

可撓性連結部を有する共同溝の地震時挙動について

八代工業高等専門学校 正 員 ○洲田邦彦

熊本大学工学部

正 員 秋吉 卓

1. まえがき 共同溝の耐震性の問題は地震時の都市機能を維持する上で今後重要になると考えられるが、共同溝を直接の対象としてその耐震性を検討した例はあまりなかったようである。著者らはこれまで管路におけるすべりを考慮した地震応答解析手法¹⁾を応用した、共同溝の地震応答解析手法により、主として共同溝の歪応答特性について報告してきた^{2),3)}。今回は、共同溝連結部の継手が共同溝の地震時挙動にどのように影響するかを、主として軸方向について検討したので、ここに報告する。

2. 共同溝のモデル化と基礎方程式 図1のように、共同溝を弾性床土のはりに置き換え、共同溝の各本体は伸縮ばねと回転ばねによる継手で連結されているものとする。これまでの報告より^{2),3)}、共同溝の慣性力および減衰力の影響はほとんど小さいのでこれらを無視し、外力としては地盤の強制変形を任意に与えるものとし、また共同溝本体は変形後も弾性範囲内にあるものとする。このとき共同溝の軸方向・軸直角方向の基礎方程式はそれぞれ次のように表わされる⁴⁾。

$$a) \text{ 軸方向 } -E_c A_c \frac{d^2 u}{dx^2} + k_{sz} \cdot u = k_{sz} \cdot u_{sz} \quad \dots (1)$$

$$b) \text{ 軸直角方向 } E_c I_c \frac{d^4 v}{dx^4} + k_{sy} \cdot v = k_{sy} \cdot v_{sy} \quad \dots (2)$$

ここに、 E_c, I_c, A_c = 共同溝の弾性定数、断面2次モーメント、断面積、 k_{sz}, k_{sy} = 軸方向、軸直角方向の単位長さ当りの地盤ばね定数、 u, v および u_{sz}, v_{sy} = それぞれ軸方向、軸直角方向の共同溝および地盤変位。ここでは、式(1)の引張・圧縮と、式(2)の曲げ変形とは連成させないこととし、また延長距離の長い共同溝について数値誤差の累積を妨ぐため、修正伝達マトリックス法を用いる⁵⁾。

3. 数値計算結果と考察 数値計算では、共同溝および地盤の所量の標準値として表1に示す値を用いた。共同溝モデルは図2のように、1本体の長さを30mとし、20本の本体が継手で連結された、総延長距離600mとする。継手は伸縮および回転ばねで表わされ、沈埋トンネルの値を参考にして標準値を定めた。また地盤ばね定数としては、土のS波速度で $v_s = 100 \text{ m/s}$ 程度の地盤を想定して標準値とし、地盤ばねは完全塑性型の非線形特性をもち、塑性状態への限界の相対変位を1mmとした。地盤ばね定数、継手ばね定数の値は表2に示すように変化させて数値計算を行った。ここでは軸方向の場合の計算結果だけを示すが、外力として与えた地盤の強制変形は表3のように軸方向変形を一様に与えるAタイプと両端部に変形が集中したBタイプの2種類の分布形とし、その最大変位として1cmと10cmを用いた。

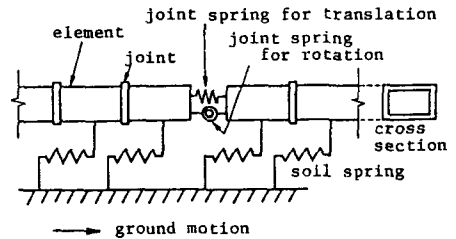
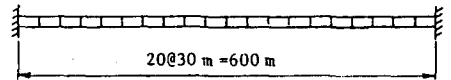
図1 共同溝のモデル化⁴⁾

図2 解析用モデル

表1 共同溝・地盤の諸元

断面寸法 (幅×高さ×厚さ)	4.0 × 4.0 × 4.0 (m)
弾性定数 E_c	$2.6 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$
共同溝エレメントの長さ	30.0m
継手伸縮ばね定数 k_{t0}	$3 \times 10^5 \text{ tf/m}^2$
継手回転ばね定数 k_{r0}	$3 \times 10^7 \text{ tfm/rad}$
地盤の単位体積重量	1.80 tf/m^3
地盤ばね定数 (軸方向) k_{sz0}	1830 tf/m^2
同上 (軸直角方向) k_{sy0}	1830 tf/m^2

表2 数値計算モデル

モデル名	地盤ばね定数	継手ばね定数
Case 1	k_{sz0}	$k_{t0}/10$
Case 2	k_{sz0}	k_{t0}
Case 3	k_{sz0}	$k_{t0} \times 10$
Case 4	$k_{sz0}/10$	k_{t0}
Case 5	$k_{sz0} \times 10$	k_{t0}

k_{sz0}, k_{t0} は表1の標準値とする

表3 入力変位

タイプ	最大変位 (cm)	分布形
A	1.0 10.0	
B	1.0 10.0	

図3は、外力として A タイプで最大変位 1cm の場合の、上から軸方向変位、継手伸縮量および軸応力の分布を図示したものである。各図とも、継手ばね定数を変化させた、Case1、Case2、Case3 について表わしている。軸方向変位は3つのケースともほとんど差がないが、継手ばねが大きくなるほど、当然のことながら継手変位は大きく、軸応力は小さくなっており、継手の剛性を下げることが、共同溝の本体の応力を低下させるのに効果的であることを示している。

