

下水道管路施設管理の専門誌

JASCOMA

平成22年 1 月29日発行

JASCOMA

Vol.16
No.

32

特集 下水道マンホール

組立式マンホールとは／マンホール蓋の開発とその変遷

マンホールの地震対策／マンホール周りでの作業に関わる安全対策

特別寄稿

マンホールの水理学 荒尾 慎司

新たな下水収集システムの提案について 西村 秀士

不明水対策、その今日的な意義 後藤 清



公益社団法人

日本下水道管路管理業協会

JAPAN SEWER COLLECTION SYSTEM MAINTENANCE ASSOCIATION

目次

contents

■フォトドキュメント

・足もとのアート

「目立ちすぎない美学」コシノ ジュンコ 1

・マンホールができあがるまで

連続写真で見る組立式マンホールの施工現場 4

■特集 下水道マンホール

・組立式マンホールとは 6

・マンホール蓋の開発とその変遷 14

・マンホールの地震対策 19

・マンホール周りでの作業に関わる安全対策 28

■特別寄稿

・マンホールの水理学荒尾 慎司 32

・新たな下水収集システムの提案について西村 秀士 40

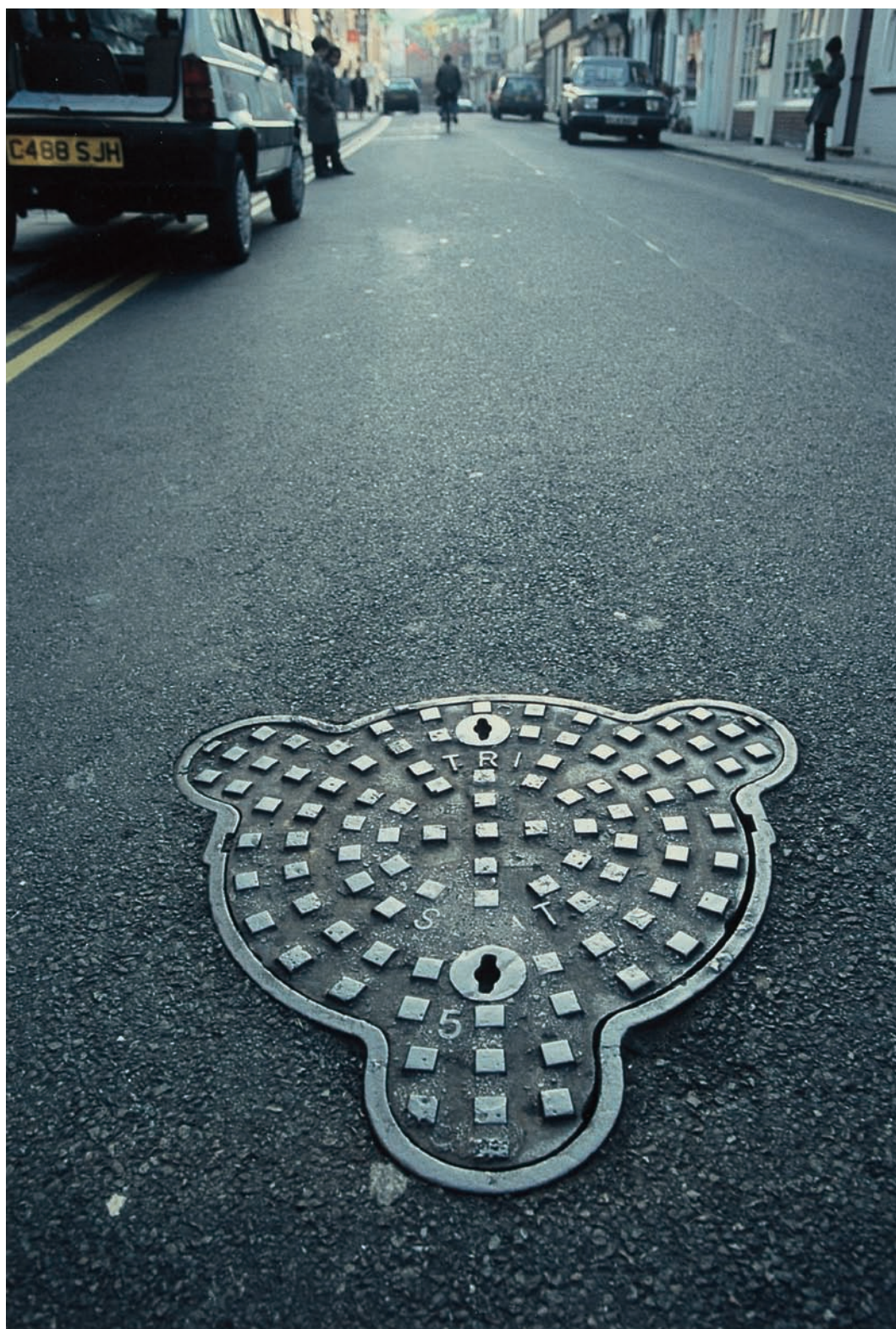
・不明水対策、その今日的な意義後藤 清 46

☐会務報告 52☐支部活動ニュース 54☐会員名簿 55☐発行図書一覧 66☐編集後記 67☐広告索引 68

表紙の写真

撮影：白汚 零

マンホールの底から見上げた丸い小さな空に、突然、鮮やかな機影が横切った。このような光景を見ることができるのは、広い世の中でもほんの一握りの人々だ。



ロンドン（イギリス）

人の目に触れるほとんど唯一の下水道施設とっていいかもしれないのが「マンホール蓋」です。自分が住んでいる土地で、あるいは旅先でマンホール蓋をじっくり見てみたことはありますか？世界には、街の景観と調和した機能的で美しいデザインのマンホール蓋があります。今回、そんな街角に佇むマンホールを誌上でご紹介するとともに、日本を代表するデザイナーのコシノ・ジュンコさんのコメントをいただきました。時には、下を向いて歩いてみませんか。

写真提供＝アトリエ・モッキン



マイセン（ドイツ）



フィゲラス ダリ美術館前（スペイン）

目立ちすぎない美学

JUNKO KOSHINO



新しいことへの挑戦は、人々の「用」に供せられて

もうひとつの輝きを増す

機能と美、用の美

都市の景観の中にたたずむ蓋の美学



バンコク（タイ）



天安門広場前（中国・北京）



ピサック（ペルー）



グルクン（タカサゴ）をデザイン
（沖縄・那覇市）



レンブラントの生家前
（オランダ・ライデン）

マンホールが できあがるまで

普段なかなか目にすることのできない組立式マンホールの施工現場。いったいどのようにしてできあがっていくのか。最近話題となっている浮上防止対策マンホールの施工状況を連続写真で紹介します。



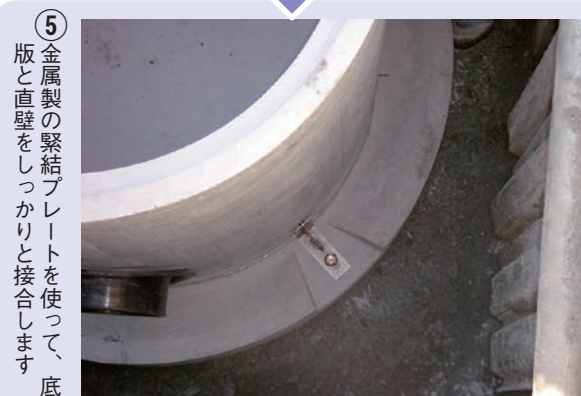
① 重機による掘削が終わったら、そこに碎石を投入し、突き固めながら平らにします



④ 直壁を吊り下げたまま、底板との位置を合わせて直壁を据え付けます



② 通常より大きめの底板をクレーンで吊り降ろして、下水道管の位置を確認しながら据え付けます（掘削幅は標準仕様と同じです）



⑤ 金属製の緊結プレートを使って、底板と直壁をしっかりと接合します



③ 直壁との接着面にシール材を塗布します。シール材は底板と直壁を接着させるだけでなく、止水性を付加するためのものです



⑥ 同じ方法で直壁の上に斜壁を接合し、その上に高さ調整用のリングを設置します。下水道管をつなげたら組立は完了です

最後に調整リング上にモルタルを敷き、そこにマンホール蓋の受枠、蓋を取り付けます。掘削箇所の埋め戻し、突き固め、舗装工事を行い、目地にモルタルを充填してマンホールが完成します。

（写真提供＝全国ユニホール工業会）

特集 下水道マンホール

組立式マンホールとは 主だった工法の構造と特徴

現場打ちから組立式へ

下水道マンホールは、下水道管渠の検査・維持点検・排気などの目的で、管渠の起点・屈折位置・勾配変化点・合流位置・直線部の中間位置などに設置されるもので、内部に人間が入って点検や維持管理ができる空間があることが前提となっている。

ここで紹介する「組立式マンホール」は、昭和55年に初めて製造が始まった。それまでのマンホールは、土木工事によって深い穴を掘り、型枠を組んでそこにコンクリートを流し込んで築造する、いわゆる「現場打ち」と呼ばれるものが主流であった。しかしながら、現場打ち施工は、工期短縮、合理化のネックとなっていたほか、道路に深い穴を長期間にわたり開けておく必要があり、一般市民の転落事故防止のための安全対策など経済的、精神的な負担が大きかった。

そこで、ヒューム管（鉄筋コンクリート管）メーカーなどが中心となって開発されたのが「組立式マンホール」である。

組立式マンホールは、鉄蓋と受け枠・調整部・斜壁・スラブ・直壁・底部などから構成されており、それらを管理された工場で製造し、現場で簡単に組立ができるようにしたもので、工期の短縮、安定した品質の確保、工費の縮減などが図れる工法として、開発以来、下水道事業に多く採用されてきている。

平成元年には、(社)日本下水道協会の下水道用認定適用資器材Ⅱ類に指定され、平成14年には17の組立マンホール工業会が認定された。また、平成17年4月1日付けで同協会の下水道用認定適用資器材Ⅰ

類に登録され、JSWAS A-11「下水道用鉄筋コンクリート製組立マンホール」となった。その大きさは国内規格で、以下のように決まっている。

サイズ (内径)	750mm	900mm	1200mm	1500mm	1800mm	2200mm
呼び方	0号	1号	2号	3号	4号	5号

開発進む組立式マンホール

このように、現在ではマンホールと言えば「組立式マンホール」を指すほどに普及してきた。市場規模は年間約250億円とも言われ、製造会社の数も250社以上を数えており、時代のニーズに合わせた新技術の開発や既存技術の改良・更新なども盛んに行われている。

ここでは、これら数多くある組立式マンホール工法のうち主だった6工法について、構造や特徴などの概要を各工法団体から紹介していただくことにした。



組立式マンホールの施工現場

ユニホール

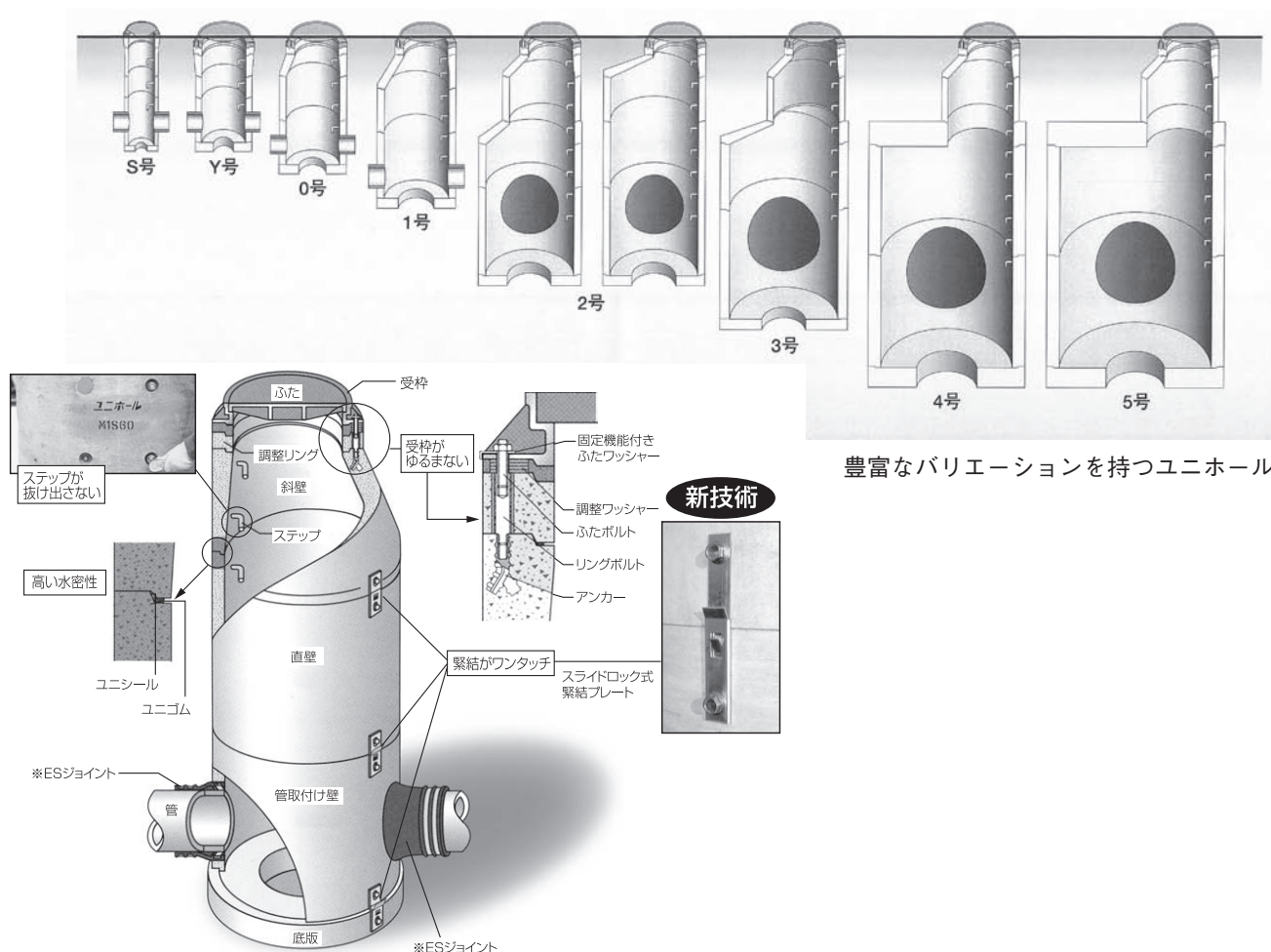
全国ユニホール工業会

日本で初めて完全プレハブ化した組立マンホールとして誕生した「ユニホール」は、マンホールの基本に立ち、長期に渡る設計・施工および生産面の研究から開発された製品であり、組立マンホールのパイオニアとして、ナンバーワンの実績を誇っている。

ユニホールは、マンホール設置工事の様々なニーズに応えるため、小型（内径600mm）～特大型（内径2,200mm）まで、高品質で信頼性の高い豊富なバリエーションと各種部材を取り揃え、施工性・耐久性および維持管理に優れ、高い水密性、昇降の安全性を確保したステップ等、組立マンホールに必要なあらゆる機能を備えたマンホールであり、「組立マンホールはユニホール」と多くのユーザーから厚い信頼を得ている。

また、近年、集中豪雨による深刻な浸水被害が発生しているが、ユニホールは雨水流出抑制にいち早く取り組み、「浸透ユニホール」をシリーズ化し、地震対策においても液状化による浮上を抑制するAF（アンチ・フロート）底版、AFリング、可とう継手のESジョイントを開発・製品化。さらに、深いマンホールへのニーズに対し、日本下水道協会規格JSWAS A-11のⅡ種（埋設深さ10mまで）を超える埋設深さ20mまで対応可能な「超深形（Ⅲ種）ユニホール」を業界に先駆けて規格化している。

ユニホールは、あらゆる機能を備え、徹底した標準化と供給体制を確立し、部材や部品交換等の維持管理に至るまで支障をきたすことのないよう配慮された、いつでもどこでも安心して入手できる「組立マンホールの理想」を集めたマンホールである。



豊富なバリエーションを持つユニホール

プレホール

全国プレホール工業会

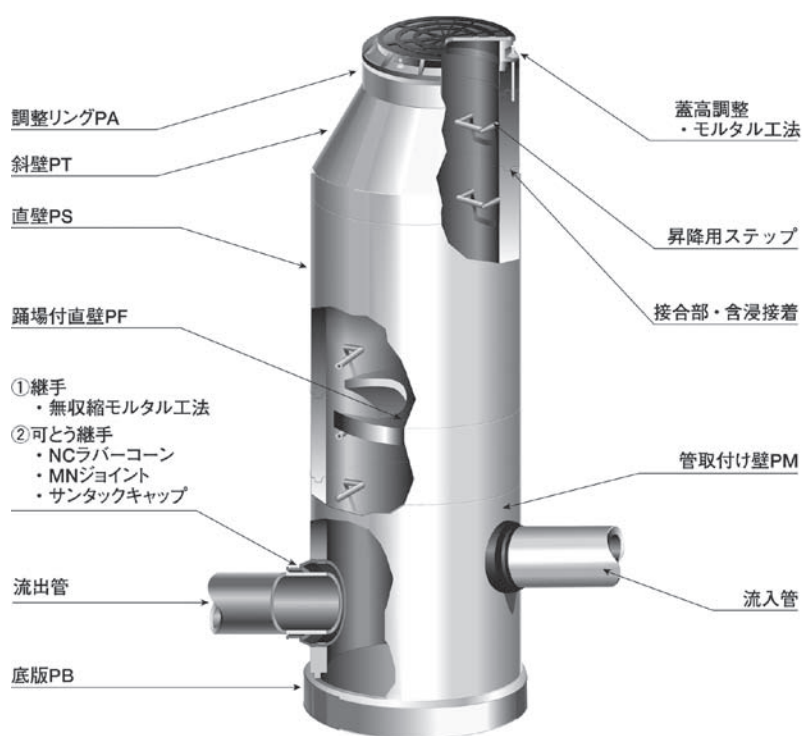
プレホールは、含浸接着工法により施工性、水密性、耐震性に優れた下水道用組立マンホールとして、1984年（昭和59年）に販売を開始。平成2年に日本下水道協会の「Ⅱ類認定資器材」に登録されてから着実に販売実績を伸ばし、最盛期には年間約70,000基を販売するまでに成長した。平成17年には組立マンホールが「Ⅰ類認定資器材」となり、全国に先駆け0～5号までのプレホールが認定された。また、平成19年には従来の耐震性能に加えて、施工現場において早期埋め戻しを可能にした弾性接着剤「プレクイック」を開発している。

プレホールは、各部材の接合において弾性接着剤による含浸接着工法を採用しており、シールゴム、パッキン、締め金具等は一切必要としない。基本的にはマンホール外面での作業がないため掘削断面が少なく、施工が簡単で迅速に据え付けることができ経済的である。含浸接着工法とはプレホール独自の工法で、プレキャストコンクリート部材を完全に接着し、フレキシブルな接合部構造を持つ一体マン

ホールを構築する。スポンジに含浸させた弾性接着剤を目地溝に敷き並べ、部材を重ねるだけの簡単な方法で、供用時には基本的な強度性能を、地震時にはそのエネルギーを吸収する変形性能があり耐震性を向上させている。

また、ステップ幅が400mmと広いため安全に昇降ができ、取り付けも含浸接着工法を用い、部材と完全に固定されることで脱落や浸入水の恐れがないこともプレホールの大きな特長である。

その他の関連製品として、都市化に伴う雨水流出量の増大や地下水位低下等の問題を解決するために雨水浸透を目的とした「浸透プレホール」、地震時における緊急車輛等の通行確保を目的として、液状化によるマンホールの地表面への突出を抑制する「FCプレホール」を開発している。現在、北海道から沖縄まで正会員24社で製造および販売を行っており、全国各地にプレホールを供給できる体制を整えている。



弾性接着剤による含浸接着工法を特徴とするプレホール

■エバホール

全国エバホール工業会

エバホールは、1983年の製造開始当初から耐震性、可とう性、止水性を重視して開発・製造されてきた。各部材のジョイントは、緊結金具と特殊シール材「エバシール」等の各種接合工法によって下部から上部まで完全に一体化され、抜群の止水性を発揮する。また、本管との接続部には可とう継手を採用し、多種多様の管種、管径、角度に対応できるよう独自の技術によりインバートを工場生産化してきた。

施工が簡単で、現在問題となっているインバート工、熟練工不足を解消するほか、PL法に対応した専用クランプ（吊り下げ金具）を使用することにより、スピーディで安全な施工が可能である。

また、平成17年にはゴム継手一体ソケット、インバート付の「新型エバホール」を開発した。これは、マンホールと配管を接続するための耐震ゴム継ぎ手を本体に埋め込んで工場で一体成形し、地震が起きても接続部が容易に外れない構造になっている。

1 本目のバンドが管を支持、2 本目が管およびゴム継手の変形等による管と継手のすきまをふさぐ「ダブルロック機構」、耐震可とうゴム継手を直接管口に埋め込む「ビルトイン・ジョイント機構」、ソケットが管を受け止め、転圧時の土圧からの管の保護と、高い保持力を実現した「プロテクト機構」などの特徴がある。

この「新型エバホール」は、維持管理性、施工性、止水性を向上させると同時に、全種類を完全に工場生産化（ノン後削孔）することにより、管口からの不明水の浸入、不同沈下などの設置後のトラブル要因を100%クリアした。管の振れ角度は最大7.5度あり、現場での施工誤差にも柔軟に対応する構造となっている。



ゴム継手一体ソケット、インバート付の「新型エバホール」

コネクトホール

コネクトホールは、安全で耐久性というニーズに応えるために開発された組立式マンホールで、現場状況に合わせて対応できるように円形・楕円・角形と製品の種類を豊富に取り揃えている。

