

I-542

共同溝の地震応答解析について

八代工業高等専門学校 正 員 〇 瀧田邦彦

熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓

熊本大学大学院 学生員 古川昌裕

1. まえがき 数種の管路等を収容する共同溝は、都市施設として数多く建設されており、その延長は今後ますます増大する傾向にある¹⁾。このような共同溝の、耐震性の問題は、基本的には埋設管やトンネルなどと同様に処理し得る面も多いと考えられるが、その耐震信頼性を確保することは、管路やトンネル以上に重要であろう。埋設管やトンネルなどの耐震性に関する研究が数多く行われているのに対して、共同溝の地震時挙動について検討した例はほとんどなかったようである。そこで本研究では、著者らがこれまで開発した、管路におけるすべりを考慮した地震応答解析手法²⁾を応用して、共同溝の地震応答を解析するための近似手法を提案し、共同溝の地震時の挙動について検討する。

2. 解析手法の概要 簡単のため、共同溝は連続な一樣断面とし、全体の剛性は等価剛性で表わされるものとする。また図1のように、共同溝の両端は構造物により支持され、地盤は弾性地盤であり、地震波は共同溝の軸を含む水平面に沿って任意の角度 ϕ で入射するものとする。共同溝を弾性床の上のはりともみなせば、軸方向の運動方程式は次式のように表わされる。

$$m \frac{\partial^2 v_z}{\partial t^2} = ES \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} + p_z \quad (1)$$

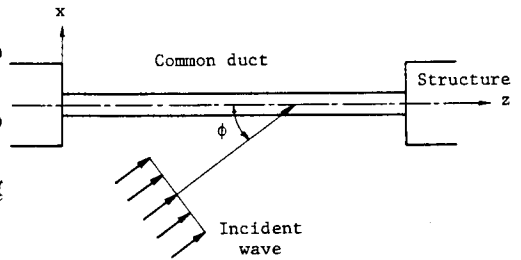


図1 解析モデル

ここに、 v_z = 軸方向変位、 m , E , S = 共同溝の質量、ヤング率および断面積、 p_z = 軸方向の地震力。ここで、地震力 p_z は、断面積と断面2次モーメントとが等価な円筒断面に換算された、共同溝に対して、すべりを考慮した管路の解析より求められた解²⁾を用いる。時間項 $e^{i\omega t}$ を省略すれば、上式の解は特解 $v_z^{(1)}$ と同次方程式の一般解 $v_z^{(2)}$ との和で表わされる。(w_1 : 入射波変位, ω : 円振動数)

$$v_z^{(1)} = \frac{k_z w_1 \cos \phi}{k_z - m\omega^2 + ES k_l^2 \cos^2 \phi} e^{-ik_l z \cos \phi} = H_z(\omega) w_1 \cos \phi e^{-ik_l z \cos \phi} \quad (2)$$

$$v_z^{(2)} = A_1 e^{\nu_1 z} + A_2 e^{\nu_2 z} \quad (3)$$

共同溝の延長を l とすれば、次式の境界条件より式(3)の未定係数 A_1 , A_2 が決定される。

$$z=0 \quad v_z^{(2)} = G_{20}(\omega) w_1 \cos \phi, \quad z=l \quad v_z^{(2)} = G_{2l}(\omega) w_1 \cos \phi e^{-ik_l l \cos \phi} \quad (4)$$

ただし、 $G_{20}(\omega)$, $G_{2l}(\omega)$ = それぞれ共同溝の両端 $z=0, l$ における構造物の周波数応答関数。

これより、軸歪 ε_a の解を入射波変位と分離して次式のような形で表わすことができる。

$$\varepsilon_a = \frac{\partial v_z}{\partial z} = Z_a(\omega) w_1 \quad (Z_a(\omega) = \text{共同溝軸歪の周波数応答関数}) \quad (5)$$

軸直角方向についても、同様な手順により、曲げ歪を求めることができるが、ここでは省略する。

3. 数値計算結果と考察 数値計算では、土のS波速度 $v_s = 100 \text{ m/s}$ 、共同溝の延長距離 $l = 500 \text{ m}$ 、共同溝断面(正方形とする)の辺長 $D = 4 \text{ m}$ 、共同溝の縦波伝播速度 $v_p = 1000 \text{ m/s}$ 、無次元すべり摩擦抵抗 $\bar{\tau}_s = 10^{-3}$ 、地震波の入射角 $\phi = 45^\circ$ などを標準値とした。またEl Centro(1940)強震記録のNS成分の加速度RMSを50galとして用いた。図2は、軸歪(○印)および曲げ歪(*印)の周波数応答の一例であり、土との接触面の摩擦抵抗 $\bar{\tau}_s = 10^{-5}$ と小さな場合の、 $z/l = 0.1$ 点の歪を示している。軸歪はすべりによって小さくなり、振動数2Hz以上では、共同溝程度の断面規模になると、曲げ歪もかなり大きくなるので、曲げ歪に対する検討も重要といえよう。次に図3は、延長距離 $l = 500 \text{ m}$ の場合に、共同溝の全歪のRMS分布を表わしたものであり、(a), (b), (c)のCase 1, 2, 3 は共同溝の両端の構造物の周波数応答関数(FRF)として、それぞれ、

1.0, 0.5(軸方向のみ)および0.5(軸直角方向のみ)とした場合に対応している。ここで、構造物のFRFを1.0とした場合は、構造物は地盤と同じ動きをし、0.5とした場合は、滑動や沈下に相当するような地盤との間の大きな相対運動を考えたことになる。図3(b),(c)より、境界条件によっては、共同溝の両端付近での応答が大きくなることを示唆している。

