

液状化時の浮力を受ける共同溝の挙動について

八代工業高等専門学校 正員 ○ 瀨田 邦彦
 熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 熊本大学大学院 堤 隆
 熊本大学工学部 井副 信太郎

1. まえがき 地震時の地盤液状化がライフライン構造物に及ぼす影響について活発に研究が進められている¹⁾。ライフライン構造物の中でも、共同溝は、今後、多数の建設が予想され、地震時の機能を維持する上で、耐震安全を高める必要があろう。とくに、共同溝が軟弱な地盤中に構築される場合には、地震時の液状化発生によって被害を受けることも予想されるので、設計において十分な配慮が必要と考えられるが²⁾、共同溝の液状化時挙動については不明な点も少なくない。そこで本研究では、液状化時の浮力を受ける共同溝の挙動特性を調べ、共同溝の浮力に対する安全性について検討する。

2. 解析手法の概要 ここでは、共同溝設計指針²⁾を参考にして、図1のような共同溝と地盤のモデルにおける液状化時の浮力を算定する。地盤モデルは共同溝埋設位置までの各層厚と単位体積重量、および地下水位、N値等が与えられるものとし、地盤は各層とも均質な砂質性のものとする。液状化時に共同溝に作用する力として、図2のような、共同溝上面までの上載荷重(W_S)、共同溝の自重(W_B)、静水圧によって共同溝下面に作用する浮力(U_S)、過剰間隙水圧によって共同溝下面に作用する浮力(U_D)をそれぞれ算定し、次式より浮力を求める。

$$P = U_S + U_D - (W_S + W_B) \quad (1)$$

式(1)の浮力Pに対する共同溝の挙動を解析する方法として、ここでは図3のように、共同溝を弾性床の上のはりに置き換え、地盤ばねで支えられた共同溝本体と、伸縮ばねと回転ばねによる継手とでモデル化し、浮力Pが共同溝の軸直角方向に作用する場合の、共同溝の軸直角方向の基礎方程式の解を、修正伝達マトリックス法³⁾を用いて求めた⁴⁾。

3. 数値計算結果と考察 共同溝および地盤の諸量は、実際の共同溝および建設地点の例を参考として、表1に示す値を標準値とし、図4の共同溝モデルに対して、数値計算を行った。継手の伸縮および回転ばねの標準値は、沈埋トンネルの値を参考とした。また液状化時の地盤ばねは、S波速度 $v_s = 100\text{m/s}$ に対するものの1/10を標準値とし、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3mmとした。

表2は、表1の地盤モデルにおいて、N値が既知であるとして、岩崎・龍岡の方法⁵⁾により、液状化抵抗係数 F_l を算定したものである。ただし、土は砂質性のものとする。この例のように、地下水位が高く、N値の小さな、軟弱な地盤では、地震時に液状化の発生する確率がきわめて高いことが示されている。

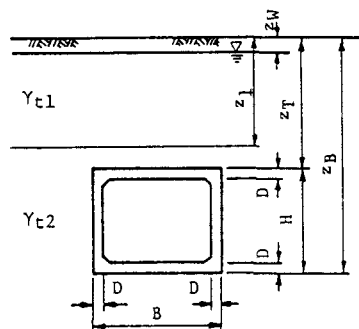


図1 地盤と共同溝のモデル

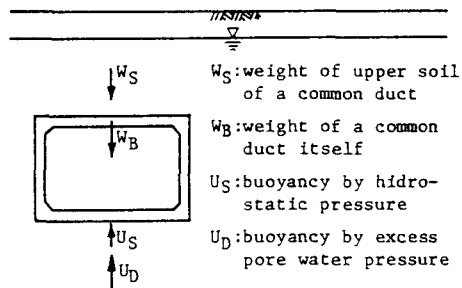


図2 液状化時に共同溝に作用する力

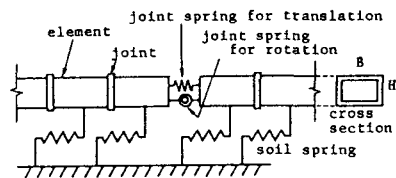


図3 共同溝のモデル化⁴⁾

断面寸法 (幅(B)×高さ(H)×厚さ(D))	4.0×4.0×0.4(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	30.0 m
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}	$3 \times 10^7 \text{ tf m/rad}$
共同溝天端までの深さ z_T	5.0 m
共同溝底面までの深さ z_B	9.0 m
地下水面までの深さ z_W	0.5 m
第1層地盤の層厚 z_1	5.0 m
第1層地盤の単位体積重量 γ_{t1}	1.50 tf/m^3
第2層地盤の単位体積重量 γ_{t2}	1.80 tf/m^3
地盤ばね定数(軸直角方向) k_{y0}	183.0 tf/m^2

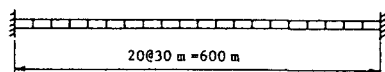


図4 共同溝の解析モデル

この地盤において、液状化が生じる場合の過剰間隙水圧比を0.5とすると、式(1)より、共同溝に作用する浮力は $P = 1.4 \text{ tf/m}$ となる。この浮力に対する共同溝の応答分布を求めたものが図5である。浮力によって、共同溝は中央部で最大170cm程度の浮上がりを生じているが[図5 (a)], 継手部の変位[図5 (b), (c)]は許容範囲であろう。