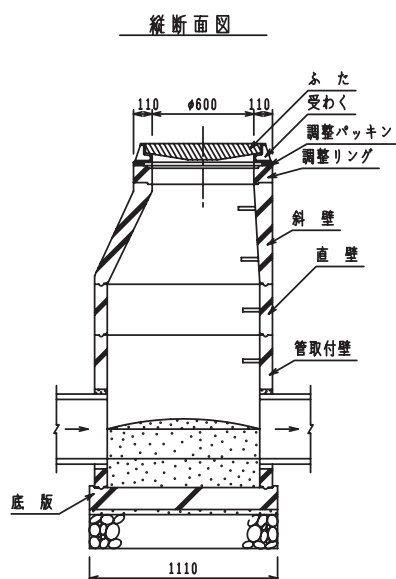
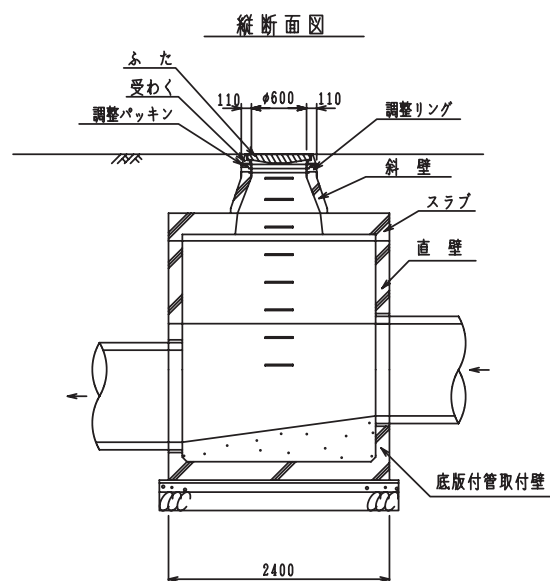
マンホール本体は、ブロック同士をボルトで連結した柔構造で、レベル1およびレベル2の地震動に対応できる耐震性に優れた製品である。また、地震時におけるマンホールの浮上防止対策として底版に張出し部を設けた「浮上抑制型コネクトホール」も開発した。これまでに千葉県・石川県・滋賀県・京都府等で約230基の施工実績があり、NETIS（新技術情報提供システム：登録番号 KT-090045）にも登録されている。

コネクトホールは、円形0号（φ750）～円形4号（φ1800）までが（社）日本下水道協会のⅠ類認定適用資器材の登録製品で、楕円および角形（特1号：600×900～特7号：3500×1500の計11タイプ）はⅡ類認定適用資器材の登録製品となっている。

高品質な鉄筋コンクリート構造なので、軽量で水密性および耐久性に優れ、円形0、1、2号と角形コネクトホールは、管取付壁に底版分離型と底版一体型の2タイプがあり、現場の状況に応じた使い分けが可能である。各ブロックの連結をマンホールの内側から行えるので安全・確実に組み立てられるほ

全国コネクトホール工業会

か、ボルト連結の継手構造（柔構造）になっているため、現場打（剛構造）に比べて耐震性に優れている。また、ANジョイント（可とう継手）を使用し、取付管の破損も防止できる。



ボルト連結の柔構造で、耐震性に優れたコネクトホール



■ラダホール

ラダホールは、製法および形状の特長を生かし足掛金物の幅を500mmと、他に類を見ない有効幅により、昇降時の際の横滑りを防止する安全構造となっている。また、足掛金物は製造時の一体成型であることから、取り付け過程での問題点が生じることがなく本体と同様の耐久性能を有している。

日本下水道協会規格（A-11）のⅠ種（5mまで）およびⅡ種（5mを超え10mまで）に加え、1～4号マンホールについては工業会規格による超深型マンホールⅢ種を開発し、10mを超え20mまで設置可能なマンホールを規格化した。

また、雨水を地中に戻すための「浸透ラダホール」を開発し円形0号（内径75cm）から4号（内径

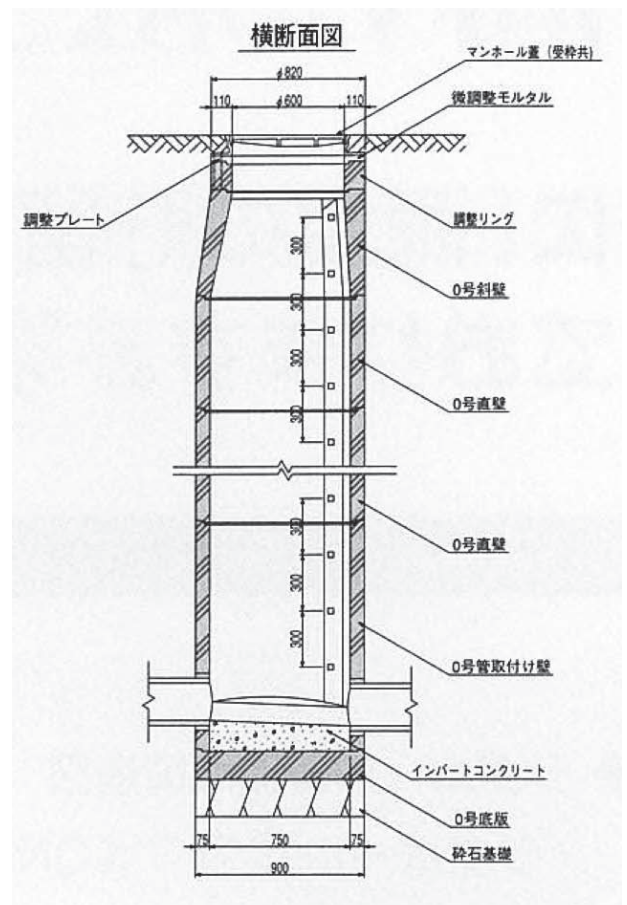
日本ラダホール工業会

180cm）まで、部材高さは60cmからそれぞれの号数の最大高さまで対応し、現場条件に合わせた組み合わせを可能にした。

今日あすにも発生する恐れのある大規模地震では、過去にも多数のマンホールが浮上し交通障害やライフラインの寸断等により、被災地に更なるダメージを与えている。ラダホールは、新設、既設に関わらずマンホールへの耐震対策として『新技術研究成果証明書』（下水道新技術推進機構発行）を取得した「浮上防止マンホールフランジ工法」を施工・設置することにより、レベル2地震動に際しマンホールの浮上を防止する性能を持たせることが可能である。



雨水を地中に戻し、浸水被害を軽減する
「浸透ラダホール」



アドホール

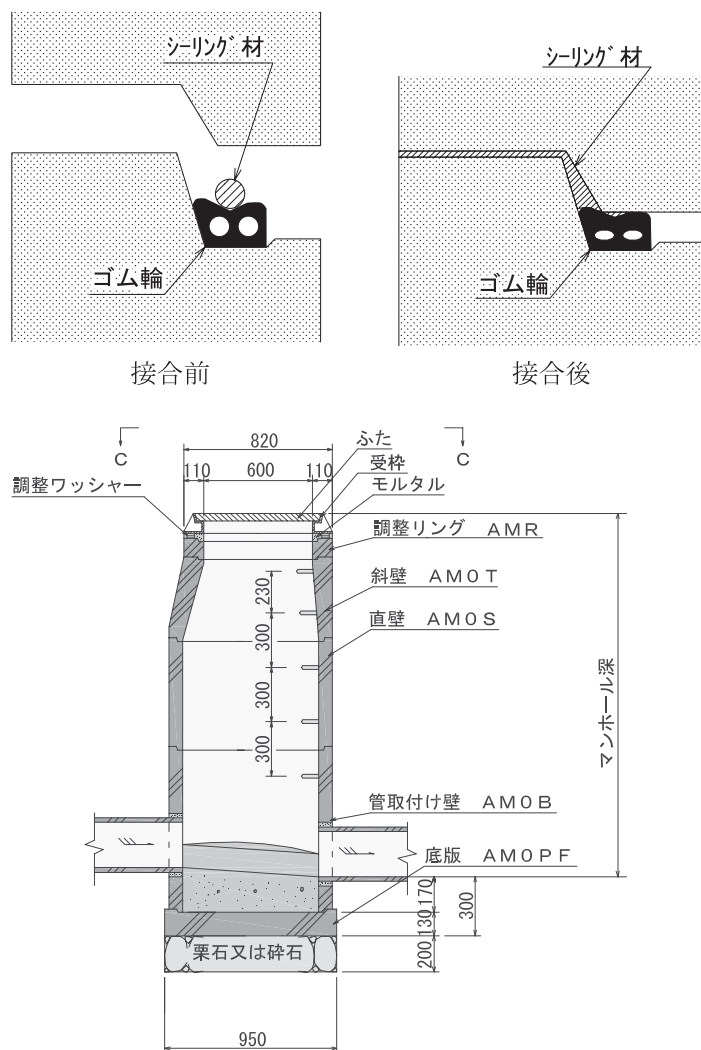
全国アドホール工業会

アドホールは、品質管理の徹底した工場で製造され、各部材の接合部にボリュームのあるゴム輪や特殊なシーリング材を用いることで、水密性と耐久性に優れた効果を発揮する組立式マンホールである。また、耐震性に優れ、レベル1およびレベル2の地震動にも対応している。現場に応じた部材を組合せて、これらを積み重ねていくだけで簡単に施工ができるため、施工が迅速で、工期短縮と工費縮減に大きく貢献する。

接合部の水密性を確保するため、接合材には、エポキシ系接着剤、ウレタン系シーリング材、水道用ゴムおよび水膨張性ウレタン系シーリング材を使用する。緊結プレートは、金属製で亜鉛メッキを施したものを使用している。

現在、アドホールには0号（内径750mm）～5号（内径2200mm）までの6種類のラインナップが揃っている。この他に、JSWAS A-10に登録された円形60（内径600mm）、下水道用資器材Ⅱ類に登録されたNホール（内空600mm×900mm楕円形）がある。これらの製品群によって、様々な現場に対応することができる。

また、アドホールは、アドホールの鉄蓋、受け枠および調整リング等は施工後も取り外しや交換が可能なので、将来の路面の上下に対応できるなど、維持管理面においても創意工夫が施されており、防菌コンクリートや可とう性ジョイントを現場に合わせて用いることで、さらにアドホールの寿命を伸ばすことが可能である。



ゴム輪と特殊シーリング材で水密性と耐久性に優れたアドホール

急がれるマンホールの調査

平成20年度における下水道普及率は72.7%となった。全国に張り巡らされた下水道管路の総延長も約41万kmにのぼっており、これら膨大な量の下水道施設の維持管理は今後ますます増大していくは明らかだ。ところが、これまでは、下水道のストックとしての数値は、管路延長がどのくらいあるかということばかりがクローズアップされてきた。当然のことながら、下水道の管路施設は管きょだけでできあがっているわけではない。その中には、30~100mごとにマンホールが設置されている。管きょの老朽化にともなってマンホールも老朽化しているはずである。これからは、管路延長の数値ばかりでなく、全国の下水道が抱えるマンホールにもスポットライトを当てていかなければならないのではないだろうか。

日本全国に設置されたマンホールの数はゆうに1,000万基を超え、1,200万基ほどになるのではないか



硫化水素などによって内部が腐食したマンホール



下水の流下機能に支障をきたす例もたびたび発生する

との説もある。これらのうち、どのくらいの数のマンホールが対応年数を超過しているのか、また、硫化水素などによって腐食し機能不全に陥っているのかは、現在のところきちんとしたデータが示されていない。つまり、つかみどころがないのが現状である。

今後は、ストックマネジメントの観点からも、また、それに続くアセットマネジメントにつなげるためにも、これらマンホールを調査し、老朽化したマンホールの改築・更新を計画的に行うためのシステムを構築していかなければならない。

組立式マンホールは、施工の簡素化、迅速化を図るための技術開発はもちろんのこと、様々な現場に対応するバリエーションの拡大、地震対策、浮上防止対策など、構造物として考えられるあらゆるニーズ応えてきている。今回、組立式マンホール工法の中でも一部の代表的な工法のみをとりあげたが、これ以外にも多くの独自技術を持った工法があり、各社の日々の努力によって下水道施設が成り立っていることは明らかである。

当協会の社員全てが、日々の業務で最初に触れる構造物であるマンホールに、これからも注目していきたいと考えている。

特集 下水道マンホール

マンホール蓋の開発とその変遷

マンホール蓋の始まりは木製の格子蓋だったと伝えられているが、その設置がどのような場所で行われたのか、どれくらい設置されたのかなど、詳細は不明である。普通鋳鉄製（FC）の格子蓋が登場したのは明治の中頃で、今をもって現役を続ける神田下水（明治17年～18年にかけて建設）の整備に使われたのが我が国初の事例と言われている。その後、四半世紀を経て、明治末期に西欧から持ち込まれたのが今の円形蓋であるが、当時の構造は非常にシンプルで、^{ちょうつがい}蝶番などは一切無く、受枠に蓋を載せるだけのものではあった。全荷重を受枠の平面で受けることから「平受け構造」と呼ばれた。

蓋の標準的な直径は600mmで、これも当時の西欧を参考にしたもの。大人一人が抱えられるほどのサイズだが、重さは80kgもあったうえ、衝撃や荷重に脆く、扱いは容易でなかったという。そのような材質の問題をはじめとして、マンホール蓋は交通上の安全確保や道路事情の変化等に応じていくつもの改良が施されてきた。ここでは、マンホール蓋の進化の歴史を振り返るとともに、今後の下水道の役割を

踏まえた新機軸の打ち出しなどについてその動向を紹介する。

材質の変革

最初の材質変革は1960年代（昭和36年～44年）に行われた。きっかけは、神武景気に沸いた50年代後半より急激に自動車保有車両数が増え始めたことにある。国土交通省自動車交通局自動車情報課によると、昭和34年3月末時点で235万台強だった同車両数は、そのわずか10年後に1,402万台強へと6倍に跳ね上がっている。

そうした交通量の増加に伴って深刻化したのが蓋の破損や飛散である。当時、耐衝撃性や耐荷重性等の基準が不統一だったことにも起因するが、交通量の多い車道のマンホールではしばしば蓋のヒビ割れや外れが生じ、交通上の安全を脅かす要因となっていた。

そうした中、従来の鋳鉄に替わって使われるようになったのがダクタイル鋳鉄（FCD）である。ダクタイル（延性のある）の名が示す通り、引っ張りに強く、高粘性であることに加え、質量が約半分に抑制できるなど、願ったり叶ったりの素材として受け入れられた。すでに水道の分野で実績（鋳鉄管）を上げ、性能が評価されていたFCDを下水道用マンホール蓋の製造現場に持ち込んだのが昭和36年。表-1に示すように、引張強度や耐食性など、どれをとっても従来品を大きく上回る品質の実現によって、前述したような蓋の脆さは大幅に改善された。

しかし一方で、問題がすべて解消されたわけではなかった。FCD特有の“高い粘性（伸び）”は、他方で蓋の変形の原因ともなった。車の走行による振

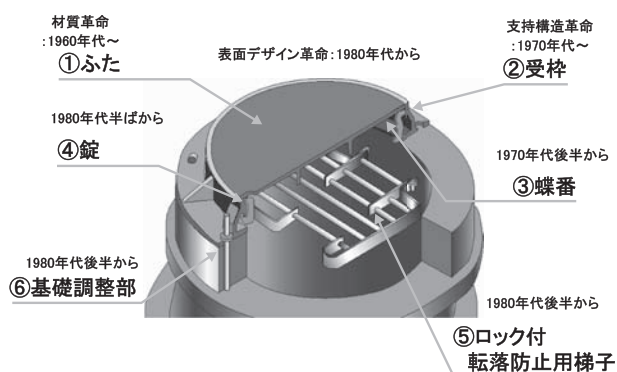


図-1 マンホールふたの性能要素 進化の概要

表－１ 鉄蓋の材質比較

	普通鑄鉄 (FC)	一般ダクタイル鑄鉄 (FCD)	鉄蓋専用材質 (合金ダクタイル鑄鉄)	
				
			FCD600	FCD700
引張強度	150-250N/mm ² 以上	450-550N/mm ² 以上	600N/mm ² 以上	700N/mm ² 以上
伸び	0.5%以下	7-25%	8-15%	5-12%
ブリネル硬度	150-200HBW以上	170-200HBW以上	210HBW以上	235HBW以上
耐食試験	4.1g以下	1.0g以下	0.8g以下	0.5g以下

動でガタガタと音を立て、「騒音で眠れない」などの苦情が増加した。そうしたことから、製造業者では粘性を見直し、マンホール蓋にふさわしい専用材質として合金ダクタイル鑄鉄を大量生産することに成功した。それが昭和40年頃のことである。

支持構造の改良

こうした素材の見直しとともに、蓋のガタツキ解消に決定的な役割を担ったのが支持構造の改良だった。

先述した通り、当時のマンホール蓋は荷重を受枠の平面で受ける「平受け構造」が普及していた。この場合、図－２の通り受枠と蓋との間に隙間が生じやすく、車両が通過する際に蓋が回転するなど、ガタツキの要因を内包していたのである。

そこで取り組まれたのが支持構造の大幅な改良であった。具体的には、蓋の外周と受枠の内周が“くさび”のようにピッタリと面で合わさるように勾配を付けたもので、蓋は荷重を受けると受枠の中に食い込んでいき、その食い込み力がしっかりと蓋を固定する作用を生む仕組みだ。この改良は、合金ダクタイル鑄鉄が使われ始めたのとはほぼ同時期（昭和41年

頃とされる）に行われている。

当初採用された勾配は、上部から見て緩やかに見える緩勾配（33～45度）であったが、この勾配ではまだガタツキが治まらなかったため、わずか3年後に急勾配受け支持構造（8～10度の勾配）が開発された。これにより、ガタツキや飛散は解消され、今日に至るまでスタンダードとして流通している。ちなみに、勾配をつけたことは蓋の開けやすさにも繋がっており、テコの原理を用いた専用バールキーの開発もちょうどこの頃に行われた。また、材質性能が上がった分、蓋を薄くし、その代わりに蓋裏にリブと呼ばれる肋骨のような突起を設けて強度を保つ工夫もなされている。

蝶番構造の開発

我が国が高度経済成長期にあった昭和40年代は、至るところで道路の整備や拡張が行われ、下水道事業において点検等の作業量が増加した反面、都市土木の性質上、自動車や歩行者の妨げにならないような維持管理面の配慮も強く問われるようになっていった。

マンホール蓋の開閉は安全かつ迅速にこれを行うための改良が必要だった。それまでの課題として、蓋と受枠が連結されておらず、蓋を収まり良く閉めるのに手間取ることが多かったからだ。また、開蓋時は作業員が二人掛かりで引き上げなければならず、労力も作業スペースも今以上に要した上、怪我などの懸念もあった。



図－２ 支持構造の比較

そこで考えられたのが蝶番構造である。いわゆる開閉ドアの要領で蓋と受枠を一体化させ、開閉を安定的かつ容易に行う方法だ。

昭和45年の開発当初は蓋の上部に蝶番を取り付けていた（写真－1参照。外蝶番という）が、ギボシの突出が交通の障害になるといった問題が報告された。また、外蝶番は蓋を反対側に180度倒す仕組みのため、開閉時に足や指を挟むなどの危険な面もあった。



写真－1 外蝶番



写真－2 内蝶番



写真－3 蓋裏蝶番

たという。そうしたことから、蝶番を蓋の内側に切り付ける内蝶番（写真－2）に切り替えるとともに、新たな開蓋方法として「360度旋回方式」を採用した。これは、蓋を少し浮かせて水平にスライドさせる方法で、労力の軽減と作業の安全確保が両立できるという理由で現場に歓迎された。ただし、この方式にも欠点はあった。表面に可動部の切り込みがあったことから、雨水の浸入がしばしば見られたほか、土砂が詰まって開閉操作に支障をきたすなどの影響も顕在化してきたのだ。そこで、蝶番を丸ごと蓋の中に仕舞い込んで表面には一切手を加えない蓋裏蝶番（写真－3）という構造が開発され、これが広く定着した。この一連の改良は昭和45年以降、わずか10年のうちに行われた。

このような開閉機構の改良が進められる中で、作業員が一人で容易に開閉できるワン・アクション化（一人開閉）の要望が高まり、開閉専用のバールの開発も行われた。具体的には、手握り部までの高さや手握り部の大きさ、バールを操作する際の角度などが、人間が持つ生理的特徴や行動的観点を踏まえて考案されたのである。ちなみにバール穴の改良も次第に進み、防臭パッキンで臭い漏れを防ぐ周辺環境対策のほか、不法投棄防止の観点から、特殊なバールでなければ開けられない錠機能などが開発された。

車両大型化の時代へ

マンホール蓋の設置環境は、平成5年を境に大きく変化した。きっかけは道路構造令の改正である。

それまで同構造令第35条に規定されていた設計自動車荷重が20トンから25トンに引き上げられたため、日本グラウンドマンホール工業会（以下、工業会）が同工業会規格（JGMA）を改正し、車両総重量25トンに対応するための構造や材質等を定めたT-25を新たに位置づけるに至った。また同時に、工業会はコスト縮減の観点から、車道幅員の広狭によってマンホール蓋を使い分けることを提案。具体的には、大型車両の通行がない幅員5.5m未満の道路には耐荷重性を抑えたT-14を使い、それを超える道路にはT-25を適用するという考え方である。こうした使い分けは過剰な投資の抑制につながるた

め、全国に浸透していった。

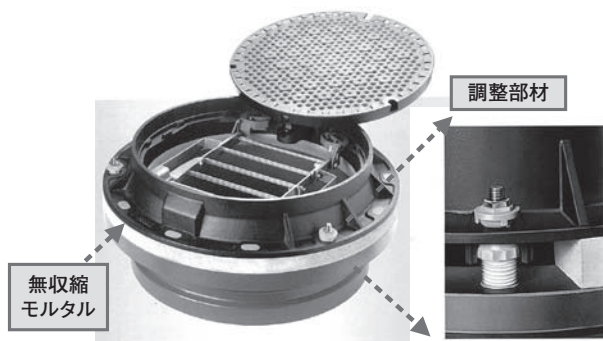


写真-4 組立マンホールへの対応

工業会が設立されたのは平成3年6月であるが、その背景には、蓋を単体で捉えるのではなく、施工を含めて総合的に品質の底上げを図ろうという考え方があった。つまり、施工者の熟練度等に影響を受けない、安定した品質確保をめざそうという取り組みだ。その代表例として、現場打ちのマンホールに替わって登場した工場製品化マンホール（ユニホール）への蓋の取り付けがある。ユニホールは品質の高さと施工性の良さで採用実績を伸ばしていたが、現場では蓋の取り付けの際、緊結ボルトを強く締めすぎて受枠が変形するというトラブルに見舞われた。また、マンホール本体との接合面へのモルタルの充填が不十分で受枠ごとガタつくような事例もあったという。そこで、マンホール本体の側塊と受枠の結合部に高流動性の無収縮モルタルを採り入れるとともに、写真-4のような調整部材をボルトに取り付けることによって問題の解決を図った。

安全対策としての技術革新

平成10年には、マンホール蓋の安全対策が注目された。きっかけは、同年9月に高知市で起こった事故だった。時間最大雨量112mmという記録的な集中豪雨の影響で道路が冠水し、マンホールの蓋が外れていることに気づかなかった歩行者が転落して2名が亡くなった事故である。

原因は計画量を超える雨水が流入したことによるマンホール内の水圧・空気圧の上昇および管路施設内に滞留した被圧空気の急浮上による圧力で蓋が外れたものと判明。急遽、安全対策のあり方を協議す

