

2層構造を有する地中管路の設計手法に関する研究

神戸大学工学部 フェロー会員 高田 至郎
 神戸大学大学院 阪神高速道路公団 篠原 聖二
 神戸大学大学院 学生員 ○ 市原 大助

1. はじめに

管更生工法の概念の1つとして2層構造管がある。2層構造管とは既設管をさや管として、その中に1口径小さい新管を挿入して管路を更新する方法で更生された管が既設管・更生管それぞれで外力を受け持つ。既存の管路を活用できるため、経済性に優れている。また、2層構造であることから既設管がひび割れ荷重に達したときも、更生管があることで管路としての機能が維持されることも期待できる。しかしながら、これらの有用性を実証した国内データは少ない。そこで、本研究では2層構造を有する地中管路横断面を対象とし、既設管と更生管の2層構造を考慮した解析モデルを用いて常時荷重作用時と地震荷重作用時の変形・強度特性の差異について検討を行う。

2. 既設管のクラックパターン

本検討で対象とした既設管のクラックの分布状況をパラメータとした2層管路モデルの全CASEを図-1に示す。なお、図中では2層管のうちの既設管のみを示している。これらはクラックの分布状況によって全体型、分散型、局所型の3種類に分類することができる。

また、クラックの進展程度によって、クラック部のモデル化をした。クラックをピン結合によって表現する方法とクラックをジョイント要素で表現する方法でモデル化した。

前者では、比較的クラックの進展が小さい状態を、後者の方法ではクラック部が完全にはく離している状態を再現することができる。

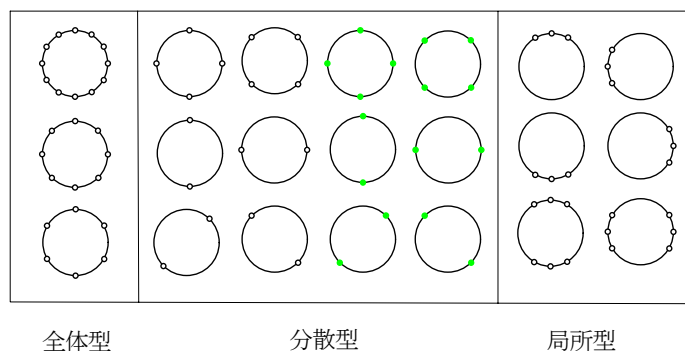


図-1 クラックパターンによる分類

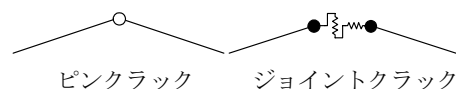


図-3 クラックモデル

3. 解析モデル

本研究で用いた2層構造を有する地中管路横断面解析モデルの代表例としてD4+モデルを図-2に示す。ヒューム管と更生管をそれぞれ外側はり部材と内側はり部材で構成し、外側はり部材にはその周面に法線・せん断方向の弾性床のはり理論に基づく分布地盤ばねを設けた。また、外側はり部材と内側はり部材はすべりとはく離を考慮した法線・せん断方向のばね要素で接合されている。支点条件としては内側はり部材に水平ローラー支点を2箇所、鉛直ローラー支点を1箇所、また外側はり部材の上下左右の4点をピン結合とすることにより四つ割ヒューム管を表現した。

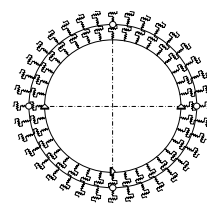


図-2 解析モデル

4. 地震荷重の入力

レベル1地震動・レベル2地震動の設計応答速度スペクトルを図-4に示す。今回の検討はレベル2地震動のみを対象にする。

5. 結果の比較・考察

本研究室でおこなわれた実験及び解析結果より、各クラックパターンにおける常時荷重作用時の危険度を表-1に示す。レベルAは既設管の応力分担がほとんど望めないため、更生管を自立管として設計する必要がある。レベルBでは、既設管の応力分担がある程度

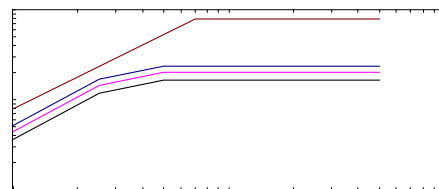


図-4 設計応答速度スペクトル

キーワード：管渠更生法、2層構造管

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院 自然科学研究科 TEL 078-803-6047

期待できることが分かっている。そこで、その応力分担の程度を定量的に評価するために更生管厚補正係数 α を導入する。これは、更生管厚に口径 $D(\text{mm})$ およびヤング係数 $E(\text{kN/mm}^2)$ に応じた α を乗じることによって、既設管の応力分担を評価するものである。

