スリムケーソン施工における躯体構築の生産向上対策について

清水建設（株）　正会員　○前田　裕一
正会員　田中　亮介
正会員　佐藤　元信
正会員　澤田　泰希

R3 新大宮上尾道路宮前地区橋梁基礎工事は，左右を国道に囲まれた狭隘な施工ヤード内で合計 5 基のスリムケーソン基礎を築造する工事であり，スリムケーソン工法を採用するケーソンとしては国内最大深度となる．このスリムケーソン工法の側壁の構築では，狭隘な施工環境の中で多量の鉄筋や作業足場，ケーソンの送気設備などの仮設備を組み立てなければならず，躯体構築の効率化が課題となっていた．この課題の解消を目的として新形式埋設型枠を開発し，本工事にて適用し効果を確認した．本稿は，当該埋設型枠での生産性向上対策の内容を報告するものである．

１．開発の背景と概要

橋りょう基礎の築造工法として，ニューマチックケーソン工法が多数採用されているが，都市部などの特に狭隘な箇所での施工では，平面積 40m^2 以下のケーソンを対象とした「スリムケーソン工法」が適用されている．このスリムケーソンでは，通常のニューマチックケーソンで複数設置される人員および排土搬出入用のロック類を一体化した「ペアロック」を用いることによって小口径ケーソンの施工を実現した（**図-1**）．しかし，スリムケーソンは鉄筋・型枠組立等の躯体構築作業において課題が残されており，本稿はその課題を解消すべく新たに開発した埋設型枠について報告する．

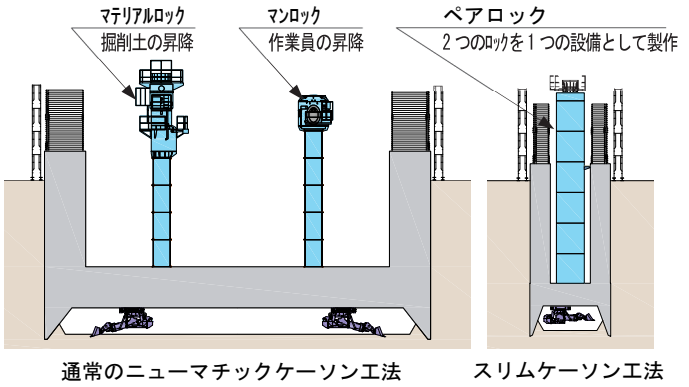


図-1　ケーソン工法の比較

２．スリムケーソンでの躯体構築作業の課題

スリムケーソンのペアロックは外径 2.1m と大きく，かつ構造物自体が小口径であることから，側壁とペアロックの離隔が非常に狭い（本工事では最小 500mm）．そのため内足場が組めず，作業足場を躯体内に設置する必要がある．作業足場は足場板１枚のみと狭く，鉄筋・型枠組立の施工性が低い（**図-2**）．

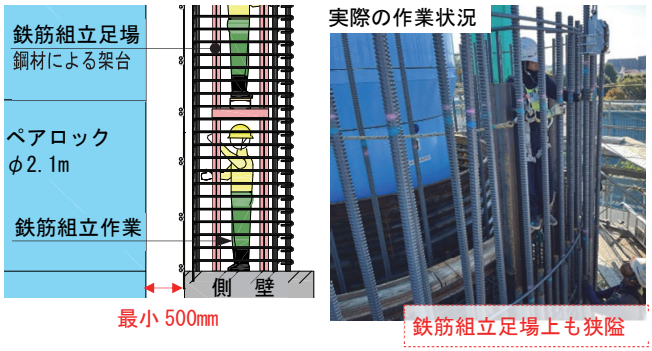


図-2　側壁施工時の状況

３．新形式埋設型枠の開発

これら課題の解消を目的として，新形式の埋設型枠を考案した．内側型枠は，押し出し成形による繊維補強セメント板で構成される埋設型枠を採用する．埋設型枠を複数のピースで分割製作し，現場で地組みして所定の位置へ一括架設することにより，ペアロック側からの内側型枠組立作業を解消する．

キーワード　埋設型枠，プレキャスト，スリムケーソン，生産性向上，新技術
連絡先　〒104-8370 東京都中央区京橋２丁目 16-1 清水建設(株)　土木技術本部　再生可能エネルギー統括部
TEL 03-3561-1111(代表)

