

上海市における下水道管渠に関する調査分析

西日本工業大学 大学院環境システム分野 ○学生員 丁 怡
西日本工業大学 工学部土木工学系 正会員 濱本 朋久

1. はじめに

日本の国土面積は約 37 万 km²であり、人口¹⁾は 2020 (令和 2) 年 7 月現在において約 1.2 億人である。多くの国民の社会生活には欠かせないインフラである下水道施設に関して、日本の下水道普及率に言及する。下水道普及率とは、下水道を全体人口の何人が利用可能かを示す割合である。日本の下水道普及率は、2018 (平成 30) 年 3 月末時点において、78.8%である。これより、日本の下水道普及率は人口密集地域ほど下水道普及率が高く、人口密度が低い地域は下水道普及率が低くなる傾向である。一方で、日本における下水道施設の老朽化について言及する。下水道管渠の維持管理とは、管渠の機能を保全するために、施設の点検・調査を実施し、施設の損傷評価・機能保全を目的とするが、施設の現状として、2018 年度末における全国の下水道管渠の総延長は約 48 万 km である。また、標準耐用年数 50 年と仮定すると、50 年を経過した管渠の延長約 1.9 万 km (総延長の 4%) である。2018 年で約 2,200 箇所ある下水処理場でも、機械・電気設備の標準耐用年数 15 年を経過した施設が約 1,900 箇所 (全体の 86%) と老朽化が進行している。これらより、持続可能な下水道機能を確保するため、計画的な維持管理・改築事業の実施が必要である。そこで本研究では、老朽化した下水道管渠に着目し、中華人民共和国 (以下、中国と称す) における老朽化している下水道管渠の資料収集により、日本と比較検討を実施する。加えて、化学的に損傷している下水道のヒューム管を対象に、3 次元数値解析モデルを構築し、地盤バネを考慮した曲げ応力に関する検討を実施する。

2. 中国における下水道管渠の現状

図-1 に示す中国の国土面積は約 960 万 km²であり、日本の約 26 倍となる広大な面積である。また、人口は約 14 億人であり、日本の約 11 倍である。中国の国家統計局²⁾ に集計された 2014 年における下水道管渠の総延長は、約 51.1 万 km である。また、各都市における下水道管渠の整備総延長に対する内訳を、図-2 に示す。これより、北京市は約 1.4 万 km で、天津市は約 1.9 万 km で、河北省は約 1.6 万 km で、山西省は約 7.4 万 km で、上海市は約 2.1 万 km で、南京市がある江苏省は約 6.6 万 km で、河南省は約 1.9 万 km で、四川省は約 2.1 万 km である。ここで、日本との比較を実施するために、日本全国の面積当たり管渠整備延長 (万 km/万 km²) と日本全国の総人口当たり管渠整備延長 (万 km/億人) を仮定する。日本全国の面積当たり整備延長は、1.3 万 km/万 km² で、日本全国の総人口当たり管渠整備延長は 38.4 万 km/億人となった。さらに、図-3 に、代表的な都市を抽出した市や省に関する都市人口当たりの管渠整備延長を示す。この図より、北京市や上海市などの大都市では、日本全国の総人口当たり管渠整備延長 (km/億人) に比べて、北京市や上海市などの大都市の都市人口当たりの管渠整備延長はかなり低い割合であることが確認できた。しかし、大都市における管路総延長の変化は、1978 年「改革・開放政策」実施後の 30 年間で飛躍的に延伸されていることが確認できた。



図-1 上海市の位置図

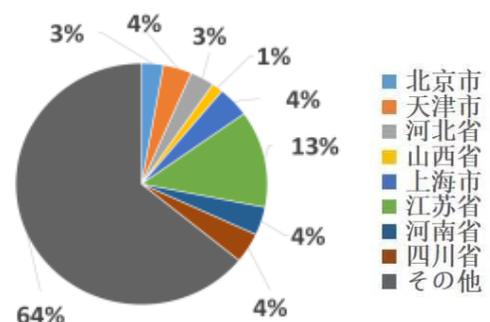


図-2 中国の下水道管渠整備延長

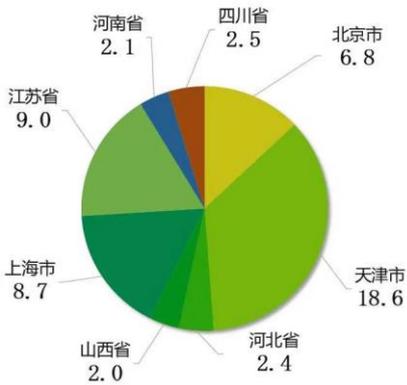


図-3 中国の都市人口当たり管渠整備延長 (万 km/億人)

