

立坑用ニューマチックケーソン工法の課題抽出とプレキャスト化に関する検討

早稲田大学 学生会員 ○岩城 海英
オリエンタル白石(株) 正会員 阿部 慎太郎
(株)熊谷組 正会員 山口 哲司

早稲田大学 学生会員 宮崎 雄介
オリエンタル白石(株) 正会員 並木 智和
早稲田大学教授 正会員 岩波 基

1. はじめに

近年、ニューマチックケーソン工法を採用する大深度立坑が増加しており、温度応力による貫通ひび割れを避けるために低熱高炉セメント（以後、MKCと称す）を用いることがあるが、早強ポルトランドセメントを用いた場合においても、一般的なニューマチックケーソン工法と同様に材齢3日で脱型を行っている。このような若材齢では、MKCが十分に強度を発現していない可能性がある。そこで、本論文では大深度シールド工事用立坑におけるMKCを用いたニューマチックケーソン工法の品質に関する妥当性を検討し、品質の信頼性に疑問がある場合には、対策案の可能性について試算を行ったものである。

2. 検討方針と対象立坑

ニューマチックケーソン工法による立坑の品質推定は、材齢3日におけるリフトに施工時荷重を載荷させて検討する。また、立坑用ニューマチックケーソンの品質向上には、プレキャスト化が有効と考え、セグメント継手に生じる断面力から実現性を検討した。

なお、外径26m、掘削深さ56.3m、底版厚さ4m、側壁厚さが3mの立坑について試算を行う。なお、リフト分割数は11である。

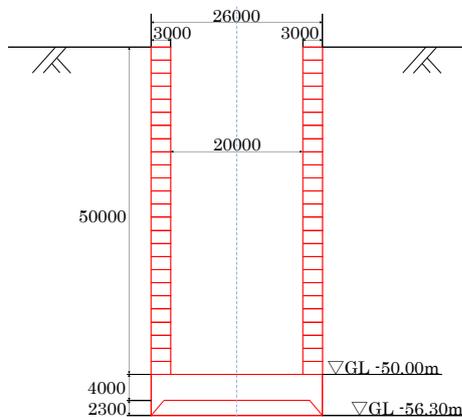


図-1 対象立坑

3. MKC使用立坑の強度発現に関する試算

図-1の立坑についてコンクリートの温度解析を行い、積算温度から各箇所のMKCの強度発現を推定する。

(1) 解析条件¹⁾

外気温は東京観測所における日平均気温データ(1971~2000)を参考にして設定する。

(2) 解析結果

MKCを用いたケーソンの材齢3日における各リフトの積算材齢を算定したところ、表面では温度が低いため積算材齢が小さい値となった。リフトごとの最小積算材齢から推定した圧縮強度を図-2に示す。図-2より、ケーソンの脱型の目安である圧縮強度10N/mm²を下回るリフトがあることが分かる。

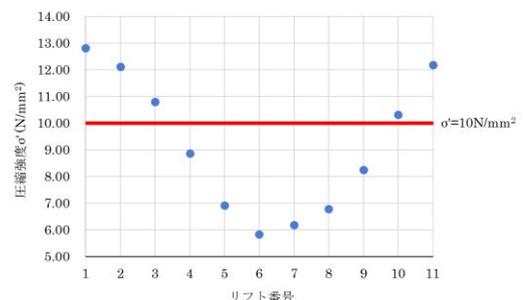


図-2 材齢3日における各リフトの圧縮強度

4. 施工時荷重に関する検討

本検討では、温度解析により得た積算材齢の結果を用いて、材齢3日における強度が最も低かったリフト6と十分に強度を発現している既設リフトをモデル化し、各施工時荷重を載荷した状態において非線形応力解析を行った。施工時荷重としては、コンクリート構築に用いる鉄筋を一時的にケーソン上に置いたときの荷重、および衝突荷重の2種類である。衝突荷重としては、バックホウやダンプカー等の工事用重機が衝突した場合の荷重を用いる。また、材齢3日、4日、6日の3ケースについて衝突荷重を載荷する。

キーワード ニューマチックケーソン工法, MKC, プレキャスト

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 西早稲田キャンパス 51号館 1608室 (E-mail: banana-thinking@fuji.waseda.jp)

(1) 解析条件

鉄筋の荷重は、鉛直主鉄筋 D29 5 本を集中荷重とした。衝突荷重は、平成 24 年度道路橋示方書²⁾より静的な集中荷重として設計構造解析に用いられる 1000kN とした。衝突荷重の載荷位置は若材齢のリフトの高さ 2m の位置に載荷する。

