

マンホールと本管の接続部の耐震化を可能とした 非開削による既設人孔耐震化工法

キーワード

耐震化，人孔接続部，フレキシブル，更生管（自立管），非開削

中村 敏信

NAKAMURA Toshinobu

下水道既設管路耐震技術協会
技術委員



1. はじめに

非開削による既設人孔耐震化工法（以下，本工法という。）は，平成7年に発生した阪神淡路大震災を契機に開発された。下水道施設は，この大地震で甚大な被害を被り，市民生活に多大で，深刻な影響を与えた。また，避難施設の下水道も損傷を受けたため，トイレ等が全く使用できる状況ではなくなってしまった。

震災時にライフラインを確保することは，最も重要な課題のひとつである。そのため下水道施設の耐震化を図ることは必要不可欠なことである。しかし既設管を開削工法で耐震化するには，莫大な費用と長い年月を必要とする。

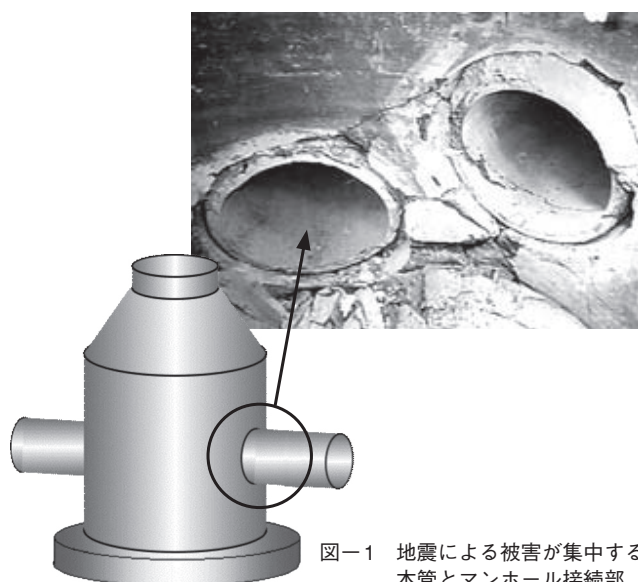
阪神淡路大震災において，下水道施設が受けた被害は，管きょとマンホールの接続部及びその周辺に集中していた。その破損の程度も，接続部付近で最も大きかった。また，接続部の破損の他にもコンクリート部の剥離，ヒューム管の鉄筋露出等もみられ，下水道の流下機能が完全に失われることになった。これらの被害は，マンホールと本管が，地震動に対する動きの違いを吸収出来ないことに起因している。

そこで，本工法は，最も被害の集中するマンホールと管きょの接続部を地殻変動に対応できるように柔軟な構造に改良でき，且つマンホール内部より非開削で耐震化できる方法として，開発された。

平成13年度の施工開始以降も，十勝沖地震，新潟県中越地震，新潟県中越沖地震，東日本大震災等が発生し，そのたびに下水道施設も甚大な被害を受け，ライフラインとして下水道の重要性が再認識されることとなった。平成18年度に国土交通省では，地震時に

下水道が最低限有すべき機能を確保する耐震化の促進を緊急且つ重点的に進めることを目的とした「下水道地震対策緊急整備事業」をスタートさせた。

本稿では，本工法（通称「ガリガリ君」）の非開削で耐震化を行うための施工方法や耐震性能，また近年増加している老朽化した本管への管きょ更生（長寿命化）にも耐震性を付与できる技術を開発したので，その技術概要を報告する。



図ー1 地震による被害が集中する本管とマンホール接続部

2. 耐震化の基本方針

本工法は，本管とマンホールの接続部の耐震化を可能とする工法であり，レベル2地震動に対する耐震対策の基本方針を満たす工法である。耐震対策の基本方針は，以下の3点である。

- ①引張が生ずる部位は、伸びあるいはズレを許容する構造とする。
- ②圧縮が生ずる部位は、圧縮時に衝突による衝撃を緩和させる構造とする。
- ③曲げが生じる部位は、屈曲が可能な構造とする。

また、耐震対策の基本方針は、(公社)日本下水道協会が発行している「下水道施設の耐震対策指針とその解説」(1997年度版)(以下、耐震指針という。)で地震に対する下水道施設の構造面での対策方法が提示されている。これは、既設管とマンホールの接続部の耐震化に言及したもので、更に平成20年に発行された「管きょ更生工法の耐震設計の考え方(案)と計算例」(以下、計算例という。)では、更生管(自立管・複合管)とマンホールの接続部の耐震性能について、検討及び計算方法が示された。これにより更生管への耐震対策が明確になった。