$$\alpha = 0.0004 \cdot D - 0.0004 \cdot E + 0.73 \quad (1)$$

レベル C では、更生管は水圧に対する耐荷力を保持するように設計を行えばよい。

しかし、本研究でおこなわれた地震荷重作用時の解析結果では常時荷重作用時と大きく応答が異なるクラックケースが存在した。図-5, 6 にピンククラックにおける常時荷重作用時のせん断力, 曲げモーメントに対する地震荷重作用時のせん断力, 曲げモーメントを示し, 図-7, 8 にジョイントクラックにおける常時荷重作用時のせん断力, 曲げモーメントに対する地震荷重作用時のせん断力, 曲げモーメントを示す。全 22CASE の内, 地震荷重時が常時荷重時の値を上回ったのは 12CASE 存在し, とくに分散型, 局所型にその CASE は集中した。ピンククラックでは D4x, D2p, D2n の 3CASE が非常に大きい値を示している。これらのケースは斜め対角位置にクラックが入っていることが伺える。これは, 上下左右方向から力が加わる常時荷重に対して地震荷重は一方方向から荷重が入力されるためである。また, ジョイントクラックでは D2vj, D2hj の 2CASE が非常に大きい値を示しており, これらは上下, 左右にクラックが入っているものである。D4x, D2vj, D2hj の 3CASE については常時荷重作用時には危険度別分類においてレベル C に分類され, 既設管の残存強度が十分見込むことができる CASE であったにもかかわらず, 地震荷重作用時には異なる強度特性を示したことから, 設計を行う際は十分注意する必要があると考えられる。また, 図-8 に更生管単体, D4x, D2vj, D2hj の最終変形図を示す。

5. まとめ

本研究では, 2層構造を有する地中管路を対象に解析を行い, 常時荷重作用時に対する地震荷重作用時の変形・強度特性についての検討をおこなった。以下に本研究で得られた知見を示す。

①ピンククラックが斜め対角位置にある場合、地震荷重作用時の応答は非常に大きい。②D4x, D2vj, D2hj の 3CASE については常時荷重作用時には危険度レベル C に分類されたのにもかかわらず, 地震荷重作用時には非常に大きな応答をしましたことから設計をおこなう際は注意する必要がある。

表-1 常時荷重作用時の危険度別ケース分類

危険度	レベル A	レベル B	レベル C
CASE 名	G8, G6, D4+, D4+j	La, Ld, Ll, Lr, Lud, Llr, D4xj, D2pj, D2nj	D4x, D2v, D2h, D2p, D2n, D2vj, D2hj
備考	既設管の応力分担がほとんど望めない	詳細な検討が必要	既設管の残存強度が十分見込める

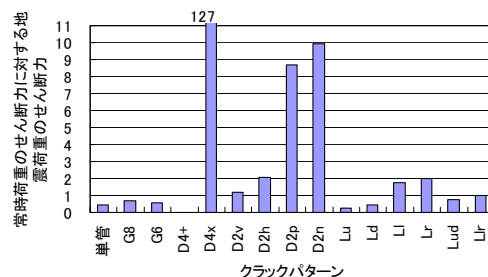


図-5 常時荷重に対する地震荷重作用時のせん断力

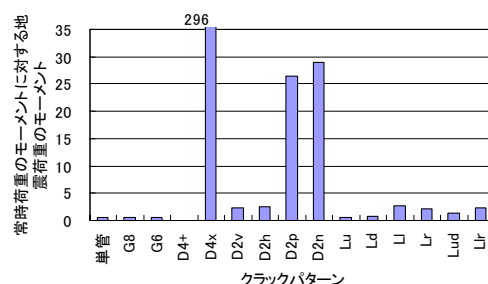


図-6 常時荷重に対する地震荷重作用時のモーメント

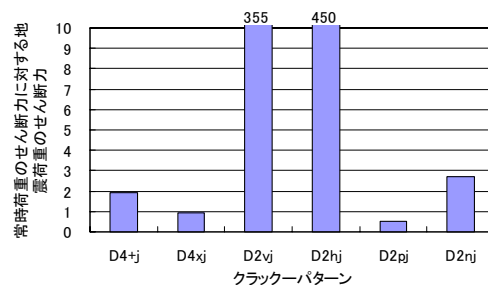


図-7 常時荷重に対する地震荷重作用時のせん断力

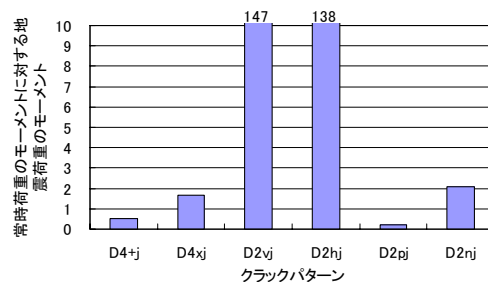


図-8 常時荷重に対する地震荷重作用時のモーメント

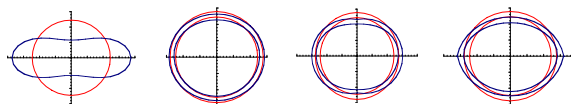


図-9 常時荷重作用時の最終変形図

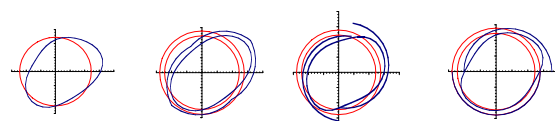


図-10 地震荷重作用時の最終変形図

【参考文献】 1) 日本下水道協会：下水道施設耐震計算例 - 管路施設編 - 2001. 4. pp. 11-114