この埋設型枠のペアロック側には縦継ぎ材(山形鋼)を配置してリング間を連結し，さらに縦継ぎ材を支持点として躯体側にブラケット足場を設置する(**図-3**)．本埋設型枠を使用することにより鉄筋組立足場を任意の位置に設置することが可能となり，狭隘な躯体内部での足場組立作業を削減するとともに，送気管などのケーソン設備との干渉を回避でき，躯体構築作業の施工性を改善できる．

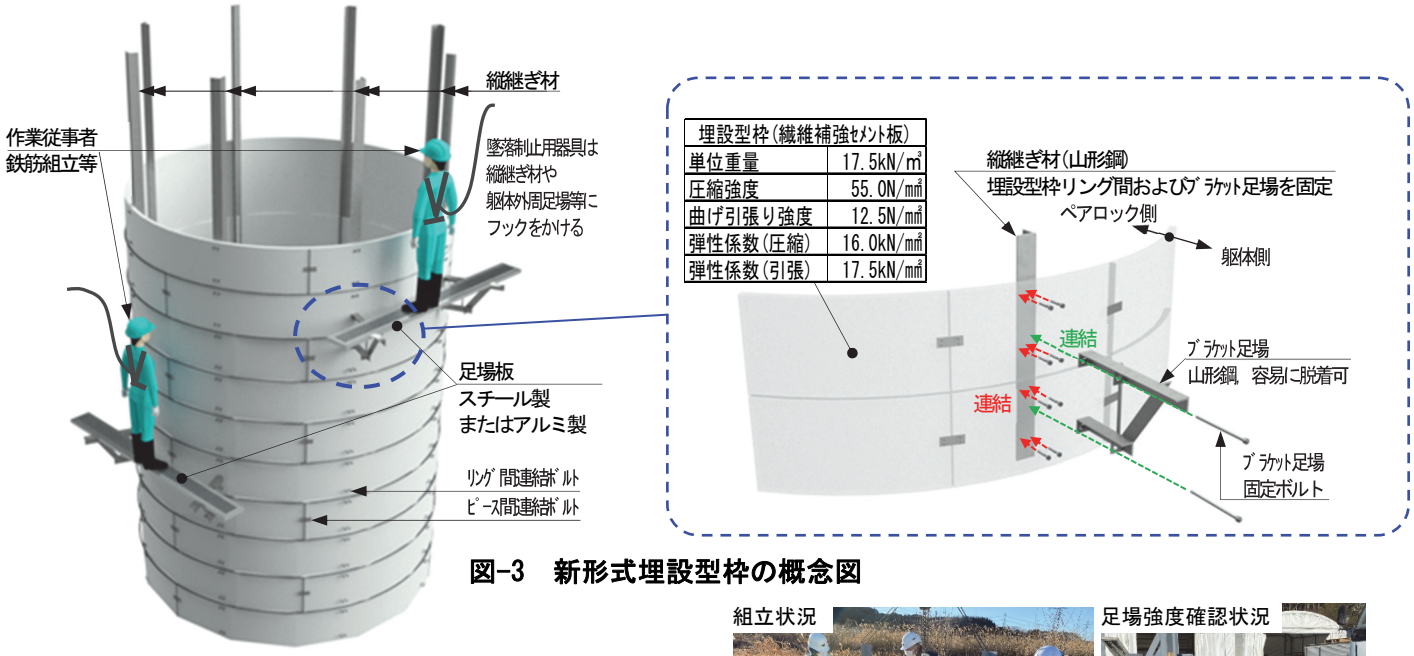


図-3　新形式埋設型枠の概念図

4．実証実験

新形式埋設型枠の現場での適用性を検証するため，試作した型枠を用いて実証実験を実施した(**図-4**)．既往のスリムケーソンの形状を参考に 1/1 モデルの埋設型枠を 3 リング分組立て，施工サイクルを計測し，さらに足場荷重に対する構造強度および組立時の出来形精度の確認を行った．

結果，3 リングを組み立てる際に要した作業時間は約 30 分と，在来工法(合板を用いた型枠組立)と比較してサイクルタイムを短縮でき，さらに足場ブラケット設置した上載荷重載荷時や一体化後の揚重時においても埋設型枠本体に変状は見られなかった．

