

発行 2020年6月

発行人 山木 幸夫

発行所 株式会社 G&U技術研究センター

〒350-0164

埼玉県比企郡川島町大字吹塚 732-157

TEL : 049-299-1028 FAX : 049-299-1026

URL : <https://www.gucenter.co.jp/>



G&U技術研究センターは、埼玉県川越市の北側、埼玉県の中央部に位置する川島町に拠点を置いており、都内からは車で2時間程度の場所にあります。

アクセス

川越駅、桶川駅、鴻巣駅から車で約30分、圏央道「川島IC」より車で約5分

都市の安全と安心を科学する技術広報誌

G&U

Ground and Underground

2020
Vol. 11

管理運営時代の 計画設計に関する 最新動向

G&U技術研究センター

CONTENTS



本号に掲載した記事の取材は、2019年12月から2020年2月にかけて行いました。

Prologue

2 老朽橋梁の改築に期待される鋳鉄 軽量かつ疲労耐久性の高い鋳鉄床版

国立大学法人九州工業大学 教授／Ph.D.

(大学院 工学研究院 建設社会工学研究系) 山口 栄輝 氏



Close UP

管理運営時代の計画設計に関する最新動向

Part 1 管理運営時代の計画設計

8 INTERVIEW 1 持続可能な下水道事業のあり方 ——今後の方向性と設計指針の改定

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部

下水道事業課長 松原 誠 氏



12 INTERVIEW 2 設計指針2019年版の発刊 ——改定のねらいと第3章・第4章のポイント

公益社団法人 日本下水道協会

技術研究部長 井上 雅夫 氏



16 事業体における「設計指針」の活用 大阪市建設局下水道部



Part 2 雨水管理計画に係る課題と対応

18 既存ストックの活用等による 効率的な浸水対策事業への転換

(公財)日本下水道新技術機構／横浜市環境創造局下水道計画調整部

22 計画を上回る降雨に対する減災の取り組み 多様な主体との連携により 総合的な都市浸水対策を進める横浜市

Part 3 既存の管路施設の評価から抽出される課題と対応

24 INTERVIEW 3

雨水が管きょへ適切に流入しない課題への対応

—落葉堆積量に対する雨水ますふたの排水能力調査—

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室
室長 岡安 祐司 氏／研究官 中村 裕美 氏

28 INTERVIEW 4

設計指針に「マンホールふた」を 独立したセクションとして設定

—設置環境に応じた適切なマンホールふたの選定について—
公益社団法人 日本下水道協会 技術研究部 技術指針課長 重野 達史 氏

32 雨天時浸入水に関する最新研究【事例1】(公財)日本下水道新技術機構 分流式污水管への雨天時浸入水に関する 効果的な調査手法に関する研究

34 雨天時浸入水に関する最新研究【事例2】(株)G&U技術研究センター マンホール蓋からの雨水流入に関する最新情報

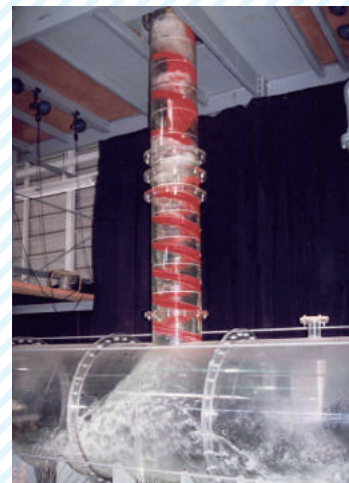
TOPICS

36 NIPPO 太陽光発電舗装の実用化めざす 舗装技術と電気技術を融合、道路に新しい価値を

暮らしと鋳物

38 meta mate 熱が伝わりやすい素材「金属」を通じて 大切な誰かに温もりを届けるギフトショップ

40 G&Uインフォメーション



老朽橋梁の改築に 期待される鑄鉄

軽量かつ疲労耐久性の高い鑄鉄床版

国立大学法人九州工業大学 教授／Ph.D.
(大学院 工学研究院 建設社会工学研究系)

山口 栄輝 氏

橋梁において車両や人などの荷重を直接受ける部材である「床版」。橋梁設置後の経過年数が進む中では、その疲労損傷が大きな問題になっています。

こうした中、九州工業大学の山口栄輝教授、東京都市大学の三木千壽学長、九州工業大学の恵良秀則教授と鑄造会社の日之出水道機器(株)による研究チームは、複雑な形状を自由に成形できる「鑄鉄」の特性を活かし、軽量かつ疲労耐久性の高い「高性能鑄鉄床版」を開発しました。