る委員会が立ち上げられ、蓋の浮上・飛散防止策などを柱とした「下水道マンホール安全対策の手引き(案)」が策定された。

マンホール蓋の浮上・飛散防止対策は、内側から水圧や空気圧を受けた際、その圧力を外へ逃がすための圧力解放機能が焦点となる。この場合、圧力の解放はマンホール本体に排気口を設ける方法もあるが、開口部からの水の噴出等に影響を受けない場所を選定するなど、制約が厳しい。そこで、別の方法として、マンホール内の圧力が高まった場合に蓋が一定の高さまで浮上し、その隙間から空気や水を外に逃がす方法が開発された。ただし、蓋が高く浮上し過ぎると事故等の原因となるため、浮上高さは概ね2cmを目安としている。また、既存の蓋を格子状のものに交換するといった方法もあるが、ハイヒールや杖などが挟まって歩行者が怪我をする危険性もあるため、設置場所は厳正な見極めが必要である。

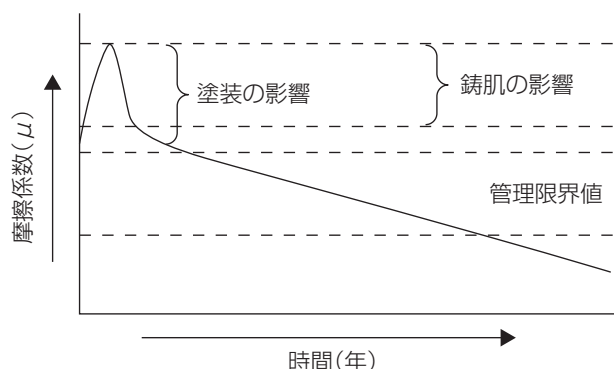
ちなみに、かねてから維持管理上の安全対策のために使われていた転落防止梯子にも注目が集まった。コストの安さ、設置の手軽さが評価され、バックアップ機能として採用されるケースが増えている。

磨耗対策・腐食対策

磨耗対策も近年の技術的課題として積極的に取り組まれてきた経緯がある。例えば、タイヤのすべり。この最大の原因は、タイヤと蓋の粘着性と掘り起こしの低下にある。掘り起こしとは、蓋の表面に施された突起物によってタイヤがえぐられる際の抵抗を意味しており、特に雨天時は水膜の影響でタイヤの粘着性が期待できなくなることから、すべり防止の最も重要なファクターと言える。

この掘り起こしによるすべり抵抗を低下させるのが磨耗だが、これには二つの段階がある。第一段階は、蓋の表面に塗装された防錆・防食用樹脂の剥げ落ちであるが、これは皮肉なことに、鋳物が元来持つ表面凹凸（鋳肌）を露にするため、グラフ-1に示した通り、かえって抵抗力を上昇させる結果にもなる。問題は第二段階で、鋳肌が剥き出しになった後は表面の突起物そのものが磨耗していくことになり、ここまでくると突起物の角は丸みを帯び、高さも削られるため、次第に抵抗力は落ちていく。

グラフー1 すべり抵抗の変化



このため、マンホール蓋には、標準耐用年数15年（車道部の鉄蓋）にわたって磨耗を受け続けてもなお、必要なすべり抵抗（0.45）を維持することが必要となる。メーカー各社は、製品を15年間使い続けた状況と同等かあるいはそれ以上に表面を磨きこんだうえ、表面模様評価試験機による静摩擦係数の測定およびすべり抵抗測定器（DFテスター）による動摩擦係数の測定を実施するなどして抵抗力の高い表面模様の設計に注力している。ちなみに、厳しい設置環境が想定される場合には、デザインによる対応だけでなく、表面にスリップ防止のための骨材等を塗布する方法なども採られているようだ。

他方、マンホール蓋のメーカーである日之出水道機器株式会社が株式会社ブリジストンと共同で進めている研究では、タイヤのより効果的なすべり対策として、車輪が通過する方向性を限定せず、それぞれ独立した突起物の規則的な配列が有効との結果が得られている。近年はデザインマンホールに代表されるように、事業主体がマンホール蓋に独自のデザインを施すケースが増えているが、その際にも設置場所は厳正に選別する必要がある。

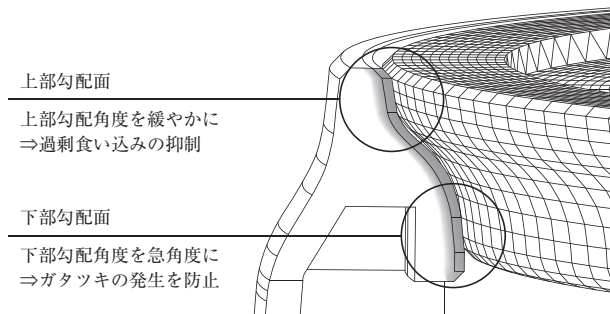
次世代への対応

メーカーが次にめざす高水準のマンホール蓋を総称して、次世代型高品位マンホール蓋と呼ぶ。

現在、一つの焦点となっているのが開放操作性の向上である。先ほど急勾配受け支持構造が標準的に使われるようになったと記したが、近年、幹線道路などを中心に、同タイプのマンホール蓋が「開けられない」あるいは「開け難い」という現象が相次い

でいる。これは、近年の交通量の増加等によって蓋と受枠の“くさび”にかかる食い込み力が増していることが原因と見られる。当初の課題だったガタツキを防止するための“くさび”構造が、道路環境の変化の中で過剰食い込みという新たな課題を生んでしまったことになる。

そこで、次世代型の支持構造として登場したのがRV支持構造である。RV支持構造は図ー3の通り、蓋の外周と受枠の内周の嵌合部分に二つの勾配を有するもので、上部の緩やかな勾配で過剰な食い込みを防止しつつ、下部の急勾配がガタツキを抑えるという仕組みだ。これと併せて、蓋の強度を確保するための蓋裏リブ構造を、従来の井桁型から放射状リブ構造に置き換えることで、荷重を勾配面に均一に分散させた。加えて、受枠からの反力も均一化するため、受枠外周リブを無くし、その代わりに波型フランジを採用して受枠の強度低下を防ぐ工夫も施している。このような各パーツの改良により、開放操作性の向上を図った製品が開発されている。



図ー3 『RV支持構造』とその特徴

一方で、今後の課題としては、マンホール蓋の径の見直しや開閉方法の統一、総合的な腐食対策などがある。マンホール蓋は現在、内径600mmが標準であるが、「点検器具を装着した作業員が入るには狭すぎる」との現場の声があり、作業効率や安全性を確保するためにも欧米等で採用例が多い内径700mmの導入が議論されている。

また、マンホール本体やマンホール蓋は前述の通り腐食防止の対策が講じられているが、唯一、本体と枠受を接合するモルタルの防食が進んでいない。この点を解消して、トータルで腐食に対応していくことも課題である。

（中山 勲）

特集 下水道マンホール

マンホールの地震対策

マンホールの浮上防止対策と本管接続部の耐震化技術

地震によるマンホールの被害

大規模な地震によって引き起こされる下水道管路の被害は、地盤の液状化によるマンホールの浮上と、マンホールと管路の接続部でのズレや破損、管路の蛇行・破損、管路埋戻し部の路面沈下などがある。これらの被害が発生すると、下水道の排水機能の停止はもとより、交通機能にも影響を及ぼし、被災住民の救助活動を妨げるなど、多方面に甚大な被害をもたらす。平成16年10月に発生した新潟県中越地震では、小千谷市、長岡市などを中心に1,400箇所以上でマンホールが浮上し、関係者に大きな衝撃をもたらした。

マンホールの浮上現象は、地震動によって地盤が液状化することが原因とされている。地震時に地下水を含んだ砂質地盤に強い揺れが働くと、砂の粒子と粒子との隙間に異常な圧力「過剰間隙水圧」が発生する。この圧力により砂粒子同士の接合が切れ、砂粒子が水の中を漂う状態、いわゆる液状化現象が発生する。これによってマンホール側壁と地盤との摩擦力が失われ、比重の軽いマンホールが浮上するという原理である。

開発進むマンホールの地震対策技術

これらのことから、マンホールメーカーや研究機関では、浮上防止対策や本管接続部の耐震化の研究開発に取り組み、現在10種類の浮上防止対策工法と4種類の本管接続部の耐震化工法が開発されている。

浮上防止対策工法には、マンホールの底版や外周に凸型形状の部材を取り付け、マンホール自体の比

重を重くして浮上を防止する「重量増大型」や、安定した地盤にアンカーを打ち込んでマンホールを固定する「アンカー定着型」のほか、マンホールの周りに発生する浸透水をマンホール内に取り込み、過剰間隙水圧を減少させて浮上を防止する「過剰間隙水圧消散型」などがある。

また、マンホールと本管接続部の耐震化は、専用の切削機によって、既設管の外周部に沿ってマンホールの壁を切り抜き、そこに可とう性のある継手などを設置する技術が開発されてきている。中には、既設管にあらかじめ弱い部分をつくっておき、地震の衝撃を受け止めて接統部への影響を抑制する工法や、接統部をフレキシブルな構造にしたうえで、さらに管更生工事によって一体成形を行うなど個性的な技術も生まれている。

このコーナーでは、これら新たに開発された工法のうち、主だったものに焦点を当て、その構造と仕組み、特徴などについて紹介することとする。



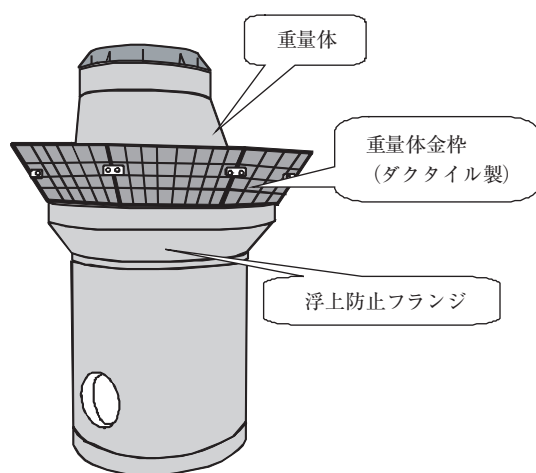
新潟県中越地震の時には数多くのマンホールが浮上した

浮上防止対策工法

1. 重量増大型

1) 浮上防止マンホールフランジ工法

マンホール本体の上部外周に凸型形状の部材（フランジ）を設けると同時に、その周囲に金属製の金柵（籠）を取り付け、その中に碎石、スラグ、金属等の重量体（重り）を充填して、マンホール底面に作用する揚圧力とつり合わせ、浮上防止を図る工法である。



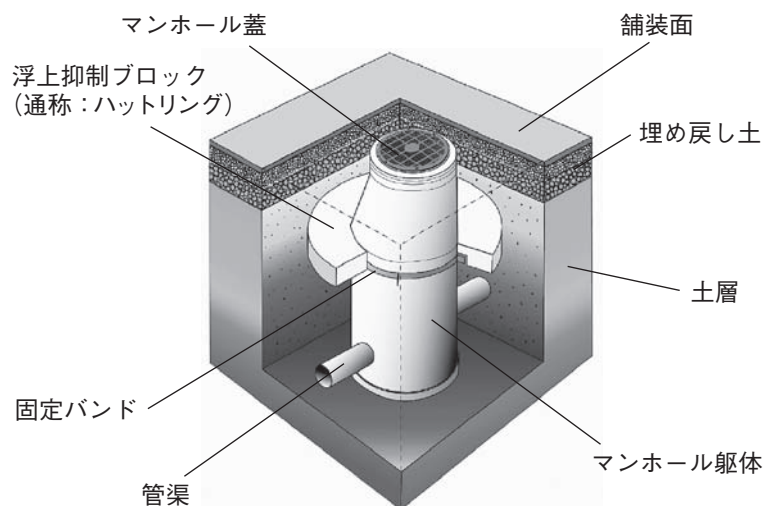
フランジと金柵は、新設、既設にかかわらず取付けが可能で、施工が容易なうえ、維持管理を必要としない。0～5号マンホールまで適用でき、金柵の角度も60°と75°から選択できる。



2) ハットリング工法

円形の浮上抑制ブロックをマンホールの上部外周に設置し、その加重でマンホールの浮上を抑制する工法である。マンホールに取付けた固定バンドが浮上時にだけ抑制ブロックに当たって浮上を防止する構造になっているため、常時には負荷がかからず、また、マンホール本体と抑制ブロックとの間に隙間を与えているので、地震時には別々の挙動を示し、慣性力の増大に繋がらないという特徴がある。

新設、既設を問わず取付けが可能で、マンホール本体に穴をあけたりせず取付けができるため、マンホールの内空断面に影響を与えない。また、施工は専門の業者ではなく誰にでも施工が可能である。

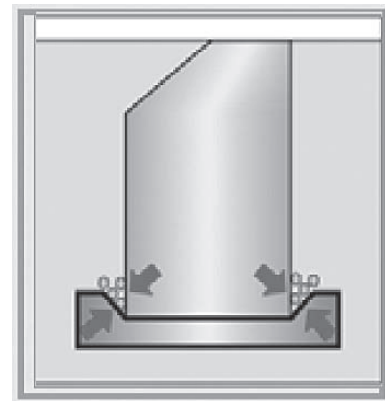
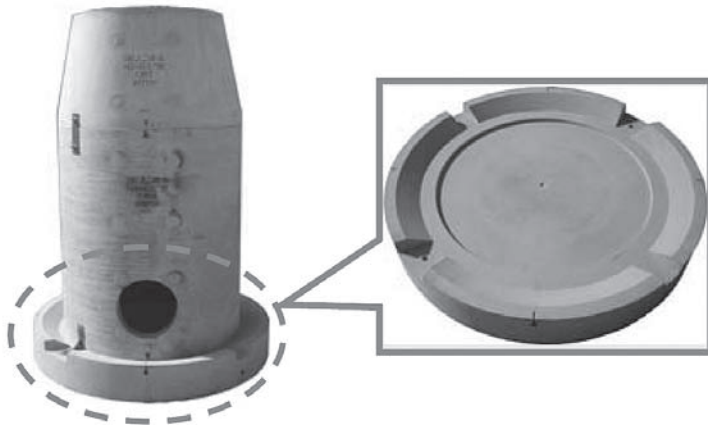


1. 重量増大型

3) アンチ・フロート工法

通常の組立式マンホールの底版を重く大きなAF底版に変更し、その荷重と張り出した底版にかかる土圧によって浮力に抵抗する仕組みとなっている。また、底版が張り出した部分の形状をテーパ形状にすることによって、クサビ作用が働き、さらに浮上抑止力が増大するという特徴を持つ。

施工する際も、底版の大きさが標準掘削幅内に収まるため、通常の組立マンホールと作業性および施工性が変わらず、通常の砂埋戻しでも浮上抑制効果を発揮する。

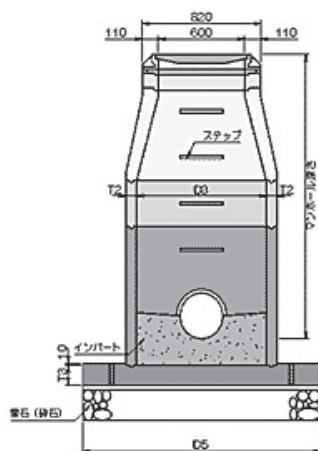


クサビ作用

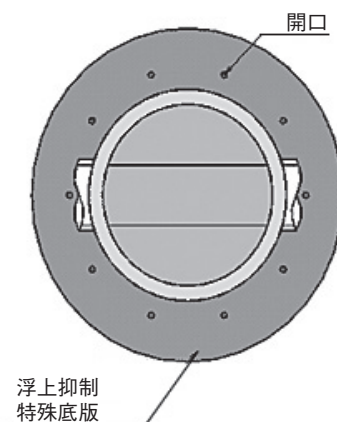
4) コネクトホール（浮上抑止型）

浮上抑止型コネクトホールは、張り出し部を設けた「特殊底版」に埋戻し土の荷重がかかることによって地盤の液状化によるマンホールの浮き上がりを抑制する構造となっている。特殊底版に設けた開口には、液状化の際に発生する底版下からの気泡や過剰間隙水压を逃がす効果もある。

特別な施工方法を必要とせず、従来の掘削幅の中で施工可能なため施工性に優れると同時に、通常の底版を特殊底版にするだけなので、経済性にも優れている。



横断面図



平面図

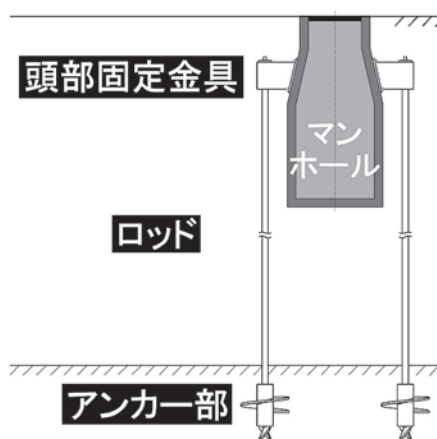


2. アンカー定着型

1) アンカーウイング工法

地盤の定着層（非液状化層）へ複数本の翼付アンカー体を回転貫入によって打設し、ロッドを介してマンホール上部に設置した頭部固定金具につなぎとめることによってマンホールの浮上を物理的に拘束する工法である。既設、新設を問わず設置が可能で、大型マンホールや現場打ちマンホールにも適用できる。

既設マンホールに設置する場合でも、アンカーの打設と固定金具の取り付けだけで済むため、低騒音、低振動の短工期施工が可能である。

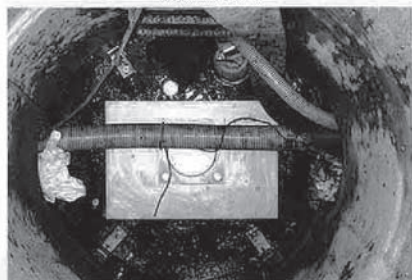


2) LAM（アンカー定着）工法

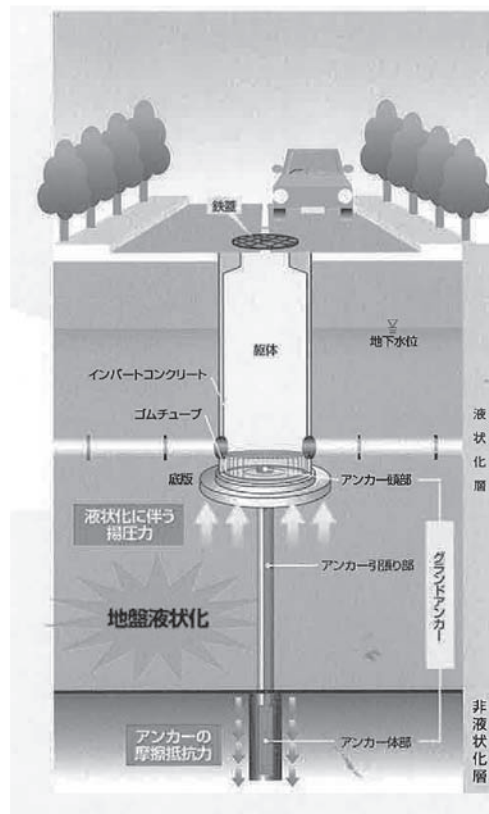
安定した非液状化層中に造成したアンカー体部とマンホール底版に設置したアンカー頭部とをアンカーテンドンでつなぐことによって、その引張り抵抗力によりマンホールの浮上を防止するものである。斜面安定対策工や地滑り対策工として多くの実績があるグラウンドアンカー工法を応用したもので、1～3号のマンホールに適用が可能である。車両通行を確保するために、浮き上がり量を20mmに規制する。



掘削状況(写真1)



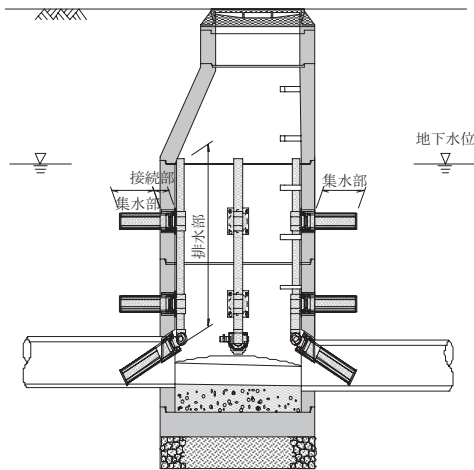
アンカー緊張定着(写真2)



3. 過剰間隙水压消散型

1) WIDEセフティパイプ

マンホール外周に設置した集水管によって、周囲の地盤に発生した地下水をマンホール内部に排水し、過剰間隙水压を消散することで、液状化によるマンホール周囲の摩擦力低下を抑制するとともに、集水管に作用する土圧によってマンホールの浮上を防止する。

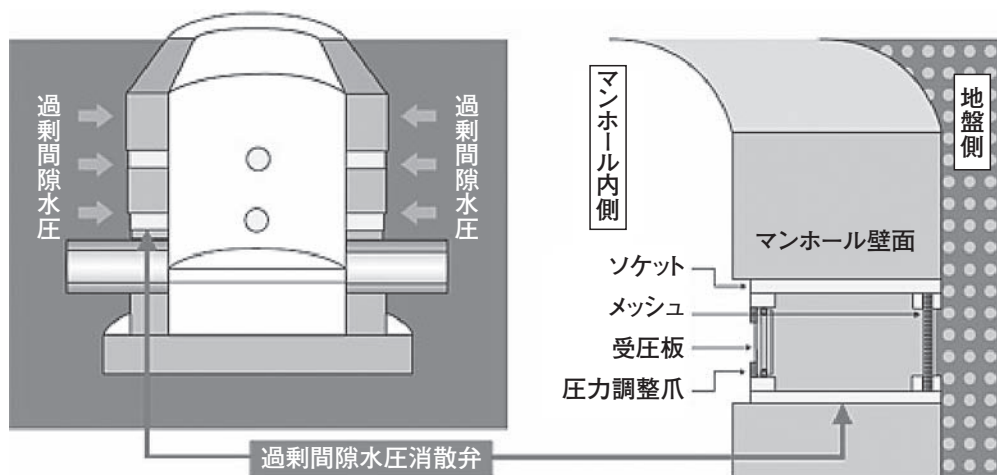


既設、新設を問わず設置が可能で、マンホール内部の排水口に逆止弁などを設けることで、排水を通常時は行わず地震時のみとしたため、繰返しの地震にも対応が可能。また、施工は周囲の掘削を全く必要としないので、工事による周囲への影響は最小に留めることが可能。

2) フロートレス工法

受圧板・ソケット・メッシュ等で構成された「過剰間隙水压消散弁」をマンホールの側壁に開けた孔に設置し、地震時に過剰間隙水压が発生すると、受圧板がはずれ、水压をマンホール内に消散することで、マンホールの浮上を抑制する工法である。消散弁の地盤側はメッシュ構造になっており、土砂がマンホール内に流入するのを防止する仕組みになっている。

