

日本鋼管㈱技術研究所 正員 ○関 口 宏 二

日本鋼管㈱技術研究所 正員 大 石 博

1 はじめに

地盤の不等沈下あるいは斜面の切り出しなどによって、埋設管路が影響を受ける事例は多い。図1にその具体例を示す。図中(a), (b), (c)は部分的な地盤変形が生じているが、このような場合は、図2のような、凸型地盤変位モデルによって、埋設管路の変形・発生断面力などを推定することができる。図2においては、 ℓ は地盤が変形する部分の幅（以後、地盤変形幅と呼ぶ）を、 δ は地盤変位量を表わしている。図1(d)のような場合は、地盤変形幅 ℓ を無限大とみなした場合と等価である。

2 断面力の簡易計算式

埋設管路～地盤系を弾性支承上の梁と仮定すれば凸型地盤変位モデルにおける、管の変形・曲げモーメントなどは、解析的に求めることができる。図2の座標系を用いると、管の変位 u 、曲げモーメント M は以下ようになる。左右対称モデルなので、 $\ell < x$ の場合を省略する。

$$u = \begin{cases} \frac{\delta}{2} \cdot \{ e^{\beta x} \cos \beta x - e^{\beta(x-\ell)} \cos \beta(x-\ell) \}, & x < 0 \\ \delta - \frac{\delta}{2} \{ -e^{-\beta x} \cos \beta x + e^{\beta(x-\ell)} \cos \beta(x-\ell) \}, & 0 \leq x \leq \ell \end{cases} \quad \dots\dots(1)$$

$$M = \begin{cases} 4EI\beta^2 \{ e^{\beta x} \sin \beta x - e^{\beta(x-\ell)} \sin \beta(x-\ell) \}, & x < 0 \\ 4EI\beta^2 \{ e^{-\beta x} \sin \beta x - e^{\beta(x-\ell)} \sin \beta(x-\ell) \}, & 0 \leq x \leq \ell \end{cases} \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 $\beta = (K_y / 4EI)^{1/4}$ 、 K_y ：管の単位長あたりの地盤ばね定数、 E ：管材料のヤング係数、 I ：管の断面二次モーメントである。

3 計算例

表1に示す炭素鋼鋼管のうち、600A^{*}に関して、地盤変形幅 ℓ と地盤ばね定数 k_y をパラメータとして、曲げモーメント分布図を図3に示す。ただし、 k_y は単位面積あたりの地盤ばね定数である。単位長あたりの地盤ばね定数 K_y は、 k_y と管の外径 D の積として求めた。図3より、地盤変形幅 ℓ が20mより大きいと、地盤くい違い部近傍の管の挙動は、一方のくい違い部のみの影響を受け、くい違い部から3～4mの位置に最大曲げモーメントが発生する。地盤変形幅 ℓ が10mでは、左右両側のくい違いの影響を受けて、地盤変形の中央

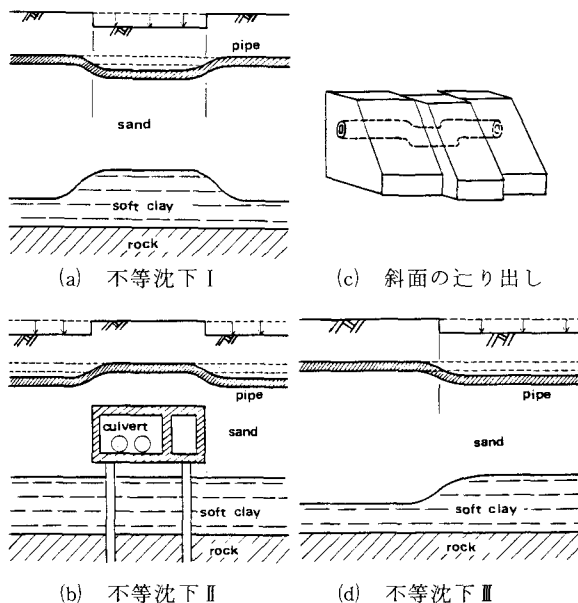


図1 埋設管に及ぼす地盤変形の影響

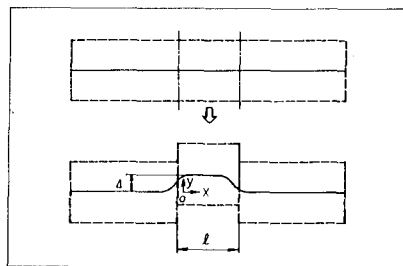


図2 凸型地盤変位モデル

表1 炭素鋼鋼管の諸元

管の呼び方	管径 D (mm)	厚さ t (mm)	断面積 A (cm ²)	断面二次モーメント I (cm ⁴)
100A	114.3	4.5	15.52	234
200A	216.3	5.8	38.36	213×10
300A	318.5	6.9	67.55	820×10
400A	409.6	9.5	179.10	806×10 ²
600A [*]	609.6	12.7	238.20	106×10 ³