既存の床版が抱える課題、鑄鉄床版の開発経緯や特長、橋梁分野での鑄鉄活用の可能性などについて、研究チームの代表者を務めた山口栄輝教授にお聞きしました。



PROFILE 【やまぐち・えいき】

1981年東京大学工学部卒、1983年タイ国アジア工科大学大学院修士課程修了、1987年米国バデュー大学大学院博士課程修了Ph.D.取得。1992年東京大学助教授、1994年九州工業大学助教授(1995年バデュー大学客員准教授)、2004年九州工業大学教授、2016～2018年九州工業大学副学長(兼任)。国土交通省大臣官房建設技術研究開発助成制度評価委員会委員、同省道路局新道路技術会議委員、同局国道(国管理)の維持管理等に関する検討会委員、(公社)日本道路協会橋梁委員会委員、(一社)日本鋼構造協会理事などの要職も務める。2016年の新名神高速道路・有馬川橋桁落下事故に関する技術検討委員会では、委員長として原因究明に努めた。

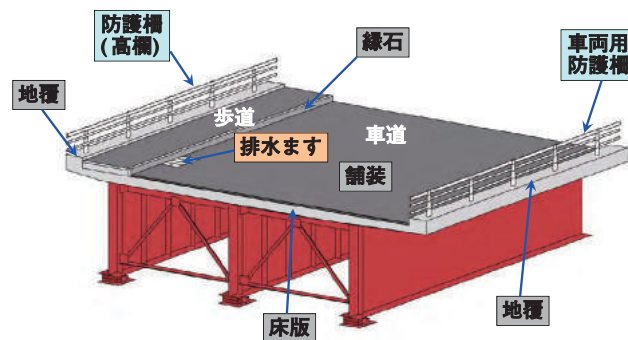
疲労損傷の問題が顕在化する「床版」 自由成形が可能な鑄造技術の活用へ

我が国には、約72万の橋梁(長さ2m以上)があります。このうち建設後50年を経過した橋梁の割合は、2019年度時点で全体の4分の1以上の27%を占めており、10年後の2029年には半数以上の52%に達します。また、建設年度が不明な橋梁が約23万カ所あり、老朽化対策は深刻な課題です。

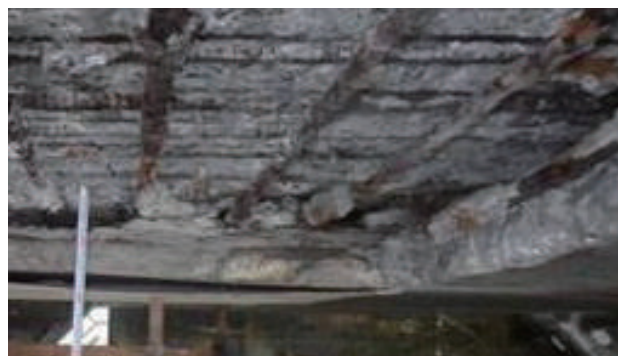
橋梁を構成する部材の中では、舗装の下に設置され、車両や人などの荷重を繰り返し受ける「床版」の疲労損傷の問題が顕在化し、橋梁の老朽化対策で大きな事業規模になっています。2014年に高速道路会社3社(NEXCO東日本、NEXCO中日本、NEXCO西日本)が発表した大規模更新計画では、事業費1.76兆円のうち、床版の更新費用が94%を占めています。

「床版には、『鉄筋コンクリート(RC)床版』が多く使われています。老朽化が問題となっているのはこのRC床版ですが、古い橋梁の橋脚や基礎は耐震性が不十分なものも多いので、重いRC床版を更新に用いるのは望ましくありません。また、床版の更新では交通規制が必要となりますが、床版が傷んだ道路は一般に交通量が多いため、工期も大きなポイントになってきます。RC床版は工期が長くなるきらいがあり、この点でも好ましくありません。そこで、軽量で工期も短い『鋼床版』が採用される場合がありますが、溶接部に疲労損傷を発生しやすいという課題を抱えています」

