

技術報 既設水門基礎部の地盤改良対策について

水工・砂防 西日本事業部 第六部 海田 真裕



我が国は地震大国であり、阪神淡路大震災、東日本大震災などの大地震を経験している。今後も首都直下地震や南海トラフ地震などの大地震が想定されることから、国土交通省や各自治体が公共施設や重要インフラの耐震化を積極的に推進している。河川構造物分野でも、治水上重要度の高い水門・樋門などは耐震性能照査及び耐震対策が実施されている。

本稿では、施工上、厳しい制約を受ける既設水門の耐震対策について、直面した課題に対する対策事例を紹介する。

キーワード：重要インフラ、水門、耐震性能照査、耐震対策、条件制約、地盤改良工法

1. はじめに

南海トラフ巨大地震は、今後 30 年以内に高い確率で発生すると予測されており、対象の水門が位置する K 県においても、強い影響を受けることが想定されている。この地震で構造の致命的な損傷や液状化による支持力の喪失が発生した場合、河川・港湾管理施設が機能不全に陥り内水・外水氾濫等の甚大な被害が懸念される。こうした背景から、南海トラフを震源とする地震に対し水門の耐震性能照査及び対策検討を実施した。

本稿では、対象水門の直下において、液状化に伴う支持力の喪失が懸念されるため、地盤改良対策が必要となったが、厳しい制約が存在したため、当該条件下で採用した施工方法について紹介する。

●対象水門概要

対象水門は常時および L1 地震動時には液状化の発生が想定されず、直接基礎により安定が確保される設計となっていた。しかし、L2 地震動を対象とした耐震性能照査においては、水門基礎部の緩い地盤である Bs2 層（埋立土砂）において液状化が生じ、支持力の喪失が懸念されることから、地盤改良対策が必要であった。

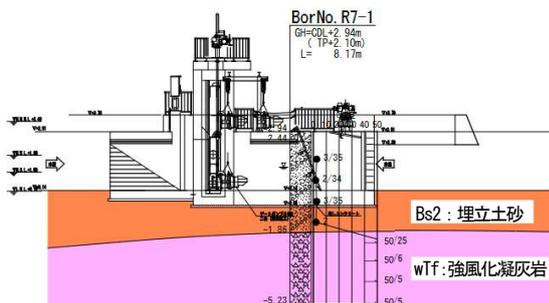


図-1 土層断面図

2. 存在した課題

2-1. 施工時の水門機能維持

支持力を確保することを目的とする地盤改良対策は構造物を建設する前に実施するケースが多い。しかし、本ケースでは、既設水門を存置した状態での改良が求められた。そのため、改良時においても沈下が発生しない

工法の選定が不可欠であった。なお、水門新設の可能性も検討したが、既設水門は築年数が 10 年未満と浅く、施設全体が健全であることから、撤去・再構築を行うことは非現実的であるため、協議の結果、対象外とした。

2-2. 一般供用施設の近接

本水門は K 県の港内に設けられた構造物である。本港はフェリー路線の重要な拠点としても利用されており、本水門東側はフェリー乗り場が近接している（図-2）。水門との離隔は 1m 程度と狭隘であるため、施工時は西側のみでの実現性を確保する必要があった。

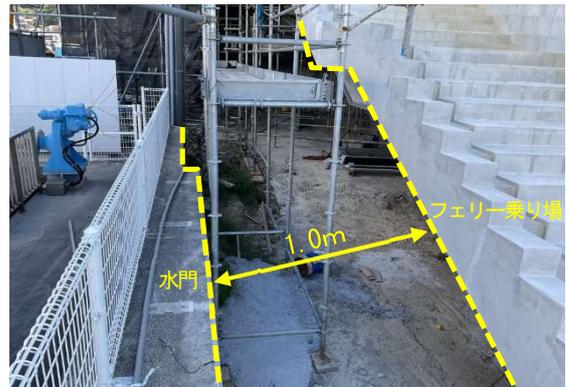


図-2 現地状況

2-3. 地盤条件の制約

対象地盤において液状化が発生する Bs2 層は埋立土砂であり、多量の玉石が混在する。最大径が 20cm に達する玉石も含まれており、改良工法によっては施工障害となるため、適用性を考慮して選定する必要があった。

3. 解決する技術

3-1. 浸透固化処理工法の採用

地盤改良工法として主に締固め工法、固化工法、注入固化工法が挙げられる。本ケースのようにゲートや操作台等の上部制約かつ部材厚 700mm の底板が存在する直下を改良する場合、特殊な工法を選定する必要があった。以下に各工法の特徴を示す。

●締固め工法（砂圧入式静的締固め工法）

流動化砂を地盤内に圧入し、周辺地盤を締固め、砂

層の密度を増大させることで液状化を防ぐ工法。

●固化工法（高圧噴射攪拌工法）

固化材スラリーを超高圧で噴射し対象地盤の強度・剛性を高めることで液状化を防ぐ工法。

●注入固化工法（浸透固化処理工法）

薬液を地盤中に注入・浸透させて粒子間粘着力を与え、せん断強度が増すことで液状化を防ぐ工法。

締固め工法及び固化工法にて改良する場合、改良体が固化するまで一時的に地盤が緩むため、沈下や傾斜が発生する懸念があった。特に水門のような重要インフラにおいては、沈下の影響で機能不全に陥る可能性があるため適用不可と判断した。一方、注入固化工法にて改良する場合、薬液が粒子間の水と置き換わりながら浸透するため、沈下や変形を誘発しにくい特徴から、既設水門を存置した状態で施工が可能である注入固化工法が適用性が高いと判断した。

