

国道18号妙高大橋のニューマチックケーソン基礎の施工について

国土交通省 北陸地方整備局 高田河川国道事務所 工務第二課
 ○中 友太郎 鈴木 拓也 健名 政博

1. はじめに

国道18号妙高大橋は新潟県妙高市に位置し、一級河川太田切川に架かる橋長300mの4径間連続PC箱桁橋である(写真-1)。本橋は1972年にプレキャストセグメントカンチレバー工法によって架設され、約47年間に亘り主要幹線道路として供用されてきた。しかし、コンクリートのひび割れや鉄筋の露出・発錆、箱桁下面のPC鋼材の一部が破断するなど劣化損傷が進行したことに伴い、現橋の上流に新橋を架替えるものである。今回は、このうち現在施工中のP1橋脚基礎工事について報告する。



写真-1 妙高大橋（現橋）

2. 新橋の概要

新橋の計画では①2径間連続非合成トラス橋、②3径間連続ポストテンション方式PCラーメン橋、③4径間連続非合成箱桁橋の3案にて比較検討の結果、①2径間トラス橋構造が工費・工期等比較し、決定した。図-1に新たに架け替える妙高大橋の全体一般図を示す。A1及びA2橋台は共に場所打ち杭基礎と逆T式橋台、橋梁中央に位置するP1橋脚はニューマチックケーソン基礎と柱式橋脚とした。橋梁の最大支間長は105.8mであり、橋梁諸元は表-1のとおりである。

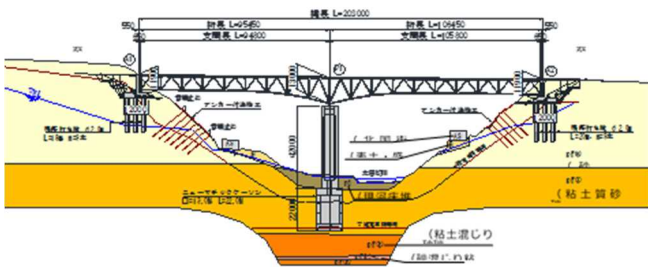


図-1 新橋の全体図

表-1 新橋の橋梁諸元

路線名	国道18号	
橋長	203m	
支間長	94.8m+105.8m	
橋梁形式	2径間連続非合成鋼トラス橋	
適用基準	道路橋示方書・同解説(平成24年3月)	
下部工形式	A1橋台	逆T式橋台
	橋脚	柱式橋脚
基礎形式	A2橋台	逆T式橋台
	橋台	場所打ち杭
	橋脚	ニューマチックケーソン

3. 下部工の設計上の特徴

1) 地盤条件

施工箇所は、太田切川に近接し、その左岸側は平均45°、右岸側は平均25°の傾斜を有する急崖に挟まれた谷底付近に位置している。このうち、橋梁基礎位置の地盤は、「玉石混り砂礫(N値=30~50)」と「玉石混り粘土質砂礫(N値>50)」の互層であり、各深度においてφ0.8~2.7mクラスの硬質な玉石が多く出現する。また、地下水位は両側の斜面に沿って上昇しており、谷底となる基礎位置での調査ボーリングから、支持層付近の地下水圧は地上に噴出する程度の被圧が認められていた(図-2, 3)。

