造物（NHK 電波塔）への影響が懸念された．このため，当初設計の段階から真空圧密工法を採用しており，他の載荷盛土に先行して施工を実施している．載荷盛土施工（盛土高 8.5m）により最大 3.5m もの大きな沈下が生じたにも関わらず，近接する既設構造物の変位は管理基準値以下に抑制されており，真空圧密による高い改良効果が確認されたため，他地区における 2 箇所の載荷盛土においても真空圧密工法を採用した．

(2) 鳥浜②載荷盛土：鳥浜②載荷盛土の地盤は，粘性土および腐植土が G.L.-40m 付近まで厚く堆積した本工事区間で最も軟弱な地盤であり，地盤深部に堆積する軟弱層の圧密促進のためにプラスチックボードドレーン（1.2m×1.2m の正方配置）を G.L.-34m まで施工するとともに，側方変形対策として鋼矢板を 10m 打設している．さらに，その後の検討結果より工程短縮が必要であると判断し，真空圧密工法を追加採用した．**図-2** に示すように，真空圧密用の鉛直ドレーンは沖積砂層（As3 層）の上部 G.L.-16m～-20m まで，既存のプラスチックボードドレーンの間に

写真-1　真空圧密工法の施工状況（向笠地区：鳥浜②載荷盛土）

キーワード　軟弱地盤，載荷盛土，真空圧密
連絡先　〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16　前田建設工業㈱技術研究所 Tel 03-3977-2355　Fax 03-3977-2251