図4は、共同溝の断面の一辺長Dを横軸にとり、応答歪のRMSとの関係を図示したものである。構造物が共同溝の軸直角方向に地盤とずれるときには、断面が小さいほど結合部において歪が大きくなり、結合部付近の耐力の検討が重要となる。そこで、3種類の共同溝断面モデルを選び

(model 1, 2, 3)、軸歪、曲げ歪の計算値を平均歪と見なして、断面に生じる軸力(N)、曲げモーメント(M)の最大値を試算したものを表1に示す。また許容値として、コンクリートの許容応力および鉄筋の許容引張応力から算定した値を最下段に示したが、Case2および3の場合は許容値を上回る例が示されている。等価剛性の算定や境界条件の設定など、かなりの近似によるものであり、計算値は断面力を過大に評価していると考えられるが、これらの結果は、共同溝の地震時挙動を検討することの重要性を示唆していよう。

本研究を進めるにあたり、御指導・御助言を戴いだ、京都大学防災研究所、土岐憲三先生に対して、謝意を表します。

参考文献 1)佐藤・他：共同溝，森北出版，1981。 2)秋吉・淵田：土木学会論文報告集，第334号，1983。

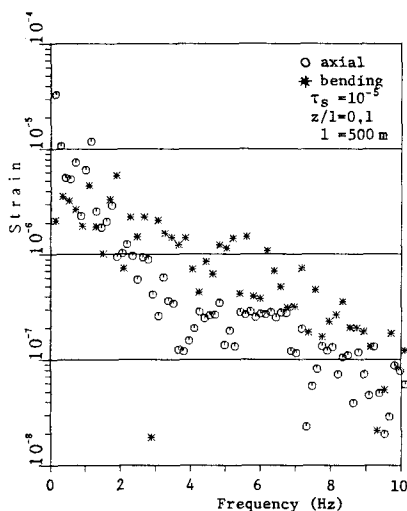


図2 軸歪・曲げ歪の周波数応答

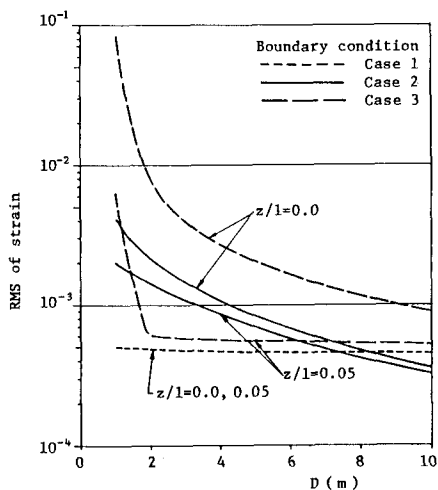
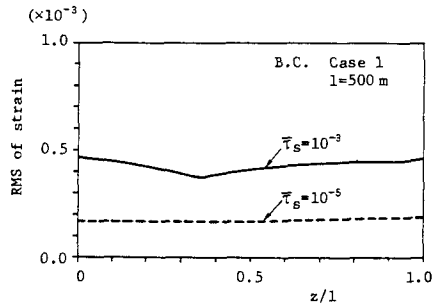
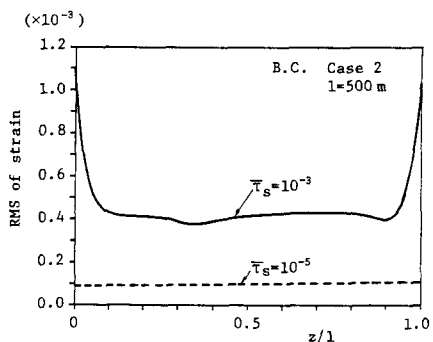


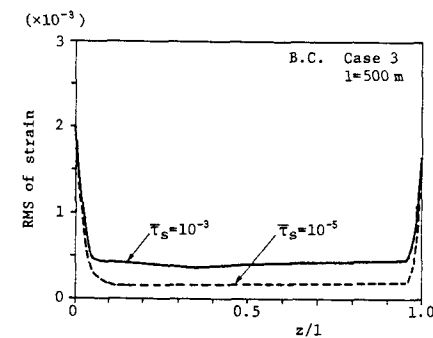
図4 RMS応答歪と断面寸法(辺長D)との関係



(a)



(b)



(c)

図3 RMS応答歪の分布

表1 軸力(N)・曲げモーメント(M)の計算値と許容値

	model 1	model 2	model 3
断面寸法 (m)	3.0×2.5	3.9×3.9	9.2×6.5
Case 1 N (t)	2.87×10 ³	3.99×10 ³	1.12×10 ⁴
M (t·m)	1.07×10 ²	4.62×10 ²	5.71×10 ³
Case 2 N (t)	1.25×10 ⁴	9.36×10 ³	1.23×10 ⁴
M (t·m)	1.07×10 ²	4.62×10 ²	5.71×10 ³
Case 3 N (t)	2.87×10 ³	3.99×10 ³	1.12×10 ⁴
M (t·m)	3.52×10 ⁴	2.71×10 ⁴	8.61×10 ⁴
許容値 N (t)	(2.06×10 ³)	(3.02×10 ³)	(9.03×10 ³)
M (t·m)	(1.03×10 ³)	(1.97×10 ³)	(1.39×10 ⁴)