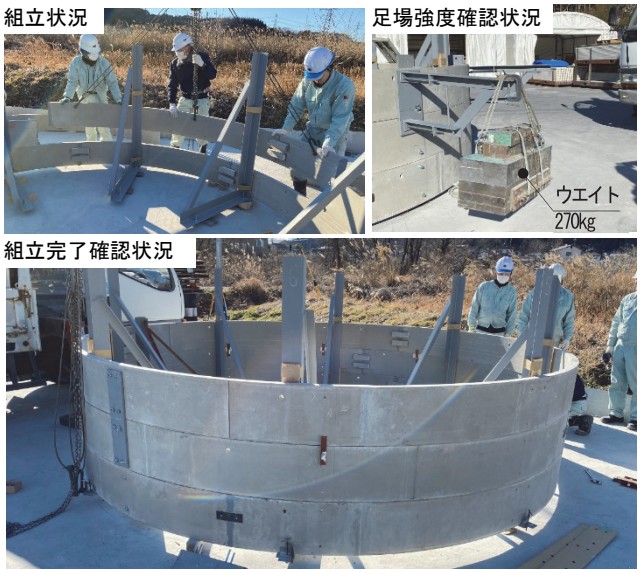


図-4　新形式埋設型枠の実証実験状況

5．適用現場の概要

本工事は左右を国道に囲まれさらに JR 川越線が横断する狭隘な施工ヤード内(**写真-1, 2**)で合計 5 基のスリムケーソン基礎を築造する工事である．このうち P90・P91 の 2 基の内側型枠に埋設型枠を適用した(**図-5**)．

工事名：R3 新大宮上尾道路宮前地区橋梁基礎工事
工事場所：埼玉県さいたま市西区宮前町
工事内容：橋脚基礎 5 基(φ6.0～7.0m，L=48～56.5m)
発注者：国土交通省関東地方整備局
受注者：清水建設株式会社
工期：R3 年 11 月 20 日～R7 年 12 月 26 日

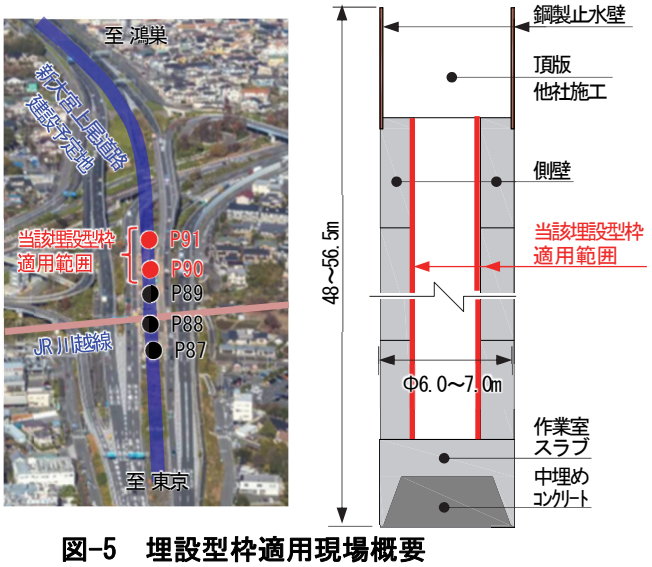


図-5　埋設型枠適用現場概要



写真-1　狭隘な施工ヤード内での施工状況



写真-2　狭隘な施工ヤード内での施工状況

６．実現場での適用について

(1) 地組み

施工ヤード内に地組みヤードおよび地組用の架台を設置し，埋設型枠はこの架台上で予め 3 段分を地組みして一括架設とすることで省力化を図った(**図-6** 上段写真)．また地組段階において型枠の目違いやゆがみを補修することで，躯体設置後の作業を省略した．

(2) 型枠揚重・設置

地組みした埋設型枠はクレーンにより上下 2 ブロックに玉掛けして揚重し，所定の位置へ据え付けるが，このとき埋設型枠本体にゆがみが生じることを防止するため，揚重時は井桁状に組み立てた吊り天秤を採用した．実際の揚重状況を**図-6** 下段写真に示す．

(3) ブラケット足場設置

所定の位置へ埋設型枠を据え付けた後に，ブラケット足場を設置した状況を**図-7** に示す．ブラケット足場は脱着式であり，作業従事者はこの上で作業する．

従来工法では艤装設備と内側型枠との間の狭隘な環境で型枠の組立ておよび脱型を行わなければならず，さらに側壁内部では足場架台の設置作業も必要となり，作業性が低いことが課題であった．

対して本工法では，まず内側型枠工の組立作業を省略できるほか，躯体内部においては脱着可能なブラケット足場を使用することで足場架台設置工も解消でき，狭隘な場所での作業性を改善できる．本埋設型枠の効果を以下に整理する(**表-1**)．本工事においては，特に安全および工程面で当該埋設型枠を採用したことによる効果が確認された．



図-6　埋設型枠の施工状況



図-7　ブラケット足場設置状況

7．本取組の中で得られた改善点

実施工に先立ち，現場では実機による製作試験を実施したが，添接板とピース間接合ボルト孔の不整合やピース間に隙間が生じるトラブルが発生した(**図-8**).