軽量で工期短縮も図れ、かつ疲労耐久性にも優れた床版一。山口教授らは、既存の床版が抱える技術的課題の解決に向け、普通鋼と同等の材料性能を持ちながら自由成形が可能な「鑄鉄」の特性に着目し、床版への活用をめざした研究開発に着手しました。

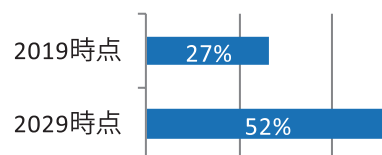
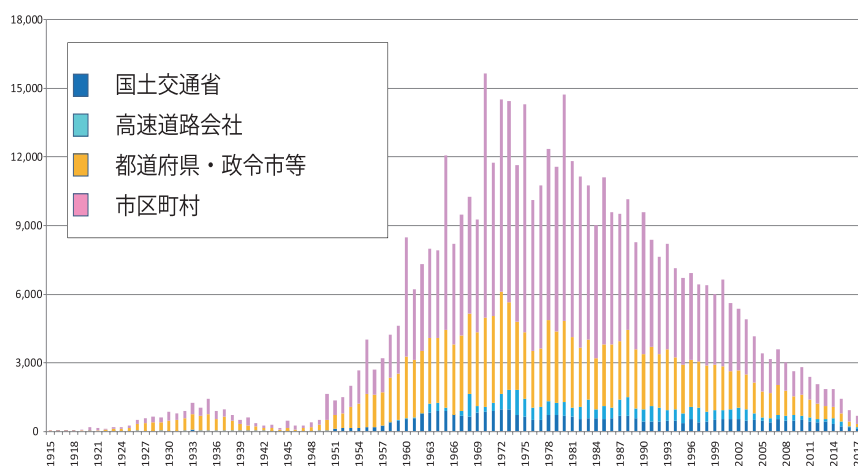


▲橋梁の橋面構成(出典:国土交通省中国地方整備局資料)



▲RC床版の鉄筋腐食状況(はつり調査後)
(出典:国土交通省四国地方整備局資料)

「鑄鉄製品は、鑄造により製造されます。鑄造は、複雑な形状でも溶接せずに一体成形でき、同じものを次々と製造することが可能な技術です。鑄鉄製品は“脆い”というイメージがありますが、それは『ねずみ鑄鉄』の話です。1940年代に開発された『球状黒鉛鑄鉄(ダクタイル鑄鉄)』は十分な延性を有し、自動車や船舶、建設機械といった様々な分野のほか、道路関係ではマンホールのふたや伸縮装置などに鑄鉄が使われており、十分な強度や疲労耐久性を持つことが実証されています。極端な話、マンホールのふたを大きくしていけば、床版がつくれるのではないかという発想がありました。鑄鉄では鉄スクラップを再利用しており、環境に優しいという特長も持っています」



▲建設後50年経過の橋梁の割合(出典:国土交通省道路局調べ、2019年3月末現在)

◀建設年度別橋梁数(出典:同上)

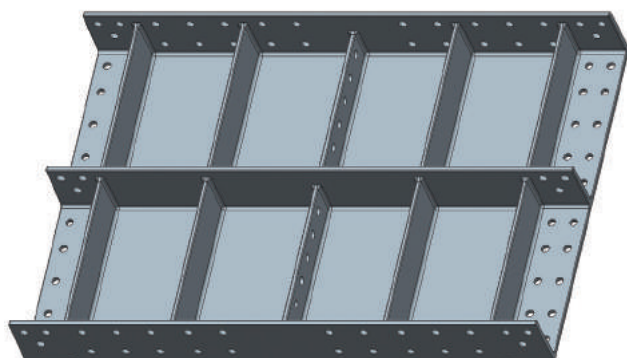
※2つのグラフには、古くに設置されたため建設年度不明の橋梁約23万橋が含まれていない。

国交省の支援を受け、研究開発進める 優れた疲労耐久性、軽量で耐震性も向上

床版は数十メートルを超える構造物のため、一度に鋳造するのは困難です。運搬や設置の際の利便性も考慮し、適度な大きさのパネルを高力ボルトで接合して、床版を構築する方法が採られています。山口教授らの研究チームは2014年度、国土交通省道路局の「新道路技術会議」が実施する「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」に応募し、「高性能鋳鉄床版の開発」のテーマで革新的研究調査(FS)に採択されました。国交省の支援を得ながら球状黒鉛鋳鉄を使った床版パネルを試作し、応力特性や耐久性、品質などの評価を実施しています。

