

円形ニューマチックケーソンに対する粒子法を用いた周辺影響解析について

○清水建設 土木技術本部 正会員 前田 裕一
清水建設 技術研究所 正会員 桐山 貴俊

1. はじめに

ニューマチックケーソンの沈設施工において、周辺構造物への影響は常に課題となる。沈設施工に伴う地盤変位が、近接建物、隣接道路、埋設構造物に影響を与える際、これら既存構造物の健全性を確保することが施工管理として求められる。これまで周辺構造物への影響を評価するために、多くの工事でFEM解析が実施されてきた。FEM解析では、施工段階毎に完成型のモデル形状に荷重・境界・初期条件を付与し、力の釣り合いを解くことで着目点における変形を求めてきた。この方法は、検討者が希望する位置に構造物を配置する手法 (*wish in place method*) であり、施工過程そのものを解析的に再現するものではない。これに対し著者らは、ニューマチックケーソン施工過程に伴う地盤変形を解析的に再現するために、数値計算法として変形性能に優れ、動的な解析手法である粒子・要素混合法を開発し、その適用性を検討してきた^{1)~4)}。本稿では著者らが取り組む手法を拡張し、円形ケーソンの周辺影響解析に粒子・要素混合法を適用した。これにより、3次元形状である円形ケーソンを軸対称問題と捉え、2次元平面モデルとして取り扱うことが可能となる。以下では、円形ニューマチックケーソンの沈設施工に対し粒子法を適用した際の周辺影響解析について報告する。

2. ニューマチックケーソンの形状により異なる周辺地盤への影響

表-1に既往の報文より調査した円形ニューマチックケーソンの近接施工例を示す。円形ニューマチックケーソンは、矩形ニューマチックケーソンに比べ、アーチアクションを受け周辺地盤への影響が小さいと考えられる。しかしながら、表-1に示す通り、円形ケーソンは矩形ケーソンと同程度の周辺地盤変位を生じさせる。特に数事例ではあるが、影響遮断矢板の沈下を伴う周辺地盤の引込み沈下が見受けられる。

表-1 円形ニューマチックケーソンによる近接施工事例

ケーソン工事名	形状	寸法(m)	ケーソン深度 GL-(m)	近接構造物	近接距離(m)	対策工	近接構造物・周辺地盤変位の計測結果
OIS3工区(その2、その3)高架橋基礎構造新設工事	円形	$\phi=6.35$	30.0	ビル 地下駐車場	2.5	鋼矢板	[最大地盤変位] 鉛直変位24mm(GL-6.5m、離隔2.5m) 水平変位20mm(GL-15m、離隔2.5m)
大竹沢跨線橋下部工事	円形	$\phi=9.0$		鉄道営業線 (北陸本線) 既設高架橋 NTTケーブル	1.5	薬液注入工法	[最大変位] 水準変位6mm(近接営業線) 鉛直変位8mm(近接営業線)
九州新幹線鳥栖三島BL他工区	円形	$\phi=5.0$	38.0	鉄道営業線 (JR鹿児島本線)	4.1	ベントナイト滑材 フリクションカットなし	
横浜環状北線交差部新設工事	円形	$\phi=7.0$	22.5	鉄道営業線 (JR横浜線、 京浜急行本線)	3.0	先行削孔置換工 沈下促進材	
白子川地下調整池工事(その5)	円形	$\phi=25.1$	47.3	住宅、マンション	2.0	緑切防護工(鋼矢板) 湛水掘削	
302号緑地共同溝工事	円形	$\phi=18.0$	44.6	既設橋脚	0.6	摩擦低減塗装 緑切防護工	[地盤変位] 鉛直変位約50mm(矢板内面、離隔0.629m)
相模川河口部渡河橋下部(その6)工事	円形	$\phi=6.5$	53.4	既設橋梁基礎	5.2	フリクションカットあり (30mm)	[最大変位] 水平・鉛直変位 ± 2.5 mm以下(既設橋脚)

図-1に示す通り、ケーソン形状によって周辺地盤への影響が異なる。矩形の場合、地盤・構造の相互作用は、長辺中央断面(2次元)の取り扱いで3次元形状を代表できる。円形の場合、ケーソンから遠方ほど地盤が寄与する割合が増加し、2次元断面での取り扱いが困難である。この問題に対し著者らは、円形ケーソンの3次元形状を平面形状として取り扱えるよう軸対称定式化(ケーソン中心から離れるほど粒子質量および剛性を増加)を実装し、既存の解析システムを円形ケーソンの沈設解析を再現できるよう拡張した。粒子法における軸対称定式化、軸対称問題における粒子・要素混合法については、別報にて詳細を報告する^{5),6)}。

