

大成建設株式会社 正員 立石 章
同 上 正員 佐藤 誠一

1. はじめに

軟質地盤中に重要度の高いRC地中ダクトを建設する場合、その耐震安全性の検討は図1の手順で進められるものと考えられる。液状化の発生が予想される地盤に対しては、配置計画を変更する、地盤改良を行う、構造形式により対処するなどの対策がとられることとなる。本検討では液状化に対し構造形式により対処する場合を取り上げ、RC地中ダクトの耐震最適構造について解析的検討を行った。今回はダクト支持地盤が完全液状化に達しない地盤を想定し、周辺地盤の液状化に対しては耐震継手により対処するものとして、ダクト軸方向の耐震安全性に関する耐震継手の効果を調べた。

検討は、地盤条件等を設定した後、有効応力法に基づく地盤応答計算を行い、その結果を用いてダクト軸方向の耐震計算を行った。耐震計算は、対象が地中構造物であることから、周辺地盤の変形挙動を地盤バネを介して入力し静的に解析する応答変位法を応用した。

2. 検討条件

検討モデルを図2に示す。地盤モデルは砂層と基盤の二層構造で、地下水位は地表面下4m(EL1.0)にあり、基盤は約15度で傾斜している。表1に基本的な地盤物性値を示す。ダクトモデルは1ボックス断面を有する延長100mのRC構造物で、砂層中に水平に埋設されている。ダクトモデルの両端部は異種構造物との接合部と考え縁切り構造とし、耐震継手はその効果を調べるため以下の3通りの配置を考えた。

モデル1 耐震継手は設けない

モデル2 基盤の傾斜し始める断面Aに1ヶ所設置

モデル3 断面Aと傾斜基盤上の中央の2ヶ所設置

設計用地震動はEL CENTRO(NS)とし、最大加速度を300galに規準化して用いた。地震動の継続時間は20秒間とし、入力位置はEL-35.0とした。

3. 地盤応答計算

地盤応答計算は石原・東畑¹⁾による一次元有効応力逐次非線形解析によった。これは、地盤を離散化したマスとバネで表わし、各時刻ステップで有効応力経路を追跡して間隙水圧上昇量を求め、得られた有効応力をもとに逐次積分により応答計算を行うもので、地盤の応力-ひずみ関係は履歴型Hardin-Drnevichモデルで表わされている。本検討では、地盤モデルの断面A、B、C、Dにおいて地盤応答計算を行った。尚、透水は考慮しなかった。解析結果として図3に最大過剰間隙水圧分布を示す。

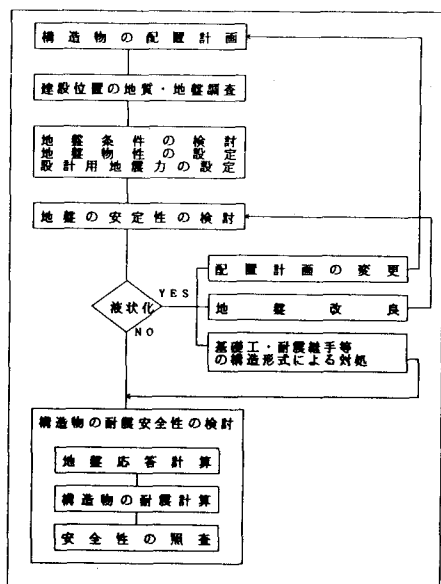


図1 R C地中ダクト耐震安全性の検討手順

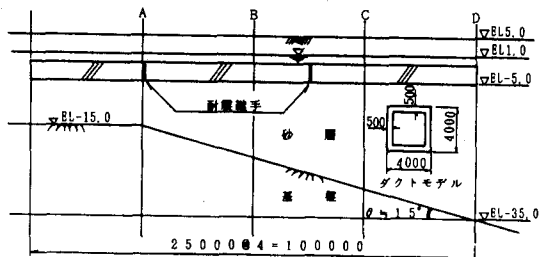


図2 検討モデル

表1 基本的な地盤物性値

単位体積 重量 (t/m ³)	せん断係 数 (a/sec)	初期せん断弾性 定数 (t/m ²)	動的 変形特性	内部 摩擦角 (度)	静止 土圧係数
砂 γ _s = 1.8 γ _{sat} = 2.0	EL-5.0で 2.00	EL-5.0で 8160 (有効土圧の 0.5乗に比例)	振幅依存性 を考慮	EL-5.0以下 30 EL-5.0以下 35	EL-5.0以下 0.5 EL-5.0以下 0.7
基盤	2.1	500	線形材料	—	—

4. RC地中ダクトの耐震計算

ダクト軸方向の耐震計算は、軸方向に沿って地盤の応答が異なることを考慮するため、応答変位を時刻歴で入力した。さらに本検討では、液状化の進行とともに周辺地盤が軟化しダクトに作用する浮力が増加することを解析的に表わすことを試みた。