「鋳造では溶湯(溶かした鉄)を鋳型に流し込みますが、鋳型内で冷却温度がばらつくと材料特性が均質になりません。床版パネルは通常の鋳鉄製品に比べ、幅に対して厚さが薄いため、冷却温度の制御などが最初のネックになりました。鋳型内での温度変化のシミュレーションを繰り返し、溶湯の注入法などを工夫することで、この問題を解決しています」

試作品から切り出した試験片による引張試験や硬さ試験では、薄肉・大型であるにもかかわらず十分な均質性を確保できていることが確認され、疲労試験では、優れた疲労耐久性を有することが実証されました。床版パネルの単位面積当たりの重量は 2.45kN/m^2 で、RC床版の約半分。軽量化により、耐震性向上の効果も期待されます。



▲パネルは縦1150mm×横1700mm。
厚さ13mmのデッキプレートの下
に高さ190mmの補強リブを格子
状に配置している



R(丸み)をつけたリブ交差部▶

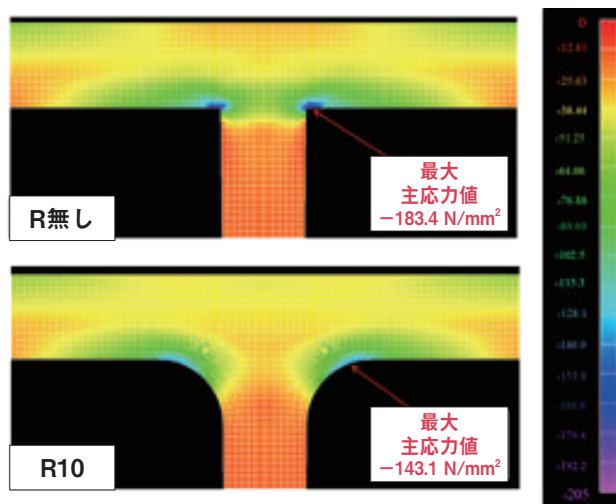
FSにより鋳鉄床版の製造は可能との成果を得たのち、2015年度には国交省からの本格採択を受けました。力学性能の検証と評価、接合部の設計や性能検証、舗装耐久性や止水性の検証などの項目に関して、2017年度にかけて研究開発を行っています。

「鋼床版の場合、溶接部に疲労損傷が発生しやすいという弱点がありました。鋳鉄床版は溶接部がなく、さらに、大きな応力が発生するデッキプレートとリブ、あるいはリブ同士の交差部にR(丸み)をつけることで、応力集中を緩和しています。自由形状・一体成形が可能な鋳造のメリットが大きく活かされた点と言えるでしょう」

