

I - B 397

軸曲げ载荷状態の継手部の剛性低下を考慮した下水道管路の耐震性評価

（その1－実証実験による解析モデル妥当性の評価）

東京都下水道局 計画部

正会員 大同 均¹

富士総合研究所 解析技術第2部

正会員 鈴木 広一²

富士総合研究所 解析技術第2部

正会員 宮崎 浩徳²

1. はじめに

下水道施設の耐震対策指針と解説¹⁾において、地震時の設計計算および照査方法については、引張、曲げ、引張+曲げモードに関して提示されている。しかし、平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、構造的に弱い管路継手において、圧縮+曲げモードによる被害も数多く確認されている。特に地盤特性急変部近傍では、地震時に管路が局所的に大きな曲げを受ける事が考えられる。また、下水管渠の継手部は管体部と一体のものとして取り扱われているため、継手部を単独に評価する試みは少ない。そこで、本研究では、地震時に地盤特性が急変する箇所等で影響を受ける継手部の耐震性を評価し、設計・施工管理のための情報提供を目的として、（その1）では、継手部の剛性低下を考慮した3次元モデルを構築し、実証実験との比較により解析モデルの妥当性について評価し、（その2）では、地震時を想定し、圧縮+曲げモードにおける下水管路の継手部の健全性を評価した。

2. 評価体系

本研究における評価体系を図2.1に示す。その1では、現在最も使用されているソケット継手について、3次元モデルを構築し、解析結果と実験結果から解析モデルの妥当性を評価する。その2では、3次元モデルから得られた継手部の曲げ特性を考慮し、2次元モデルにより管路継手部の健全性を評価する。

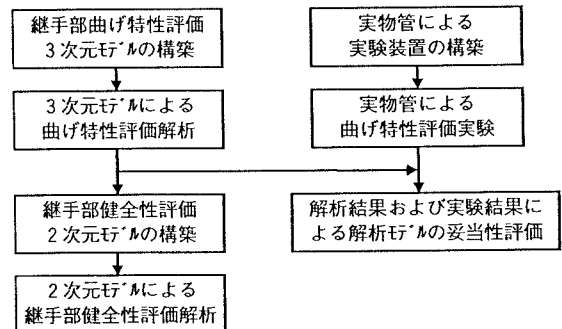


図2.1 評価体系

3. 実験装置および解析モデル

(1)実験装置：実験装置を図3.1に示す。実験には呼び径150[mm]のヒューム管を2本使用し、継手部を構成している。実験装置は、管体を2本のH型鋼で挟み込み、管の管軸直角方向の変形を拘束することにより固定端を実現している。また、管の内側に通したPC鋼棒にロードセル1を用いて引張力を加えることにより管軸方向荷重（＝圧縮方向軸力）を载荷した。管軸直角方向荷重はロードセル2を用いて管端部（＝自由端）に鉛直上向きに载荷した。

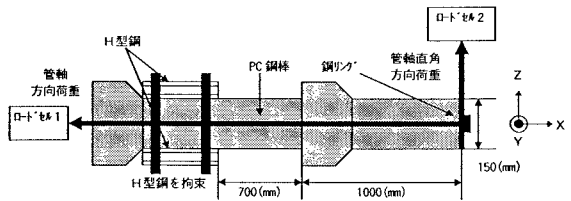


図3.1 実験装置

(2)解析モデルおよび解析ケース：解析モデルを図3.2に示す。解析は管本体を3次元ソリッド要素で、継手部内のゴムリングをばね要素でそれぞれモデル化し、管の寸法等はすべて実験装置と同じとした。また、管の物性値は、コンクリート標準示方書（設

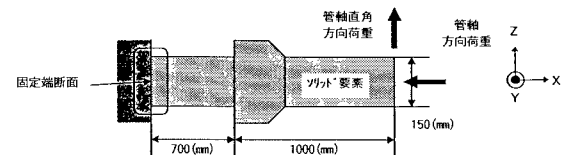


図3.2 解析モデル

キーワード：下水管渠、継手、耐震、解析モデル

¹〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1 TEL03-5320-6607 FAX03-5388-1707²〒101-8443 東京都千代田区神田錦町2-3 TEL03-5281-5320 FAX03-5281-5331

計編）における設計基準強度 $300(\text{kgf/cm}^2)$ のコンクリート製と考え²⁾、設定した。解析ケースは、固定端の拘束条件は実験との整合性を考慮して、完全拘束と部分拘束の2ケースを設定した。完全拘束は、固定端断面の全節点の全自由度を拘束している。また、部分拘束は、固定端断面の管体の側部3節点のみを全自由度拘束し、他の節点については図 3.2 で示した座標系での Y 軸まわりに対する回転方向のみ許した。これは、実験装置において固定端となるべき断面が管の断面変形によりある程度回転してしまう場合を想定している。