「過剰間隙水压消散弁」は既設、新設を問わず設置でき、耐腐食性能の高い材質を使用している。



3. 過剰間隙水圧消散型

3) アースドレーン

透水性の高い人工ドレーン（ポリプロピレン樹脂製）をマンホールの周囲に埋設することにより、地盤の液化現象の要因である過剰間隙水圧を速やかに消散させ、マンホールの浮上を抑制する工法である。

施工機械はコンパクトで取り扱いが容易であり、大型重機の入れない制約された場所でも工事ができる。また、低騒音、低振動で周辺環境に与える影響が少なく、既設、新設ともに短工期施工が可能である。



人孔部施工完了

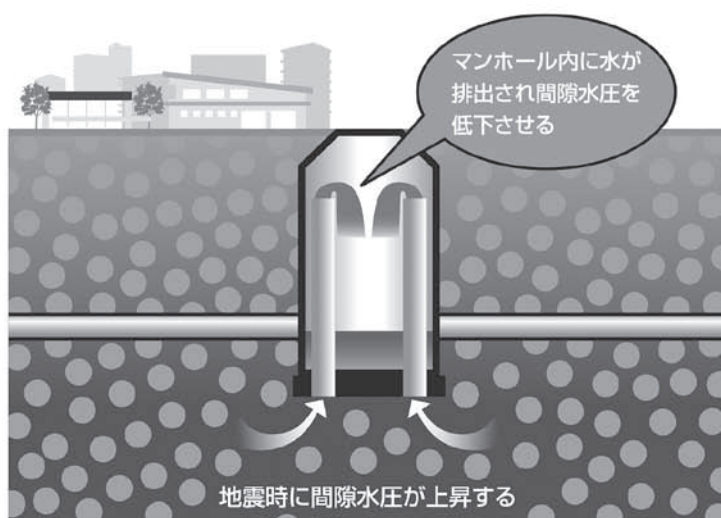
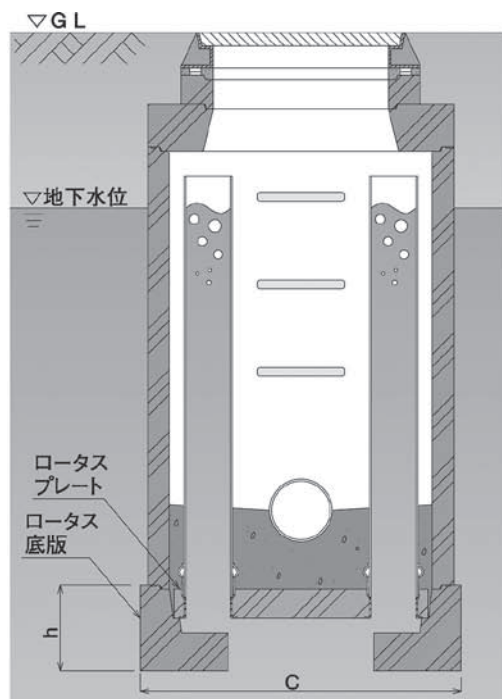


管路部施工状況

4) アドロータスホール

組立式マンホールの底版に開けた複数の孔に排水管を設置し、地震動によって発生した過剰間隙水圧を利用して排水管からマンホール内に地下水を引き込みマンホールの浮上を抑制する。

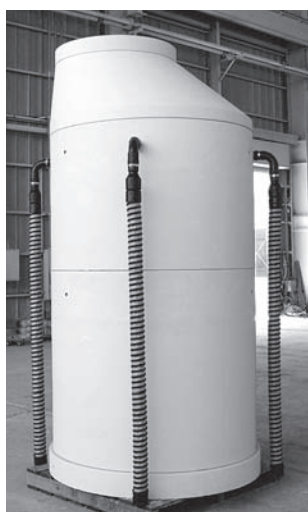
既設、新設ともに設置が可能で施工も簡単なため、工期も短く、経済性にも優れている。



3. 過剰間隙水圧消散型

5) FC（フロートカット）プレホール

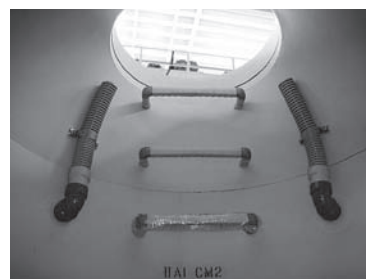
透水性に優れたドレンをマンホールの側面に取り付け、過剰間隙水圧によって発生する余剰水を、ドレンからマンホール内に放出させることによってマンホールの浮上を抑制するものである。使用するドレンは、ポリプロピレンフィルターと補強体で構成されており、土砂の流入を防ぐと同時に管体全面から吸水することができ、土中においても十分な強度を発揮する。地下水位が高い現場では、マンホール内部に水位調整部材を接続し、通常時に地下水が流入することを防止する。



FCプレホール



90°エルボ取り付け部

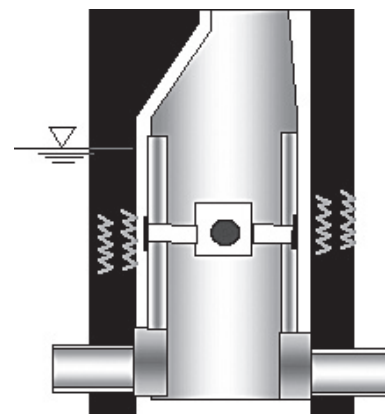
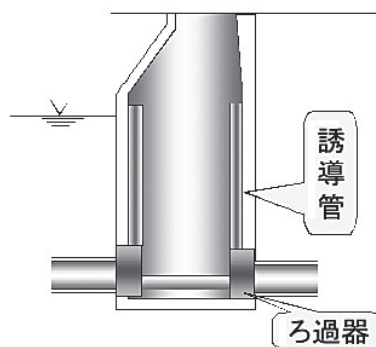
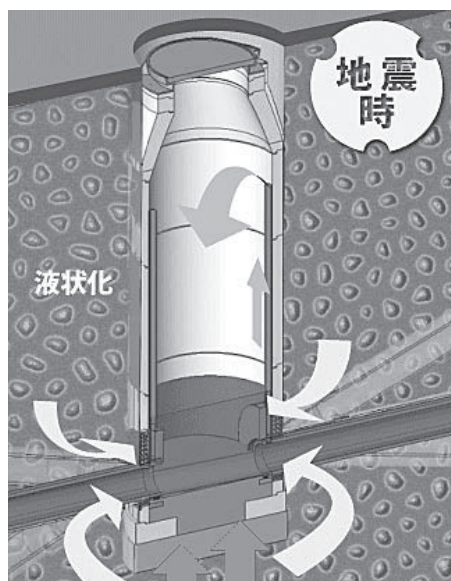


水位調整部材

6) 安心マンホール

マンホールと本管の接続部に水を通すろ過器と誘導管を設置し、液状化によって発生する過剰間隙水をマンホール内に排水し浮上を防止するものである。また、装置設置後マンホール内部より起震機によってマンホール本体を振動させることでマンホール側壁と地盤との摩擦力を増大し二重の浮上防止効果を持った工法である。

また、マンホールと本管との接続部についてもソケットを用いた二重構造とし、可とう性を確保する構造になっている。



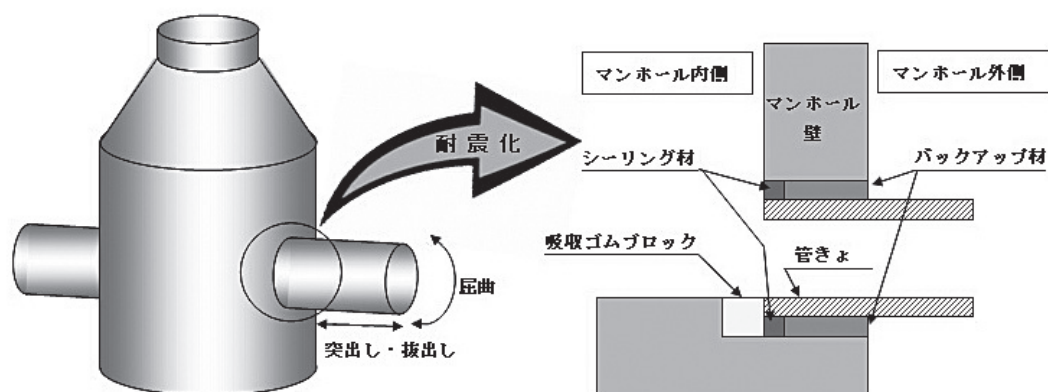
起振工のイメージ

本管接続部の耐震化工法

1) 既設人孔耐震化工法（ガリガリ君）

専用の切削機により、マンホールと管の縁を切り、切削溝には土砂流入防止のためバックアップ材、地下水流入防止のため弾性シーリング材を挿入・充填し、接続部を柔軟な構造にすることにより、レベル2地震動時に発生する変位に対応する工法である。また、インバート部に吸収ゴムブロックを設置することで突出しによる衝撃を吸収させ、管口の破損を防止する。

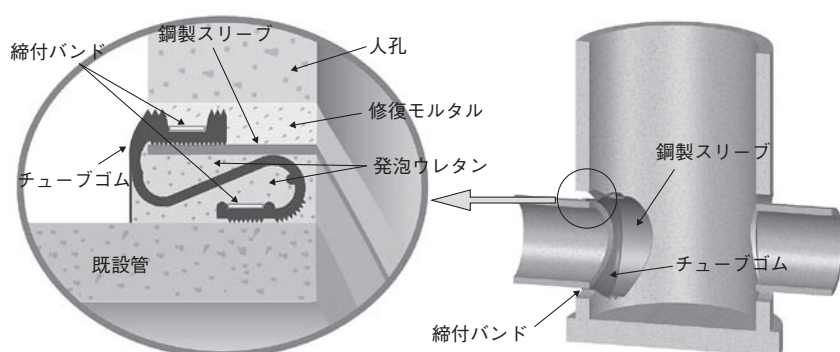
呼び径700mmまでの管を対象とし、耐震性能は屈曲角 1.0° 、突出し・拔出し40mmまでの変位に対応している。



2) 既設管の耐震改良工法

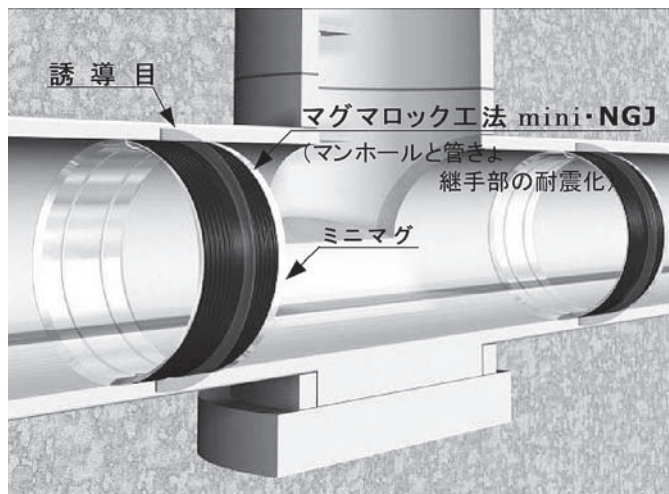
チェーンソー式切断機で既設管外周部のマンホール壁を切削し、その隙間にチューブゴムと鋼製スリーブからなる耐震用可とう継手を設置することにより、マンホールと本管との接続部の耐震化をはかる工法である。マンホール壁と管との隙間に折りたたまれるように格納されたチューブゴムが伸びることによって地震動に追従する仕組み。

呼び径150～1000mmまでの管を対象とし、管の偏芯や急勾配にも対応が可能で、矩形マンホールにおいても施工できる特徴がある。



取り付け工事の状況

3) マグマロック工法NGJ

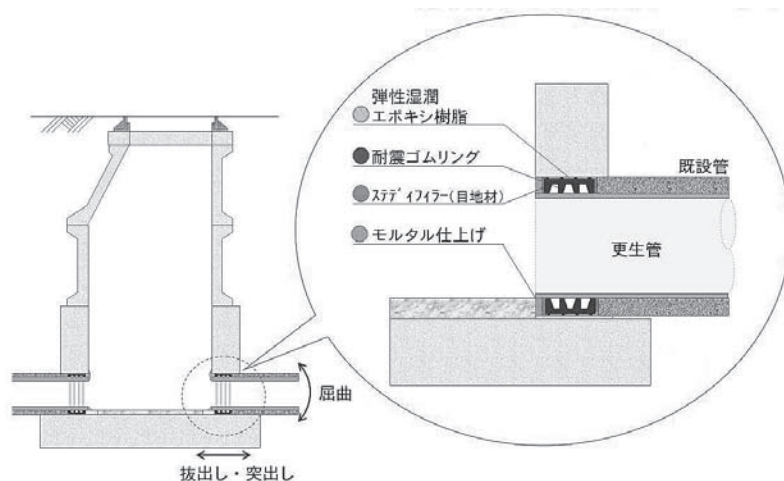


マンホールに接続する呼び径800以上の管きよに誘導目地とマグマロックを取り付けておき、地震などの衝撃を受けた際に、その衝撃を誘導目地に誘導してひび割れを発生させることにより本管とマンホールの接続部への影響を最小限に抑える工法である。ひび割れた誘導目地部分からの地下水や土砂の流入をマグマロックが防止する仕組みとなっている。

マグマロックは、腐食に強いステンレススリーブとゴムスリーブで構成されている。呼び径700mm以下の管きよに適応するマグマロック工法mini・NGJもある。

4) 耐震一発くん

既設管の管更生を行う前に、既設管とマンホールとの接続部をフレキシブルな構造にして、拔出し、突出し、屈曲等に対する耐震性能を付加する工法である。専用の切削機によりマンホール壁厚内の既設管をマンホールとの縁を切らないよう内側から切削除去した部分に、弾性と水密性を有した耐震ゴムリングを装着し、弾性湿潤エポキシ樹脂でマンホール壁厚内に固定する。その後に管更生を行うことにより、柔軟な接合に改造されたマンホール接続部と更生管が一体化することで耐震化する。



耐震ゴムリング

地震対策の貢献へ

現在、全国のマンホールのは数は1,200万基以上になると考えられる。これらマンホールのほとんどが地震による被害を免れない非耐震化施設であることが

ら、現在、地方自治体においては市街地道路や幹線道路に埋設された下水道マンホールを中心にした計画的な耐震化が喫緊の課題となっており、今回紹介した新工法の採用が地震対策に大きく貢献することが期待されている。

特集 下水道マンホール

マンホール周りでの作業に関わる安全対策

製品や技術の工夫は

マンホールは、清掃や修繕作業用の坑であるだけにその工事作業には常に危険が伴う。その内部には二酸化炭素や硫化水素などのガスが溜まることがあることから、マンホール内部での作業のために中に入った作業員が酸素欠乏症やガス中毒の症状に陥ることがあり、現在でも年に数件程度の事故が発生している。昭和47年に定められた労働安全衛生法には、その規定に基づき、酸素欠乏症等防止規則が定められている。マンホールや暗きょの工事は酸素欠乏危険作業に該当し、同規則には作業者が安全に働けるよう、換気や保護具、安全帯の使用等が決められている。例えば、このような工事に労働者を従事させる場合は空気中の酸素濃度を測定し、その濃度を18%以上に保つように換気しなければならないなどとされている。また、マンホールでの工事には転落や墜落、坑内での火災などの危険性もつきまとう。

マンホール周りでの工事や作業において、その危険を予防・回避するための製品や技術の工夫とはどのようなものがあるのか。最新のトレンドを追って関連各社にお話を伺った。

落下事故防止対策

落下物などから作業者の頭部を保護するために着用するヘルメット（保護帽）を日本で初めて製造・販売した谷沢製作所。累計6,000万個以上の生産実績とEPA（ぐらつきを防ぎ、装着性を向上する高機能ヘッドバンド）、雨水や突起物の侵入を防ぎながら空気の流路を作る二重構造など、卓越した独自技術が業界をリードしてきた。衝撃を帽体と衝撃吸収ラ

イナーおよびハンモックで柔らかに受け止め、頭部への影響を最小限に食い止めるというヘルメットの基本性能はもちろん、視界を広げる透明ひさしや目を守るフェイスシールドが帽体内側に収納できるタイプが現在のトレンドとなっている。また、軽量化や材料の工夫も目覚ましい。特に近年ではFRP製の樹脂から加工のしやすいABS、PC製など熱可塑性の材質が増えつつある。

作業における命綱である安全帯。人の墜落を阻止するためのベルト（帯）と命綱（ロープ等）がセットされたものだ。国内で普及している胴ベルト型では現在、巻取式がスタンダード。同方式は万一の墜落時に自動停止し、巻取器内蔵のストッパーが落下距離を最小限に抑える工夫が為されている。帯ロープには高強度アラミド繊維の芯材を強力ポリエステルで被覆した素材を使用している。また、ロープの素材にポリエステルとナイロンの縦糸を使用したスーパーランヤード安全帯、ナイロン製の帯ロープ式、キンク（ロープがくの字に変形する）しにくい



安全帯（フルハーネス）

八打ちロープ式安全带などのほか、高所での作業に威力を発揮する二丁掛け式安全带などもある。

だが、胴ベルト式安全带では生命の安全は防げるものの落下の際に内臓に大きな衝撃がかかることが予想される。このことから安全意識が進んでいる欧米では、フルハーネスタイプが安全带として認識されている。フルハーネスは胴部全体で支持するため、万一の場合の衝撃を分散し、内臓への深刻な後遺症などの危険を防止する。だが、通常の安全带と比較した場合の価格面や、「着けるのが面倒」といった作業員の声もあり、残念ながら普及状況は国内ではまだ数%程度に過ぎないのが現状だ。よりよい安全性、作業環境向上のためには迅速かつ確実な普及が求められるところだ。

酸欠事故防止対策

マンホール内部の換気を行う風管には、大きく分けて布管と鋼管がある。マンホール工事は工期も短いため、施工性が容易な布管が多く使われる傾向にある。谷沢製作所の場合、シングルファスナー式風管の超軽量低漏風FNXタイプ「グリーン風管」などが代表的。軽量化を図り、漏風や圧力損失を大幅に抑えている。簡易なものにはリング型とスパイラル型があるが、作業現場に応じて屈曲が可能で、かつ使い勝手に優れたスパイラル型（蛇腹タイプ）が優位に立つ。これらの生地には防災生布を使用、万一の火災事故の際にも被害を最小限に抑える。このほか、自己消火機能を有しているもの、不燃風管などもある。

谷沢製作所では、環境保全に努め、顧客満足度を高めるとともに、質の向上と環境保全の目標達成に努めていきたいとし「よりよい環境で作業員に働いてもらうための環境整備、サービスと製品を提供したい」と話している。

「クリーン、ヘルス、セーフティ」を業務テーマとし、防じん・防毒マスク、空気呼吸器などの製造・販売を手掛ける興研。

送気マスクはホースを通じて使用者に清浄な空気を供給する呼吸用保護具である。マンホール工事には着用者の自己肺力で作業環境外の正常空気を吸引する肺力吸引形、小型の送風機やコンプレッサから

空気を送風する電動送風機形などが主として使われる。肺力吸引形は最大ホース長が10メートル、電動送風機形は30メートル。ホースは潰れにくいピアノ線入りで、素早く繰り出せるホースリール式を採用している。

一方、これらは高濃度の有毒ガス環境、酸素欠乏環境下では使用できない。そういった状況下で活躍するのが高い防護性能を持つプレッシャデマンド型空気呼吸器だ。呼吸に応じた必要量の空気を供給し、面体内を外気より高い圧力（陽圧）に保つ。高圧空気を充填したボンベから空気を呼吸するため、送気マスクのように行動が制限されないという特長を持つ。その反面、使用時間が限られていることから、一般的な作業よりも万一の事故時などで使用されることが多い。

送気マスクは面体部の形状をよりフィット感のあるものにしたり、伝声板を改良しマスクを装着したままでも外部との意思伝達を容易にしたりする試みが行われている。興研では「フィルター単体の性能はある程度まで開発が進んでいる。その反面、適切なマスクの装着方法やメンテナンスがおざなりになっている面もあり、今後は作業員一人ひとりに至るまで安全対策の啓発活動に努めていきたい」としている。



送気マスク

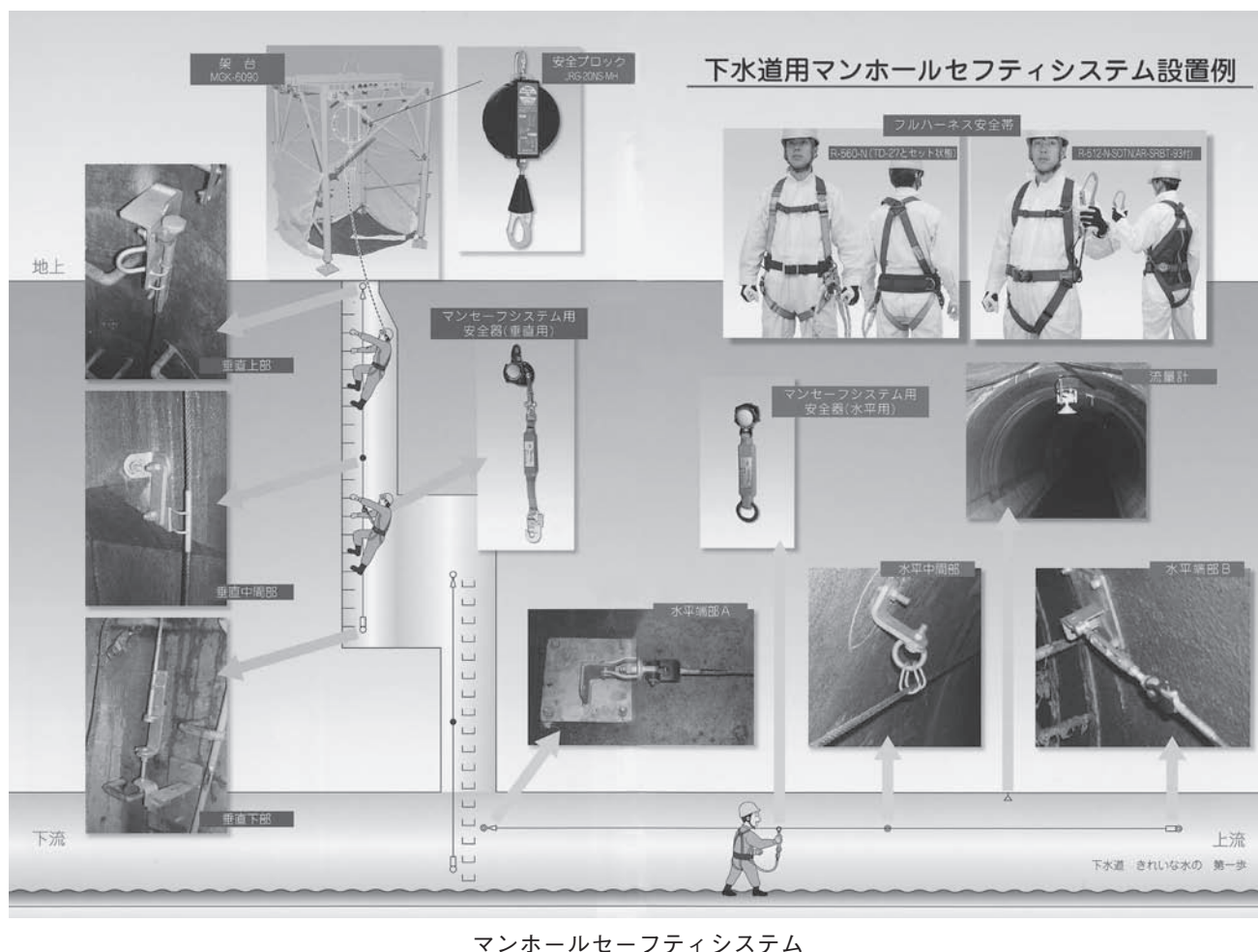
総合的なシステムの販売も

安全保護具業界では最大規模のミドリ安全は、マンホール工事に対して、酸素欠乏症等防止規則に基づき、保護器具全体をシステムとして製造・販売している。これが資機材や測定器、保護具から構成されるマンホールセフティシステムと呼ばれるもので、高所作業や酸素欠乏作業（ガス測定器、送風機、マスクなど）、管きょ保守、点検・工事作業（ヘルメット、ヘッドライトなど）、管きょ管理作業（硫化水素管理モニター、ニオイセンサ）などに多種多様な製品をラインナップしている。このなかでも特筆されるのは高所作業用（墜落・転倒防止）のマンセーフシステムだ。