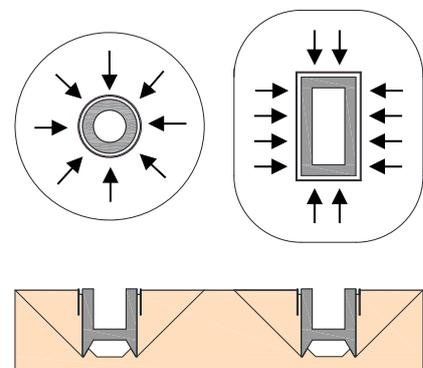


図-1 形状毎のケーソン影響範囲

キーワード ニューマチックケーソン、周辺影響解析、粒子法、MPM

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設株式会社 土木技術本部

T E L 03-3561-3898

3. 影響予測結果・まとめ

図-2によれば、矩形ケーソン（2次元）では、ケーソン沈設に伴い地盤が側方へ押し出され、地表が盛り上がる結果を示す⁴⁾。一方、円形ケーソン（軸対称）では、ケーソン沈設に伴い側方地盤が矢板と共に引き込まれ、この時、隣接地盤に地表の隆起は生じない。図-3によれば、矩形ケーソンでは、矢板を介して側方地盤が受働破壊を示すが、円形ケーソンは矢板沿いにせん断変形が集中する。矩形ケーソンに対し円形ケーソンでは、解析的には対称軸より遠方の地盤ほど大きな質量、剛性を有する。そのため、ケーソン自重による側方変位は、軸対称モデルでより小さい結果を示した。実施工においても、矩形ケーソンでは隣接地で地表の隆起が、円形ケーソンでは周辺地盤の引き込まれ沈下が、それぞれ観測されている。観測結果は、著者らが実施するニューマチックケーソン沈設解析と整合しており、手法の有効性を示している。

参考文献 1) 小林聖二ら、ニューマチックケーソン施工時の影響解析に対する粒子法の適用性、第72回土木学会年次学術講演会、VI-250、2017。 2) 桐山貴俊ら、粒子・要素混合法を用いたニューマチックケーソンの沈設解析、第14回地盤工学会関東支部発表会、2017。 3) 小林聖二ら、粒子配置の粗密を考慮したMPMのニューマチックケーソンの沈設解析、第45回土木学会関東支部技術研究発表会、VI-8、2018。 4) 小林聖二ら、縁切鋼矢板を考慮した動的なニューマチックケーソン沈設解析、第73回土木学会年次学術講演会、VI-357、2018。 5) 桐山・福武、計算格子に基づく数値計算法の軸対称定式化、第75回土木学会年次学術講演会、2020。 6) 桐山・福武、軸対称問題における粒子・要素混合法とその適用、第75回土木学会年次学術講演会、2020。

