

弾性接合方式によるプレキャスト樋門について

中部地方整備局 沼津河川国道事務所 工務第一課

こみやま きみたか
小見山公孝

1. はじめに

狩野川中流域は、かつては海だった所に狩野川により天城山系より運ばれた細かな土砂が堆積した軟弱地盤の地域である。

この中流域に位置する狩野川支川、柿沢川流域では、近年度重なる浸水被害が生じており、平成10年8月30日集中豪雨では、浸水面積13.1ha、家屋被害142戸（床下47戸、床上95戸）もの被害が生じた。

柿沢川改修は、平成7年度より着手してきており、当該箇所約190mの区間は堤防断面及び堤防高が不足していることから完成堤として築堤を行う。また、当該箇所には既設の堂川樋管と原木樋管が近接して設置されており、現在の樋管では計画堤防荷重に対して耐えられないこと、コスト縮減及び堤防の弱点部を減らすために樋管の統合・改築を行う。築堤及び堂川樋管の改築によって流下能力を増し、再度災害を防止するため平成17年度より堂川樋門の改築に着手している。

本工事における、2方向弾性接合方式のプレキャスト大規模樋門（4連ボックスカルバート：内空B×H：5.0m×3.5m×1連+3.5m×3.5m×2連+3.0m×3.5m×1連）長さ29.0mの構造形式、施工方法、発生した課題について紹介する。

2. 堂川樋門の基本構造形式

樋門は、従来からRC構造とすることが原則とされてきた。しかし、軟弱地盤上の樋門等では周辺地盤の沈下及び側方変位の影響で、継ぎ手部の開口及び函軸直角方向のクラック等の変状の発生が少なくなかった。堂川樋門は横方向に20mの大断面樋門であり、樋門本体の縦断方向のみならず横断方向においても基礎地盤の不同沈下の影響を受けると考えられるため、**2方向弾性接合方式のプレキャスト樋門**の形式を採用した。本形式はプレキャスト函体の接合部に弾性接合ゴムを挟み、函軸方向と函軸直角方向の2方向を緊張材（PC綱より線）によって緊張力を導入することによって、接合部の弾性変形機能と止水機能を確保するもので、図-3のように2方向を弾性接合方式とすることで、樋門本体のねじれの影響、樋門本体・周辺地盤の応力集中の度合いなどの問題点を低減することが可能と考えられる。

また、樋門のプレキャスト化による効果として、施工の省力化・省人化、現場工期の短縮、軟弱地盤への適合性、品質向上等多くの特徴を有する。



図-1 位置図



図-2 浸水被害状況

3. 基礎地盤の不同沈下に対する追従性の確認

3. 1 弾性床土上のバネ結合の3次元剛体ブロック解析

函軸方向と函軸直角方向の2方向に弾性接合方式を採用したことにより、基礎地盤の不同沈下に樋門が3次元的な挙動に追従する効果が予想されるため、その効果の確認を行った。

堂川樋門は、樋門本体の横方向の幅が約20mもある大断面の樋門であるため、樋門本体を梁のような線部材ではなく、3次元的な広がりを考慮する必要がある。樋門としては、プレキャスト函体と接合部からなる接続構造系であり、接合部の挙動が全体系の動きを支配する特徴がある。ここでは3次元的な挙動に主眼をおいた接続構造系の解析法として「弾性床土上のバネ結合の3次元剛体ブロック」の解析法を採用した。

剛体ブロック解析は、要素内の変形を無視し、各要素境界上の表面力に関する釣り合いを考慮することができる。地盤反力は、面全体に分布する力であるが、それを面の重心位置における合力に置き換え、3方向の地盤ばねにより評価した。

本解析に考慮する荷重は、地盤沈下によるものとし、地盤の残留沈下量は49.0cm、側方変位量は川表側2.0cm、川裏側0.8cmと推定される。

3. 2 解析結果

解析結果は、地盤沈下分布と函体変位コンター図

(図-4)より、明らかに樋門が地盤沈下に3次元的な挙動により追従していることがわかる。接合部の圧縮状態については、表-1に示す通り、縦断方向接合部の目違いの最大は32mmであり、許容値の50mm(ゴムのせん断変形率100%)より小さい。また、横方向接合部の目違いは0である。これらの解析結果を受けて、