マンセーフシステムは、下水道のメンテナンスにおける作業者の墜落・転倒・流され・酸欠等からの安全確保のために開発された特殊な安全器を使用する昇降・水平移動用の常設型墜落防止装置だ。同装

置は親綱支持部を自由に通過するため、一度安全器を取り付ければ安全帯を掛け替えることなく親綱全体を移動することができる。直線だけではなく、あらゆる角度に対応でき、自由自在に設置できることも大きな特長だ。さらにシステム用資機材として、付随する架台や安全ブロック、簡易型足場、フルハーネス安全帯などを揃えている。

マンセーフシステムは大別して仮設・常設に分けられ、仮設は地上で組み立てられた架台に安全ブロックをセットしてマンホールに入孔し、その際の墜落を防止。安全ブロックのフックは昇降位置でステップに仮留めできる口径を備えており、誤ってフックを離れた際に急激な巻き込みの衝撃を緩和するゴムカバーを装備している。常設の場合は予めマンホールに昇降用を、管きょに水平移動用マンセーフシステムを設備して流され・酸欠等を防止する。設備には硫化水素に対応するため、耐食性材料に特殊処理を施して使用している。



マンホールセフティシステム

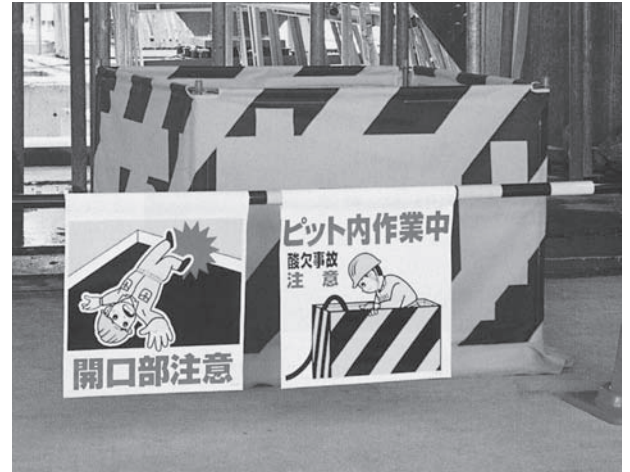
同社では、保護具全体をシステムとして捉え、正しく確実に使用しなければ事故を防ぐことは難しいとしている。「安全におけるコンプライアンスを遵守するためには工事に対する教育や啓蒙活動が不可欠」だとし、これからも訴えかけていくという。

交通事故防止対策

「安全・快適環境」をより確実にするための企画や商品開発、デザイン、製造・販売を手掛けているユニット。同社は総合標識メーカーとして、安全標識・安全用品を中心に常時10,000点を超えるアイテムを提供している。

工事現場などの安全標識には掲示板やたれ幕、ワンタッチ式などの掲示方法がある。デザインには大別して「ピクトタイプ」（公共の施設などで多く見かけられる記号化された人物）と擬人化された「まんがタイプ」で注意を呼びかけるものが多い。マンホール工事は作業員の作業の支障を避けるとともに一般市民が近づかないようにする現場のため、禁止標識である「立ち入り禁止」や「頭上注意」などが描かれた実用的なピクトタイプが使われるケースが多い。一方、建設工事では、親しみやすくわかりやすさが求められることから、一般市民や子どもに注意を促す「まんがタイプ」が使われることがある。

マンホールを含む建設・土木の工事現場にはさまざまな看板や標識、表示が必要である。町並みの環境のひとつとしても安全確保はもちろん環境美化、ひいては循環型社会に対応する取組みも必要だろ



安全標識（まんがタイプ）

う。ただ「標識や製品で安全を働きかけても、それを正しく使用することが何より重要。安全意識の啓蒙や高揚が求められると思う」としている。

下水道工事は新規のものは減少傾向にあるが、これからは特に大都市を中心に25～30年以上経過した管の保守・点検が増えてくるのは明らかだ。

マンホールの工事は特殊であり、紙面に取り上げた安全保護具やシステムがさまざまな現場状況で活用できるかどうか難しい面もある。しかし、工事の作業に関わる安全管理、作業効率が疎かにならないよう、各メーカーの新製品開発や安全への啓発活動に対し、関係各機関が積極的な理解を示すとともに作業従事者の意識の変革がこれまで以上に求められてくるといえるのではないだろうか。

マンホールの水理学



松江工業高等専門学校

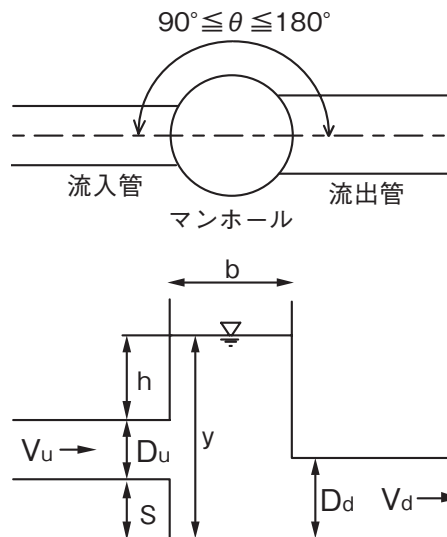
教授 荒尾 慎 司

1. マンホールの水理学の重要性

マンホールは管きょの流下方向が変化する点、勾配・管径が変化する点、合流点、段差を生じる箇所には必ず設置される。また、管きょの維持管理のため、流下方向が変化しない直線であっても中間マンホールが設置される。マンホールは、約30m間隔（全国平均）で設置されており、管きょの接続状態、降雨強度の変化により、マンホール内では、急拡・急縮、スケールの大きな渦の発生、マンホールへの流入雨水のマンホール壁面への衝突などが起こるため、無視し得ないほど大きなエネルギー損失を生じることがある。「下水道施設計画・設計指針と解説－前編－」¹⁾では、この損失は未だ考慮されておらず、損失を全く考慮しない雨水管きょの設計や浸水解析では、雨水管きょの流下能力を過大評価していると考えられる。そのため、内水氾濫解析では、特に浸水初期に、浸水箇所や浸水深が実績と合わない原因のひとつになっていると思われる。実際の浸水現象をより高精度にシミュレーションするには、管きょ内で圧縮された空気塊がマンホールから雨水とともに地表面へ噴出する非定常流解析が必要となる。これについては紙面の都合上、他の研究（例えば、渡辺ら^{2)、3)}）を参考にされたい。

国内でも下水道を組み込んだ浸水解析モデルが開発されているが、マンホールでの損失を考慮していないものがほとんどである。また、建設コンサルタントを中心に日本でも数多く利用されるようになってきている海外で開発された浸水解析モデル⁴⁾では、マンホールの損失を計算することはできるが、

使用するモデル毎に異なる式形を与えており、計算結果が異なっている。この理由は、図－1に示すように、マンホールと接続管きょに関わる数多くの構造要素（マンホール形状、マンホール径、管きょ形状、管径、管きょの水平面接合角度、マンホールの流入・流出管の段差等）が存在するため、これらの構造要素すべてを満足するマンホール損失の算定式が未だに開発されていないからである。



図－1 マンホールの構造上の要因

ここに、 y ：マンホール内の水深、 h ：流入管の内壁頂部から水面までの距離、 D_u ：流入管の内径、 D_d ：流出管の内径、 V_u ：流入管の流速、 V_d ：流出管の流速、 S ：流入・流出管の段差、 θ ：流入・流出管の水平面接合角度である。

マンホールの損失に特に大きな影響を与える構造上の要因は、マンホール径比 (b/D_u)、管径比 ($D_d/$

D_u)、接合管きよの水平面接合形態及び段差 S である。

管きよからマンホールへ流入した雨水が、マンホール内をスムーズに流下できるようにマンホール底面には、管内径の $1/2$ のインバートが設置されている。流入・流出管が管頂接合で接続されている場合、インバートから溢れない程度の降雨強度では、インバートに沿って流下する水流による摩擦損失が生じるが、マンホールの内径が管きよの長さに比べて短いため、ほとんど無視してもさしつかえない。

マンホールへ流入する雨水がインバートから溢れる程度の降雨強度で、なおかつ管きよ内の流れが非満管流れとなる場合には、マンホール内での流れの急拡・急縮の影響でエネルギー損失はやや増加するものの、極端には増大しないため、この流れの状態でもマンホール損失は無視し得るほど小さい。流入・流出管の水平面接合角度が 90 度に近づくにつれて、損失は大きくなる。また、流入・流出管の間に管内径に相当する段差を伴う場合、上面から見た場合、管きよが直線でも曲がっている場合でも、マンホールへ流入した雨水は、そのままマンホール壁面へ衝突するため、少なくとも速度水頭 ($V^2/2g$) 分の損失が生じることになる。降雨強度がさらに大きくなり、管きよ内の流れが圧力管水路流れになると、マンホールでの損失が無視しえないほど大きくなることが少なくない。これについては、既往の研究により後述する。

2. マンホール径比の種類

円形マンホールとそれに接続する管きよの寸法を表-1に示す。マンホール径比（マンホール径 b /管径 D ）には、様々な種類があり、これら全ての条件を網羅した研究を遂行するのは時間的にもコストの

面からも合理的ではない。マンホールの損失を定式化するには、ある程度実験条件を絞って、取り組む必要がある。従来の研究⁵⁾より、流入・流出管が直線的に接続する2方向接合マンホールにおいて、マンホール損失は、マンホール径比 b/D にほぼ比例することがわかっている。

3. 接合管きよの水平面接合形態と研究の進捗状況

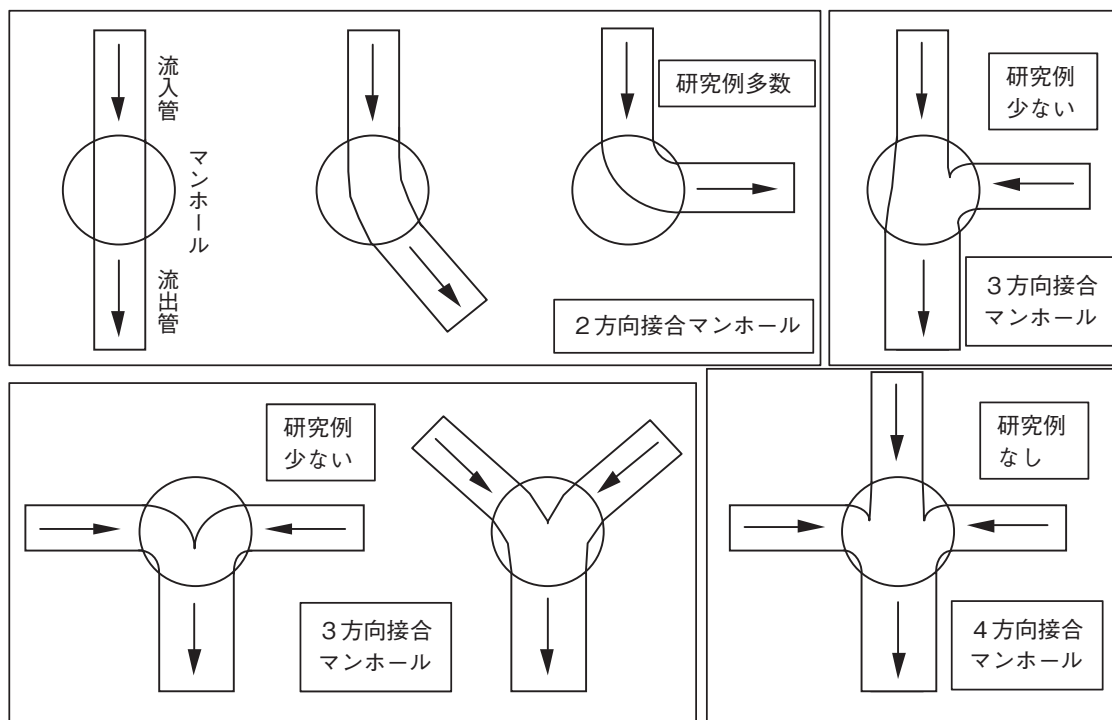
雨水管きよは、道路に沿って敷設されるため、図-2に示すように、種々の水平面接合形態が現れる。流入管と流出管がそれぞれ1本ずつ接合する2方向接合マンホールに関して、管きよの水平面接合角度が 180 度（直線）から 90 度に変化するものについては、マンホールの損失は、ほぼ解明されている。著者は圧力管水路流れにおいて、既往の研究成果と著者らの研究を統合して、マンホールの構造上の要因とマンホール内の水深を考慮した2方向接合円形落差マンホールのエネルギー損失の一般式を提案している⁶⁾。流入管2本を有するT字路交差点及びY字路交差点下の研究例は少なく⁷⁾、流入管3本を伴う十字路交差点下に関しては、研究例は未だ皆無であり、損失係数の算定式の開発が望まれる（図-2参照）。

4. マンホールを含めた管きよの損失

雨天時に雨水管きよが圧力管水路流れになる場合、マンホール（ここでは、マンホールと流体力学上マンホールの影響を受ける接合管きよを合わせたものと定義）の損失が雨水管きよの摩擦損失と比べて無視できないほど大きくなることがあることは前述した通りである^{5), 6)}。マンホールのエネルギー損失水頭とマンホールより下流側の流出管きよの損失水頭の和 ΔE は次式で表わされる。

表-1 円形マンホールと接合管きよの寸法

マンホール種別（円形）	1号	2号	3号	4号
マンホール内径 b (mm)	900	1200	1500	1800
管内径 D (mm)	250, 300, 350, 400, 450	250, 300, 350, 400, 450, 500, 600	250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800	250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900
b/D	3.6, 3.0, 2.57, 2.25, 2.0	4.8, 4.0, 3.43, 3.0, 2.67, 2.4, 2.0	6.0, 5.0, 4.29, 3.75, 3.33, 3.0, 2.5, 2.14, 1.88	7.2, 6.0, 5.14, 4.5, 4.0, 3.6, 3.0, 2.57, 2.25, 2.0



図－2 雨水管きよの水平面接合形態

$$\Delta E = \left(f \frac{L}{D_d} + K \right) \frac{V_d^2}{2g} = (K_{\text{pipe}} + K) \frac{V_d^2}{2g} \quad (1)$$

ここに、 f ：管きよの摩擦損失係数、 L ：流出管きよの管長、 D_d ：流出管きよの内径、 K_{pipe} ：流出管きよの摩擦損失係数、 K ：マンホールのエネルギー損失係数（図－9 参照）、 V_d ：流出管の断面平均流速、 g ：重力加速度である。

著者の提案している2方向接合円形落差マンホールのエネルギー損失係数 K の一般式を（2）式に示

す。（2）式は、6個の無次元パラメーター（ b/D_u 、 b/D_d 、 D_d/D_u 、 $(h+D_u)/D_u$ 、 $(S+D_u-D_d)/D_u$ 、 $\theta/180$ ）から構成されている。（2）式の第1項目は、マンホール径比（ b/D_d ）と流入・流出管の管径比（ D_d/D_u ）及び流入・流出管の接合角度（ θ ）の影響、第2項目は、マンホール内のスケールの大きな渦の影響、第3項目は、流入・流出管の段差（ S ）の影響を表している。式形は複雑であるが、この式をExcel上に挿入すれば、簡単に損失係数を算定できる。ただし、流入・流出管の水平面接合角度 θ は、

$$\begin{aligned}
 K = & \left[0.09 \left(\frac{b}{D_d} \right) (1 - \sin \theta) + 1.3 \left(\frac{b}{D_d} \right)^{0.15} \sin \theta \right] \left(\frac{D_d}{D_u} \right)^{3.2} \\
 & + 0.5(1 - 0.5 \sin \theta) \left[1.1 + \tanh \left(\frac{b}{D_u} - 3.0 \right) \right] \exp \left[-15 \left\{ \ln \left[\frac{h + D_u}{1.5 D_u \left(3.0 - \frac{2\theta}{180} \right)} \right] \right\}^2 \right] \\
 & + 2.1 \left(\frac{S + D_u - D_d}{D_u} - 0.2 \right) \left(\frac{D_d}{D_u} \right)^3 (1 - \sin \theta) \\
 & \left(\text{(2)式の適用範囲: } \frac{h + D_u}{D_u} \geq 1.0, 0.2 \leq \frac{S + D_u - D_d}{D_u} \text{ and } \frac{S}{D_d} \leq 1.0 \right)
 \end{aligned} \quad (2)$$

下水道台帳の平面図上でその角度を読み取る作業を伴う。

(2) 式において、 $(S + D_u - D_d) / D_u$ が0.2以下の場合は、この比率の影響は小さく無視し得る。

(2) 式の妥当性や設計値に関しては後述する。浸水解析では、エネルギー損失係数 K の代わりに圧力損失係数 K_p を利用することが多いと思われる。エネルギー損失係数 K は、(3) 式のように、簡単に圧力損失係数 K_p に変換することができる。

$$K_p = K + 1 - \frac{D_d^4}{D_u^4} \quad (3)$$

5. 2方向接合円形マンホールの損失特性^{6), 8), 9)}

図-3に2方向接合円形マンホール（マンホール内径 $b=18\text{cm}$ 、流入管内径 D_u =流出管内径 $D_d=5\text{cm}$ 、段差 $S=0\text{cm}$ ）でのエネルギー損失係数の実験結果の一例を示す。図の横軸 h は、流入管内壁頂部から水面までの距離で、マンホール内で水面が管頂付近にあると、スケールの大きな渦が発生するため（図-4参照）、損失が非常に大きくなる。マンホール内で水面が管頂付近にある状態というのは、まさに洪水が発生している時であり、水面が地表面に到達しない場合でも、この損失が一時的に上流側の水面上昇をもたらすと考えられる。

雨水管きよ網は樹状構造をなしており、管きよ網の末端からそれぞれのルートの上流端管きよに至るまでにはマンホールが数個から数十個程度は存在するので、雨水管きよを設計する際にマンホール部の損失を無視したり、過小評価（あるいは過大評価）すると上流側のマンホール水位に顕著な影響が現われる。

図-5に段差比 S/D_d を0.5とした場合のマンホール水深比 h/D_u とエネルギー損失係数 K との関係を示す。直管流れでは、 h/D_u が2.5付近よりも小さいところでは実測値との差がやや大きい、 h/D_u が2.5付近よりも大きくなると実測値との差は20%以内である。90度曲げ接合では、計算値と実測値はほぼ一致しており、(2) 式の妥当性が確認できる。他の条件でも(2) 式が有用であることを確認している。

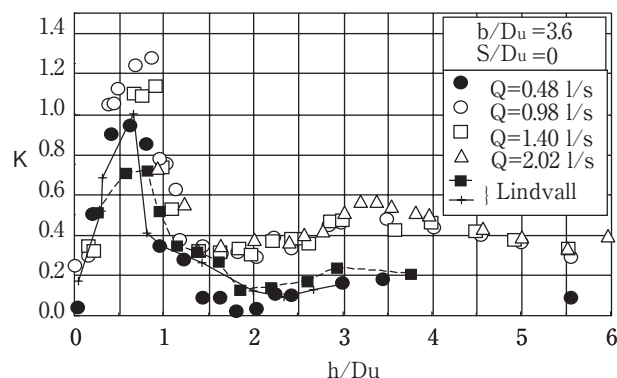


図-3 2方向接合マンホールのエネルギー損失係数 K と水深比 h/D_u との関係

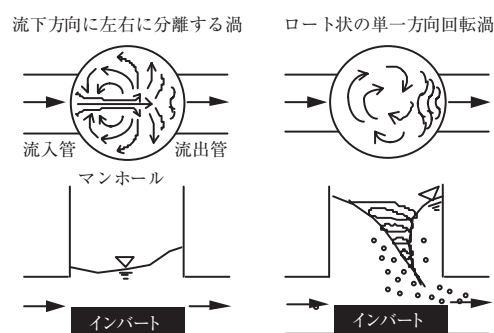
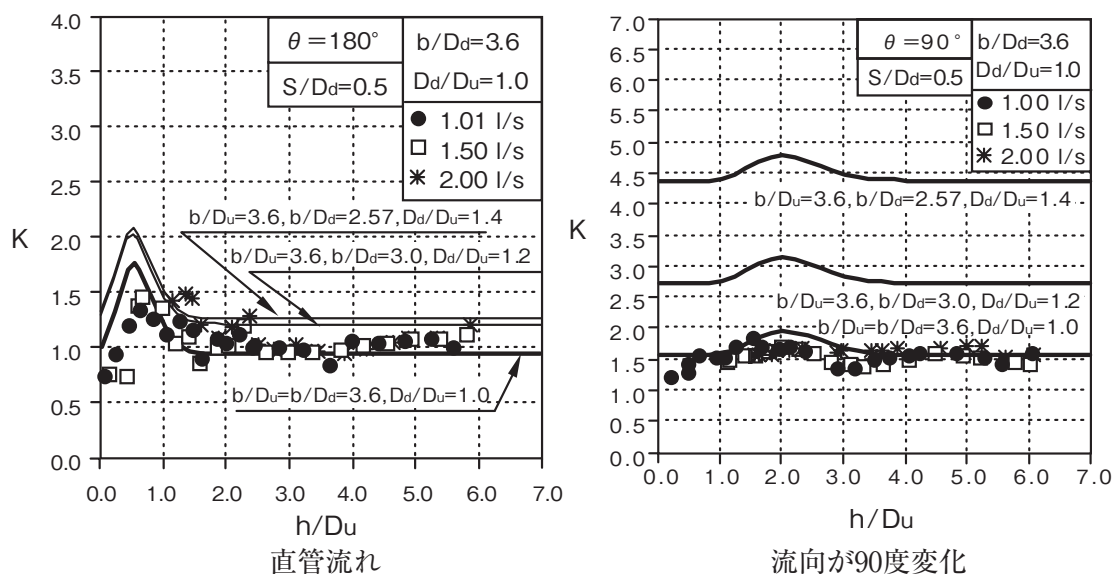
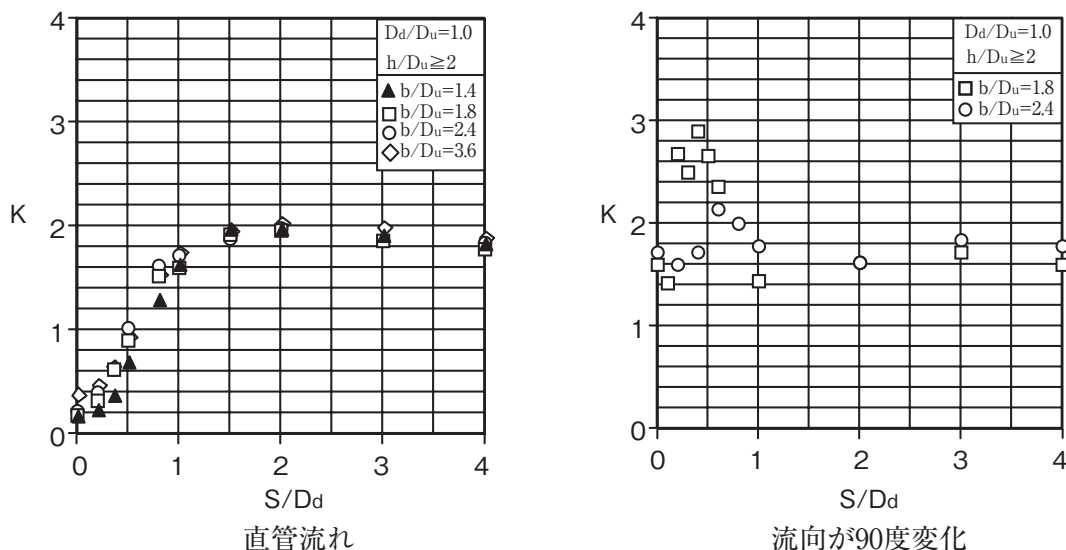


