

鋼管矢板の断面変形を考慮した継手ばね定数の評価

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．こうした構造物は，施工時に，部分的な切り開きなどにより複雑な挙動をすることが予想されるため，安全な施工のためには，事前にその挙動を正確に把握する必要がある．道路橋示方書¹⁾では，このような複雑な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．

鋼管矢板井筒の水平断面での変形は，鋼管矢板が中空の場合，継手の変形よりも鋼管矢板の変形の方が支配的であることが明らかとなっている²⁾．そのため，中空の鋼管矢板を用いた鋼管矢板井筒の挙動を正確に把握するためには，鋼管矢板の水平断面での変形も考慮する必要がある．

本論文では，中空の鋼管矢板を用いた鋼管矢板井筒の挙動を立体骨組解析を用いて評価する際に，鋼管矢板の水平断面での変形を考慮した等価な継手ばねを用いることを提案し，2次元FEM解析により，その妥当性を検討する．

2. 理論式に基づく継手ばね定数の算出

立体骨組解析では，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（図-1）．継手ばねのばね定数には通常，表-1に示す値を用いる³⁾．ただし，中空の鋼管矢板を用いた鋼管矢板井筒の場合，鋼管矢板の水平断面での変形を別途考慮する必要がある．本検討では，鋼管矢板の水平断面での変形を，継手ばねの接線方向のばね定数として考慮することを考え，理論式により，その値を算出する．

鋼管矢板が中空であり，図-2のような荷重状態であるとすると，アーチ作用による力 P と作用方向の変形量 $\Delta\delta$ との関係は，式(1)により与えられる²⁾³⁾．

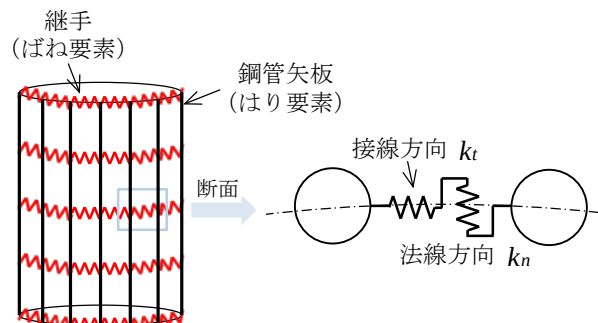


図-1 井筒の立体骨組構造と継手ばね

表-1 継手ばね定数³⁾

項目	接線方向 k_t	法線方向 k_n
継手ばね定数(kN/m/m)	5,000,000	50,000

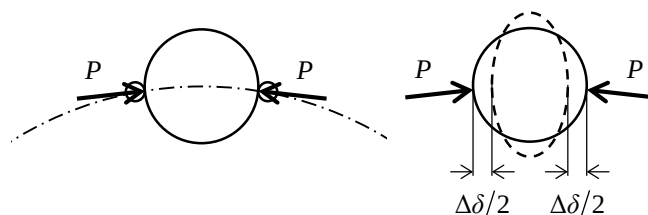


図-2 アーチ作用による力および変形

表-2 井筒および鋼管矢板の諸元

項目			値
井筒	半径(m)	R	9.461
鋼管矢板	本数(本)	n	34
	外径(mm)	d	1500
	板厚(mm)	t	32
	弾性係数(kN/mm ²)	E	200

$$\Delta\delta = \frac{3(\pi^2 - 8)}{8\pi} \frac{1}{E} \left(\frac{d}{t} - 1 \right)^3 \cdot P \quad (1)$$

ここで， E は鋼管矢板の弾性係数， d は鋼管矢板の外径， t は鋼管矢板の板厚を示す．式(1)より，鋼管矢板断面の変形を考慮した継手ばねの接線方向のばね定数は，式(2)のように評価できる．

$$k_t = \frac{P}{\Delta\delta} = \frac{8\pi}{3(\pi^2 - 8)} \left(\frac{t}{d - t} \right)^3 E \quad (2)$$

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

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

表-3 検討ケース

項目			Case1	Case2
鋼管矢板	弾性係数(kN/mm ²)	E	200	200×10^6
	ポアソン比	ν	0.3	
継手ばね定数(kN/m/m)		接線方向	k_t	5,000,000
		法線方向	k_n	9,283
			50,000	