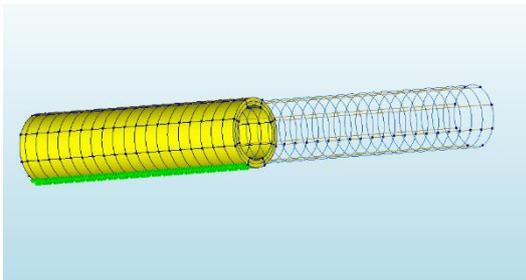
図-4 上海市の管渠整備状況³⁾ (加筆修正)

図-5 数値解析のモデル化

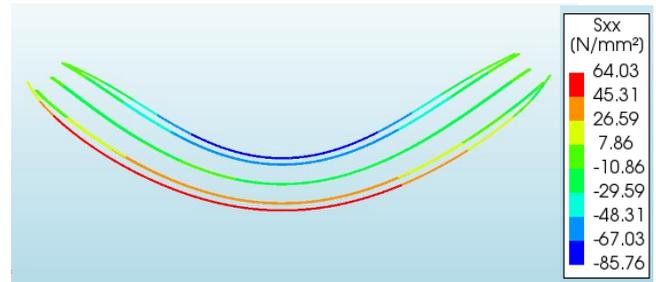


図-6 数値解析結果

次に、図-4 に示す中国の上海市における下水道整備状況³⁾に関して、1923 (大正 12) 年に上海市で白滝港処理区の北区下水処理場が竣工されたことから、下水道管渠は 50 年と仮定した耐用年数を超過しているため、早急な老朽化の対策が懸念されることも確認できた。

3. 数値解析の結果および考察

下水道管渠に採用されているプレキャスト部材であるヒューム管を対象に、汎用有限要素ソフトウェアである DIANA10.4⁴⁾ を用いて、曲げ応力に関する解析的基礎検討を実施した。また、図-5 に示すように、3次元有限要素のモデルは、コンクリートを 8 節点アイソパラメトリックソリッド要素 (8 積分点) でモデル化し、鉄筋は梁要素 (1 積分点) でモデルを構築した。ヒューム管の径は $\phi 200\text{mm}$ とし、一般的なカタログから主鉄筋は鉄線 $\phi 3.2\text{mm}$ とした。せん断補強筋は $\phi 2.6\text{mm}$ - 間隔 100mm の螺旋状鉄線であるが、本数値解析モデルでは 100mm 間隔の円形フープ筋を配置した。数値解析条件として、施工方法は土被り 3.0m の開削工法とし、既設の老朽化を想定して、建設当時の輪荷重である T-20 も考慮した。ヒューム管の支持条件として、敷設時の制約条件が良好な支持地盤を想定して、地盤バネを考慮した。数値解析結果を、図-6 に示す。この図から、支間中央部における引張側主鉄筋の曲げ応力は 64.03 N/mm^2 となった。

4. おわりに

本研究では、老朽化した下水道管渠に着目し、中国における老朽化している下水道管渠の資料収集により、日本を整備指標と仮定することで比較検討を実施した。加えて、化学的に損傷している下水道のヒューム管を対象に、3次元数値解析モデルによる基礎的検討を実施した。今後は、中国の既存資料を追加収集し、数値解析モデルの非線形性や付着すべりを検討する予定である。

参考文献

- 1) 総務省統計局：人口推計，2020。
- 2) 国家统计局：下水道管路统计，2014。
- 3) 日本下水道管路管理業協会：下水道管路管理業務の中国市場 調査報告書，2011.4。
- 4) TNO Building and Construction Research：User's Manual of DIANA Finite Element Analysis，2020。