図-4 マンホール内のスケールの大きな渦

図-6に2方向接合マンホールのエネルギー損失係数 K と流入・流出管の段差比 S/D_d （ S ：段差）との関係を示す。各段差におけるエネルギー損失係数 K の値は、マンホール内の水深比 h/D_u を2以上とした損失係数の平均値とした。1本の管きよとそれに接続するマンホール1個のエネルギー損失係数の合計は、(1) 式にも示したように、 $K_{\text{pipe}} + K$ （ K_{pipe} ：雨水管きよの摩擦損失係数、 K ：マンホールのエネルギー損失係数）となる。管径 $D=25\text{cm}$ 、管長 $L=30\text{m}$ （全国平均値）、管きよの粗度係数 n を0.01とすると、 $K_{\text{pipe}}=2.37$ と算定される。図-6に示すように、直管流れで段差比 S/D_u が0の場合、マンホールのエネルギー損失係数 K は、0.2～0.4程度であり、管きよの摩擦損失係数 $K_{\text{pipe}}=2.37$ に比べて無視し得るほど小さいが、段差比が1.5を超えると、マンホールのエネルギー損失係数 K は2付近の値となる。この値は、管きよの摩擦損失係数 K_{pipe} とほぼ同じ値であるため、マンホール1個の損失が管きよ1本分の損失に相当することがわかる。また、流向が90度変化する流れでは、段差比 S/D_d が0でも、少なくとも速度



図－5 計算値と実測値の比較



図－6 段差比 S/D_d とエネルギー損失係数 K との関係

水頭に相当する損失を伴うので、損失係数はかなり大きくなる。マンホール径比 b/D_u によっては、段差比が0.5付近で、 K が3程度の値をとることもあり、この値は管きよの摩擦損失を超える大きな値である。

マンホールのエネルギー損失係数 K は、(2)式にも示すように6個の無次元パラメーター (b/D_u , b/D_d , D_d/D_u , $(h+D_u)/D_u$, $(S+D_u-D_d)/D_u$, $\theta/180$) を含んでいるため、設計値を単純に設定することはできない。設計上、円管では、満管で自然流下できればよいことになっているが、マンホール自体の容積は小さいので、溢水せずにマンホール内で

収まる程度の水位、すなわち、スケールの大きな渦が発生せず、損失係数がマンホール水位によらずほぼ一定となる損失係数を設計値として採用してもさしつかえない。

流入・流出管の接続角度を180度とし、段差を変化させたときの実験結果と(2)式による計算値(実線)との比較を図-7に示す。なお、図中の実測値は、スケールの大きな渦の影響で損失が極端に増大することがないマンホール水位でのエネルギー損失係数を平均したものである。 $b/D_d=3.6$, $D_d/D_u=1$ では、計算値は実測値をほぼ再現している。 $D_d/D_u=1.2$ では、段差比 S/D_d が1を超えると計算値の方

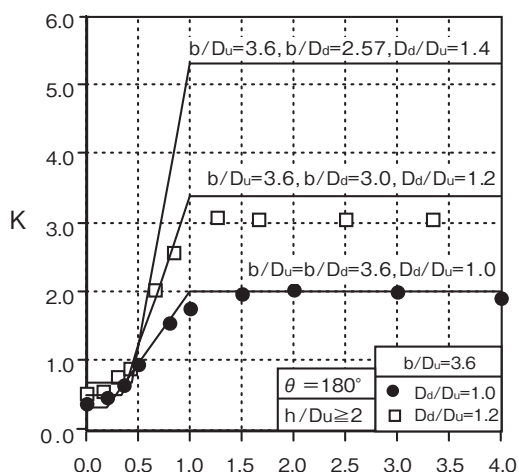


図-7 計算値と実測値の比較 (段差の影響)

が実測値よりも10%程度大きくなる程度である。実際の現場では、渦流により損失を減らす工夫が施してある高落差マンホールを除くと、段差比 S/D_d は1より小さいものが数多く設置されていることから(2)式は有用である。

6. 3方向接合マンホールの実験装置及び実験方法

1) 実験装置

3方向接合マンホールに関する研究で用いている実験装置(模型)の概要⁹⁾を図-8に示す。主流方向(直管)の流入管長 $L_u=2.14\text{m}$ 、横流入管長 $L_l=2.07\text{m}$ 、流出管長 $L_d=1.04\text{m}$ である。いずれの管も水平に設置されており、管きよの内径はいずれも5cmで、マンホール内径 b は18cmである。マンホールの底面形状は日本で一般的に用いられているものをモデル化しており、管内径の1/2のインバートを設置している。以上より、マンホールや管きよに関する構造寸法の比率は、 $b/D_u=3.6$ 、 $D_l/D_u=D_u/D_d=D_l/D_d=1.0$ (b :マンホールの内径、 D_u :流入管の内径、 D_l :横流入管の内径、 D_d :流出管の内径)となる。なお、本研究で用いたマンホールと管きよは、実物(マンホール内径90cm、管内径=25cm)の1/5の縮小模型である。流入・流出管がそれぞれ1本ずつ接合する2方向接合マンホールを対象とした実験では、主流方向の流入管あるいは横流入管の流量を 0 l/s としている。

2) 実験方法

実験方法は以下の通りである。①2ヶ所の流量調節バルブにより、主流方向の流入管流量 Q_u と横流入管流量 Q_l を所定の流量に設定する(図-8参照)。②流出管内壁頂部から水面までの距離をマンホール水深 h とし、それを3本の管とマンホールとの接合部及び主流方向(直管)の流入管から見てマンホール右側壁面に取り付けた4ヶ所のメジャーにより測定し(図-8参照)、それらの平均値を測定値とする。なお、マンホール水深 h は、流出管端部の越流水槽内の堰高を変えることにより変化させている。③流入・流出管及び横流入管にそれぞれ3ヶ所ずつ取り付け付けたマンノメーターによって管内の圧力水頭を測定し、これに速度水頭($V^2/2g$)を加えたものからエネルギー線を計算することにより、(4)式により、マンホールのエネルギー損失水頭 ΔE を求める(図

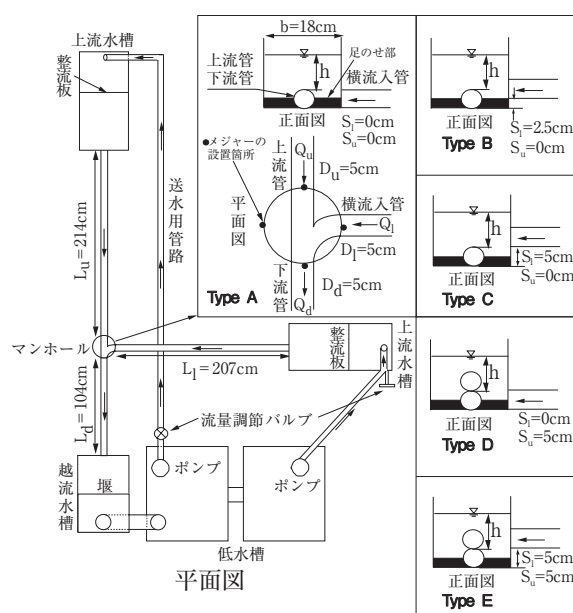
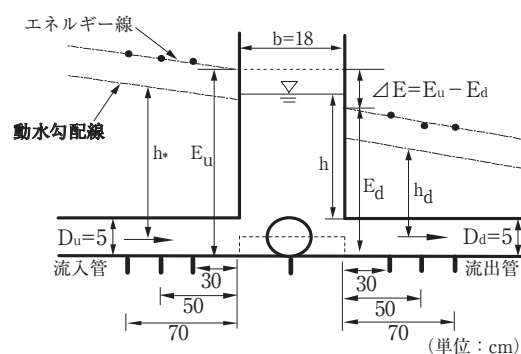


図-8 実験装置の概要

図-9 マンホールエネルギー損失水頭 ΔE の定義

－9 参照)。さらに、(5) 式と (6) 式によりエネルギー損失係数 K_{E*} 、圧力損失係数 K_{p*} を算定する。

$$\Delta E = \left(\frac{V_*^2}{2g} + h_* + Z_* \right) - \left(\frac{V_d^2}{2g} + h_d + Z_d \right) \quad (4)$$

$$K_{E*} = \frac{\Delta E}{V_d^2/2g} \quad (5)$$

$$K_{p*} = K_{E*} + 1 - \frac{V_*^2}{V_d^2} \quad (6)$$

ここに、 ΔE ：エネルギー損失水頭、 V_* ：流入管の平均流速、 V_d ：流出管の平均流速、 K_{E*} ：エネルギー損失係数、 K_{p*} ：圧力損失係数、 h ：流入管の内壁頂部からマンホール内の水面までの距離、 h_* ：流入管の圧力水頭、 h_d ：流出管の圧力水頭、 Z_* ：流入管の位置水頭、 Z_d ：流出管の位置水頭である。なお、(4) 式から (6) 式に変数において、添え字の*が、u のときは主流方向（直管）を、l のときは横流入方向（90度曲げ接合）を表す。

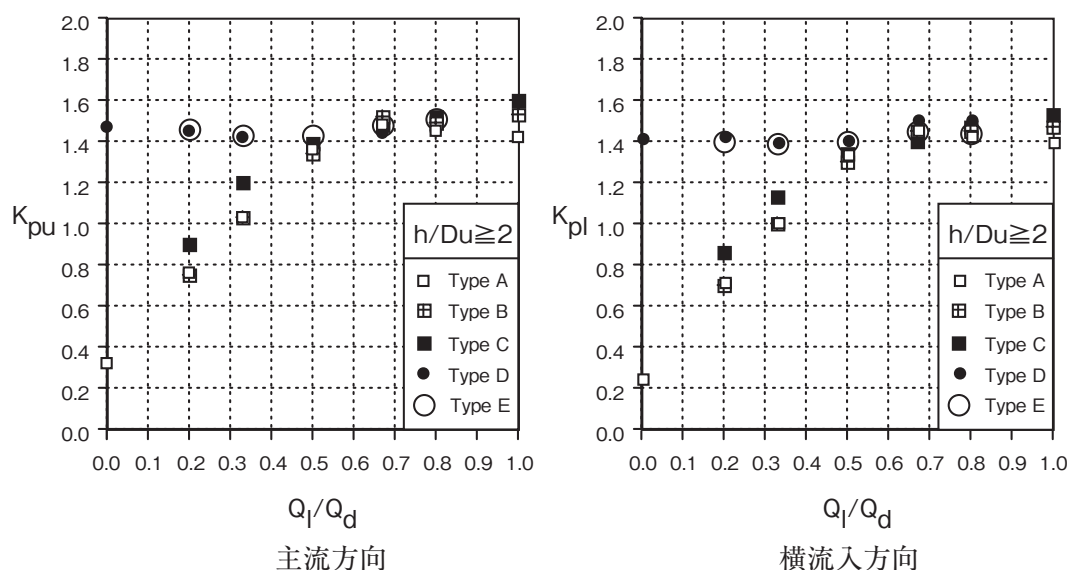
7. 3方向接合円形マンホールの損失特性^{10)、11)}

図－10は、それぞれ主流方向（直管）と横流入方向の圧力損失係数（ h/D_u が2以上の平均値）と流量

比 Q_l/Q_d との関係を示したものである。主流方向、横流入方向いずれも流量比の変化による損失係数の変化状況は類似している。流量比 Q_l/Q_d が0.5よりも小さいと主流方向の段差（Type DとType E、図－8参照）の影響が非常に大きく、損失係数が増大する。流量比が0.2と0.33では、横流入管の段差が5 cm（Type C、図－8参照）のとき、他の段差（Type AとType B、図－8参照）よりも損失係数はやや大きくなる。流量比 Q_l/Q_d が0.5から0.8の範囲では、いずれのマンホール形状でも損失係数にそれほど大きな差は生じないことから、段差の影響はほとんどないと言える。 Q_l/Q_d が1では、横流入管の段差が最も大きいType Cでの損失係数が他の段差（Type AとType B）よりもやや大きくなる。なお、この結果は、3本の管の内径をいずれも5 cmとしたときの値であり、管きよの内径を変化させた条件で、検討を行う必要があり、その結果を合わせて3方向接合マンホールにおける損失係数の算定式を開発する予定である。

8. おわりに

本報告では、既往の研究成果を基に、雨水管きよの摩擦損失に匹敵するほどマンホールの損失が増大することがあり、決してこれを無視することができないことを示した。また、2方向接合円形落差マンホールにおいては、(2) 式を用いて設計値を与える



図－10 圧力損失係数と流量比 Q_l/Q_d との関係

ことができることも示した。内水氾濫解析では、マンホールでの損失係数の与え方によっては、特に浸水初期に浸水発生箇所や浸水深等に大きな差が生じると考えられる。現在、横流入管を伴う3方向接合マンホールにおいて、3本の管内径を異径とした条件下で検討を行っており、T字路下の3方向接合マンホールにおける損失係数の算定式を開発する予定である。さらには、4方向接合マンホールのエネルギー損失に関する検討も行っていきたい。

〈参考文献〉

- 1) 下水道施設計画・設計指針と解説－前編－、第2章管路施設、第7節マンホール、日本下水道協会、pp.164-176、1994.
- 2) 渡辺ら：マンホール蓋飛散の水理解析モデルと水理模型実験、水工学論文集、第45巻、pp.907-912、2001.
- 3) 渡辺ら：マンホール部に空気塊を封入する下水道管渠の圧力流れ、水工学論文集、第44巻、pp.551-556、2000.
- 4) 流出解析モデル利活用マニュアル、(財)下水道新技術推進機構、2006年3月.
- 5) 荒尾慎司、楠田哲也：2方向接合マンホール部のエネルギー損失特性－レビューと課題－、下水道協会誌、Vol.33、No.396、pp.75-86、1996.
- 6) 荒尾慎司、楠田哲也：管水路流れにおける2方向接合円形落差マンホール部の形状損失の定式化、土木学会論文集G、Vol.62、No.1、2006.
- 7) 荒尾慎司、楠田哲也：3方向接合マンホール部のエネルギー損失特性－レビューと課題－、下水道協会誌、Vol.33、No.397、pp.67-75、1996.
- 8) 荒尾ら：円形マンホール部のエネルギー損失特性（圧力流れ）、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第2部（A）、pp.310-311、1995.
- 9) 荒尾慎司、楠田哲也：2方向接合円形落差マンホール部のエネルギー損失特性、下水道協会誌、Vol.34、No.419、pp.14-28、1997.
- 10) 伊佐ら：流入・流出管の段差を考慮した3方向接合円形マンホール部の損失特性、平成16年度九州共立大学工学部土木工学科卒業研究概要集、pp.55-58、2004.
- 11) 荒尾慎司、楠田哲也：3方向接合マンホールの損失特性に関する実験的研究、環境工学研究論文集、Vol.40、pp.421-429、2003.

日頃の業務執行に必携の書 続々刊行！

下水道管路施設 維持管理積算資料〔2009年版〕 **新刊**

頒価：会員5,000円、一般10,000円

A4判552頁、平成21年11月発刊

下水道管路施設災害復旧支援マニュアル **新刊**

頒価：会員1,500円、一般3,000円

A4判135頁、平成21年7月発刊

下水道管路施設—維持管理マニュアル〔2007年版〕

頒価：会員6,000円、一般12,000円

A4判602頁、平成19年5月発刊

(価格は税、送料込み)



お問い合わせは

公益社団法人 **日本下水道管路管理業協会**

TEL.048(456)2480

管路研修センター FAX.048(456)2483

新たな下水収集システムの提案について



新下水収集システム研究会

幹事 西村 秀 士

1. はじめに

下水道管路の延長は地球を10周する40万kmを超え、下水道資産の約7割を占めています。また、下水道普及率も7割を超え、下水道は本格的な維持管理の時代に入っています。しかしながら、未だ管路施設について適正な維持管理が担保されているとはいえない状況にあります。この原因を考えてみますと、下水収集システムを上流から下流まで一体としてみた議論が欠けていることが一因と考えられます。マンホールや宅内排水設備、取付管など個々については問題点の抽出や整理が行われてきていますが、全体を見渡す視点はあまりなかったといえます。また、管路の維持管理についてみますと、管路施設の管理区分・方法も定まっていないため、実行性・説得力のある維持管理基準を策定するにいたっていないためとも考えられます。

このような中、これらの種々の課題を体系的に抽出・整理し、解決の方向性を維持管理・施工・製品製造・計画・設計を担う関係者が一堂に会して議論する場を設けることが有意義との認識のもと、研究会を立ち上げることとなりました。具体的には、管清工業、積水化学工業、日水コン、日本上下水道設計、ハネックス、日之出水道機器および前澤化成工業の7社とアドバイザー^{注1)}の方々により「新下水収集システム研究会」を設置し、今後の下水収集システムのあり方について議論し、あるべき収集システムについて情報発信することとしました。ここに、研究会における提案がまとまりましたので、その概要と実現化に向けての考え方について紹介いたします。

2. 検討の流れと提案の概要

2.1. 現有施設・維持管理の課題の抽出・整理

研究会では、議論の出発点として、現状における管路施設・維持管理の種々の課題を抽出・整理するとともに、あるべき下水収集システムの提案を得るため、研究会メンバーである維持管理・施工・製品製造・設計・計画に係る関係者において、アンケートを実施しました。アンケートは、現有施設・維持管理の課題とともに、改善策、必要な対応について幅広く行い、その結果、約300の課題とその改善策、必要な対応についての回答が得られました。回答の内容は多岐にわたり、長年にわたる各関係者の経験と知見が反映されたものとなりました。

1) 5つの評価の視点

アンケート結果をとりまとめるにあたり、次に示す5つの現有施設・維持管理の評価の視点があげられ、はじめに、これにより各課題を整理しました。

視点1：住民の安全性・利便性

視点2：維持管理作業の安全性・容易性・確実性

視点3：機能を改善しつつコスト縮減を図る

視点4：環境への影響を改善する

視点5：施設を長持ちさせる、将来の変化への対応を容易にする

2) 6つの大きな課題

5つの評価の視点をもとに整理検討した結果、さ

注1) (社)日本下水道管路管理業協会：田中 修司、(株)G&U 技術研究センター：田中 博、東京都下水道サービス (株)：高橋 良文、オブザーバー(社)日本下水道管路管理業協会：鎌田 修(敬称略)

らに、課題等の大きな括りとして、次に示す6つがあげられました。

- 課題1：住民との接点は、排水設備とマンホール及びその蓋
- 課題2：維持管理計画に問題
- 課題3：取付管の本管接続が元凶
- 課題4：宅内排水設備の問題
- 課題5：下水収集システム・制度等の改善
- 課題6：安全・環境・長寿命化の視点での技術開発

2.2. 新システムの提案

現有施設・維持管理の課題と改善策、必要な対応を踏まえて検討した結果、具体的に解決する施策・システムを抽出・体系化し、最終的に次に示す8つの提案としてとりまとめました。5つの評価の視点、6つの大きな課題と8つの提案の関係を図-1に示します。

- 提案1：維持管理基準の策定とメリハリのある維持管理計画の策定
- 維持管理基準の策定と、管路施設の管理方式

や区分によるメリハリのある維持管理計画について提案しました。

提案2：エコ宅内排水設備

下水道への浸入水や雨水の流出量を削減し、環境への悪影響を軽減するため、宅内排水設備は排水ヘッダー方式等による分流式とし、貯留浸透を行うことを原則とすることを提案しました。(図-2)

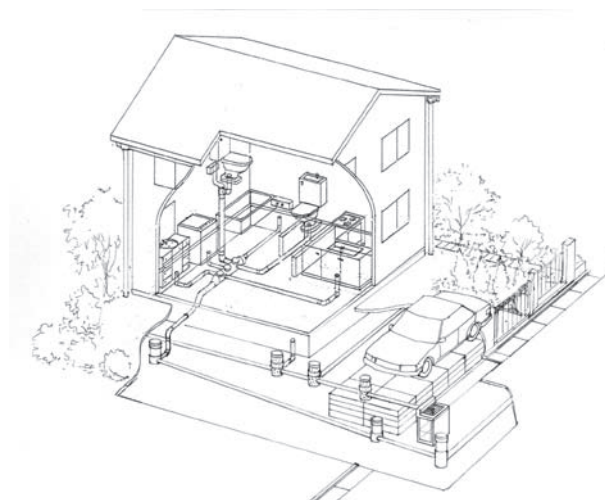


図-2 エコ宅内排水設備のイメージ (提案2)