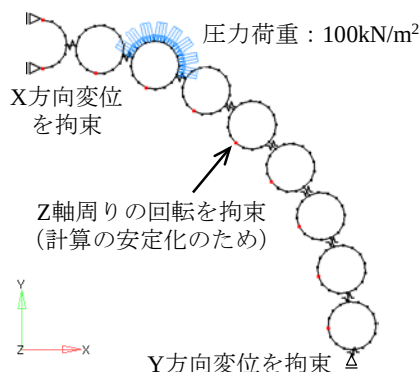
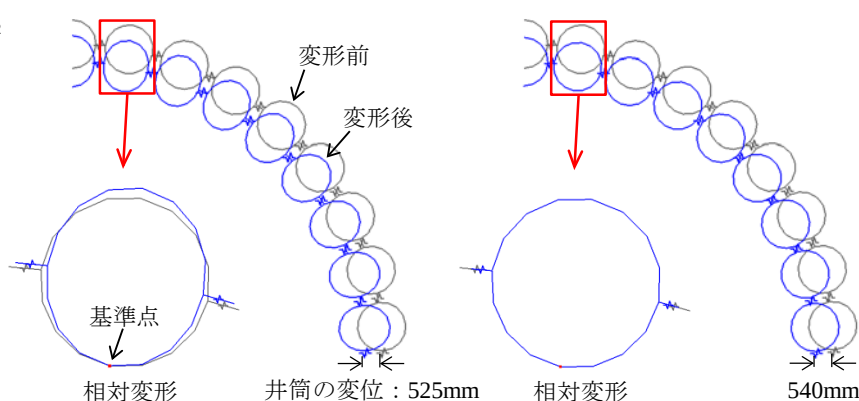


図-3 解析モデル



(1) Case1

(2) Case2

図-4 変形状（変形倍率：1倍）

3. 2次元FEM解析による検討

(1) 検討概要

前章で示した継手ばね定数の妥当性を検討するため、表-2のような鋼管矢板井筒の、水深10m位置での断面を対象とし、対称性を考慮して、4分の1(90°)モデルを用いた2次元FEM解析を行う。解析モデルを図-3に示す。各鋼管矢板は円周方向のはり要素、継手は井筒接線方向および法線方向のばね要素としてモデル化し、線形弾性体として扱う。井筒には、外側にのみ100kN/m²の圧力荷重を作用させる（図-3には荷重の一部のみ記載）。検討は、表-3に示す2つのケースについて行う。Case1では、実構造物と同等の物性値を使用し、Case2では、鋼管矢板の剛性を大きくすることで水平断面での変形を抑制し、継手ばねの接線方向のばね定数には式(2)により算出した値を用いる。

(2) 検討結果

解析結果から、モデル全体の変形状および鋼管矢板一本の相対変形を図-4に示す。鋼管矢板一本の相対変形は、図中の赤い点を基準とした。Case1では、アーチ作用による継手軸力により鋼管矢板の断面が楕円形に大きく変形し、井筒全体も法線方向内側に525mm変形する。鋼管矢板の井筒接線方向の変形量 $\Delta\delta$ は97mmとなる。支保工などは考慮していないため、非常に大きな変形となっている。鋼管矢板の断面変形を、継手ばね定数として考慮したCase3では、井筒全体が法線方

向内側に540mm変形する。Case1と完全には一致していないが、Case1で用いたばね定数が要素実験から算出された値であることや、Case3の結果がより安全側であることなどを考慮すると、鋼管矢板の断面変形を考慮した継手ばね定数として妥当であると考えられる。

4. おわりに

鋼管矢板の断面変形を、継手ばねの井筒接線方向のばね定数として考慮した2次元FEM解析を行った。その結果、鋼管矢板の断面変形をそのまま変形として考慮した解析とおおむね一致し、妥当性が確認できた。

今後、より詳細な検討により、立体骨組解析への適用性を検討する予定である。また、砂置換工法などで鋼管矢板を立て込むときは、同様の2次元FEM解析で中詰めの影響を考慮した等価なばね定数を算出することで、立体骨組解析に適用することも可能であると考えられる。

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) 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
- 3) 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