

推進工法立坑部の立上り配管に対する地盤沈下解析と埋設管沈下管理手法

～ ケーススタディーからの考察 ～

名古屋大学 正会員 ○北野 哲司
 (株)日本アムスコ 田中 亮
 (株)日本アムスコ 保井 基良

1. はじめに

導管敷設において、道路・軌道等を横断する場合や共同溝等と交差する場合、推進工法が採用されることが多い。推進工法を採用すると、推進立坑内に曲管と直管で構成する立上り配管(図1参照)を設置し一般埋設部と接続していく。地震時、地盤の液状化に伴い地盤が沈下すると、推進管は推進立坑の擁壁(鋼矢板等)で固定され地盤沈下の影響は小さい。一方、立上り配管は、地盤の沈下に追随し一緒に沈下するため、配管部材の剛性の違いや固定部の有無により変形等が生じる。そこで、立上り配管の立管長(L_V)を変数に数値解析を試みた。ここでは、立管長によって立上り配管の変形挙動が異なる点、対策案及び沈下管理方法を紹介する。

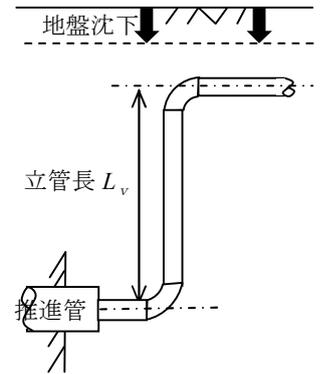


図1 立上り配管

2. 沈下解析対象及び解析諸条件

(1) 解析対象配管・地盤モデル

立上り配管の条件は、以下の通りとした。

- 1)口径・外径・管厚：表1参照。
- 2)材料規格・特性：JISG3452「配管用炭素鋼鋼管」図2参照。
 接合方法は溶接接合で、曲管はロングエルボを使用した。
- 3)地盤ばね特性：図3に管軸方向の地盤ばね特性を示す。なお、管軸直角方向地盤ばね特性の記載は割愛する。

表1 立上り配管の諸元

口径	外径 D (cm)	管厚 t_s (cm)
100A	11.43	0.45

(2) 解析諸条件

- 1)最大沈下量：配管全線で 50 cm
- 2)地盤ばね設置：全節点に管軸方向・管軸直角 2 方向の地盤ばねを付与
- 3)立管長：2m・4m・6m・7m・7mFix(下部の直管及び曲管では地盤沈下発生せず)の 5 ケース
- 4)使用コード：Abaqus(Ver.6.12)
- 5)要素タイプ：4 節点完全積分・有限膜ひずみシェル要素
- 6)メッシュ分割・管厚方向の積分層数：図4及び表2参照・7 個

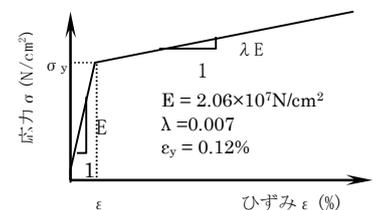


図2 材料特性(等方硬化則)

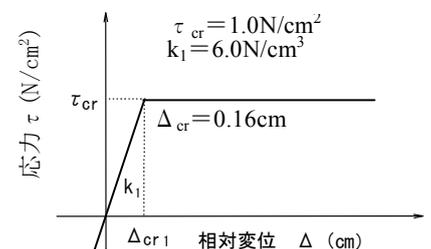


図3 管軸方向地盤ばね特性

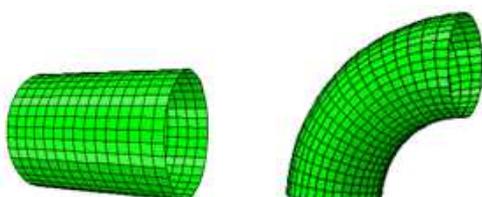


図4 シェル要素メッシュ分割状況

表2 解析モデルのシェル要素分割

直管部	管軸方向	約 1 cm で分割
	円周方向	36 分割/周(10°ピッチ)
曲管区	管軸方向	曲率 5°ピッチ(18 分割/90°)
	円周方向	36 分割/周(10°ピッチ)