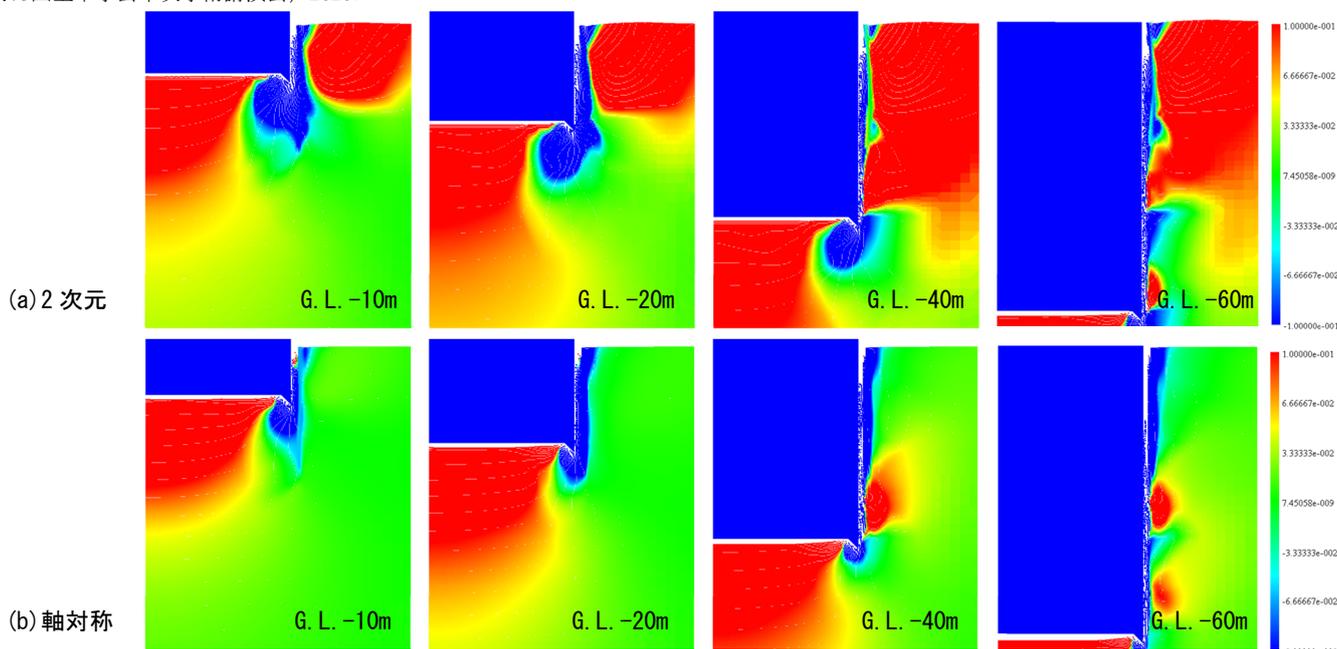


図-2 2次元および軸対称解析から求まる鉛直変位分布

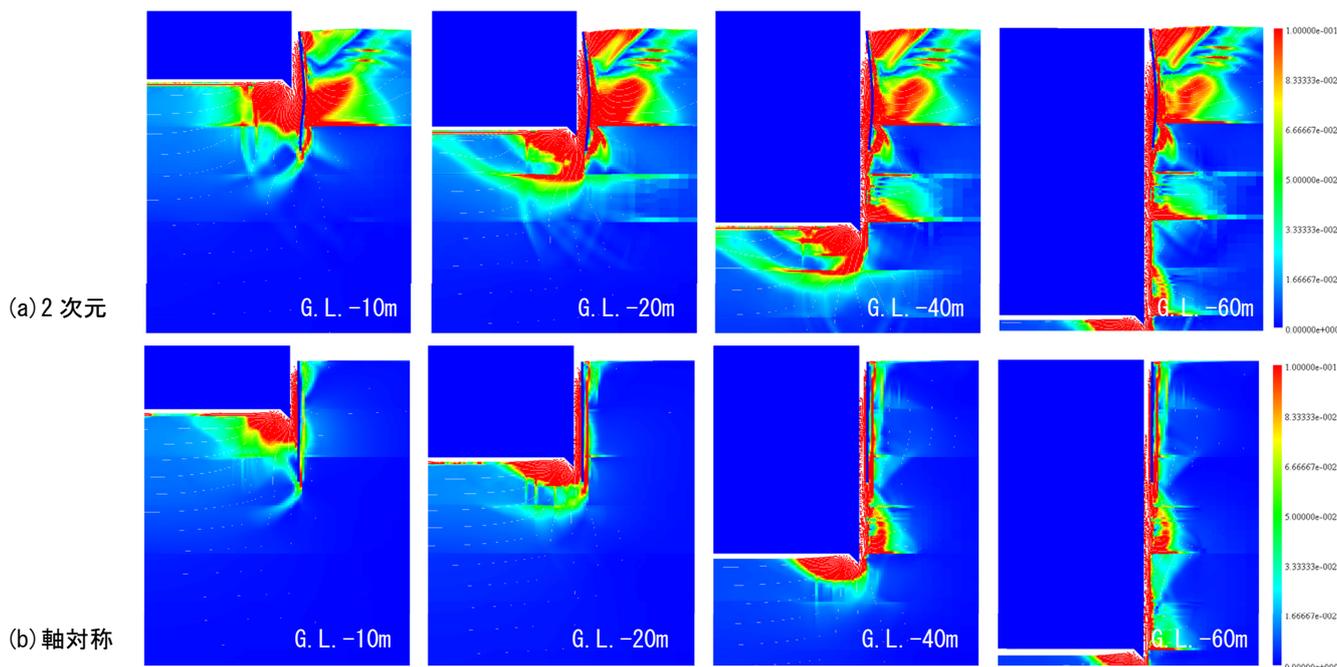


図-3 2次元および軸対称解析から求まる最大せん断ひずみ分布