堂川樋門は函軸方向と函軸直角方向の2方向に弾性接合方式を採用したことにより、基礎地盤の不同沈下に樋門が3次元的な挙動により追従する効果が確認された。

4. 函軸緊張時における函体の応力集中照査

4. 1 3次元FEM解析による照査

接合部ゴムを所要量圧縮するための緊張工では、函体に局所的な応力集中が発生するおそれがあると考えられ、応力集中の部位と程度の確認・緊張材の配置を調整することを目的に、3次元FEM解析を実施し、プレキャスト函体の安全性を照査した。

函軸緊張は、接合部ゴムの均等圧縮の観点から全ジャッキで緊張することが望ましいが、

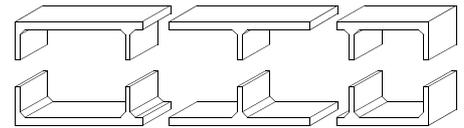


図-3 函体横方向の構造

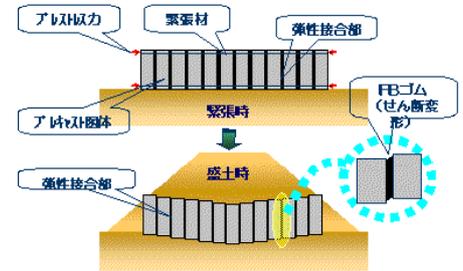


図-4 弾性接合方式の特徴

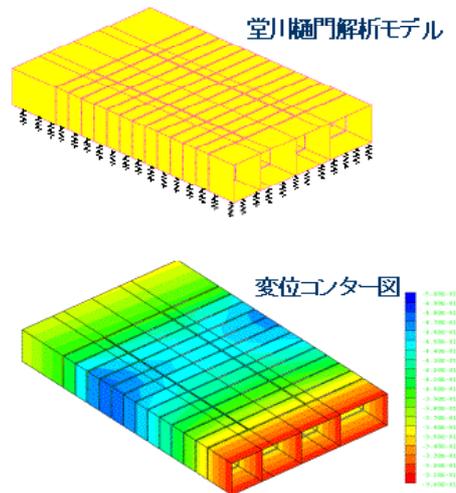


図-5 解析モデル

接合部	目違い		目開き	接合部の初期圧縮量
	水平方向	上下方向		
縦方向接合部	0.6	3.2	0.3	2.6
横方向接合部	0.0	0.0	0.9	1.0

表-1 解析結果

実際の施工では、40台ものジャッキを調達するのは困難であり、グループ緊張を行うことになる。つまり、緊張ステップに分けた場合での変位や応力集中について安全性を照査する必要がある。

函軸方向の設計緊張力は、各緊張ステップ毎に緊張材定着単部に集中荷重として $P = 350 \text{ KN/本}$ を作用させる。3段階に分けて緊張ステップを設定し、各緊張ステップ毎に緊張力を累加していく。

4. 2 解析結果

各緊張ステップの各函体ブロック間の相対変位量（変位差）の最大値は、最終緊張段階で、 0.79 mm 程度と極めて小さい値であり、ほぼ一様に変位すると見なされ、緊張ステップの妥当性が確認された。また、主応力コンター図（図-7）において、特に大きな応力集中を生じる部位は認められないため、補強対策等は必要ないと判断した。

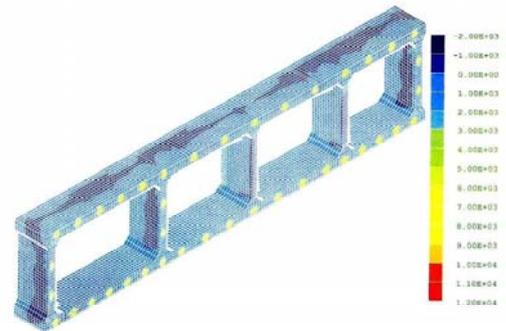


図-6 主応力図（定着端部）

5. 緊張工

5. 1 施工概要

弾性接合方式のプレキャスト樋門の施工においては、接合部の弾性及び水密性を確保する必要から、函軸緊張により全箇所を均等に圧縮する必要があり、このための高い精度の施工が求められる。

樋門本体は、門柱、プレキャスト函体、川裏胸壁で構成されるが、函軸緊張は門柱、プレキャスト函体を一括して行った。函軸緊張の不動点は、先行構築される門柱とした。

また、プレキャスト函体の横方向及び縦方向には緊張工を行うことから、プレキャスト函体底面には底版摩擦低減処理を施しスムーズな緊張が可能となった。底版摩擦低減処理工は「2重綱板+グリース方式」とした。