部で最大曲げモーメントが発生している。
 また、その大きさは、 ℓ が20 m以上の場
 合よりも大きい。

図4は地盤変形幅 ℓ によって、管に生
 じる最大曲げモーメントがどのように変
 化するかを、地盤ばね定数 ky をパラメー
 タとして示したものである。図4を用い
 れば、任意の地盤変形幅 ℓ 、地盤変形量
 Δ 、地盤ばね定数 ky に関して、最大曲げ
 モーメントを知ることができる。これに
 よると、曲げモーメントが最大となる地
 盤変形幅 ℓ^* が存在することがわかる。ま
 た ℓ^* の2倍以上の地盤変形幅になると最
 大曲げモーメントは、ほぼ一定値に収束
 し、最大値の1/2になる。

曲げモーメントが最大となる地盤変形幅 ℓ^* と、そのときの最
 大曲げモーメント M_{max} は式(2)より、次のように与えられる。

$$\ell^* = \frac{1}{2} \frac{\pi}{\beta} \cdots (3), \quad M_{max} = \sqrt{2} e^{-\frac{\pi}{4}} \Delta \beta^2 EI \cdots \cdots (4)$$

表1に示した、種々の炭素鋼鋼管に関して、単位地盤変位あ
 たりの最大曲げ応力を、図5に示す。なお、最大曲げ応力は、
 式(4)の最大曲げモーメントより換算したものである。地盤変形
 幅 ℓ が予測できない場合には、最悪の状態を想定し、このよ
 うな図を用いることも有用であろう。図6には、最大曲げモー
 メントを発生させる地盤破壊幅 ℓ^* を、地盤ばね定数 ky をパラメー
 タとして示す。管径が小さい程、 ℓ^* は小さくなる。

4 むすびに

地盤ばねは実際には非線形性を示すが、本文では
 等価な線形ばねを仮定している。地盤ばね定数 ky の
 適切な評価方法は、今後の課題である。

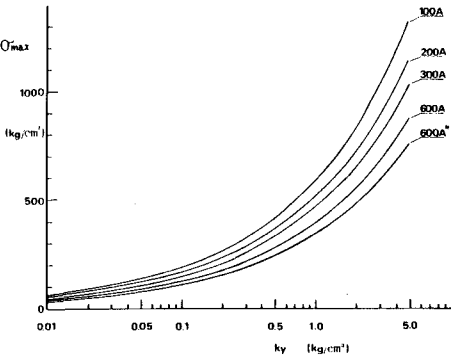


図5 単位地盤変位あたりの最大曲げ応力
 ($\ell = \ell^*$, $\Delta = 1\text{ cm}$)

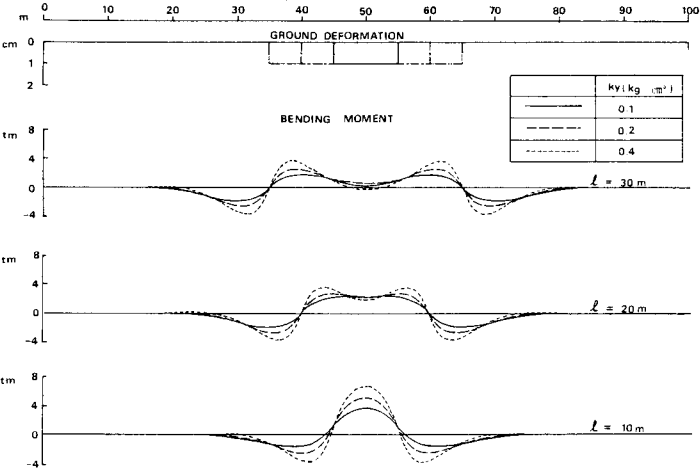


図3 曲げモーメント分布図 (600A*, $\Delta = 1\text{ cm}$)

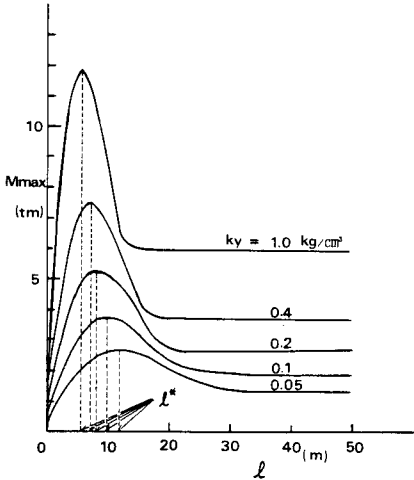


図4 地盤変形幅 ℓ と最大曲げモーメント
 の関係 (600A*, $\Delta = 1\text{ cm}$)

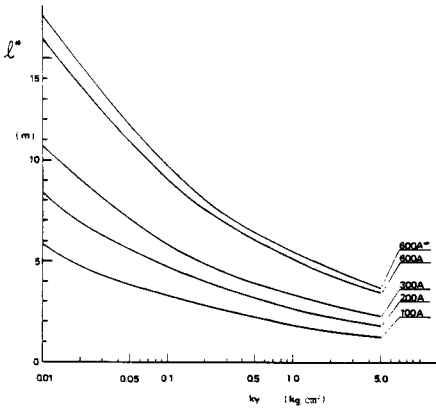


図6 最大曲げ応力を発生させる
 地盤変形幅 ℓ^*