一方、図6のような共同溝断面の配筋において、鉄筋量としてD19を40本使用した場合の、共同溝断面に生じる応力を図示したものが、図5 (d), (e), (f)であり、それぞれ、コンクリートの曲げ圧縮応力、せん断応力および引張側鉄筋の応力を表わしている。コンクリートの曲げ圧縮応力、せん断応力は、共同溝の延長全体においてほぼ許容応力以内(許容圧縮応力 $\sigma_{ca} = 105 \text{ kgf/cm}^2$, 許容せん断応力 $\tau_a = 5.4 \text{ kgf/cm}^2$)に納まるが、引張鉄筋には許容応力 ($\sigma_{sa} = 2700 \text{ kgf/cm}^2$) を大幅に越える応力が生じる結果となっている。

参考文献 1) 安田 進: H1年度科学研究費(一般研究(B))成果報告書, 1990. 2) 日本道路協会: 共同溝設計指針, pp.52~80, 1986. 3) 中村秀治: 土木学会論文報告集, 第289号, pp.43~53, 1979. 4) 淵田・秋吉: 第20回地震工学研究発表会講演概要, pp.585~588, 1989.7. 5) 岩崎・龍岡・他: 第5回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.641~648, 1978.

表2 液状化抵抗係数 F_l の計算³⁾

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
深さ z (m)	N値	全応力 σ_v (tf/m^2)	有効応力 σ'_v (tf/m^2)	$\gamma'_d = 1 - 0.015z$	τ_{max} / σ'_v	$R_l = (\sigma_d / 2\sigma'_v)_{20}$	$F_l = (7)/(6)$
2	2	3.00	1.50	0.970	0.297	0.090	0.303
3	10	4.50	2.00	0.955	0.332	0.176	0.530
4	1	6.00	2.50	0.940	0.345	0.055	0.161
5	13	7.50	3.00	0.925	0.360	0.171	0.475
6	19	9.30	3.80	0.910	0.341	0.187	0.548
7	4	11.10	4.60	0.895	0.331	0.083	0.251
8	4	12.90	5.40	0.880	0.322	0.078	0.241
9	4	14.70	6.20	0.865	0.314	0.073	0.233

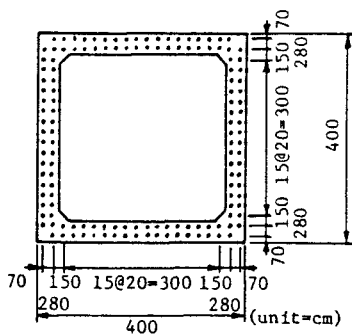


図6 共同溝横断面の配筋図

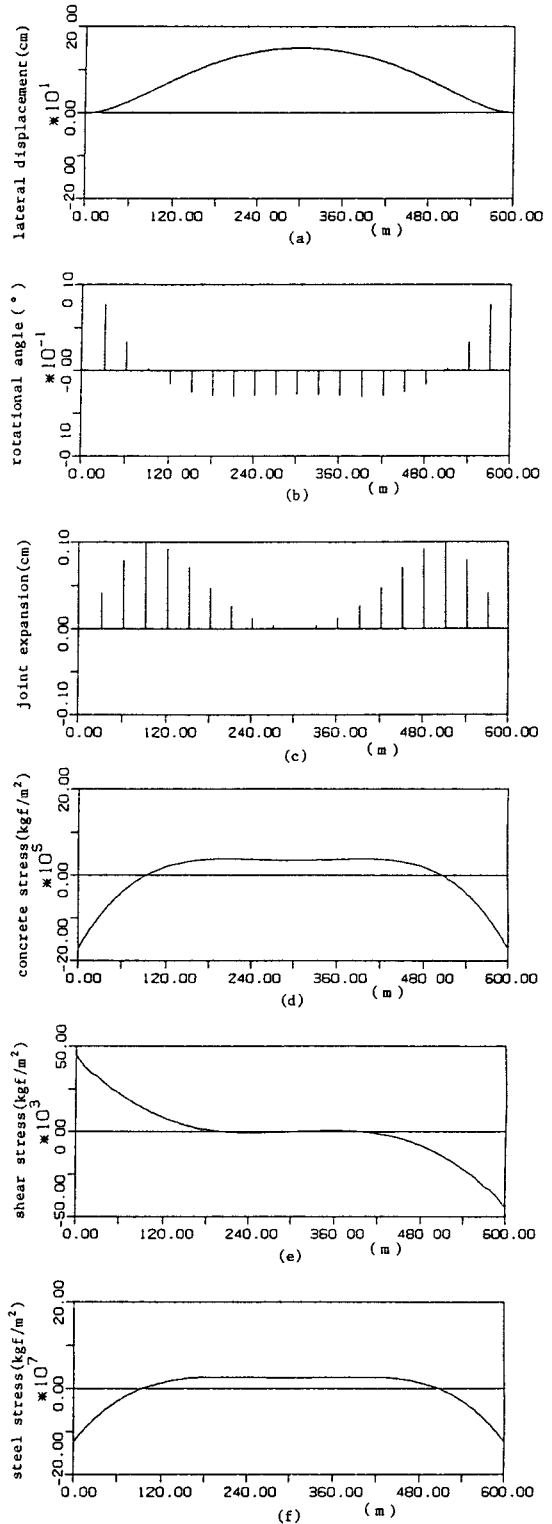


図5 浮力を受ける共同溝の応答の一例