

現場に学ぶメンテナンス

橋台の側方移動への対応事例

1. はじめに

道路橋の両端の下部構造である橋台は、一般に片側が盛土となるため常に偏荷重を受けます。このとき橋台の裏込めは良質な土等で施工されますが、盛土下の地盤が軟弱な粘性土地盤の場合、盛土荷重によってその下にある軟弱粘性土が変形・移動しようとする事により、橋台の基礎部分（軟弱地盤上なので橋台の基礎は一般に杭基礎となる）に側方からの力が作用したり、地盤の変位に伴って移動が生じることがあります（図-1）。本稿では、側方移動対策を実施した橋台に側方移動が生じた事例を取り上げ、側方移動対策における留意点について紹介します。

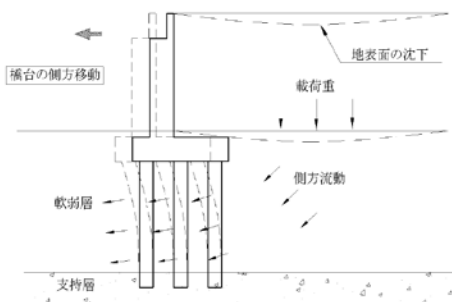


図-1 側方移動のメカニズム

2. 橋台の側方移動と対策

2.1 橋の概要及び不具合発生時の経緯

本橋は、橋長176mの鋼3径間連続橋であり、N値0～4の鋭敏比が高い海成粘性土が約20m堆積する地盤条件で、基礎は橋台・橋脚とも杭長約40mの場所打ち杭です（図-2）。

本橋では、設計時に道路橋示方書¹⁾（以下「道示」）に基づく検討の結果、側方移動の対策が必要と判断されました。そこで、対策工として施工規模と経済性から橋台背面のDJM（粉体系機械攪伴工法）による地盤改良（改良率50%）と軽量盛土（FCB）を選択しました。ところが、橋台背面の地盤改良（DJM）施工中に、A1橋台側は中間層の改良体未固結、A2橋台側は施工時のエア噴出というトラブルが発生しました。

A1橋台側は未固結部の圧密を促進するためにペーパードレーンを追加し、躯体を構築して背面盛土を高さ6.0mまで施工したところ、橋台が前面方向に約80mm水平変位していることが確認されました。また、A2橋台側は施工時にエアを必要としないCDM（スラリー系機械攪伴工法）へ地盤改良工法を変更しましたが、同様に背面盛土を4.2mまで施工した時点で、前面方向へ約30mm水平変位していることが確認されました。

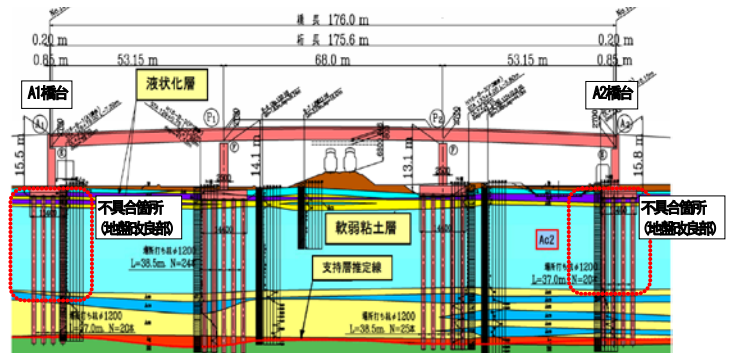


図-2 橋梁一般図と地盤条件

2.2 不具合発生後の調査

地盤改良効果が発揮されていないことが疑われたため、所要の強度かつ範囲の改良地盤が得られているかどうかを、コアボーリングによって調査しました。その結果、A1橋台側のDJM改良体において中間層の未固結が確認されました。また、採取した試料による一軸圧縮試験では所要の強度を満足していないことが確認されました。さらに、改良体の位置は設計とずれが生じていました。これらより、所要の改良強度、改良率を満たしていないことから、地盤改良効果が発揮されていないことが推定されました。今回のように鋭敏比の高い粘性土では十分固結しない場合があり、地質条件に応じた適切な工法選定や、試験施工による適用性の確認が必要となります。また、本施工では改良効果を確認するため、施工後の改良体の出来形、強度を確認する必要があります。なお、今回の不具合事例を受けて、DJM工法の技術マニュアルに、試験打ちの実施、施工初期段階の改良体の強度確認等について追加改訂が行われています。