この耐震指針及び計算例は、下水道の本管とマンホール接続部の耐震化の基本となっている。

本工法においては、既設管及び更生管(複合管)対応と更生管(自立管)対応の2種類あり、本管の種類・更生の種類によって使い分けている。

3. 工法の概要と特徴

3-1 工法の概要

本工法は、既設管及び更生管(自立管・複合管)とマンホールの接続部の耐震化をテーマとして、以下の方法で施工される。

- ①本管とマンホールの接続部を専用の切削機で切削し、マンホールと管きょを構造的に分離させ、その切削部分に弾性材等を充填し、フレキシブルな構造に改良することにより、耐震性と止水性を確保する。
- ②管口のインバート部に吸収ゴムブロックを設置し、変位を吸収できるインバート構造とする。

これにより管の屈曲や突出しに対応できる構造に改良し、レベル2地震動規模の地震においても下水の流

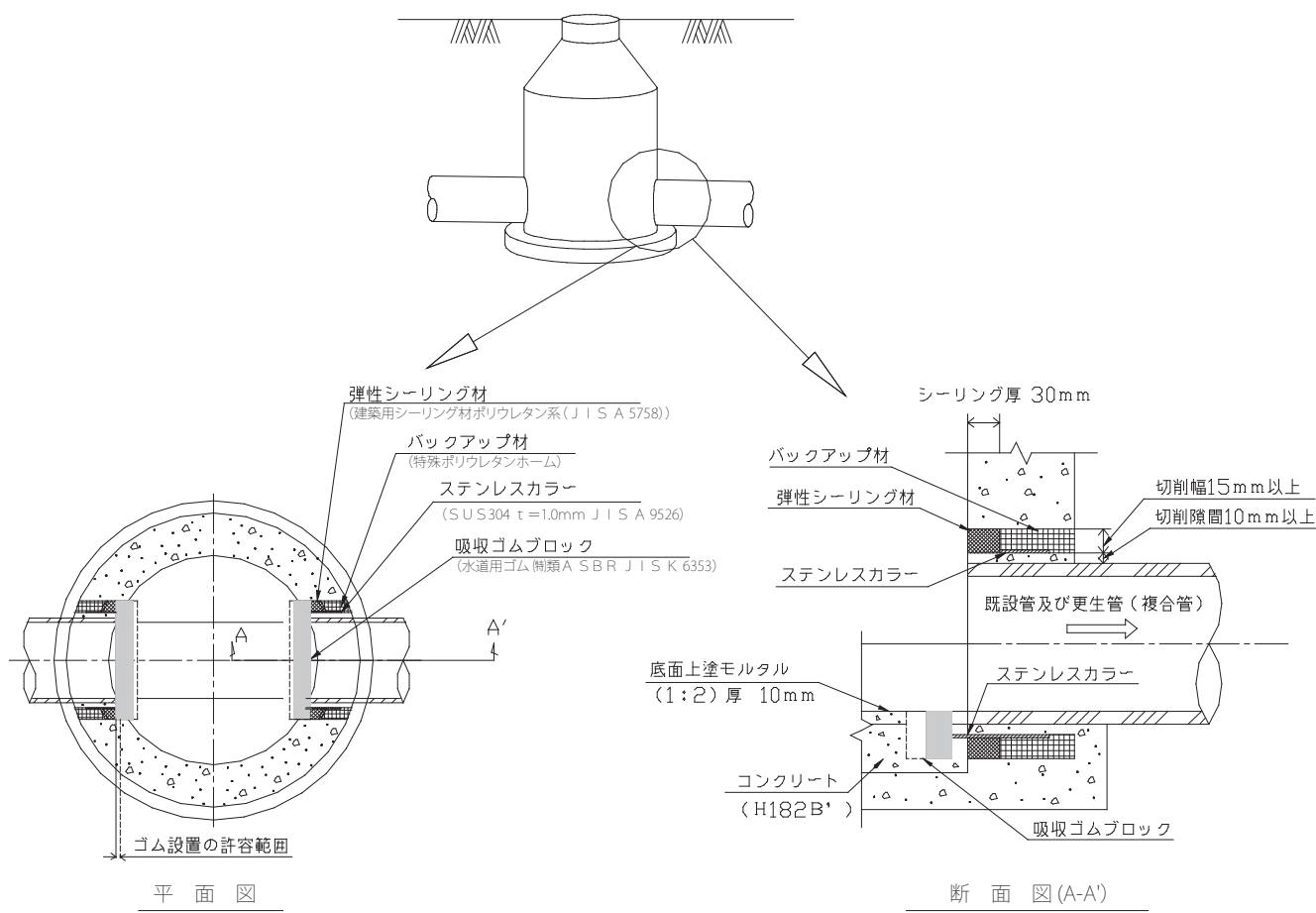


図-2 既設人孔耐震化工法 概念図

下機能を確保できるようになる。また、本管のマンホール内への突出しに対しては、インバートに設置された吸収ゴムブロックにより突出し量（40mm）を吸収できる構造となる。