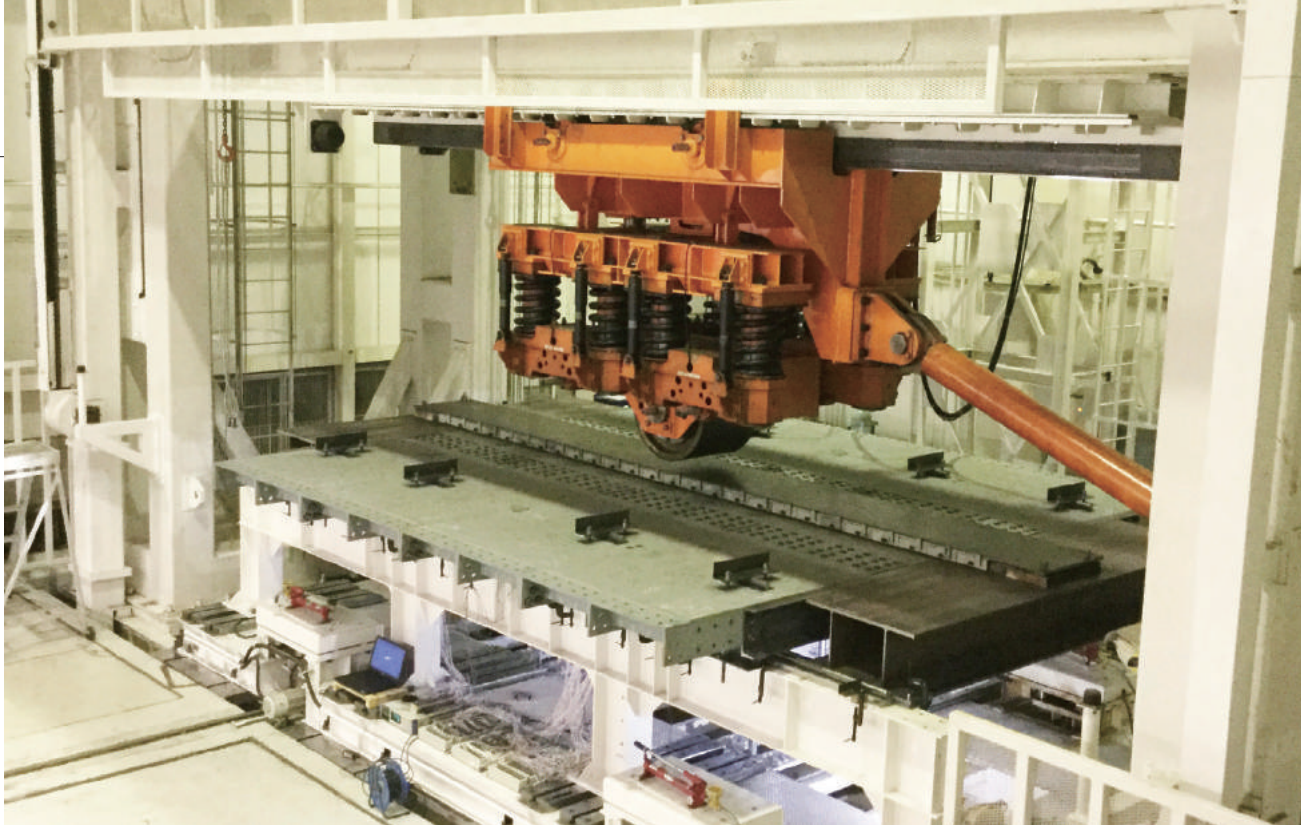
力学性能の検証では、G&U技術研究センターが保有する輪荷重走行試験機などが用いられました。輪荷重走行試験では、12枚のパネルを高力ボルトで接合した鋳鉄床版に対し、 157kN の輪荷重を200万回移動させましたが、床版主要部に発生するひずみや床版下面のたわみなどの挙動は安定しており、疲労破壊に至る傾向は観察されませんでした。

施工期間を短縮、容易な部分修繕 実際の現場で早く使ってほしい

4年にわたった研究を終え、2018年度に実施された国交省による事後評価では、強度特性や耐久性、製造方法等を工学的に十分な整理と実験等により確認することで、鋳鉄床版開発の研究目的が達成されたと認められました。



▲デッキプレートとリブ交差部のFEM解析(有限要素法)
R(丸み)によって応力集中を緩和



▲G&U技術研究センターでの輪荷重走行試験(157kN×200万回)でも疲労破壊は見られなかった

「国交省には、床版としての性能を評価していただきました。铸铁床版に関してはこの研究と並行して、道路や橋梁に関連する民間企業などで構成された研究会(委員長:渡邊英一京都大学名誉教授)が施工方法の検討も進めており、橋梁に実装できる段階に来ていると思っています」

铸铁床版は、パネル同士やパネルと主桁との接合に高力ボルトを使用する構造のため、モルタル充填等の必要がなく、RC床版より施工期間の短縮が図れます。長期にわたる供用期間中に、万が一、損傷が発生した場合でも、該当箇所のパネルを交換するだけで済むため、部分修繕が容易というメリットもあります。

「まずは何より、実際の現場で早く使っていただきたいですね。道路橋示方書の技術基準を満たすよう設計し、十全の準備をしてきたつもりですが、実際に施工して使用してもらわないと、わからないこともあると思います。もし現場で何か不足があれば、対応していかなければなりません。コストは課題のひとつですが、铸铁製品は铸造で作るため、一度铸型ができてしまえば、同じものを次々と容易に製造できます。標準化などによってロットを大きくできれば、大幅なコスト削減を図ることも可能だと思います」