図4は、外力 B タイプの場合の、軸方向変位、継手伸縮量および軸応力の分布を図3と同様に図示したものである。B タイプの外力は、共同溝の端部に結合された構造物の沈下・滑动等により両端部に変形が集中した場合を想定したものであり、図3の A タイプより継手変位、軸応力ともに増大するが、継手剛性を小さくすることによって伸縮量を 5mm 程度までに押えながら、軸力を小さくすることができる。

図5、図6は継手剛性に対する、それぞれ継手伸縮量、軸応力の端部における値を図示したものである。継手剛性が標準値の10分の1で変位 10cm の場合、図5より継手変位は 2cm 程度まで大きくなるが、図6の軸応力は低下させることができるので、漏水などの処置を適切に行えば、継手剛性を下げることが望ましいといえる。

参考文献 1) 秋吉・湊田：土木学会論文報告集、第 334 号、pp.25～34、1983。 2) 湊田・秋吉：第 20 回地震工学研究発表会講演概要、pp.585～588、1989.7。 3) 湊田・秋吉・他：土木学会年次学術講演会講演概要集、pp.1144～1145、1989.10。 4) 高田至郎・他 2 名：水道協会雑誌、第 547 号、pp.27～39、1980。 5) 中村秀治：土木学会論文報告集、第 289 号、pp.43～53、1979。

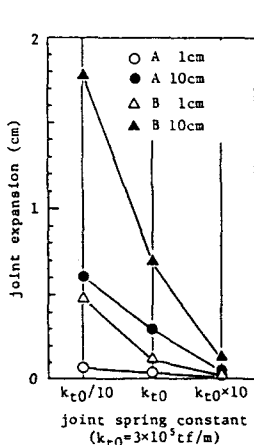


図5 継手ばね定数と継手伸縮量との関係

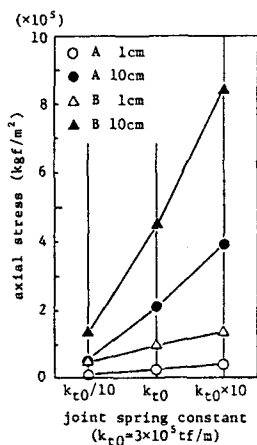


図6 継手ばね定数と軸応力との関係

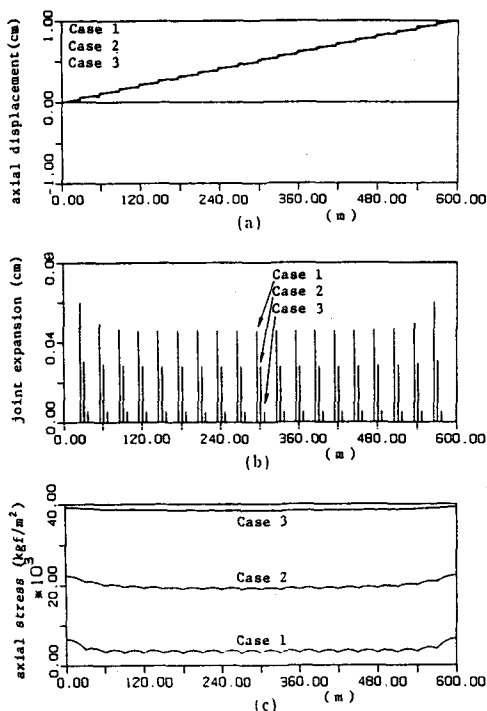


図3 共同溝変位、継手伸縮量、軸応力の分布

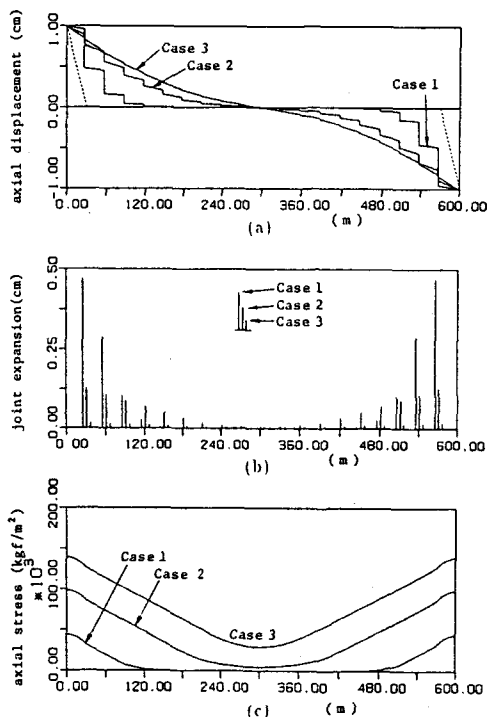


図4 共同溝変位、継手伸縮量、軸応力の分布