3-2 切削方式

本工法は、専用の切削機で施工対象管口の外周部を切削し、マンホールと本管を物理的に分離させる。そして、その切削加工された溝に柔軟な材料（バックアップ材、弾性シーリング材）を充填し、屈曲・拔出しに対応する。その切削には、コアカット方式とラインカット方式の2種類がある。

(1) コアカット方式（写真-1）

接続管きよの外周を円筒形カッターで切削するもので、管の外周部を均一に切削加工する。

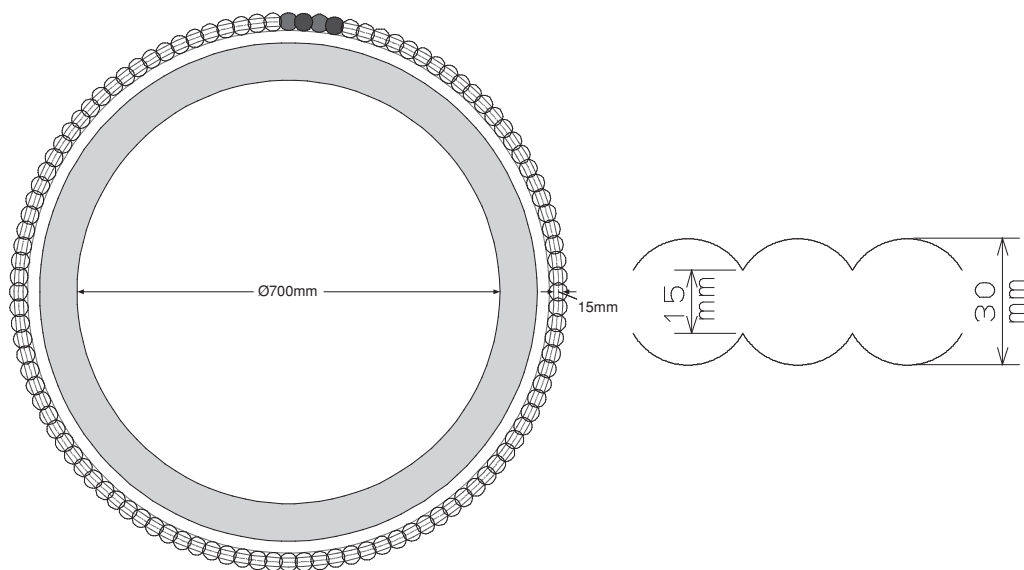


図-3 ラインカット方式 切削加工概要

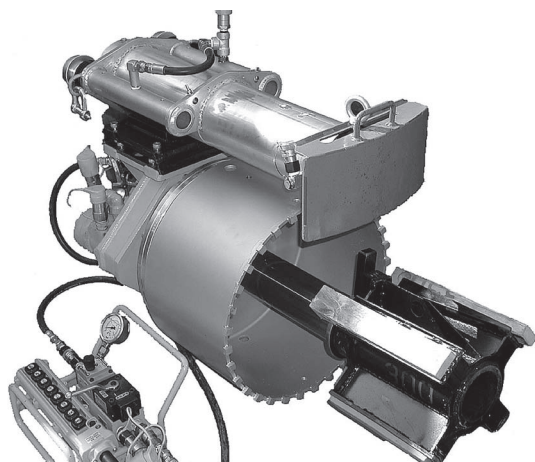


写真-1 コアカット方式

(2) ラインカット方式（写真-2）

管きよの外周部を小口径（φ30mm）の2連式コアドリルで連続的に削孔を繰り返し、削孔を重ねあわせることで、ライン状に切削する方式である。（図-3）

施工に際しては、主にコアカット方式を使用する。ラインカット方式は、下水道本管内に光ファイバケーブル等が布設されている場合、光ケーブルを避けて削孔することができるため、光ケーブルを移設することなく、施工が可能である。また、切削する部分は、本管を損傷させることがないように10mmのクリアランスを確保している。コアカット方式には、前述のとおり既設管及び更生管（複合管）対応と更生管（自立管）対応の2種類があり、本管の種類・更生の種類によって、その切削溝幅が異なる。

