

地震に強い下水道マンホールを設計する

～下水道マンホール耐震計算システム～

Seismic Design System of Sewerage Transportation Facilities

西方 博幸
Hiroyuki NISHIKATA

川田テクノシステム株式会社
開発二課課長

本間 康浩
Yasuhiro HOMMA

川田テクノシステム株式会社
開発二課

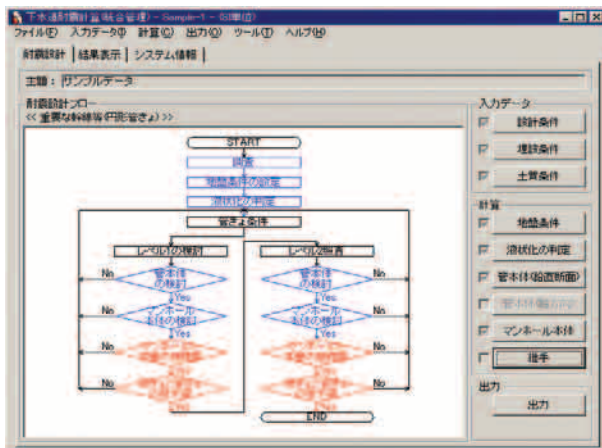
萩原 賢司
Kenji HAGIWARA

川田テクノシステム株式会社
開発二課

下水道は、市民生活に欠かせないライフラインとして地震災害時にも機能を保持する必要があります。平成7年に発生した兵庫県南部地震を契機に日本下水道協会から「下水道施設の耐震対策指針と解説-1997年版-」¹⁾が発刊されました。しかし、指針本文だけでは計算の詳細がわからず計算例も少ない等の理由から「下水道施設耐震計算例-管路施設編-2001年版-」²⁾が発刊され下水道施設の耐震設計が本格的に推進されるようになりました。川田技報Vol.19³⁾で円形管きよを中心に紹介したのに続き、今回は下水道マンホールの耐震計算システムを開発したので紹介します。

下水道耐震計算システムの全体構成

下水道耐震計算システムは、液状化、円形管きよ、矩形管きよ、接続部および継手、マンホールという管路施設全体を網羅しています。そして、下図のように全体を管理するシステムがあって、①データ管理の一元化、②設計順序の把握等の特色があります。