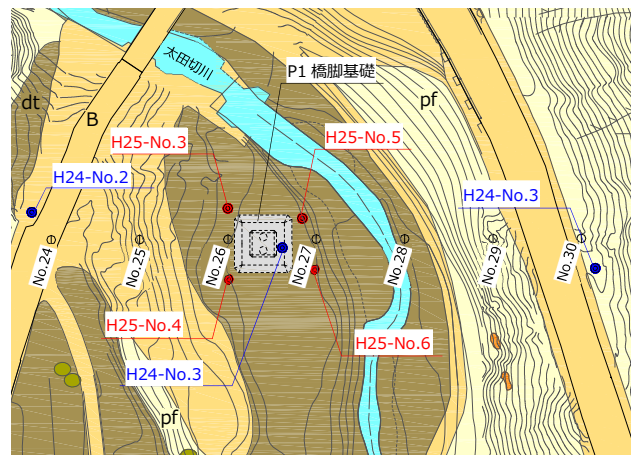


図-2 土質調査位置平面図

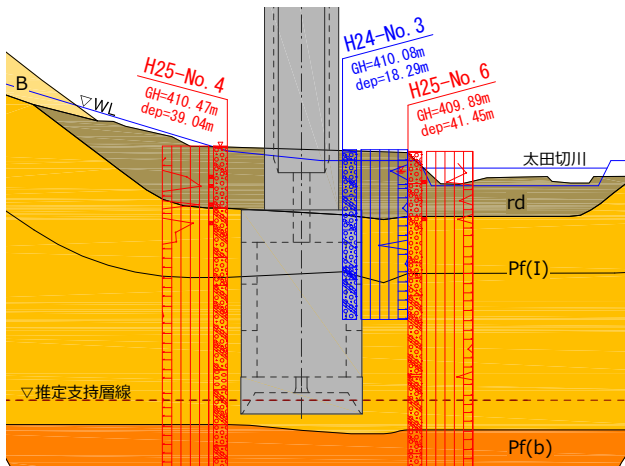


図-3 土質縦断面図

2) 基礎形式の選定

P1 橋脚基礎は、一級河川太田切川の流下断面を確保する必要があり、また支持層付近の被圧地下水の影響により掘削時、あるいは基礎構築時に地下水の噴出などが懸念され、それらの制約を満足する形式を選定する必要があった。さらに主要幹線道路(橋の重要度区分 B 種)であるため、レベル 2 地震時には耐震性能 2 が要求された。

このような条件のなかで、基礎形式は道路橋示方書に基づき適合性を評価し、「ニューマチックケーソン工法」を採用した。オープンケーソン工法は玉石が刃口下で引っ掛かり沈下しないリスクがあり、山中で多く実績のある深層基礎は被圧地下水の影響を受けるリスクがあったが、ニューマチックケーソン工法は刃先下を目視で確認しながら施工ができるうえ、被圧地下水に対して圧気で抵抗でき、これらの課題を克服できる。なお、このニューマチックケーソン工法は、現橋でも採用されている。

ニューマチックケーソン基礎の設計は、橋梁基礎として必要な機能を満足するための本設設計に加えて、施工中の躯体に作用する偏土圧の影響や圧気作業室となる天井スラブ(底版部)の仮設設計も併せて実施し、これらの各計算結果をもとに躯体の構造(構造厚・配筋)を決定した。これにより決定した基礎構造を図-4 に示す。

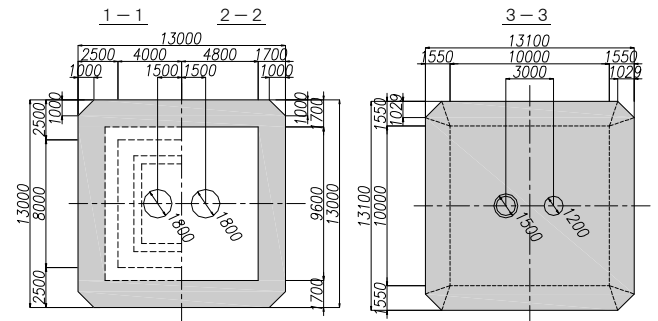
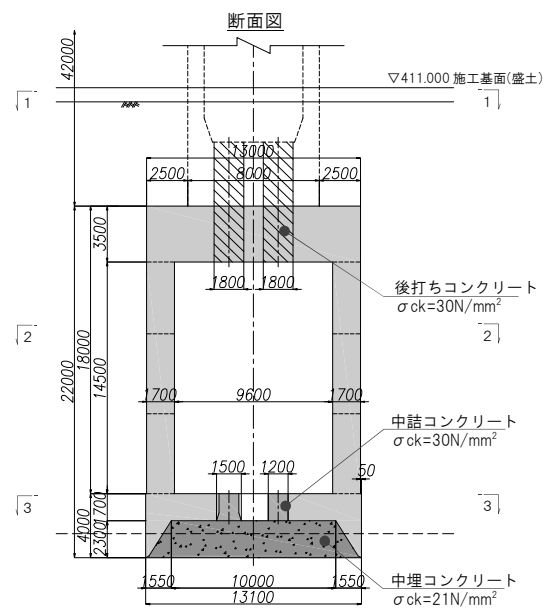