(2) 解析結果

a) 型枠に用いる鉄筋の荷重³⁾

D29 を 5 本載荷したときの最大引張応力は 978kN/mm² であり、引張破壊応力 667kN/mm² を上回った。

b) 衝突荷重

各材齢における結果を図-3 に示す。これらの図からわかるように、材齢 3 日では衝突荷重の載荷位置を含めて幅広くひび割れが発生している。また、材齢が大きくなるほどひび割れが少なくなっていることが分かる。

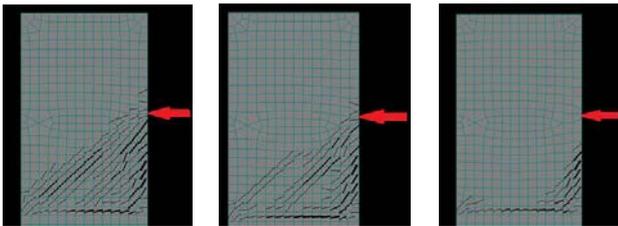


図-3 ひび割れ図（左から材齢 3 日、4 日、6 日）

5. プレキャスト化についての検討

MKC を採用したニューマチックケーソンのコンクリートは、4 章の解析結果から、若材齢時に施工時荷重が作用することで局部的に強度不足が生じて、品質が低下する可能性がある。そのため、MKC を採用したニューマチックケーソンのコンクリートの品質には疑問がある。

そこで、側壁に工場製品であるプレキャスト部材を用いることで本体のコンクリートの品質は確保できると考えた。今回、大深度円形立坑側壁のプレキャスト部材継手部に生じる断面力を算出し、現在採用されている継手の耐荷力と比較することで、実現性の有無について、検討を行う。

(1) 解析条件

リング継手は 1 セグメントに 2 つずつ配置した。セグメント幅は 1.0m、セグメント高さは 3.0m とする。なお、試算では、一番大きな外荷重の作用する最深リングに注目した。荷重は、静止土圧係数 $K_0=0.5$ の

側方土圧と静水圧、全水圧の 10% の偏側圧とした。荷重図を図-4 に示す。また、3 リングのはりばねモデルでノンテンションばねによって支持した。（図-5 参照）

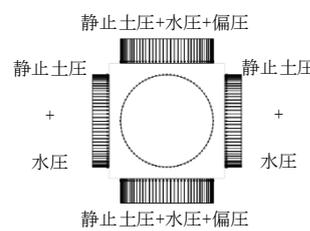


図-4 荷重図

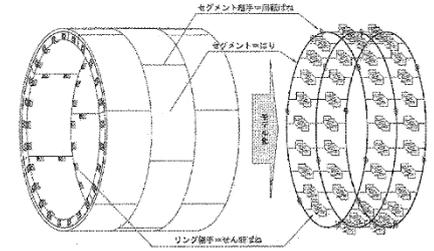


図-5 はりばねモデル

(2) 解析結果

解析結果より、セグメント間継手部に生じる最大曲げモーメント 2.34 (kN・m) で軸力が 6460 (kN) となった。そのため、全断面圧縮状態で、最大圧縮応力度は 2.16(N/mm²) となり、コンクリートの許容圧縮応力度 8.00(N/mm²) を下回った。

6. 考察およびまとめ

以上の解析結果から、ケーソンの脱型に必要なとされている圧縮強度 10N/mm² が、MKC を使用すると材齢 3 日で発現しないことが確認された。また、ニューマチックケーソン工法において、施工時に作用する鉄筋などの資材を側壁に置いた場合の荷重や、工事用重機による衝突荷重によって、コンクリートにひび割れなどの悪影響が生じる可能性が高いことがわかった。よって、その対策案を講じる必要がある。

そこで今回、プレキャスト化の検討を行った。その結果、セグメント継手には大きな断面力が生じないことが分かった。よって、より品質の高い大深度立坑を実現するために、プレキャスト化は有効であると考えられる。今後においても、ニューマチックケーソン工法による立坑のプレキャスト化に関する検討を続けていく方針である。

参考文献

- 1)株式会社デイ・シー セメント事業部：低発熱・収縮抑制型高炉セメント(MKC TYPEⅢ)技術資料，2016。
- 2)日本道路協会：道路橋示方書 I 共通編 IIIコンクリート橋編，2012。
- 3)新日鐵住金：建設用資材ハンドブック，2018年4月改訂