堂川樋門の緊張工法は、再緊張が可能な「くさび方式」によるPC定着工法を採用し、緊張方式は「片引きによる全スパン一括緊張方式」を採用した。堂川樋門は、2方向（横方向及び、縦（函軸）方向）の弾性接合部より構成される柔構造樋門であるため、函軸緊張時に横方向の接合部に応力集中、せん断ずれが生じないように頂底板、側壁・中壁に配置されるゴムをバランス良く、均等に圧縮することが重要である。

5. 2 緊張管理

緊張時の接合ゴムの圧縮量管理は、許容値 $\pm 4 \text{ mm}$ 以内と高い精度が要求されることから、この精度に対応できる計測手法を用いた。

全接合ゴムの圧縮状態をリアルタイムに確認しながら圧縮状態が設定された管理値内に収まるかどうかを管理した（図-7）。また、緊張力と接合ゴムの圧縮量の関係も、予想されるゴムの変形特性データを基に管理幅を設定し、管



図-7 モニタリング画面

理幅に収まることを確認した。

6. 底版摩擦低減処理工における課題

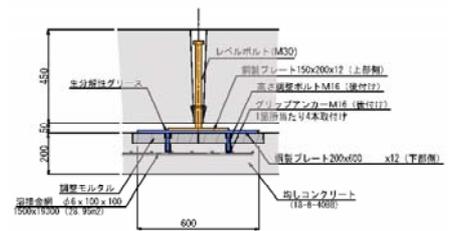
6. 1 レベルボルトの脱落

スムーズな緊張を実施するため、函体据え付け前に函体底面には底版摩擦低減処理工（2重鋼製プレート＋生分解性グリース方式）を実施した。函体直下に2枚の鉄板を重ね合わせ、鉄板の間にグリースを塗布し、緊張時の函体底面の摩擦を低減する工法である（図－8）。

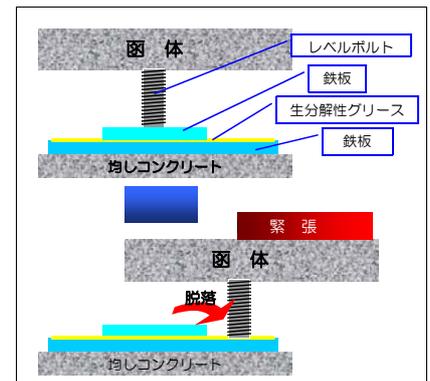
緊張作業時の途中で底版摩擦低減処理工の一部であるレベルボルトが脱落する不具合が生じた（図－9）。レベルボルト脱落箇所の確認を実施した結果、最終的には全18箇所中64箇所の脱落が確認された。

レベルボルトが上部鉄板から脱落した原因として次の3項目が推定される。

- ①「レベルボルト＋鉄板」の摩擦係数と「鉄板＋グリース」の摩擦係数が近い値である。
- ②「鉄板＋グリース」に作用する静止摩擦力を断ち切る大きさの緊張力を加えていない。
- ③レベルボルトが緊張時の函体移動により緩みが生じた。



図－8 底版摩擦低減処理工



図－9 レベルボルト脱落イメージ

6. 2 現場での対応と今後の課題

緊張作業時にレベルボルトが脱落したことにより、接合ゴムの圧縮量や緊張力への影響、底版摩擦の増大は無かったため、緊張作業は継続して行った。各緊張ステップにおいてレベルボルトの緩みや脱落状況を把握するため、直接目視またはマイクロスコープによる確認、函体の基準高さの確認を行い、レベルボルトの緩みが確認された箇所については増し締めを行った。また、万一の函体沈下対策として、レベルボルトが同時に多数脱落して函体高さが沈下しないように、函体底面に函体沈下防止キャンバーを設けた。

今後同様な樋門を施工する際の底版摩擦低減処理工を行う場合、レベルボルト脱落対策として「レベルボルト＋鉄板」間に脱落防止の工夫（溝を設ける、鉄板表面を粗面化するなど）が必要であると考えられる。

7. まとめ

2方向弾性接合方式のプレキャスト樋門という新たな形式の大規模樋門を安全に施工し、完成することができた。また、施工途中で生じた課題については工事監理連絡会を開催し、適切に対処することができた。

今後は、函体施工完了後に函体上部の盛土を行ったため、盛土増加加重による圧密沈下の発生が予測される。圧密沈下が収束するまでの沈下分布等、函体の動態観測を実施する必要があると考えられる。