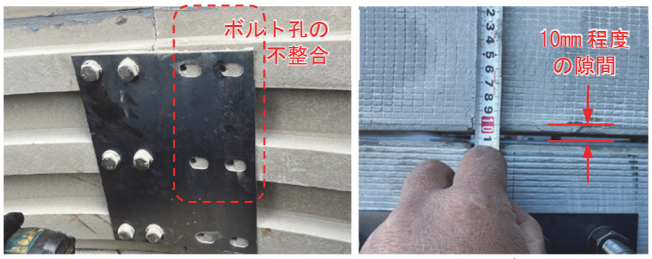
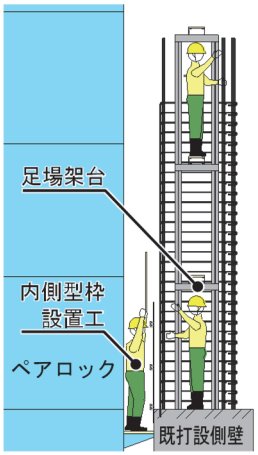
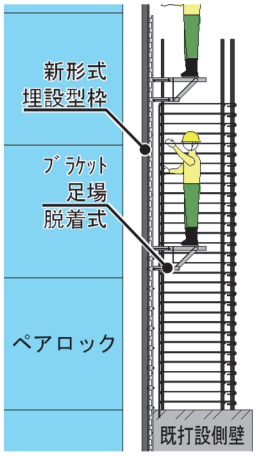


図-8　製作試験で発生したトラブル

当該埋設型枠は繊維補強セメント板をオートクレーブ養生により硬化させ出荷しているが，軽量化のため設計耐力を満足し得る範囲で薄肉に製作している．そのため上記トラブルは，養生中の型枠の伸縮により発生したものと推察される．この事象を踏まえて本施工では，**図-9** 右写真のように養生架台をより堅固に補強し，出来形を確保した．この対策によってトラブルは解消され，本工事への適用によって当該埋設型枠が出来形や品質に悪影響を及ぼすことなく，工程短縮および施工の効率化に寄与することを確認した．

繊維補強セメント板は高耐力を有しさらにじん性に富むが，一方で施工中にひずみが生じやすい．製作や運搬，揚重等の過程で，いかに施工段階でひずみを生じさせない計画とするかが重要となる．

表-1　従来工法との比較

項目	従来工法		新形式埋設型枠適用	
概念図				
Q品質	○	大きな懸念点はない．	◎	躯体内に残置物がないため，コンクリート充填性がより向上する．
Cコスト	○	標準歩掛基準に準拠	△	埋設型枠の製造費が高価であり，コスト面で従来工法に劣る．
D工程	○	標準歩掛基準に準拠	◎	内側型枠・足場架台設置解消により1～2日/ロット工程短縮できる．
S安全	△	狭隘な環境での作業が多い．	◎	狭隘な環境での作業が大幅に削減でき，安全性が向上する．
E環境	○	大きな懸念点はない．	◎	躯体内に残置される鋼材量を大幅に削減できる．

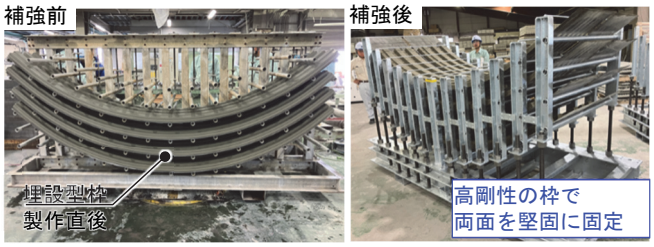


図-9　養生時の変形対策

8．おわりに

本工事への適用によって当該埋設型枠の有用性が確認された．今後は，スリムケーソンのみならず様々な躯体構築に広く採用することを検討していく所存である．本稿が将来のスリムケーソンなどの狭隘な施工ヤードでの施工計画の一助となれば幸いである．