(3)算定項目：これらの実験装置および解析モデルで、まず管軸方向荷重として $0.9 [\text{tonf}]$ を加えた。この値は、予備解析により管軸方向荷重の増加に伴う曲げ方向特性が安定することより用いた。つぎに管軸直角方向荷重を徐々に载荷し、自由端で生じる管軸直角方向変位と、最大応力が発生する箇所（図 3.1 および図 3.2 に示した管軸直角方向荷重が鉛直方向上向きの場合 2 管の接合面の管頂近傍）での管軸方向ひずみを求めた。

4. 実証実験による解析モデルの妥当性評価

(1)管軸直角方向変位：管軸直角方向荷重と管軸直角方向変位との関係を図 4.1 に示す。実験結果は、解析結果における端部拘束条件を完全拘束とした場合と部分拘束としたケースとのグラフの領域内にある。両解析ケースは固定端の回転的な変位に関する両極限状態をモデル化していることから、実験では端部断面の拘束条件が完全拘束にはならず、端部断面ではある程度の回転的な変位が生じたものと推測できる。この回転的な変位による管軸直角方向変位の増加を考慮すれば、解析結果と実験結果は良好な一致を示すと考えられる。

(2)管軸方向ひずみ：図 4.2 に、管軸直角方向荷重と管軸方向ひずみとの関係を示す。図 4.2 より、解析結果の2ケースはほぼ同値を示しており、固定端の拘束条件が継手部の曲げ方向特性に影響を与えていないといえる。また、解析結果と実験結果の双方とも、管軸直角方向荷重の増加に伴って管軸方向ひずみが単調増加し、その増加傾向もほぼ同様であるが、値としては、実験結果は解析結果より小さな値を示した。この理由は継手部の分離のし易さの程度に起因していると推測される。実験では継手部にゴムリングが設置されており、ゴムリングの摩擦抵抗が継手部の分離を抑制すれば、実験において継手部に発生するひずみが小さくなると説明できる。一方、解析モデルにおいて、2 管が接続された状態におけるゴムリングの特性を考慮した設定が極めて困難なことから、ゴムリングをばね要素でモデル化したことは現実的ではない。しかし、継手部の分離のし易さの程度は（解析>実験）となり、解析モデルは継手部の曲げ方向特性を安全側に評価している。従って、設計・施工時の情報提供という観点において、本解析モデルの設定は有用と考えられる。

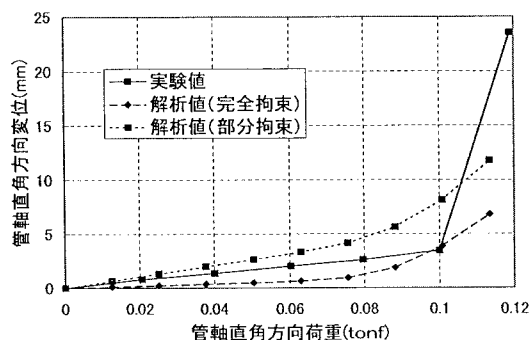


図 4.1 管軸直角方向荷重－管軸直角方向変位

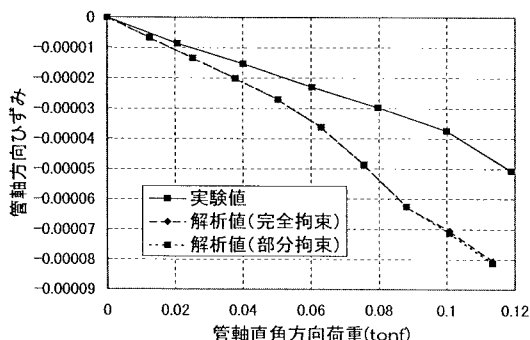


図 4.2 管軸直角方向荷重－管軸方向ひずみ

5. おわりに

本編では、継手部の剛性低下を考慮した3次元モデルを構築し、解析結果と実証実験結果との良好な一致から解析モデルの妥当性を検証した。なお、本実験を行うにあたり、多大なご協力をいただいた日本ヒューム管株式会社技術研究所の石井氏、辻村氏、井川氏に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説、1997.8
- 2) 土木学会コンクリート委員会コンクリート標準示方書改訂小委員会：コンクリート標準示方書（設計編）、土木学会、1991.9