解析モデルを図4に示す。ダクトは梁要素で表わし、耐震継手は剛性を零とした。地盤バネは、ダクト上底面および両側面のバネを集約して軸方向、軸直角方向、鉛直方向のバネとし、梁要素に取付けた。地盤バネのバネ定数は、前述のように地盤の軟化を表わすため、地盤の有効応力の減少およびせん断ひずみの増加により下式を用いて低減した。

$$K(t) = K_0 \cdot \frac{G_{\max}(t)}{G_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\gamma(t)}{\tau_r(t)/G_{\max}(t)}}$$

$K(t)$; バネ定数 K_0 ; 初期バネ定数
 $G_{\max}(t)$; せん断弾性定数 $G_{\max}(t) \propto (\sigma_v'(t))^{0.5}$
 $\gamma(t)$; せん断ひずみ $\sigma_v'(t)$; 有効上載圧
 $\tau_r(t)$; せん断強度 $\tau_r(t) = \sigma_v'(t) \cdot \tan \phi$

また地盤バネには降伏値を設け、非線形弾性バネとした。軸方向バネの降伏値はダクト全周面の摩擦力和し、軸直角方向バネの降伏値はダクト上底面の摩擦力和に側面の抵抗土圧 (=地震時受動土圧-地震時主動土圧)を加えたものとし、摩擦力和および抵抗土圧は有効応力の減少により低減した。図5に地盤バネの構成関係を示す。

荷重としては、EL-35.0からの相対変位時刻歴をダクト軸方向および軸直角方向に入力すると同時に、浮力にダクト自重および土被り圧を加えて作用させた。

解析結果として図6に最大断面力分布を示す。尚、解析結果の詳細については当日発表する。

5. まとめ

ダクト支持地盤が完全液状化に達しない地盤を想定し耐震継手により周辺地盤の液状化に対処する場合について、耐震最適構造の検討を行った。検討結果より、

- (i) ダクト支持地盤は完全液状化に達しないが、ダクト上方および側方地盤が完全液状化に達する場合には、耐震継手がダクトの断面力低減に大きな効果を発揮する。
- (ii) 耐震継手の効果については、軸力は耐震継手によりダクト全長に渡って低減されるが、曲げモーメントおよびせん断力は耐震継手設置箇所近傍でのみ低減されるため、設置間隔について検討が必要である。

参考文献 1) Ishihara, K. and Towhata, I.: Effective stress method in one-dimensional soil response analysis, Proc, 7th, WCEE, Istanbul, Turkey, 1980.

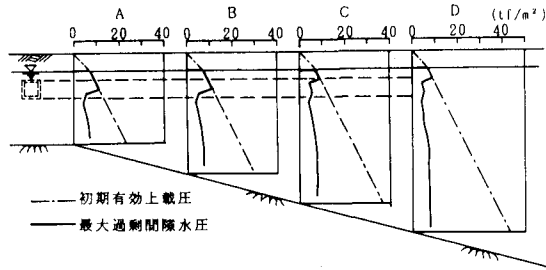


図3 最大過剰間隙水圧分布

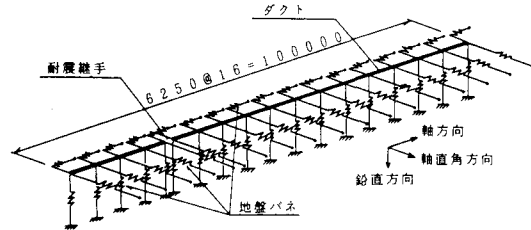


図4 RC地中ダクト 解析モデル (モデル2)

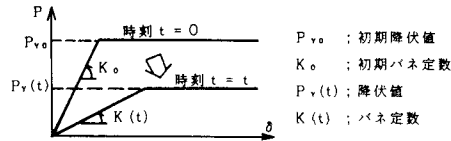


図5 地盤バネの構成関係

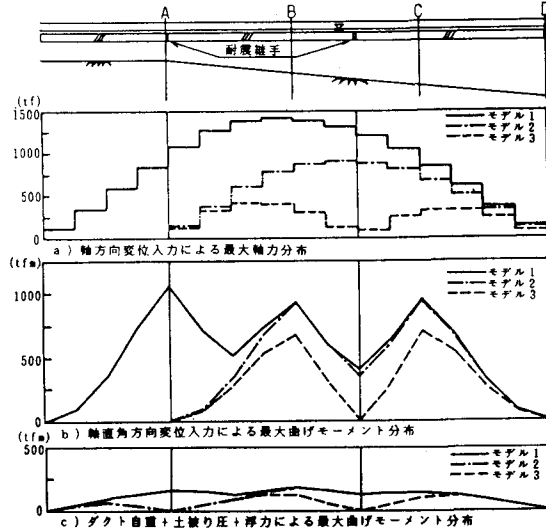


図6 最大断面力分布