国際会議でも反響 可能性秘める铸造技術

一昨年に香港で開催された国際会議では、基調講演に铸铁床版の話を選んだという山口教授。「多くの人に興味を持っていただいたようで、講演後

には随分と話しかけられました。『私もそれをやりたかったんだ』と言う人もいたほどです」

日本国内でも铸铁床版の開発に対する反響があり、資料を求められたり、専門誌などから寄稿の依頼を何度か受けたりしたそうです。

「今までになかった技術のため、注目度が高まっていると感じています。海外では3Dプリンタで橋をつかったという話がありますが、自由成形可能で溶接なしという点では铸造と発想が似ているところがあります。自由に複雑なモノをつくれれば、克服できる橋梁の課題はいくつもあります。铸造は、それを実現できる可能性を秘めた技術です。軽量化や耐久性の向上といった力学的なメリットに加え、景観やデザイン、またスクラップを用いたりサイクルでSDGsへの貢献も期待でき、さらなる発展の余地があると考えています」



▲铸铁床版の施工性確認試験

C O N T E N T S

Part 1 管理運営時代の計画設計

INTERVIEW 1

持続可能な下水道事業のあり方

—今後の方向性と設計指針の改定—

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道事業課長 松原 誠氏

INTERVIEW 2

設計指針2019年版の発刊

—改定のねらいと第3章・第4章のポイント—

(公社)日本下水道協会 技術研究部長 井上 雅夫氏

事業体における「設計指針」の活用

大阪市建設局下水道部

Part 2 雨水管理計画に係る課題と対応

既存ストックの活用等による効率的な浸水対策事業への転換

(公財)日本下水道新技術機構／横浜市環境創造局下水道計画調整部

計画を上回る降雨に対する減災の取り組み

多様な主体との連携により総合的な都市浸水対策を進める横浜市

Part 3 既存の管路施設の評価から抽出される課題と対応

INTERVIEW 3

雨水が管きょへ適切に流入しない課題への対応

—落葉堆積量に対する雨水ますふたの排水能力調査—

国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室長 岡安 祐司氏

INTERVIEW 4

設計指針に「マンホールふた」を独立したセクションとして設定

—設置環境に応じたマンホールふたの選定について—

(公社)日本下水道協会 技術研究部 技術指針課長 重野 達史氏

雨天時浸入水に関する最新研究【事例1】

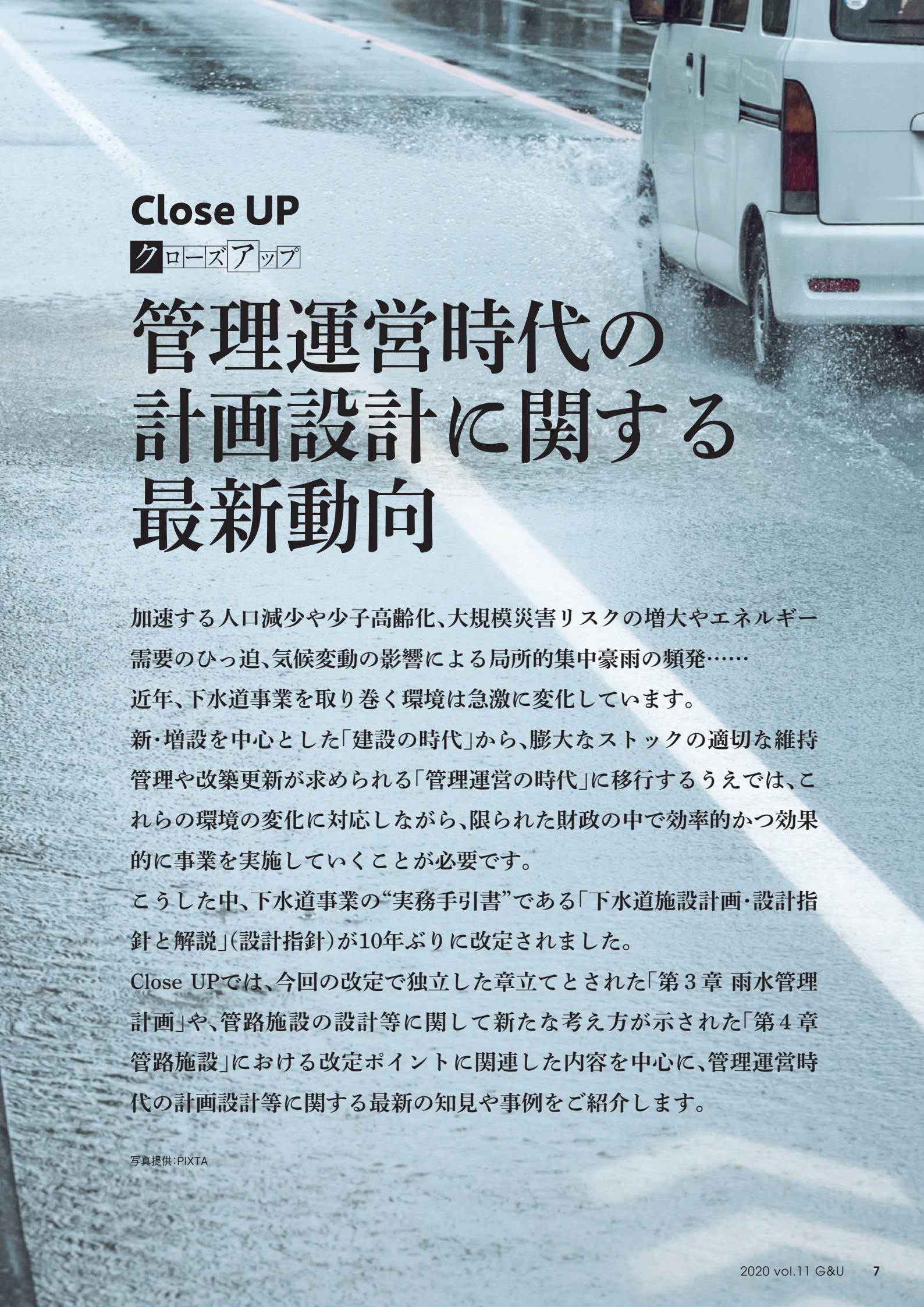