3-2. 制約条件下での施工方法選定

本工法を適用するにあたり、所定の改良範囲を網羅する注入方法を検討する必要がある（図-3）。

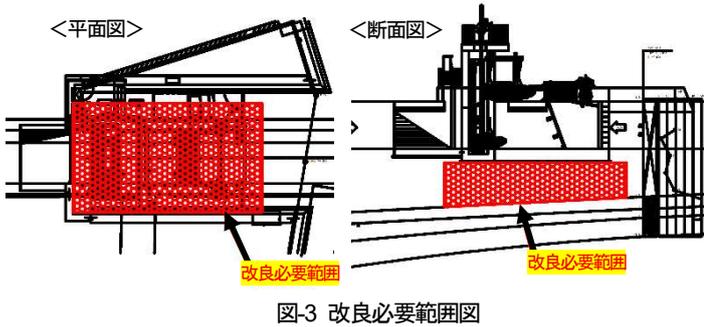


図-3 改良必要範囲図

水門直下の地盤改良を要するものの、既設水門を存置した状態で施工を行う必要があったため、まずは水門側方からの改良を前提とした。ケーシング（直管）を斜めに挿入する施工を検討したが、フェリー乗り場が近接していることから片側からの施工に限定され、未改良部が発生するため適用不可と判断した。未改良部を解消するために、ケーシング（曲がり管）を斜めに挿入し水門直下にて水平に曲げる施工方法が有効と考えられた。しかし、対象地盤には最大径 20cm の玉石が混在しており、挿入時の推進力が十分に伝達されないため適用不可と判断した。そこで代替手法として、①架台を構築し水門の既設底板を削孔して薬液を注入する工法、②水門横に副立抗として機械の入る山留工を構築し水門床付面以深から水平方向に薬液を注入する工法を提案した（図-5）。①案は、水門施工時の配筋図を基に 3D モデルを構築しケーシング配置を考慮した注入計画を検討したが、

既設配筋との干渉が不可避であった（図-4）。干渉する鉄筋を一時的に切断し改良後に補強する案も検討したが、復元時に必要な継ぎ手長が確保できないため適用不可と判断した。②案は、他案と異なり、現地盤を山留して掘削し施工機を据え付ける必要があることから、大規模な仮設を要し、さらに地盤条件上、矢板の圧入は硬質地盤対応の特殊圧入機を必要とするため施工費は高額となるものの、必要な改良範囲を網羅できることから本案を採用するに至った（図-5）。

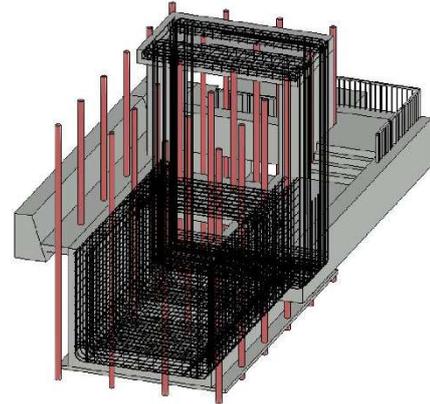


図-4 ケーシングの配置

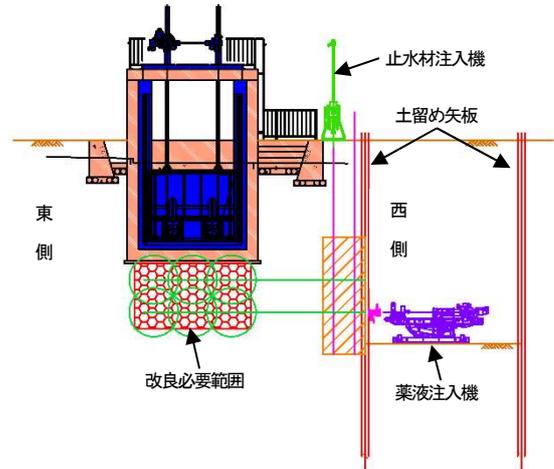


図-5 地盤改良採用案

4. まとめ

本稿では、南海トラフ巨大地震を想定した既設水門の耐震性能照査において、液状化による支持力喪失が懸念される事例に対し、厳しい制約下での地盤改良対策を検討した。基準やマニュアルの確認のみならず、類似実績のある施工業者へのヒアリングを通じて、選定した工法が当現場において実際に適用可能であるかの確認を行ったうえで採用した。本検討のような既設構造物に対する改良事例は多くないため、同様の条件下における地盤改良対策の参考になると考える。今後は、条件把握を徹底し各工法の適用可否を慎重に検討することで、信頼性の高い地盤改良対策を計画していくことが重要である。