また、改良体自体に移動が生じていることが疑われたため、改良体の傾斜及び移動量を調査しました。その結果、改良体の傾斜、沈下及び全体的な平面移動が確認されました（写真-1）。同様にA2橋台側のCDM改良体においても調査を行った結果、改良体は健全で沈下はほぼ確認されなかったものの、全体的な平面移動はA1橋台側と同様に確認されました。このように、改良体が出来ていても、改良率が低いと、改良体の中の粘性土や改良範囲の背後からの移動に伴い改良体そのものにも移動が生じて、側方移動対策としての効果が発揮されない場合があります。対策として固結工法を用いる場合には、基礎に影響を与えるような変位が粘性土層や改良体に生じることがないように改良範囲や改良率を設定する必要があります。



写真-1 改良体確認状況

次に、橋台の移動に伴い基礎の損傷が懸念されたため、杭の健全性を非破壊検査及びFEM解析により調査したところ、杭の損傷を疑わせる結果は得られませんでした。一方、ボアホールカメラによる調査では、A1橋台では杭頭から7mの範囲で、A2橋台では杭全長にわたってひび割れが確認されました。このように、損傷状況等によっては非破壊検査では損傷を捉えられない場合もあります。また、FEMはモデル化やパラメータの設定等により精度が変わり、変位が大きいと乖離が生じる場合があります。したがって、変位の程度を考慮したうえで、必要に応じてボアホールカメラによる調査のような損傷を直接確認できる手法を選択することが重要となります。

2.3 対策

A1 橋台では、改良・未改良部分が複雑に混在する上に、ペーパードレーンも埋設され、再改良の施工現実性が保証できないこと、また極めて軟弱な地盤条件においては、不確実な対策が再度地

盤の変状を生じさせ基礎を損傷させる原因になり得ることが課題となりました。こうした点を踏まえ、現実性の高い対策として、未固結部を横断する橋梁延伸案を採用しました（図-3）。また、側方移動対策として効果の高いプレロードにより軟弱層の強度を一様に向上させる工法を採用しました。

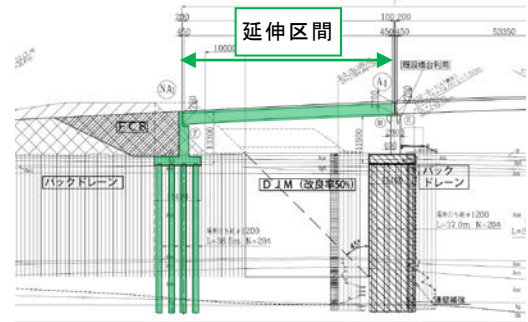


図-3 対策図

A2 橋台では、施工済の CDM 改良体が支持機能を有していること、側方移動の原因が改良率の不足と考えられることから、CDM 改良体間を低変位高圧噴射攪拌工法で再改良し改良率を向上させる方法を採用しました。地盤改良による工法を選定する際は、必要に応じて試験施工を行い、地盤条件への適用性を確認するとともに、再度の変状が生じないよう適切な計画・施工管理方法（改良材の注入量、注入圧、改良体の品質、施工位置、形状）を定める必要があります。

3. おわりに

軟弱地盤で盛土する場合には、盛土高さ、地盤の条件に応じて側方移動のリスクが増すこと、特に改良等対策の信頼性（不確実性）や留意点、限界なども考慮して、事前に十分な調査、対策の選定を行うと共に、より確実な方法でリスクをできるだけ低減できる方法の検討が必要です。なお、側方移動の判定、対策等に関する留意点については、道示や土研資料²⁾が参考になります。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説IV下部構造編、2012
- 2) 土木研究所資料第4174号「橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討（その2）」、2010

国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造部研究部橋梁研究室長（前 道路研究部道路構造管理研究室長） 玉越隆史
 （独）土木研究所構造物メンテナンス研究センター
 橋梁構造研究グループ 上席研究員 七澤利明
 国土交通省東北地方整備局北上川下流河川事務所
 工務第二課長 齊藤正道