3. 解析結果及び考察

(1) 沈下解析結果

- 1) 変形・ひずみ発生箇所は、図 5 に示す(a)固定部,(b)曲管部,(c)地盤沈下吸収端部位置である。図 6 から立管が 6m 以上では、推進管固定部配管で変形・ひずみが増加し、管体屈服も発生した。
- 2) 立管長 4m では、当初推進固定部でひずみが増大するが、沈下量約 25 cm から減少に転じた。
- 3) 立管下端部曲管及び推進管固定部の変形を抑える対策工法としては、表 3 で示す通り、液状化しない流動化処理土を立坑内で底盤から立管下端曲管位置まで施工することが有効である。
- 4) 立上配管の沈下管理は、立管上端曲管以降の直管部で沈下棒にて行うと良い。沈下管理棒は、直管部が水平となる位置が望ましく、立管上端の曲管端部から Chang の式で算出すると 316 cm 以上離れた位置に設置すると良い ($L = \pi / \beta, \beta = \sqrt[4]{k/4EI}$ (特性値))。

(2) 立管長さと推進管固定部での曲げモーメントとの関係

片持ち梁の自由端に集中荷重を作用させ場合、固定端が管の全塑性モーメントに至る立管長(L_V)を算出した。その結果、立管長は 6m であった。このことは上述の結果とも整合している。

$$L_H = -M_{ps} / P_l \quad (E1), \quad P_l = D \cdot \pi \cdot \tau_{cr} \cdot L_V \quad (E2), \quad M_{ps} = \frac{4}{\pi} \cdot M_{ys} \quad (E3), \quad M_{ys} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - (D - 2 \cdot t_s)^4}{D} \cdot \sigma_y \quad (E4)$$

ここで、 L_H : 推進管出直管等延長 (60 cm)、 M_{ps} : 直管全塑性モーメント (N・cm)

M_{ys} : 直管降伏曲げモーメント (N・cm) P_l : 立管の単位長さ当たり鉛直下向き荷重 (N/cm)

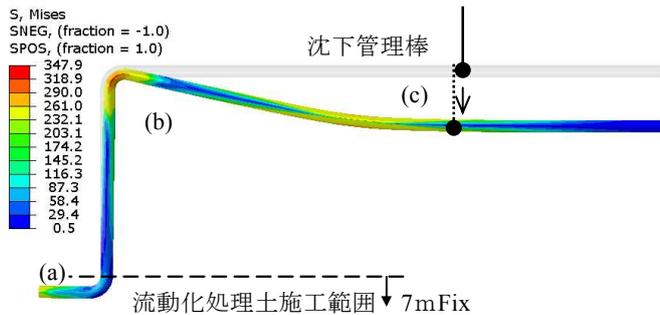


図 5 立管長 2m、沈下量 50 cm 全体変形図

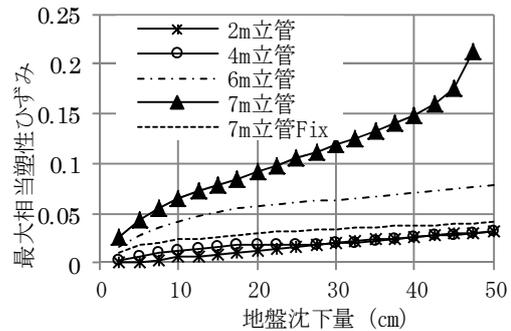


図 6 推進管接続水平直管部の最大相当塑性ひずみ

表 3 各ケースにおける相当塑性ひずみ分布 (地盤沈下量 50 cm、立管長 7m は 47.5 cm)

	立管長 2m	立管長 4m	立管長 7m	立管長 7m(Fix)
上部曲管部	 最大 7.0%	 最大 6.7%	 最大 4.9%	 最大 5.8%
下部水平配管の直管固定部	 固定部で最大 1.0% (ゲージ: 0~5% (赤色))	 固定部で最大 2.1% (ゲージ: 0~5% (赤色))	 固定部で最大 21.2% (ゲージ: 0~22% (赤色))	 固定部で最大 4.1% (ゲージ: 0~5% (赤色))

4. おわりに

推進立坑内に設置する立上配管を対象に地盤の沈下解析を試みた。地盤沈下によって、立管には鉛直下向きのせん断応力が発生し、立管が長くなるとその値は無視することができなくなる。そのため、推進深度が深くなる場合には、地盤沈下に対する立上配管詳細設計を行うとよい。なお、本研究の一部は JSPS 科研費 25282118 の助成を受けたものである。