

鋼管矢板の中詰めの影響を考慮した井筒の立体骨組解析

清水建設株式会社 正会員 ○古宇田剛史
 清水建設株式会社 正会員 新美 勝之
 清水建設株式会社 正会員 内海 崇晴

1. はじめに

近年、鋼管矢板井筒を立坑として利用し、地中の一部の鋼管矢板を切り開いてトンネルと接合する構造が用いられることがある。鋼管矢板を砂置換工法などで建て込む場合、切り開く鋼管矢板に充填された砕を除去しなければならず、鋼管矢板井筒を構成する鋼管矢板に、砕が充填されているものとされていないものが混在することになる。

道路橋示方書¹⁾では、従来にない新しい構造形状をした鋼管矢板井筒の挙動を評価するための解析手法として、立体骨組解析を用いるのが望ましいとしている。立体骨組解析では、図-1 に示すように井筒を構成する各鋼管矢板を一本のはり要素でモデル化し、それらを井筒接線方向および法線方向のばね要素で接合する。この継手ばねのばね定数は一様に定められている²⁾が、中詰めの有無や種類などの条件を考慮して適切に評価する必要があると考えられる。

本検討では、鋼管矢板井筒の施工時の挙動を立体骨組解析を用いて評価する際に、中詰めの影響を等価な継手ばねにより考慮することを提案する。

2. 中詰めの影響を考慮した立体骨組解析における継手ばねの設定

2.1 井筒接線方向の継手ばね定数の設定

鋼管矢板がコンクリートで充填されている場合、鋼管矢板を剛体とみなすことができるが、鋼管矢板が中空もしくは砂で充填されている場合、完全な剛体とはならず、図-2 のように継手から軸力を受け、鋼管矢板の水平断面での変形が生じる。このような鋼管矢板で構成される井筒の挙動を立体骨組解析で評価する場合、中詰めの有無や種類などの条件を考慮して継手ばねを適切に評価する必要がある。本検討では、鋼管矢板の中詰めや径の影響を、継手ばねの井筒接線方向のばね定数として考慮することを考える。本検討で用いる井筒接線方向の継手ばね定数は、図-3 に示すモデルを用いた2次元 FEM 解析により得られた軸力 P および鋼管矢板の水平断面での変形量 δ より以下の式から算出する。

$$k_t = \frac{P}{\delta}$$

鋼管矢板が中空の場合はソリッド要素を除いたモデルを使用する。

2.2 中詰めの影響の考慮方法

施工過程で中詰めに除去する場合

(1) 通常

図-4 立体骨組解析に用いる継手ばね

キーワード 鋼管矢板井筒、施工時解析、立体骨組解析、継手ばね、中詰め

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1 清水建設株式会社 TEL: 03-3561-3895 E-mail: t.kouta@shimz.co.jp

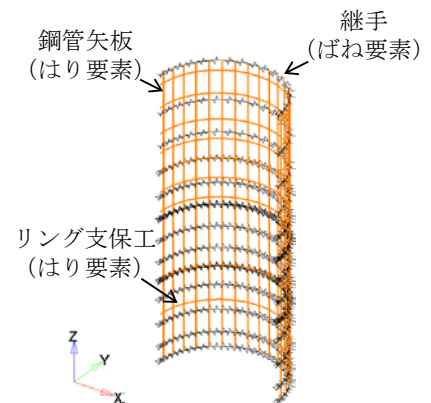


図-1 井筒の立体骨組構造

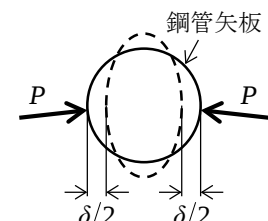


図-2 継手軸力および鋼管矢板の変形

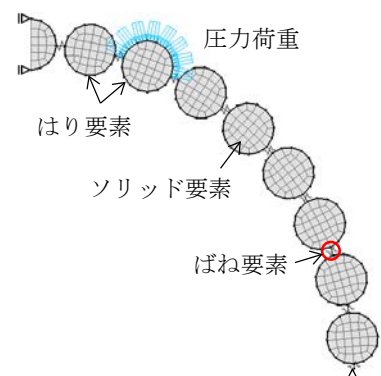
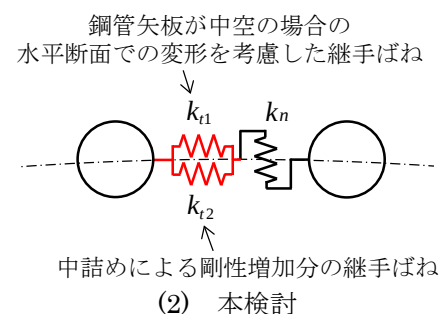


図-3 継手ばね定数算出用モデル



には、剛性が低下し鋼管矢板の断面が変形しやすくなる。このような現象を解析モデルでは、鋼管矢板が中空の場合の水平断面での変形を考慮した継手ばねと中詰めとの充填による剛性の増加分を考慮した継手ばねを並列に接続し、中詰めを除去する際に、後者の継手ばねを除去することで中詰めの影響を考慮する(図-4)。なお、中詰めによる剛性増加分の継手ばね定数は、図-3に示した2次元FEM解析において、中詰め(ソリッド要素)を充填した時の継手ばね定数と中空の時の継手ばね定数の差から評価する。