図-4 基礎構造図(平面図・断面図)

4. ケーソン掘削工の施工上の特徴

前述のように掘削地盤には地表面から玉石が多く認められ(写真-2)、ケーソン掘削時において刃先下に玉石が存在した場合、ケーソンに偏心(位置ずれ)が発生するだけでなく、刃先端に局所的な集中荷重が作用して損傷や変形が発生する懸念があった。

本工事では、その対策として以下を実施した。



写真-2 地表面より掘り出された玉石

1) ケーソンの偏心対策

一般的に、沈設初期のニューマチックケーソンは、躯体の重心が地表面より高い位置にあるため、万一傾斜した場合には、躯体側面に傾斜を抑制しようとする受働土圧が期待できないことから、偏心が発生しやすいとされている。そのため、沈設初期段階でのケーソン刃先下の掘削は特に慎重に行う必要があり、この段階での刃先下の玉石はケーソンの姿勢確保に大きな障害となる(図-5)。

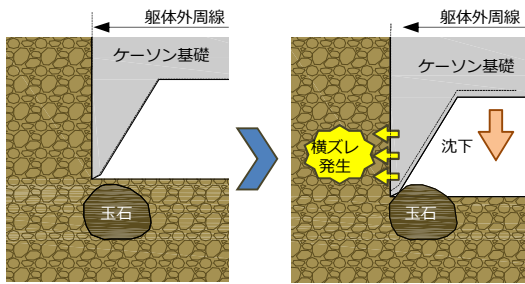


図-5 ケーソン刃先下の転石の偏心要因

本工事では、ケーソン工事に先行して、刃先下に存在する玉石を掘削・撤去し、碎石に置換した。置換する深度はケーソンの重心位置となる底版が地表面以下となる深度(GL-4.0m)までとした(図-6、写真-3)。

碎石に置き換えたことで、その後のケーソン掘削において刃先に玉石が干渉することなく沈下させることができ、姿勢が不安定となりやすい沈設初期のケーソンの偏心や傾斜抑制に効果的であった。

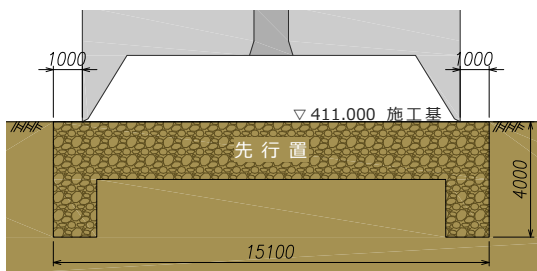


図-6 刃先下の先行置換



写真-3 ケーソン刃先下の先行碎石置換

2) 刃先の損傷・変形対策

ケーソン沈設初期段階で掘削する地表面付近の玉石は碎石置換により除去しても、それ以深の掘削地盤には引続き玉石が多く存在している。ケーソンの刃先下に玉石が干渉した場合、ケーソン重量によって刃先先端には局所的に集中荷重が作用し、刃先が損傷・変形する可能性がある。ニューマチックケーソン工法では、刃先の損傷・変形はその後の沈設に影響をきたすため、防止する必要がある。

そのためには①刃先先端を予め補強して強固な構造とする、②刃先下の玉石を先行して除去して刃先先端と干渉させない等の対策が必要となる。

本工事では、前述の対策を両方実施した。まず、刃先先端は標準的に用いられる補強版と補強リブの設置間隔を通常の 600mm から 300mm の半分としたうえで、先端のフリクションカット幅を増やして刃先先端の座屈を防止した(図-7、表-2)。さらに、ケーソン掘削の過程で刃先下に玉石が確認できた場合、刃先下を火薬にて先行発破することで、刃口との干渉を防止した(写真-4,5 図-8)。

