

大型ニューマチックケーソンにおける吊桁仮壁の低減方法の検討（その2）

オリエンタル白石（株） 正会員 ○並木 智和

早稲田大学 学生会員 鈴木颯人, 正会員 岩波 基, 正会員 阿部 慎太郎

アイテックコンサルタント（株） 正会員 矢野 勉, 小森谷 ふみ

1. はじめに

平面積が 500 m²を超える大型のニューマチックケーソンは、初期沈下時の躯体剛性を確保するために格子状の隔壁を有した吊桁構造とする必要がある。吊桁構造の一部には完成後に不要となる仮壁を配置するため、仮壁の設置撤去費の削減が課題となっている。既往の研究で筆者らは、従来の吊桁の構造解析手法である面外フレーム解析を 3 次元 FEM 解析で再現し、3 次元 FEM 解析によれば仮壁の低減による吊桁の合理化が期待できることを示した¹⁾。次に筆者らは、仮壁の配置が異なる 3 ケースのモデルの解析結果を比較し、仮壁の配置位置による効果について検討した²⁾。さらに、設計実務において複数ケースを比較することを想定して、解析が比較的容易で結果の整理も簡単な板要素による 3 次元 FEM 解析の有用性を示した²⁾。

本研究では、最適な仮壁配置の合理的な決定手順を提案することを目的とした。まず初めに吊桁に仮壁が全く配置されていない無補強モデルを解析する³⁾。次に仮壁による補強が必要となる吊桁を決定し、仮壁を配置した補強モデルを解析してケーソンの初期沈下時の耐荷性を確認する。本稿は、参考文献 3) に続き、大型ニューマチックケーソンにおける吊桁仮壁の低減方法を検討した結果について報告するものである。

2. 仮壁配置の設定

仮壁配置の設定は、図-1 に示す無補強モデル（平面寸法 70m×50m の 1/4 モデル）の解析において、吊桁を構成する作業室天井スラブ（厚さ 3m）と梁（幅 2m×高さ 2m）の発生断面力に着目した。作業室天井スラブ・梁の発生断面力がそれらの抵抗断面力を上回る場合に、作業室天井スラブと梁の空間に厚さ 1m の仮壁を配置する。作業室天井スラブ・梁の発生断面力は解析結果で得られた発生応力から算出し、抵抗断面力は作業室天井スラブ・梁の RC 断面計算で算出する。抵抗断面力のうち抵抗モーメントの算出にあたっては、無補強モデルの FEM 解析結果で得られた軸力を考慮する。抵抗せん断力は、コンクリートのみの許容せん断応力度に部材断面積を乗じた。

無補強モデルの解析は、刃口底面に作用する支持反力を短辺：長辺の支持反力比が 1：3、1：1、3：1 とした 3 ケースを実施した。本研究における仮壁

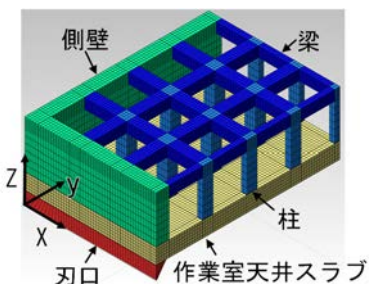
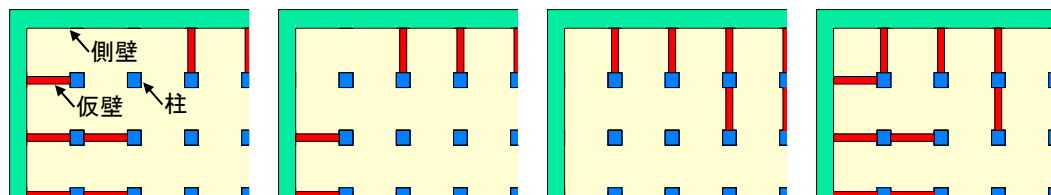


図-1 無補強モデル

を配置した補強モデルは、図-2 に示すように上記の 3 ケースのそれぞれで必要と評価した仮壁配置を合成したモデルとした。



(a) 短辺：長辺=1:3

(b) 短辺：長辺=1:1

(c) 短辺：長辺=1:3

(d) 3 ケースの合成

図-2 仮壁を配置した補強モデル

3. 補強モデルの解析

(1) 解析結果：補強モデルを解析した結果、全ての吊桁部材は、発生せん断力が抵抗せん断力を下回った。しかし発生モーメントは、一部の部材で抵抗モーメントを上回った。ケーソンの変形は、図-3 及び表-1 に示すようにケーソン中央がすり鉢状に垂れ下がる。補強モデルの変形量は、変形量が最大となるケーソン中央部と最小の刃口部との差が 18 mm であった。これは無補強モデルの 28 mm に比べ 36% の低減である。補強モデル

キーワード 大型ニューマチックケーソン, 3 次元 FEM 解析, 吊桁構造, 仮壁

連絡先 〒135-0061 東京都江東区豊洲 5-6-52 オリエンタル白石(株) TEL 03-6220-0652

の発生せん断力は、図-4 及び表-2 に示すように仮壁の配置によって耐荷性の改善がみられる。

(2) 補強鋼材の検討：抵抗モーメントを上回った部材は、図-5 に示すように引張域となる作業室天井スラブの鉄筋量を増やして抵抗モーメントを増加させることで耐荷性を確保することとした。

