

大深度立坑におけるニューマチックケーソン工法への プレキャストコンクリート適用に関する基礎的研究

早稲田大学 学生会員 原田 俊明 (株)熊谷組 正会員 山口 哲司
東日本旅客鉄道 正会員 松本 拓未 早稲田大学 正会員 岩波 基

1. 目的

筆者らは、ニューマチックケーソン工法で構築する大深度円形立坑の温度応力ひび割れを防いで品質を保つことと工期を大幅に短縮することを両立させる方法として、プレキャスト部材を側壁に採用することが有効であることを確認した。また、プレキャスト部材間の継手が、施工時荷重と常時荷重に対して十分な耐荷性能を有することも確認した。しかし、地震時荷重に対しては未確認である。そこで本報告では、地震荷重に対するプレキャストセグメントおよび継手の耐荷力を確認するため、地震時刻歴解析を継手部がある場合とない場合で解析し、断面耐力の照査を行い、ニューマチックケーソンのプレキャスト部材採用の妥当性を確認する。

2. 解析モデル

検討ケースは、ニューマチックケーソン立坑の実構造から表1した深度が3水準、立坑径が2水準とした。使用材料はコンクリートを $f_{ck}'=24(\text{N}/\text{mm}^2)$ 、鉄筋をSD345とした。十分に解析領域の地盤の中に立坑をソリッドモデルで表現し、下方の設計上基板面から地震波を入力する解析を行った。また、継手をモデル化したものをCase1、継手をモデル化しているものをCase2とする。立坑とその周辺の地盤はジョイントばねでつないだ。なお、地盤のばね定数を表2にします。ばね定数は道路橋・同開設下部構造編のケーソンの基礎の設計より、地盤反力係数から算出した。継手構造をばね要素でモデル化した。セグメント間のばね定数は、トンネルライブラリー第23号セグメントの設計【改定版】より、セグメント手段面の厚さに比例するとして算出した。拘束条件は地盤要素側面と直交方向を拘束した。

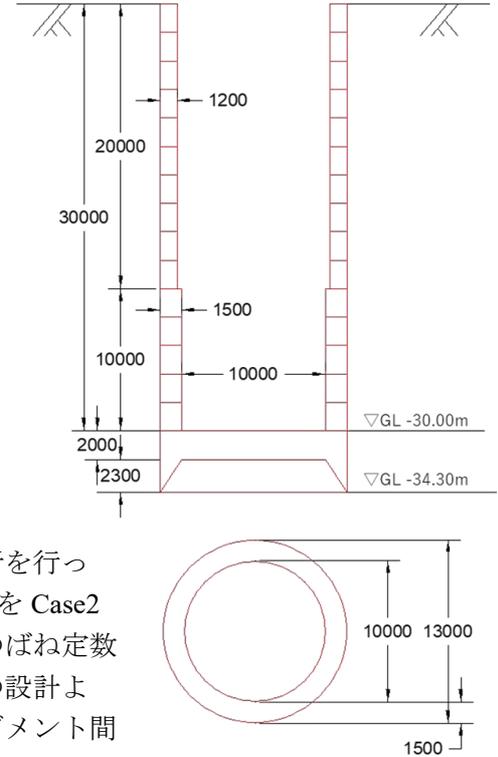


図1 立坑断面図

表-1 各層の地盤ばね定数 (内径 10m, 20m)

N 値	土質	地盤ばね定数 K_h (kN/m)	
		10m	20m
7	砂質土	570109	338989
4	粘性土	325777	193708
5	砂質土	407221	242135
5	粘性土	407221	242135
40	砂礫	3257768	1937081
36	粘性土	2931991	1743372
73	砂質土	5945427	3535172

表-2 セグメント継手のばね定数

内径 (m)	深さ (m)	セグメント主断面厚さ(m)	継手ばね定数 (kN/m)
10	30	1.5	315666.7
	50	1.5	315666.7
	70	1.5	315666.7
20	30	2.5	526111.1
	50	3.0	631333.3
	70	3.0	631333.3

3. 解析結果

プレキャストセグメントの継手をモデル化していないもの、継手をモデル化したものにおける最大曲げモーメントと終局までモーメントの値を表3と表4に示す。これらの値は地震荷重によって生じた断面力と常時荷重によるものを足し合わせた値である。

キーワード 立坑, ニューマチックケーソン, プレキャスト, 耐震性能

連絡先 〒164-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学社会環境工学科 TEL 03-5286-3402

図3に示した方向の立坑に生じた曲げモーメントは、セグメント本体の終局曲げモーメントにも継手部の終局曲げモーメントにも達することはないことがわかった。なお、Case1の立坑深さ30mのケースでは最大曲げモーメント発生位置が図3に示した深度である。全てのケースにおける最大曲げモーメントの発生位置を表5に示す。全てのケースで開口上部近郊に最大曲げモーメントが発生した。

表3 最大曲げモーメントと終局曲げモーメントの比較 (Case1)

内径 (m)	立坑深さ (m)	最大曲げモーメント M_{max} (kN・m)	終局曲げモーメント M_u (kN・m)
10	30	341.2	1583.6
	50	835.9	1583.6
	70	90.5	1583.6
20	30	361.7	2810.0
	50	497.4	3423.3
	70	43.8	3423.3

表4 最大曲げモーメントと終局曲げモーメントの比較 (Case2)

内径 (m)	立坑深さ (m)	最大曲げモーメント M_{max} (kN・m)	終局曲げモーメント M_u (kN・m)
10	30	334.8	1583.6
	50	850.1	1583.6
	70	90.8	1583.6
20	30	172.4	2810.0
	50	422.6	3423.3
	70	44.5	3423.3

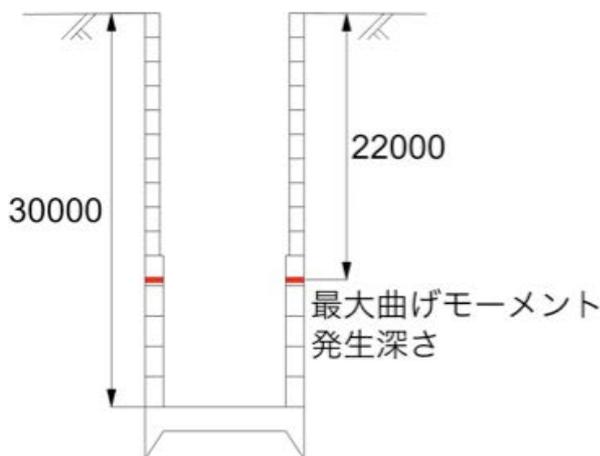


表5 各モデルの最大曲げモーメント発生位置

内径(m)	立坑深さ(m)	地下深さ (m)
10	30	22
	50	34
	70	48
20	30	22
	50	37
	70	50

図3 Case1 立坑深さ30mにおける最大曲げモーメント発生位置

参考文献

- 1) 鉄道総合研究所：鉄道構造物設計標準・同解説 シールドトンネル，2002
- 2) 土木学会：トンネルライブラリー第23号 セグメントの設計【改訂版】，2020
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編のケーソンの基礎の設計，2017
- 4) 土木学会：トンネルライブラリー第27号 シールド工事用立坑の設計，2015