3. 立体骨組解析による施工時挙動の検討

前章で提案した継手ばね定数を立体骨組解析に適用し、井筒の施工時挙動を検討した。

3.1 検討対象と立体骨組解析の概要

本検討では、表-1に示す鋼管矢板井筒を対象とし、対称性を考慮して、井筒の2分の1をモデル化する(図-1)。解析モデルでは、他に底版コンクリートや周辺地盤もモデル化しているが、リング支保工の諸元も含めてここでは割愛する。鋼管矢板およびリング支保工ははり要素、継手は井筒接線方向および法線方向のばね要素でモデル化する。継手ばねのばね定数は、鋼管矢板の板厚が深度方向に異なるため、板厚に応じて前章で示した方法により算出した値を用いる。中詰めを除去する鋼管矢板について、その鋼管矢板に接続する継手ばねのうち、中詰めによる剛性増加分の継手ばねを除去することで、その影響を検討する。解析モデルには、外側から水圧を作用させる。

3.2 検討結果

解析結果から、中詰め除去前後の鋼管矢板井筒の変形増分を図-5に、水平断面での相対変形を図-6に示す。中詰めを除去することで剛性が低下し、外水圧による井筒接線方向の圧縮力に対する抵抗力が低下するため、中詰めを除去した部分では鋼管矢板の間隔が狭まり、中詰めを除去していない部分ではその間隔が広がる。その結果、鋼管矢板が中詰めを除去した方向へ変形する。中詰めを除去した部分と除去していない部分の境界に位置する鋼管矢板で変形が最も大きくなる。また、鋼管矢板は上部ほど板厚が薄く、中詰めの除去による剛性低下の影響が大きいため、砂を除去することによる変形量が大きくなる。

4. おわりに

鋼管矢板の中詰めの影響を並列に接続した井筒接線方向の継手ばねにより考慮することを提案し、提案した継手ばねを用いた立体骨組解析により井筒の施工時の挙動を検討した。その結果、一部の鋼管矢板の中詰めに除去したことによる影響を評価することができ、通常の立体骨組解析より詳細な挙動を把握することができることが分かった。今後、実測値との比較などにより本手法による評価の妥当性を検討する予定である。

参考文献 1) 道路橋示方書・同解説(IV下部構造編), 日本道路協会, 平成24年3月26日 2) 鋼管矢板基礎設計施工便覧, 日本道路協会, 平成9年12月10日 3) 山本強, 大植英亮, 宗澤勝郎, 篠田誠: 鋼管矢板井筒の現場試験結果と設計について, 土木学会論文報告集, 第334号, pp.123-134, 1983年6月

表-1 対象とする鋼管矢板井筒の諸元

項目			値
井筒	半径 [m]	R	9.461
鋼管矢板	本数 [本]	N	34
	外径 [mm]	d	1,500
	板厚 [mm]	t	17~32
	弾性係数 [kN/mm^2]	E	200
	ポアソン比	ν	0.3

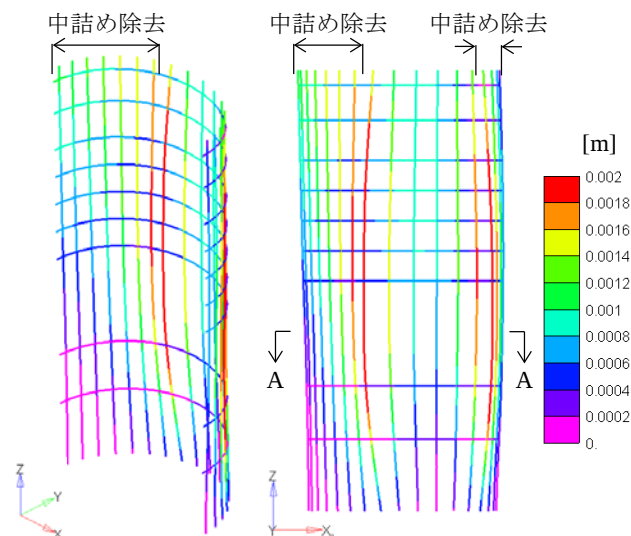


図-5 中詰め除去前後の変形増分(変形:1,000倍)

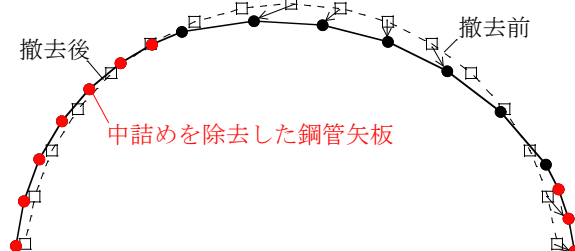


図-6 水平断面での相対変形
(A-A断面, 変形:1,000倍)