(3) 仮壁の低減効果：今回の補強モデルは、全体モデルに換算すると仮壁が 36 枚となる。補強モデルは、表-3 に示すように全補強モデル 82 枚の 44%であり、コスト削減に対し高い効果が期待できる。

4. 今後の課題

(1) 梁理論の適用性：本研究で使用した吊桁は、桁高(d)が 12~14.5mでスパン長(L)が 6.5~7.4m であり、せん断スパン比 $L/2d$ が 0.224~0.308 と小さい。吊桁は梁理論に準じて抵抗断面力を算出しているが、せん断スパン比 $L/2d$ が小さい場合の抵抗せん断力については適切な評価が必要である。

(2) 異形ケーソンでの適用性：本研究では、矩形のケーソンについて検討したが、異形ケーソンの特異点で発生する応力に対する仮壁配置の検討が必要である。

(3) 新しい仮壁構造：本研究では従来通り仮壁を RC 構造物として検討した。RC 構造の仮壁の撤去はワイヤーソーイング工法を用いる場合が多く、高額な撤去費用の大部分を占めている。新しい仮壁構造は、軽量で、簡易に設置撤去でき、躯体剛性の増加に確実に寄与する必要がある。具体には、汎用性の高い山留鋼材等を利用した構造を想定している。

5. おわりに

本研究では吊桁仮壁の低減方法として、無補強モデルの 3 次元 FEM 解析結果から補強モデルを決定する方法を提案した。本解析方法を用いることにより、大型ニューマチックケーソンの吊桁仮壁の低減によるコスト削減が期待できる。今回は梁柱構造のケーソンの初期沈下時の吊桁構造について検討したが、今後は沈下用荷重を除荷する沈下完了時の浮力に対する検証を行う予定である。さらには、隔壁とスラブで構成される梁がないケーソンの合理的な吊桁構造についても検討していきたい。

参考文献

1) 並木智和, 阿部慎太郎, 矢野勉, 小森谷ふみ, 岩波基：大型ニューマチックケーソンの吊桁の合理化に関する検討, 土木学会第 76 回年次学術講演会, 2021.9

2) 並木智和, 阿部慎太郎, 矢野勉, 小森谷ふみ, 岩波基, 伊藤浩平：大型ニューマチックケーソンの吊桁構造の合理化に関する検討, 令和 3 年度トンネル工学研究発表会

3) 鈴木颯人, 岩波基, 阿部慎太郎, 並木智和, 矢野勉, 小森谷ふみ：大型ニューマチックケーソンにおける吊桁仮壁の低減方法の検討 (その 1), 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023.9 掲載予定

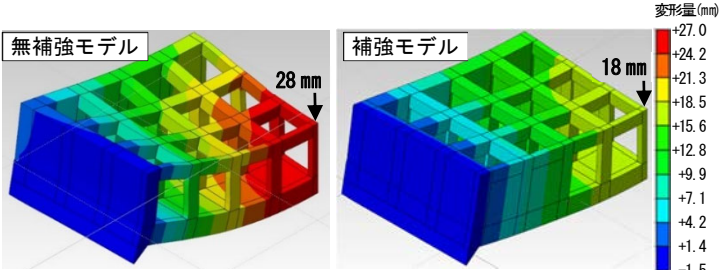


図-3 無補強モデルと補強モデルの変形図(短辺：長辺=3:1)

表-1 最大変形量の比較

	無補強モデル	補強モデル
最大変形量(mm)	28	18
比率	1.0	0.64

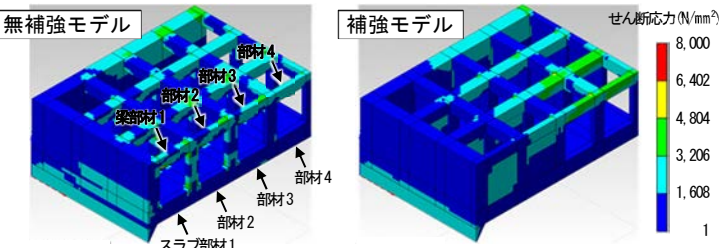


図-4 無補強モデルと補強モデルの応力図(短辺：長辺=3:1)

表-2 最大せん断力の比較

単位(kN)	無補強モデル		補強モデル	
	スラブ	梁	スラブ	梁
部材 1	4,532	4,518	2,285	2,017
部材 2	4,304	2,699	1,347	1,647
部材 3	2,624	1,801	2,334	1,591
部材 4	1,304	767	931	518
抵抗せん断力	3,800	2,550	3,800	2,500

※1 着色した部材は抵抗せん断力を超過している
※2 部材1及び部材2に仮壁を設置している

表-3 仮壁低減効果

	全補強モデル	補強モデル
仮壁(枚)	82	36
比率	1.0	0.44

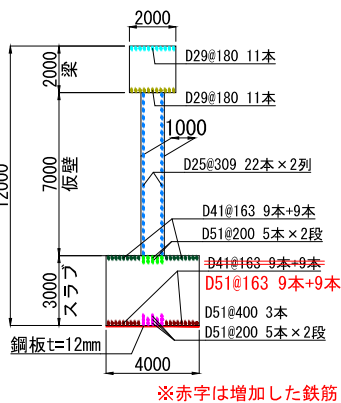


図-5 吊桁鉄筋量の増加