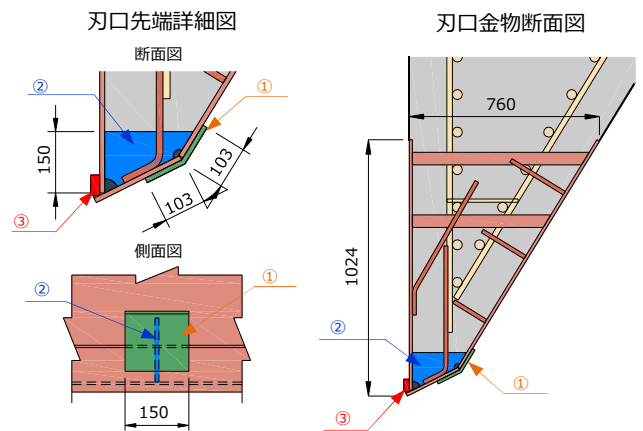


図-7 刃先先端の補強

表-2 刃口金物補強

部材番号	標準設計	当現場で実施した補強
①	PL-12×150, ctc600	PL-12×150, ctc300
②	PL-9×150, ctc600	PL-9×150, ctc300
③	Fb-22×50	Fb-32×100



写真-4 刃先先端の補強

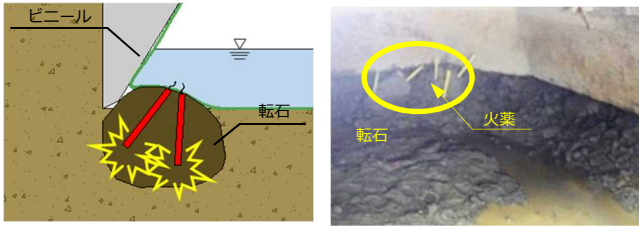


図-8 刃先下の転石の発破 写真-5 火薬装填状況



(a)圧気作業室内 (b)現場の外(夜間・休日も可)

3) 計測管理

ニューマチックケーソン工事では、一般的に沈下掘削中の姿勢や作業室内の気圧のリアルタイム計測を行い、その都度状況を監視しながら掘削管理が行われている。本工事でも、ケーソン躯体に計測機器を設置し(図-9)、これらの計測値を地上に設けた管理室の監視モニターに集約し、リアルタイムに表示させることで、全計測値を一体的に捉えた総合的な沈下管理を実施した(写真-6)。

また、この監視モニター画面は、圧気作業室に設けた Wi-Fi 環境によりショベルオペレータがいつでも確認できるとともに、休日等の場合でもインターネット通信を利用して確認できるよう通信環境とタブレットを整備した(写真-7)。

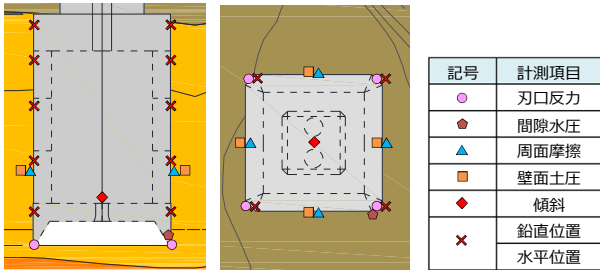
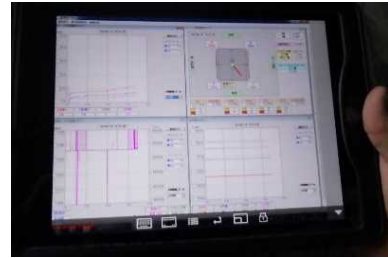


図-9 ケーソン躯体の計測機器の配置



写真-6 計測管理室のモニタ類



(c)タブレット画面

写真-7 タブレット端末による計測管理画面の確認

5. おわりに

本工事は、狭隘な谷底で河川に隣接した位置にて、冬季の降雪量が多く、多数の転石が出現する厳しい自然条件下でのニューマチックケーソン工事であり、今回はその特徴やリスク対策について紹介した。2019年9月現在、ニューマチックケーソン工事は完了し、その上部の橋脚躯体を施工中であり、年内の工事完了を目指している。