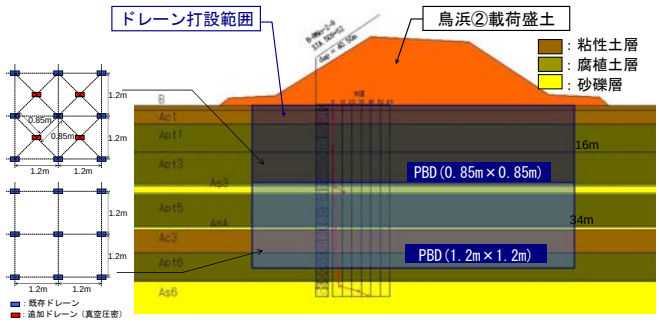

図-2 横断面図（向笠地区：鳥浜②載荷盛土）

写真-2 引き込みクラック（向笠地区：鳥浜②載荷盛土）

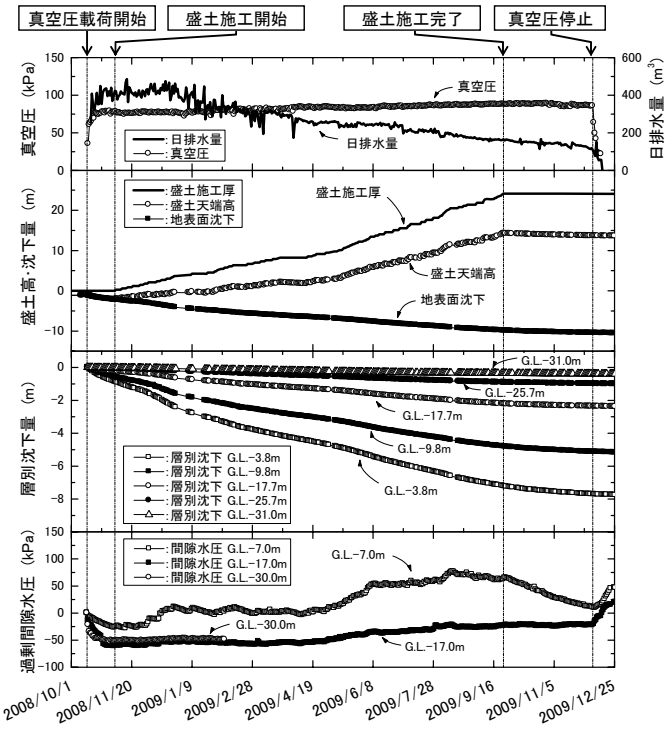

図-3 動態観測結果（向笠地区：鳥浜②載荷盛土）

追加で打設している．盛土速度最大 10cm/d（平均 8cm/d）の急速施工を実施することにより，真空圧密採用前に比べ 1 年以上の大幅な工期短縮が実現できている．**図-3** は，鳥浜②載荷盛土で実施した動態観測結果である．地表面沈下は，真空載荷前の準備工（ドレーン打設，敷砂敷設等）の段階で約 1m，その後の真空圧載荷･盛土施工（盛土高 13.5m）によって最大 10.6m に及ぶ大規模な沈下が発生している．周辺地盤は真空圧密を載荷した初期には改良域側へ引き込まれ，地表面では引き込みクラックが発生（**写真-2**）しており，その後の盛土施工に伴って周辺地盤は徐々に盛土外側に押し出され，盛土法尻付近では 0.31m の押し出しが確認された．この変位量は，同じように 10m 以上沈下した試験盛土[4),5)] で計測された押し出し量（約 1m）の 1/3 以下であり，真空圧密による高い改良効果が確認できる．また，G.L.-30m 位置の間隙水圧計では 50kPa 程度の負圧が確認されるとともに，層別沈下計では地盤深部 G.L.-17.7m～G.L.-31.0m の間で 2m 程度の沈下が見られることから，G.L.-30m 付近においても真空圧が作用し圧密が促進されていることが確認できる．なお，真空圧は盛土施工完了から 75 日後まで載荷しており，地表面沈下量から双曲線法を用いて，圧密度が 90%を十分に超えたことを確認して真空ポンプを停止している．

(3) 三田載荷盛土：三田載荷盛土では，近接する河川や後工程への影響を考慮して，真空圧密工法を採用した．三田地区の地盤は，軟弱な粘性土･腐植土の間に砂礫層が介在しているため，真空圧は 60kPa 程度しか載荷できていない．しかしながら，盛土速度が最大 10cm/d（平均 7cm/d）の急速施工にも関わらず周辺地盤の変位は少なく，十分な変形抑制効果が得られるとともに，大幅な工期短縮が実現できている．

4. まとめ

本報告では，若狭工事で実施した真空圧密工法の施工状況やその効果について紹介した．真空圧密工法を適用した 3 箇所の載荷盛土では，周辺地盤の変形が大幅に抑制され，工期短縮にも非常に効果的であった．また，10m を超える大規模な沈下が生じたにも関わらず真空圧は施工終了まで有効に作用するとともに，G.L.-30m を超える大深度においても真空圧が作用し，圧密が促進されていることが確認できた．なお，盛土施工完了後に圧密度 90%まで真空圧を載荷することで，盛土高 3m 相当のサーチャージ効果が得られることから，今後の長期的な残留沈下低減に対しても高い効果が期待できる．

【参考文献】

1) 信田潤一，平田昌史，山田耕一，川井田実：超軟弱地盤上の載荷盛土における施工対策事例，地盤工学会中部支部，第 18 回調査･設計･施工技術報告会概要集，pp.49-54，2009． 2) 信田潤一，平田昌史，松本公一，並川武，山田耕一，川井田実：超軟弱地盤上の載荷盛土施工における変形抑制対策とその効果，第 65 回土木学会年次学術講演会(投稿中)，2010． 3) 真空圧密技術協会：高真空Ｎ＆Ｈ工法－改良型真空圧密工法－技術資料，2004． 4) 川井田実，信田潤一，平田昌史，山田耕一：深い腐植土地盤における高速道路建設－舞鶴若狭自動車道（小浜～敦賀）の軟弱地盤対策－，第 54 回地盤工学シンポジウム論文集，地盤工学会，pp.563-570，2009． 5) 平田昌史，木藤政則，山田耕一，飯塚敦，荒井克彦：超軟弱地盤における道路盛土の変形挙動要因とその抑制対策，土木学会論文集(投稿中)