既設管及び更生管（複合管）：切削溝幅15mm

更生管（自立管）：切削溝幅25mm

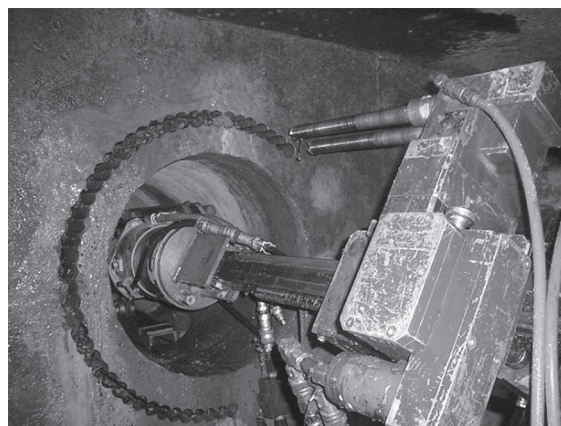


写真-2 ラインカット方式

3-3 耐震性能

耐震性能は、耐震指針に示される「レベル2地震動」に想定されたものであり、屈曲角と地盤の永久ひずみによる拔出し量を計算している。

(1) 地震動による屈曲角

管の屈曲角を計算するための地盤条件を表層地盤厚10～50m、人孔深さ2～5m、設計応答速度25～80cm/秒、地盤の固有周期0.25～2秒、せん断弾性波速度50～300m/秒とすると、計算より屈曲角0.003～0.73度となる。

これにより、安全率を加味し最大屈曲角を1度とした。

(2) 地盤の永久ひずみによる拔出し量

地盤の永久ひずみを1.5%とすると、管の有効長が2.43mの場合36mmとなる。これにより、最大拔出し（突き出し）量を40mmとする。

また、更生管（自立管）における計算例では、検討項目を地震動によるものと液状化地盤による場合で分類されており、計算方法は、参考として示されているのみである。

屈曲、拔出し変位量は、地震動の場合よりも液状化地盤によるほうが大きくなる傾向が多いため、本工法でも液状化地盤を想定し、性能を設定している。

上記の結果より、本工法は、表-1に示すように耐震性能を設定している。また、各変位条件化においても、外水圧0.05MPaに耐える水密性を確保している。

3-4 工法の特徴

本工法は、地域住民への影響の低減等を考慮し、通常行われる開削での施工ではなく、非開削でマンホール内部より耐震化を行うことが最大の特徴である。また、小さく作業帯を設置できるために以下のような利点もある。

- ・ 通行止め等による交通障害が少ない

- ・ 工期の短縮が図れる
- ・ 周辺地盤、埋設物への影響が少ない
- ・ 工費が低廉
- ・ 舗装工事が無いため、占用・復旧等の影響がない

3-5 施工範囲

適用管種：鉄筋コンクリート管、陶管、塩ビ管、更生管（自立管・複合管）

適用管径：内径250～700mm

マンホール形状：内径900mm以上

マンホール口径600mm以上

壁厚300mm以内

マンホール深さ：5m以内

4. 施工方法

本工法の標準施工手順を図-4に示す。

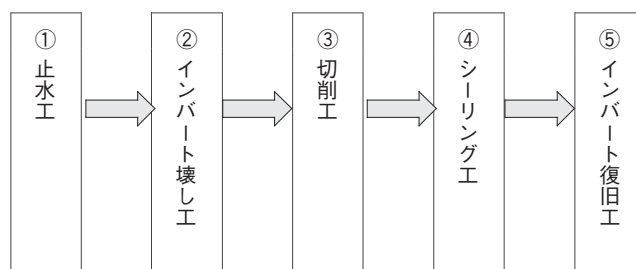


図-4 標準的な施工フロー

施工手順は、コアカット方式、ラインカット方式どちらの切削方式でも基本的に変わらない。また、コアカット方式においても切削溝幅の違いのみであり、既設管及び更生管（複合管）と更生管（自立管）の施工手順は同じである。以下の説明においては、コアカット方式を例に説明する。

表-1 耐震性能表

耐震項目 切削方式、種別	拔出し変位		突出変位	
	屈曲角	軸方向変位	屈曲角	軸方向変位
コアカット方式 既設管及び更生管（複合管）	1°	40 mm	1°	40 mm
コアカット方式 更生管（自立管）	5°	100 mm	1°	40 mm
ラインカット工法	1°	40 mm	1°	40 mm