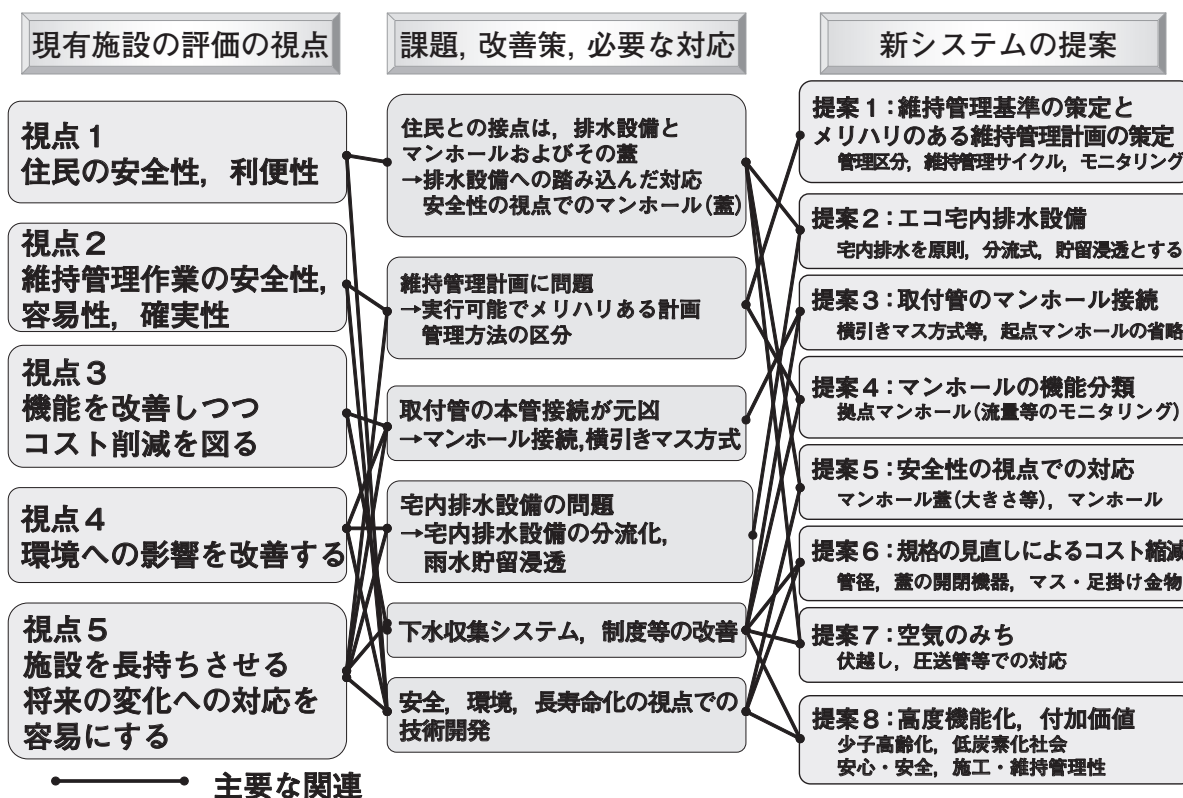
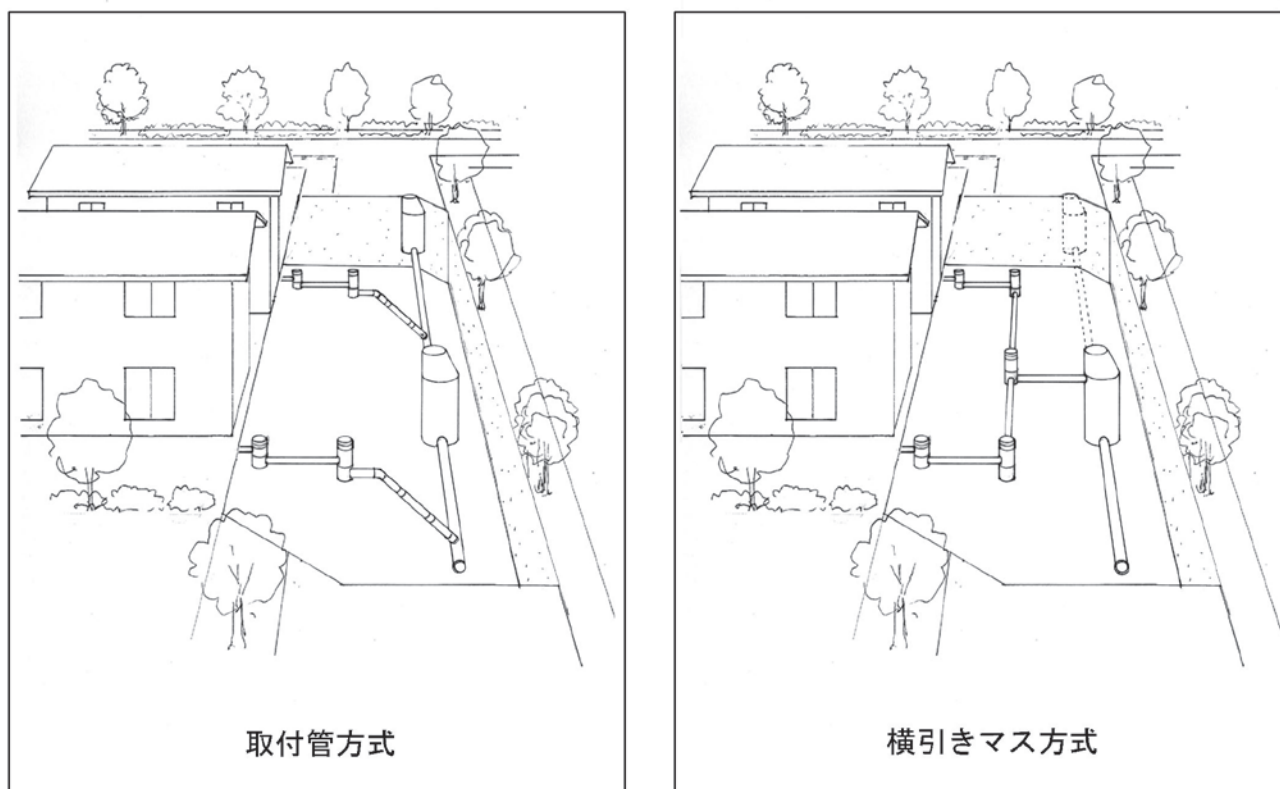


図-1 現有施設・維持管理の課題と新システムの提案



図－３ 取付管方式と横引きマス方式（提案３）

提案３：取付管のマンホール接続

道路陥没や浸入水、さらに管きよの損傷の主原因となっている取付管の下水本管への接続を止め、横引きマス方式等によるマンホール接続とすることを提案しました。図－３に取付管方式と横引きマス方式を示します。

提案４：マンホールの機能分類

下水流量や水質を把握するため作業環境の良好、開口部も大きい拠点マンホールを設けること、人が中に入っている作業の必要がないマンホールは小型マンホールとするなど、マンホールを機能において分類することを提案しました。

提案５：安全性の視点での対応

マンホール蓋口径の適正化（作業用はφ700mm）や、実際の維持管理作業を想定したマンホール上部壁の使い分け、マンホール蓋の調査診断結果に対する具体的な対策等について、維持管理作業や住民の安全性の視点から規格化、基準化すべき内容について提案しました。

提案６：規格の見直しによるコスト縮減

規格の見直しや規格化によりコスト縮減が期

待できる事項について提案しました。

提案７：空気のみち

下水管路において空気も下水と合わせて流下させることが必要であり、このための施策について提案しました。

提案８：高度機能化、付加価値

安全、環境、長寿命化の視点での管路施設の高度機能化、付加価値について提案しました。

３．提案の内容について

ここでは、提案の内容を具体的に示すため、管路維持管理に関係の深い「提案１：維持管理基準の策定とメリハリのある維持管理計画の策定」を例にあげて、その提案内容を示します。

１）現状における課題

適正な維持管理を担保するための仕組みとして、国や地方公共団体において維持管理基準等を策定して、これらの規定に基づき維持管理を行うことが提案されていますが、実現化への道筋はまだ見えていません。その原因として、維持管理計画自体がまだ

実行可能でメリハリのある計画となっておらず、管路施設の管理区分・方法も定まっていなかったことがあげられました。そこで、実行性・説得力のある維持管理基準を策定するため、管路施設の維持管理計画のあり方について検討しました。

2) 管路施設の維持管理計画と維持管理基準

計画的な維持管理計画の策定が有効であることは理解できても、全管路を対象とした維持管理に膨大な作業・費用を伴うため、現実的に実行するためには、メリハリのある維持管理計画とする必要があります。また、今後の財政事情の悪化に対して、維持管理の予算を確保するため、維持管理作業の有用性を示す財政・リスク評価（予防保全によるメリットの提示）を行う必要があります。さらに、今後の自治体職員の退職による維持管理ノウハウの継承を行うため、一連の調査結果をデータベース化することが重要と考えられます。

これらを踏まえた、維持管理計画の策定フローを図－4に示します。維持管理計画における管理方法別保全サイクル等を管理基準として策定し、これらはPDCAにより実行と改善を進めていくこととなります。

管理基準の検討におけるポイントとして、表－1に示すように、障害発生時の影響の大きさに配慮し

表－1 管路施設の管理区分の設定例

項 目		影響の大きさ		
		重要な幹線	その他の管路	
対策の単位	点的対応		状態監視保全 時間計画保全	—
	線的対応		—	—
	面的対応	—	経過年数30年以上 状態監視保全 時間計画保全 経過年数30年未満 事後保全	経過年数30年以上 時間計画保全 末端管きよ 経過年数30年未満 事後保全

注. 管種についても、必要に応じて考慮する。

て、点的・線的・面的な管理区分ごとに、管理頻度・項目を設定することがあげられます。また、基本的な維持管理項目ともいえる管路の幹線における水質や流量の計測を位置づけることも重要と考えられます。

3) 規格化・基準化の提案

下水管路の維持管理の作業を実効性あるものとするためには、ある程度強制力を持った制度化が必要であり、昨今の地方分権への動きを踏まえると、各自治体で検討する維持管理計画の“より所”となる公的な規格も必要となります。

制度・規格としてJIS（日本工業規格）やISO（国際標準化機構）等が考えられ、これらを目標に維持管理計画をオーソライズすることが望まれます。そこで、規格化・基準化の提案として次の2点をあげることとしました。

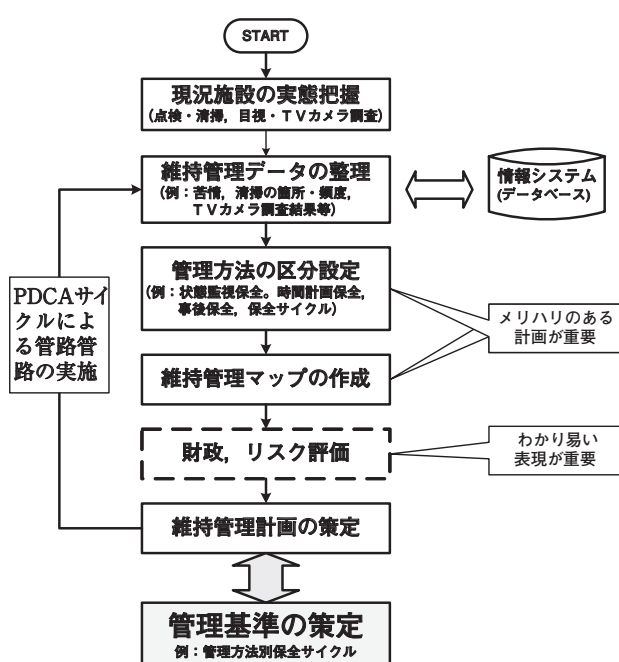
- ①維持管理基準（国および地方自治体）の策定
- ②維持管理計画の策定

また、規格化・基準化の提案においては、特に次の点に重点を置くものとししました。

- ・ 管路施設の管理方法と区分
- ・ 維持管理サイクル
- ・ 水質・流量のモニタリング義務（一定の規模に応じて）

4. 実現化に向けて

今後、提案を実現化していくためには、提案内容を掘り下げて、より具体的で実行可能なものにする必要があります。例えば、提案3における横引きマ



図－4 維持管理計画と管理基準の策定フロー

表－２ 規格化・基準化に向けて検討すべき事項

提案	規格化・基準化に向けて検討すべき事項
提案１ 維持管理基準の策定とメリハリのある維持管理計画の策定	維持管理基準（国および地方自治体）の策定 維持管理計画の策定 ◆ 管路施設の管理方法と区分 ◆ 維持管理サイクル ◆ 水質・流量のモニタリング義務（一定の規模に応じて）
提案２ エコ宅内排水設備	宅内排水施設は、原則として分流式で雨水貯留浸透型とする ◆ 屋内では、排水ヘッダー方式等を推奨する
提案３ 取付管のマンホール接続	取付管の下水本管への接続は、原則としてマンホールで行うものとする ◆ マンホールまでの接続方式は、横引きマス方式等とする ◆ 起点部のマンホールについては、省略する
提案４ マンホールの機能分類	マンホールの機能を分類し、機能に応じた適切な構造とすることを原則とする ◆ 流量測定器設置マンホール基準（拠点マンホール基準） ◆ 小型マンホール・省略化の適用基準
提案５ 安全性の視点での対応	◆ 下水道長寿命化計画におけるマンホール蓋やマンホールに対する計画策定の考え方を明確にする ◆ マンホール蓋の診断結果に対する明確な判断基準がないため、これについて基準を策定する ◆ 住民の安全を確保するためのマンホール蓋の性能及び試験方法を規格化する ◆ マンホール上部壁の性能及び試験方法を規格化する ◆ マンホールの入口径について、作業用はφ700とし、管更正工事など大型機材の搬入が想定される箇所はφ900（蓋は作業者の昇降を考慮し親子タイプ）とする ◆ マンホール上部壁について、形状寸法、構造・機能及び材質等を規格化する（作業用はφ700片斜壁が基本、換気作業が必要な箇所はツイン斜壁） ◆ マンホール蓋の取替と同時に、マンホール上部壁を耐腐食性、耐久性に優れた材質（次世代型上部壁等）のものへの取替を検討する ◆ マンホール蓋開閉機器の統一化を検討する ◆ その他：マンホール全体について検討すべき事項
提案６ 規格の見直しによるコスト縮減	◆ 管径の大括り化（例：350mm、450mm、700mmの省略） ◆ 都市ごとに異なる公共マスの規格及び種類の絞り込み ◆ 足掛金物の幅や構造の規格統合化 ◆ マンホールポンプの多い都市での、ポンプ機種での絞り込み ◆ マンホール蓋のボルト孔の位置の統一化
提案７ 空気のみち	下水管路において、空気のみちを確保する ◆ 管路の機能：下水と空気を運ぶことであることを明確にする ◆ 空気連絡管、空気抜き施設等の設置
提案８ 高度機能化、付加価値	施設の高度機能化等を実施し、地域の自然・社会環境の変化に対応できる適切かつ柔軟な管路システムとする ◆ 少子高齢化に対応した技術開発 ◆ 低炭素化社会に対応した技術開発 ◆ 安全で安心な暮らしを支える技術開発 ◆ 施工・維持管理に係る技術開発

ス方式については、東京都等での検討事例はあるものの広く実施されておらず、何故普及できないかについての検討が不可欠との議論がされました。

これについては、調査・解析検討・提案の流れは、本道ですが、そもそも調査を体系的に行うには、長期の期間が必要なこと、さらには自治体の財政事情を考えると、現状においてそのための費用が出せない等の実態があります。そこで、本研究会ではあえて、例えば「取付管がどうあるべきか」という、システム論からの提案を優先するものとなりました。

さらに、一定期間内での清掃や点検・調査を担保したり、基本的な維持管理項目ともいえる管路の幹線における流量の計測を行う等、実際の行動に移すにあたり、規格化や基準化、法制度化につながる事項の提案が重要ではないかとの議論がされました。必要とされる施策を実現化するためには、規格化・基準化・法制度化による強制化、義務化が最も効果が大きく、実行性も伴います。そこで、提案にあたっては、規格化や基準化に係る事項に着目してとりまとめることとしました。各提案における規格化・基準化に向けて検討すべき事項を表-2に示します。

従来、これら制度化に係る事項については、情報発信に止めざるを得ませんでした。今後はJIS化やISO化も視野にいれることも可能ではないかとみられます。これら制度化につながる展開について、

関係者の輪を広げて取組んでいくものとなりました。

5. おわりに

おりしも平成21年は、公共事業に対する逆風が吹荒れた年となりました。下水道事業は、これまで国の主導と後押しによる守られた環境の中で推進されてきましたが、今後は地方自治体主体の枠組みが重視されるものと推測されます。このため、より一層、下水道で必要とされる維持管理、改築・修繕を明確にし、住民や議会に納得していただければ、下水道は切り捨てられてしまうこととなります。適正な維持管理を行わなければ、必ず施設は老朽化し、いずれは道路陥没や機能停止といった高い代償を払うこととなります。

このため、管路管理についていえば、従来からの課題でもあり、ここでの提案でもある「維持管理基準と維持管理計画の策定」を進め、これらの基準・計画に基づいた維持管理を実行できる仕組みを早急に確立する必要があります。

実現化に向けて、ISO、JISにおける規格化、地方自治体に対するその都市にあった維持管理基準と維持管理計画の策定を提案すること、国への枠組み作成の依頼等、関係者の知恵と力を合わせて戦略的に取組んでいきたいと思います。

不明水対策、その今日的な意義



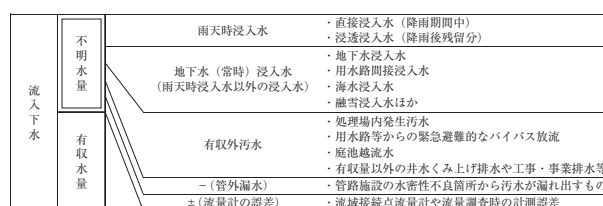
ペンタフ(株)

代表取締役 後藤 清

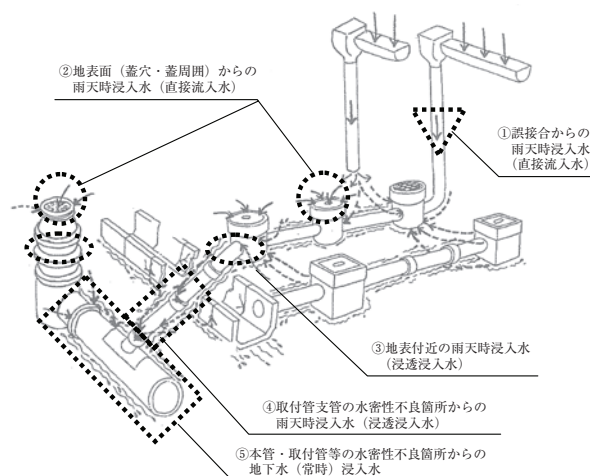
はじめに

「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル」が下水道新技術推進機構より刊行された。昭和53年に「浸入水防止対策懇談会」が設置され、不明水対策への本格的な取り組みがなされてから30年以上が経過し、この間、昭和62年発刊の「下水道管路施設における浸入水防止対策指針」（日本下水道協会）を手始めに、公的機関から不明水や浸入水対策の様々な資料が刊行されてきている。

これら資料の変遷から、溢水改善には浸入水削減対策よりも施設増強対策が優先することや、雨天時浸入水対策では直接浸入水対策と浸透浸入水対策に分けて考えることが理解されるようになってきた。不明水はこれまで、維持管理分野における主要な問題と認識されていたが、実は、長寿命化対策が必要な今日的課題としても重要であることが認識されるようになってきている。以上を踏まえ、進化する不明水対策とその今日的な意義について解説する。



図－１ 不明水構成図



図－２ 浸入水形態図

１．不明水の原因と下水道事業への影響

１．１．不明水の定義

「下水道統計」（日本下水道協会）によれば、不明水比は、（流入下水水量－有収水量）／流入下水水量として計算される値である。図－１から解るように、不明水と浸入水とは異なる概念で、不明水＝浸入水とみなしてしまうと対策効果を過大に見積もるおそれがある。不明水対策で重要なことは、原因により異なる対策を混同しないことである。

１．２．不明水の原因

各種浸入水は、降雨などの原因となる事象と、管路施設の水密性不良または誤接合とが重なったときに生じる。雨天時浸入水は排水設備部分で生じることが多いため対策の歩留まりを考慮する必要がある。地下水浸入水は対策により地下水位が上昇し、新たな箇所から浸入水が発生することが多く、この回り水への対応が必要である。有収外汚水には、多量降雨時に対応する用水路からのバイパス流入、地下水使用排水の未定量部分や降雨時の庭地滞水の枳

蓋開放による放出などがある。緊急避難や不可避免的なものもあるため一概には言えないが、合理的な範囲で削減を図ることは、不明水対策に有効である。管外漏出は悪臭や、土壤汚染を契機に問題となる、マイナス量の不明水である。

流域接続点の流量計の誤差により、不明水対策を誤る事例があるので、既存流量資料による計画策定に当たっては、対象規模や計画との対比等により流量データの合理性を確認することが重要である。もし疑義がある場合、現場に戻って流量調査等により補足確認しておく必要がある。

1.3. 下水道事業への影響

下水道事業へのもっとも大きな影響は、流量増大によるコスト増と環境への悪影響、そして土砂引き込みによる管路施設の短命化である。

昨今、管路施設の長寿命化が時代の要請として認識されるようになり、管路施設の劣化を定量的に診断しようとする機運が醸成されつつあるが、単に管路施設の物理的な劣化だけを診断するのではなく、管路施設の機能（接合、流下能力、水密性）を定量的に診断することも重要であり、不明水対策は今日的な課題として再認識されるようになった。

2. これまでの対策と問題点

2.1. これまでの対策と問題の発生

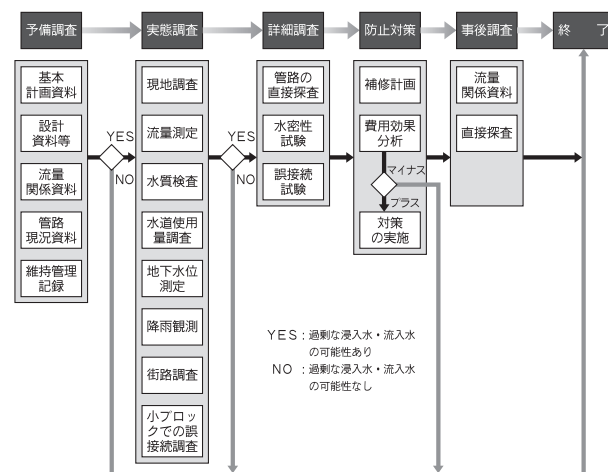
22年前に発刊された「下水道管路施設における浸入水防止対策指針—昭和62年8月—(財)日本下水道協会」の、第2章既設管路における調査にある、既設管路調査の基本フロー（図－3）が、対策手順の出発点である。これは浸入水対策として考えられたもので、厳密には不明水対策とは異なるが、当時、浸入水の削減＝不明水の削減と考えられており、このフローに沿った対策による効果が期待されていた。