分流式污水管への雨天時浸入水に関する効果的な調査手法に関する研究

(公財)日本下水道新技術機構

雨天時浸入水に関する最新研究【事例2】

マンホール蓋からの雨水流入に関する最新情報

(株)G&U技術研究センター



Close UP

クローズアップ

管理運営時代の 計画設計に関する 最新動向

加速する人口減少や少子高齢化、大規模災害リスクの増大やエネルギー需要のひっ迫、気候変動の影響による局所的集中豪雨の頻発……

近年、下水道事業を取り巻く環境は急激に変化しています。

新・増設を中心とした「建設の時代」から、膨大なストックの適切な維持管理や改築更新が求められる「管理運営の時代」に移行するうえでは、これらの環境の変化に対応しながら、限られた財政の中で効率的かつ効果的に事業を実施していくことが必要です。

こうした中、下水道事業の“実務手引書”である「下水道施設計画・設計指針と解説」（設計指針）が10年ぶりに改定されました。

Close UPでは、今回の改定で独立した章立てとされた「第3章 雨水管理計画」や、管路施設の設計等に関して新たな考え方が示された「第4章 管路施設」における改定ポイントに関連した内容を中心に、管理運営時代の計画設計等に関する最新の知見や事例をご紹介します。

写真提供：PIXTA

INTERVIEW_1

持続可能な
下水道事業のあり方

——今後の方向性と設計指針の改定

国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部
下水道事業課長

松原 誠 氏



建設から管理運営の時代に移行し、持続可能な下水道事業のあり方が問われる中、令和元年9月に「下水道施設計画・設計指針と解説」(以下、設計指針)が改定されました。こうした動きを踏まえ、国土交通省水管理・国土保全局下水道部の松原誠下水道事業課長に、下水道事業を取り巻く状況や国の動向、設計指針の改定に関する見解、事業体へのメッセージなどを伺いました。

進む人口減少、頻発する自然災害
“持続性の向上”と“国土強靱化”が課題に

——設計指針の前回の改定が平成21年でした。それから現在までの下水道事業を取り巻く状況の変化や課題についてご説明ください。

下水道に限った話ではないですが、この10年で一番大きな変化は人口減少の局面に入ったことだと思います。日本の人口が減少に転じたのは平成20年で、それから減少傾向が続いています。もう1つ、大きな変化としては、自然災害の頻発です。平成23年の東日本大震災、平成28年熊本地震の前震と本震、平成30年の北海道胆振東部地震と、最大震度7の大地震が4回も起きています。また、ここ数年は平成30