(1) 止水工

切削部分からの地下水の流入による土砂の引込等の発生を防止するため事前に人孔内部より削孔し、地山の止水を行う。

(2) インバート壊し工

管口の外周部を周囲切削するために、施工対象管口を露出させる必要があり、更に切削機械を設置するスペースを確保するため、インバートを管底より15cm程度壊す。

(3) 切削工

マンホール蓋径600mmから切削機を搬入し、切削を行う。切削機は、施工対象管きょに合わせ、マンホール内で組立てながら設置する。呼び径400mm以上のコアカッターは、一体型だとマンホール蓋径600mmからは搬入出来ないために分割式となっている。分割数は、施工対象最大径の700mmで5分割となる。分割式のコアカッターをマンホール内で、円形

に組立て、切削機に取付け、施工準備完了となる。

準備完了後、注水を行いながら回転させたコアカッターを前進させて所定の深さ（マンホール壁厚分）を切削する。切削加工後の状況は、写真－3参照。ラインカット方式は、写真－4参照

(4) シーリング工

切削工で形成した切削溝（15mmもしくは25mm）に土砂の流入を防ぐため、バックアップ材（水膨張性ポリウレタンフォーム）を挿入する。その後、可とう性と止水性を確保するために弾性シーリング材（1液性ポリウレタン系湿気硬化型）を充填し、仕上げる。

(5) インバート復旧工

最後に事前に撤去したインバートの復旧を行う。その際、管口部分に地震時の突出し量を吸収するための吸収ゴムブロックを設置する。吸収ゴムブロックは、本管部に接するように設置することを標準とする。（写真－5参照）



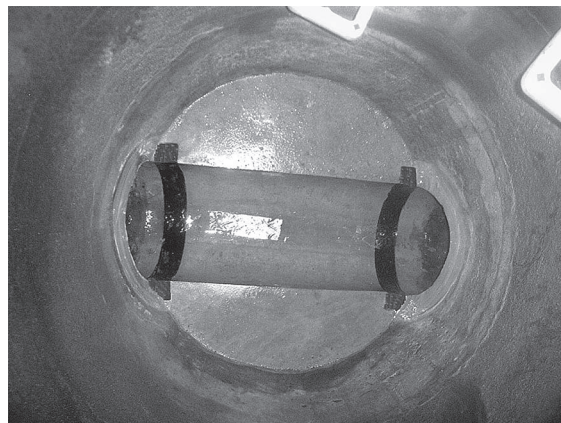
写真－3 コアカット方式による切削加工状況



写真－5 吸収ゴムブロック設置状況



写真－4 ラインカット方式による切削加工状況



写真－6 インバート復旧状況

5. 東日本大震災における追跡調査

3月11日に発生した「東日本大震災」は、未曾有の大惨事となった。

この巨大地震は、東北から関東地方の広範囲にわたっており、太平洋沿岸の下水処理場については、大



写真-7 未施工部分における本管とマンホール接続部の破損



写真-8 地震動の影響を受けていない耐震化施工済み箇所

半が津波により冠水し、壊滅的な被害を受け、管路施設も津波により破壊、管路破損や土砂の流入、マンホールの隆起など、下水道施設にも甚大な被害をもたらした。

震災直後の本工法の施工箇所への追跡調査を行った。調査場所は、東京都区内で震度5以上の強い揺れを受けた地域と仙台市の耐震化施工済み箇所とした。

調査内容は、上記地域で本工法が未施工で被災したマンホールとその周辺で施工済みのマンホールとし、耐震化工法における性能比較を行った。未施工箇所では、本管とマンホールとの接続部の損傷およびマンホール自体の損傷を確認した。(写真-7参照) 一方施工済み箇所では、地震動の影響を受けていないこと、地下水の流入がないこと、下水の流下機能が確保されていることが確認できました。

このことより本工法が、本管とマンホールの接続部において、耐震性能を発揮した結果であり、マンホールと本管の接続部の耐震化に対して有効であったことが証明された。(写真-8)

6. おわりに

平成21年度からは、「下水道地震対策緊急整備事業」が全国の自治体で実施され、管きょの耐震化、マンホールの耐震化等、数多くの耐震化工法の施工が急ピッチで進んでいる。その中で本工法は、幅広く下水道の耐震化を図れる技術として、全国規模で施工を展開しており、平成23年度までに合計25,238基のマンホールと本管の接続部の耐震化を実現している。

大規模な地震が発生する可能性が指摘されている今、ライフラインである下水道は、震災時においても流下機能の確保の必要性がますます高まっている。今後も今まで以上の技術革新を図り、下水道事業の耐震化に広く貢献できるものと考えている。

◆お問い合わせ先◆

下水道既設管路耐震技術協会

〒105-0004 東京都港区新橋5-33-11

Tel. 03-3437-6454 Fax. 03-3433-2945