下水道耐震計算 (統合管理) システム

以下にマンホール耐震計算に絞ってシステムを紹介します。

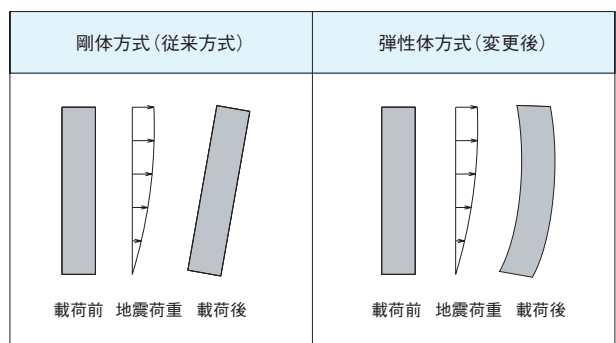
マンホールの耐震計算^{1),2)}

施工性・経済性を考慮し、現在では組立マンホールが一般的になっていますが、組立式で対応できない箇所には現場打ちマンホールが採用されています。

(1) 現場打ちマンホールの耐震計算

従来の指針の計算例¹⁾では、現場打ちマンホールを剛体として考えられていましたが、今回の変更後の計算例²⁾では曲げ剛性を考慮した弾性体とする手法に変更されました。

下図のように現場打ちマンホールは、剛体方式と比較して弾性体方式の方が地震荷重に対してフレキシブルに変形していることがわかります。



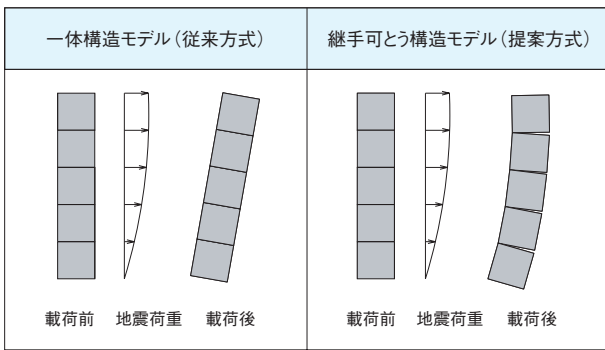
現場打ちマンホール計算手法の変更模式図²⁾

なお、常時計算を行った後に耐震計算する設計手順が一般的ですから、本システムでは常時計算も用意しています。

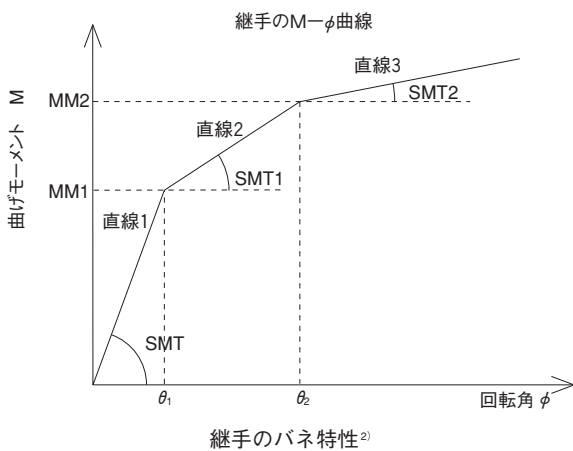
(2) 組立マンホールの耐震計算

従来の指針の計算例¹⁾では、組立マンホールを一体構造として考えていました。しかしながら、組立マンホールは、既製コンクリートブロックを継手を介して接続して積み重ねた構造です。しかも、この継手は可とう性ですから、現場打ちマンホールの考え方をそのまま採用するわけにはいきません。

そこで、今回の変更後の計算例²⁾では継手の変形特性を適切に評価する方法としてバネ評価を採用しています。



組立マンホール計算手法の変更模式図²⁾



継手のタイプにはメーカーによって多様なものがありますが、①接着剤、②金属プレート、③ボルトの3タイプに大きく分類されます。一方、バネ定数については、継手のバネ特性に示した図のように、直線1：マンホール自重による軸圧縮力の開放域、直線2：継手構造の弾性域、直線3：継手構造の塑性域の3段階に変化するトリ・リニアモデルが採用されています。システムでは特殊な継手タイプにも対応できるようバネ定数の直接入力も可能としています。

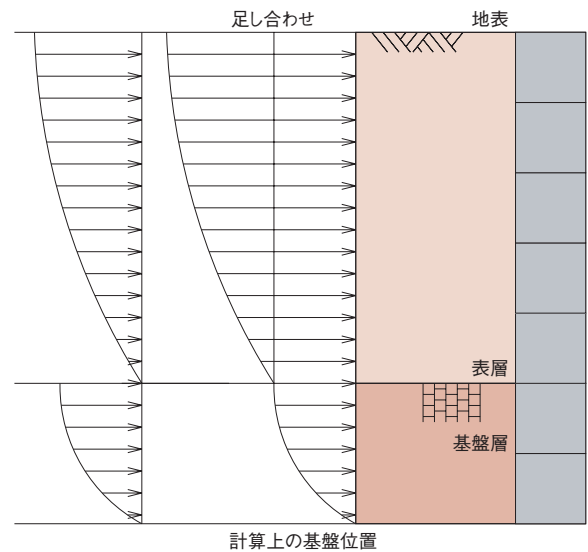
この手法によって、地震時の計算をすると継手の目地が開口して変形することがわかります。

一方、継手の目地開口量が大きいほど地震に対してフレキシブルに対応できますが、開口量が許容値以下になるよう設計する必要があります。地下水が多量に入ると下水処理場の生物処理に悪影響を与えたり、下流にある下水管の流下能力を超えるとマンホールから下水が噴出する恐れもあります。地下水と共に土砂が流入すれば下水管が詰まることも考えられます。したがって、レベル1地震動では地震後の止水機能を有する範囲、レベル2地震動では土砂の流入がない程度の許容範囲が具体的に定められています。

部分的に基盤層に入るマンホール⁴⁾

設計地震外力の算出には、応答変位法を採用しています。この方法は地中の基盤層という極めて強固な面の地震時振幅をゼロと設定し、その上部の表層である地表に向かって振幅が増幅すると考えます。したがって、基盤層をどの位置に設定するかが極めて重要なことです。

一方、地域によっては部分的に基盤層に入るマンホールも存在します。この場合には、表層と基盤層の部分を別々に応答変位法で計算し地震外力を算出します。そして、その2つの外力を足し合わせる方法をシステムに機能追加しました。



マンホールが部分的に基盤層に入る場合の考え方⁴⁾

おわりに

本システムは幸い多くの技術者に利用され、操作性の向上やよりわかりやすい設計書へと改善してきました。

今後は、さらに機能改善に努める他、例えば下水管によってマンホールに大きな開口がある場合の照査の方法を提案できるように考えています。

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年版－，1997.9.
- 2) 日本下水道協会：下水道施設耐震計算例－管路施設編－2001年版－，2001.6.
- 3) 西方，本間，田巻，秋山：川田技報，Vol.19，2000.1.
- 4) 東京都下水道サービス(株)：下水道施設耐震構造指針(管路施設編)，2002.4.