このフローに沿い、既存資料や維持管理履歴、またはおおまかな流量調査によって浸入水の多い地域を選定し、その一部地域の誤接合調査やTVカメラ調査結果に基づいて不良箇所を改善することが一般的だが、このような方法で対策したにもかかわらず、予想した効果が現れない、次のような事態が出来る。

- ① 雨天時浸入水が多く、多量降雨時に溢水するので、その原因を誤接合と考えて改善したが、雨天時浸入水は目に見える程は低下せず、溢水も改善されない
- ② 地下水（常時）浸入水が多いので、本管を補修したところ、改善当初、補修効果が認められたものの、何ヶ月か先には改善前と変わらなくなってしまった。そこで追跡調査したところ、対策箇所以外のところからの新しい浸入水が認められた
- ③ 流域接続点流量計のデータから、不明水率の高い地域の詳細調査をおこない、対策箇所を特定しようとしたが見つめることができない
- ④ 水密性（注水）試験の結果をもとに、削減浸入水量を予想し、これに基づいて対策したが、予想した削減効果が認められない

このような経緯から、基本フローに即して不明水（浸入水）対策をやっても無駄であるという風潮が現れる。しかし、これは基本フローそのものが悪いのではない。次のような諸問題が、基本フロー作成段階では見えなかっただけのことである。

- ① 不明水と浸入水の混同：有収外汚水量の問題
- ② 開水路流量計が抱える精度不良：現場の水利条件に左右されやすい精度と、付着堆積による経時変化
- ③ 地下水（常時）浸入水の定量精度：定量根拠である深夜最小流量に含まれる汚水量による誤差
- ④ 浸入水の種類で異なる対策への認識：雨天時浸入水の直接浸入水と浸透浸入水や地下水（常時）



図－3 管路調査の基本フロー

浸入水の種類によって、浸入原因事象と浸入経路が異なるために対策の方法が同一でない。

2.2. 各調査段階の諸問題と解決への取り組み

つぎに調査段階ごとの問題点を、図－4に示す。これらを概括すると、時代的な制約を感じずにはおれない。とくに長期間の流量調査や広域のTVカメラ調査等に代表される高額な調査費用が、ロジカルな調査の妨げであったことは、周知のところである。

悩ましい溢水対策でも、当初は施設増強よりも根本原因である雨天時浸入水削減を優先させることが自然な流れであったし、開水路流量計に誤差があることも当初は認識されていなかったようである。

その後、様々な調査や対策を経て、より経済的で効果的な方法が模索され、「污水管きょへの雨天時浸入水に関する調査報告書—2002年1月—国土技術政策総合研究所資料No.26」による実情確認や、現実的な解決手法の手引きとして「分流式下水道における雨天時増水の手引き（案）—2003年3月—（財）下水道新技術推進機構」、「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル—2009年3月—（財）下水道新技術推進機構」が刊行されるに至っている。

問題解決のためには、より合理的調査方法や経済性を持った機材の開発を待たなければならなかった。簡易カメラによる絞込みや、簡易設置型流量計を使用した同時多測点流量調査などがこれに相当するだろう。対策工事の過程においても、熱硬化に拠

らない浸入水に強い工法なども発生してきている。これらはすべて、時代に必要性に応じて現れてきたと考えられる。

3. 効果的な不明水対策

3.1. 改善から発想する不明水対策

①直せないことからの再出発

古い管路施設では雨天時浸入水の半分前後が排水設備から入ることや、地下水浸入水が対策により却って管路周囲の地下水位を上昇させ、新たな箇所からの浸入水を発生させることが知られる。

雨天時浸入水の急激な増加から、誤接合が主な原因だと考え対策をしても、予想した削減効果が見られないこともしばしばである。浸入水は簡単には削減できない、という認識から不明水対策を再構築する必要が生じた。

②削減対策に優先する施設増強対策

溢水対策としての浸入水削減対策の効果が予想に反することが多かったため、溢水解消のための対策は施設増強に重点が置かれるようになり、指針として、2003年3月「分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き（案）—（財）下水道新技術推進機構」が刊行された。結果、雨水流出解析モデルを利用した施設増強が、溢水対策の実績を上げ始めている。

③削減浸入水率（量）から発想する対策

TVカメラ等の視覚調査の浸入水ランクを点数化する方法や、水密性試験の定量データから削減対策

(1) 予備調査段階の問題点	・既存流量データの誤差 ・不明水の構成からみた全的な削減への配慮 ・管路施設の経年変化（計画とは異なる状況）
(2) 実態調査段階の問題点	・持続的な対策を前提とした、単年度改善規模への絞込みの欠如（モデル地区を想定しない、漠然とした規模の絞込み） ・流量調査の目的が不明瞭。単年度対策規模への絞込みか溢水対策（拡径、バイパス、緩衝施設検討）かにより調査箇所数や調査期間が異なる。 ・小ブロック誤接調査の目的が不明瞭。サンプルなのか、雨天時浸入水の多いブロックを選んだモデル地区なのか ・水道使用量の取り扱い。下水道統計に見られるマイナスの不明水
(3) 詳細調査段階の問題点	・詳細調査の目的が不明瞭。視覚調査や水密性試験の調査結果を、削減浸入水量の定量予測に用いること ・溢水対策に必要な流下能力調査が無いこと ・実態調査ブロック規模と詳細調査ブロック規模が異なると、対策効果を判定することが困難になる
(4) 防止対策段階の問題点	・定量調査に基づかない費用効果予測と補修計画 ・浸入水の種類を考慮しない補修計画
(5) 事後調査段階の問題点	・維持管理的発想に基づく、長期変化の定量がない ・部位別費用対効果の定量など、対策の経済性への考慮が必要

図－4 各調査段階の諸問題

をしても、予想した削減効果を得られないことが多い。視覚調査はもとより水密性試験も、削減浸入水を定量する調査ではないためである。削減浸入水率(量)から対策を考える場合、対策規模の改善工事と流量調査をリンクさせた段階補修定量調査で、部位ごとの削減効果と費用対効果を定量することが必要である。

④改築・修繕基準から発想する対策

地下水浸入水対策では、改善により地下水位が上昇し、別の箇所から浸入することがあり、従来の改築・修繕基準では括れないスパン的な修繕の必要性が認識されるようになった。他方、視覚調査等の定性調査結果を自然発生的に生まれたランク付けにより評価し、これに重み点を付けて定量的視点から演繹的に改善計画に取りまとめる試みがなされているが、その煩雑さが対策の標準化を困難にしている。むしろ発想を変えて、改築・修繕基準を設け、該当するかどうか調査の視点を移したほうが経済的で、対策の標準化に資するだろう。

⑤浸入水の種別により異なる浸入水対策

雨天時浸入水の直接浸入水と浸透浸入水とでは対策の方法が異なることが理解されるようになったのは、最近のことである。この浸入水の種別に応じた対策は、効果を期待する上で欠かせない視点である。(図-5)

3.3. 持続的な対策への取り組み

①単年度改善規模を単位とした対策

悪いと思われるエリアを改善しても効果が現れないのが、不明水対策のネックになっていた。調査と対策の規模が違うことがひとつの原因で、対策を持続させるためには、単年度の対策規模への細分化と、この単位規模のランク・順位評価が必要である。このための調査として浸入水分布調査(図-6)や、事例ベースモデリング技術による絞込み技術が開発された。

②削減浸入水量の継続的な定量

対策をしても、削減効果を定量することが少ない。このことが不明水対策の効果に対する疑問を増幅している。単年度規模の対策効果を処理場段階で定量することは誤差が大きすぎて困難なので、対策

浸入水種別	細別	対策方法
雨天時浸入水	直接浸入水	雨水系誤接合の解消 樹および蓋部の水密性改善 マンホール蓋・蓋周囲部の水密性改善 降雨時滞水庭地の解消 側溝の水密性改善 未整備雨水配管系統の整備
	浸透浸入水	取付管の水密性改善 開発途中の取付管地上端の締切り 支管接合部分の水密性改善 本管接合部分の水密性改善
常時浸入水	地下水浸入水	本管接合部分の水密性改善 支管接合部分の水密性改善 マンホール接合部分の水密性改善 対策後の地下水位上昇を見越した、スパン一体改善が効果的
	海水浸入水	対象は海岸・感潮河川付近の管路施設 潮位、感潮河川水位以下の管路施設 本管・取付管・マンホールの水密性改善
	用水浸入水	対象は灌漑用水路付近の管路施設 灌漑時の用水路水位以下の管路施設 本管・取付管・マンホールの水密性改善
	融雪浸入水	融雪時に限定した地下水浸入水対策 +放雪による増加流量分への対応

図-5 浸入水の種類で異なる対策

の規模に応じた削減浸入水量の時系列変化を定量することが望ましい。

③事業効果が認められる範囲の対策

どこまで対策をすればよいのか。これが自治体の抱えるもっとも大きな悩みである。予想できなければ、順位評価に基づいて対策し、計画とは異なっても、想定した事業効果を下回った段階で終了するのが実務的である。

3.4. 対策工事から発想する浸入水対策

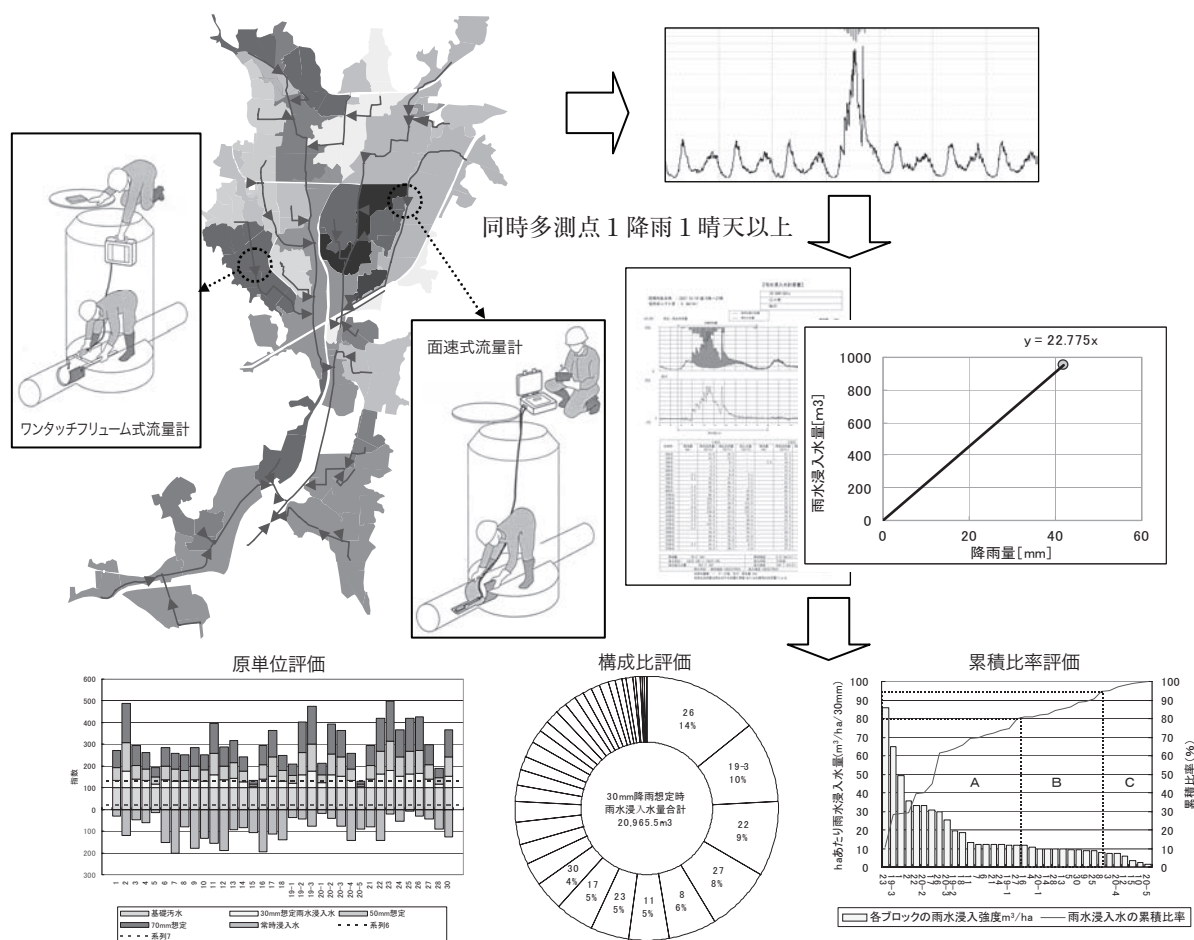
①更生管工法の進歩

浸入水対策としては、グラウト工事や部分更生工事の限定性が認識されるようになった。地下水浸入水の温度は熱硬化型の更生管工法に少なからず影響し、事前事後の止水を余儀なくされるケースが見られる。この問題を解決するために、浸入水の影響を受けにくい光硬化型の更生管工法や、より厳密な水密性を期待できる本管・取付管一体型の更生工法が開発されている。

4. 今日的な課題

4.1. スtockマネジメントに資する不明水対策

Stockマネジメントのコアとなる、長寿命化やリスク管理に対応する、不明水対策の必要性が生じている。Stockマネジメントに必要な、マクロレ



図ー6 浸入水分布調査

ベルの定量的な健全度評価の一環として、浸入水対策を考えたばあい、現状のTVカメラ調査による管1本ごとの評価（Aランク噴き出ている、Bランク流れている、Cランクにじんでいる）と、これを積み上げたスパンごとの評価だけでは、対応が困難である。

現状の評価ランクには、対象として雨天時浸入水は含まれておらず、地下水位や降雨量などの浸入要因が変化すれば浸入状態も変化するため、現状の浸入水評価は管路の水密性を間接的に定性したものであると考えたほうが良い。このような理由からマクロレベルの健全度評価の一環として、別の角度からの浸入水定量を考える必要がある。具体的には、単年度改善規模を評価単位とした浸入水分布調査による緊急度基準評価と対策順位評価が上げられる。

また健全度評価の対象として、管きょの材質劣化や形状変化だけではなく、水密性、流下能力、接合状態など管の機能についても同等に含む必要があろう。

4.2. 長寿命化に対応する浸入水対策

浸入水がもたらす土砂の引き込みが、地山を弱体化し、不陸の要因になって、管路施設の短命化に繋がる。浸入水が多い開発団地の管路施設の傷みが予想以上に激しいことが、多くの知見で知られている。土砂引き込みを改善すれば、不陸の進行を遅らせ管路の短命化を和らげることができる。

4.3. リスク管理としての不明水対策

主たるリスクとして考えられるのは、下水道施設を起因とする道路陥没と溢水である。浸入水がもたらす土砂引き込みが、地山の弱体化だけではなく、道路下の空洞化を招いて、道路陥没の原因になっていることはよく知られている。対策の第一段階として、常時浸入水の分布調査による浸入箇所と道路陥没箇所の関連調査を実施するのはどうか。浸入水対策による道路陥没の予防という観点から、検討する価値はあると思う。

低 圧 圧 気 試 験											
試験区分		規格		適用		初期加圧	均圧保持	検査圧	判定時間	許容減圧量	
						kPa	分	kPa		kPa	
新設	区間スパン	欧州統一 EN1610	LA	管種を問わず φ1000位まで			1.1	5 分	1	別計算書による	0.25
			LB		5.5	5	1				
			LC		11	10	1.5				
			LD		22	20	1.5				
		米ASTM	C924M-89	HP	100～600	27～28	検査圧以上 2～5 分	24	同上	7 (3.5)	
			C828	CP					同上		
			F1417	VP	100～900						
		既設	ジョイント	独ATV	M143E(6)	100～1200		11	10分×管径m	10	10分×管径m
ジョイント						11	15秒	10	別計算書による	1.5	
新設	区間スパン	日本	参考（管路施設維持管理マニュアル）			－	－	50	10～30秒	10	
			A市特記仕様	HP・VP700迄		22	5	20～21	別計算書による	1.5	

注 水 試 験											
試験区分		規格		適用		初期注水		水圧保持		判定時間	許容漏水量
新設	管渠	欧州統一 EN1610	W	φ1000位まで		人孔満水	初圧～1 kPa（約10cm水頭） 範囲に1時間以上保持	30 ± 1 分	0.15 ℓ / m ²		
	管渠＋人孔								0.20 ℓ / m ²		
	人孔			－		0.40 ℓ / m ²					
	管渠ジョイント			φ1000超		50kPa			0.20 ℓ / m ²		
既設	管渠＋人孔	独ATV	M143E(6)	－		上流管頂＋50cm以上に保持		15分	0.20 ℓ / m ²		
	取付＋柵			－		接続管頂より＋50cmに保持			0.40 ℓ / m ²		
	2人孔間	米ASTM	C969M-94			管頂＋60cm以上 浸漬 4～72時間	15分～24時間	別計算書による			
	人孔			－				別計算書による			

参考：揚 水 試 験（浸入水定量試験）									
試験区分		規格		適用		初期注水	水圧保持	判定時間	許容漏水量
既設	2人孔間	米ASTM	C969M-94	HP		上流管頂又は地下水位＋60cm以上		15分～24時間	別計算書による
	人孔			－					別計算書による

図－7 水密性規格一覧

分流式下水道で生じる溢水は、雨天時浸入水を原因としながらも、計画時とは異なる管路施設の流下能力不足と相まって生じることが多い。雨水流出解析モデルを利用した、管路施設の増強が有効なのはこのためである。施設増強による溢水回避を優先させながらも、雨天時浸入水が多い地域を対象とした、雨天時浸入水削減対策も当然必要であり、単年度対策規模を単位としたマクロ的な定量調査は、不明水対策の基本的な調査として必要である。

4.4. 長期展望に立った根本的な不明水対策

30年以上にわたる経験から、既設管の不明水対策の困難さや限界が理解されるようになり、問題の根本的な解決へ向けてのアプローチが模索されている。浸入水の管路施設側の原因は水密性不良と誤接合なので、既設管対策に限界があるならば、根本的な解決として、今後、新設・更新、延命化される管路施設の水密性と正常接合を厳密に検査して、時系列で定量的に検査することが有効である。全数検査の必要性はなく、標本検査を有効に利用すれば経済的かつ品質管理に役立ち、長期展望に立って不明水

を低減してゆくことが可能である。

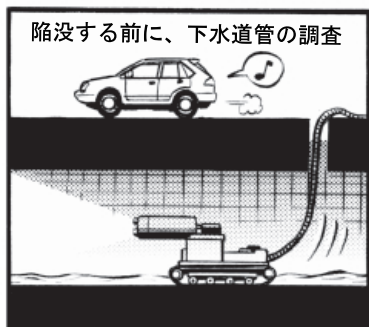
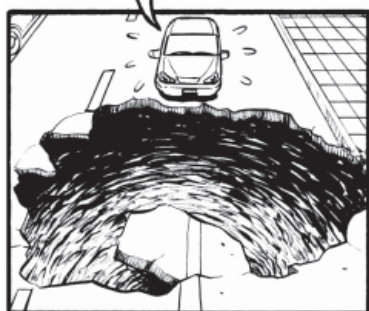
実際このような試みは、欧米で実施事例があり、試験規格として判定基準（図－7）を設けられていることから明らかである。わが国の先進事例としては、神戸市の規則が挙げられる。

水密性試験の方法としては、注水試験・揚水試験・圧気試験があるが、その適用については、次のような注意が必要である。

- ・浸入水を対象とした水密性試験なので注水試験が原則。ただし、新管・更生管が対象のときは、作業性、経済性、より厳密な試験結果を得ることができる圧気試験を用いるのが実務的
- ・注水試験・圧気試験は、地下水位が試験対象よりも低いときに行うのが原則。揚水試験は逆に高いときに行うのが原則
- ・漏気減圧量や漏水量など定量データは、水密性の判定に用い、浸入水量の定量に用いてはならない

（上記は、日本下水道新聞2009.8.19～9.9号に連載された記事を再編集したものです）

下水管は大丈夫!?



毎年、4千件以上の道路陥没が下水道が原因となって発生しています。問題箇所を発見するためには定期点検が不可欠です。下水道管路も維持管理を必要としています。

下水道管路

検索

<http://www.jascoma.com>



公益社団法人
日本下水道管路管理業協会
JAPAN SEWER COLLECTION SYSTEM MAINTENANCE ASSOCIATION
〒101-0032 千代田区岩本町2-5-11 岩本町T・Iビル4階

TEL:03-3865-3461

編集後記

○JASCOMA32号はいかがだったでしょうか？ 管路協は平成21年10月1日から公益社団法人になり、雑誌JASCOMAも下水道管路管理の専門誌として内容の充実を図っています。内容を大幅に一新し、特集方式で編集するようにしました。今回はマンホール特集です。マンホールとマンホール周辺の技術について最近の状況を調査し掲載しています。また雨天時の溢水の計算にも大きくかわるマンホールの水理学についても、この分野について30年近く研究を行われている荒尾慎司先生（松江高専教授）に解説してもらいました。

○昨年11月に沖縄の那覇市に出張した際、足元のマンホール蓋のデザインに吸い寄せられました（グラビアをご覧ください）。魚が大きく口をあけたモチーフを円形に配置し、大変しゃれたデザインになっています。デザインが主張し過ぎず、かつよく見ると心ひかれるものです。下水道新聞の記者に聞くとデザインマンホールの全国第一号だということでした。

○公益認定制度が施行されて丸1年を経過して、公益認定等委員会（内閣総理大臣の諮問を受けて審議し答申を行う機関）の委員長である池田守男氏の談話が発表されています。この談話では「民による公益活動が不可欠です。国民の生活に密着している民こそ、国、地方自治体以上に幅広い公益活動ができると信じていますし、その責任もあると考えています。民は官を「補完」する存在でなくむしろ公益活動の「主体」であり、豊かな社会の源です。」と書かれています。この公益活動をにやう組織として当協会が認定された責任と重みをこの談話を読んで感じました。

（田中修司）

「JASCOMA」

Vol.16 No.32 (2010)

平成22年1月29日 発行

発行 公益社団法人 日本下水道管路管理業協会
会 長 長谷川 健司

編集 公益社団法人 日本下水道管路管理業協会
広報委員会 委員長 山梨 義郎

〒101-0032 東京都千代田区岩本町2丁目5番11号
（岩本町T・Iビル4階）

電話 03(3865)3461(代) FAX 03(3865)3463
<http://www.jascoma.com> office@jascoma.com