年の西日本豪雨や令和元年の東日本台風などによる、大規模な水害も多発しています。気候変動等を背景に、全国どこで地震や大雨の被害が起きてもおかしくない状況になっています。

下水道事業をめぐる変化としては、これは必然ではありますが、施設のストックが増加しています。管きょのストックについて、10年前(平成21年度)は約43万kmでしたが、平成30年度末現在のデータでは約48万kmとなっています。50年経過管などの老朽化施設も増加しており、既然大更新時代の入り口に足を踏み入れていることは間違いありません。

こうした背景から、人口減少やストックの増大を踏まえた“持続性の向上”、地震や水害に備える“国土強靱化”、この2つが下水道事業にとっての大きな課題だと認識しています。

新下水道ビジョン踏まえ、法改正を実施
財政支援は補助金制度から交付金制度へ移行

——そうした課題も踏まえ、ここ10年の国の動きや施策についてご説明ください。

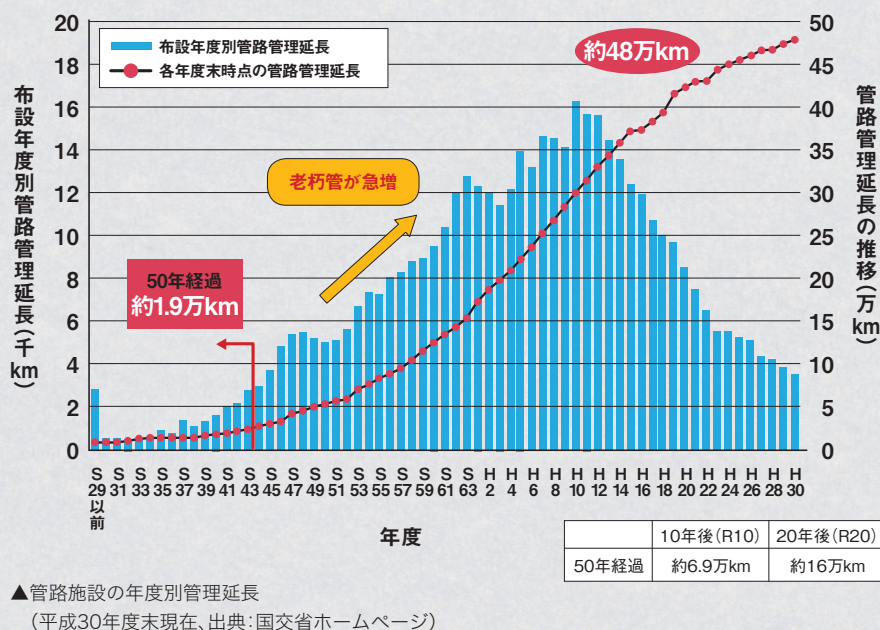
まず国の組織についてですが、平成23年7月に国土交通省の組織再編が行われ、水関連行政を一元化するという方針のもと、下水道部は河川局、水資源

部とともに「水管理・国土保全局」に所属することとなりました。下水道の守備範囲は広いので一面的な評価がすべてではありませんが、都市行政から水行政へのくくりに移行したことで、課題となっている浸水対策や水循環、水環境などの施策を一体的に推進していく体制が整えられました。その後も下水道部の組織は、新たな政策分野に対応するため、官民連携、国際展開、事業マネジメントなどの分野が強化されています。

次に政策についてですが、平成26年には「新下水道ビジョン」(以下、ビジョン)が策定され、「循環のみの持続と進化」というキーワードのもと、各種施策が位置づけられました。それらの施策を具現化するため、平成27年には水防法、下水道法、日本下水道事業団法の改正がなされました。法改正では、すべての下水道施設に対して適切な時期での点検などを定めた「維持修繕基準」や、雨水排除に特化した下水道整備を可能とする「雨水公共下水道」などの制度が創設されたほか、ビジョンで位置づけられた補完体制の確立の観点から日本下水道事業団の役割が拡充されました。

平成29年には官民連携や国際展開などの新たな動きも踏まえ、「新下水道ビジョン加速戦略」を策定しました。さらに令和元年12月には、「下水道政策研究委員会制度小委員会」を設置しました。制度小委員会では、ビジョンのさらなる加速を図るため、ストックマネジメントや広域化・共同化の推進、使用料の適正化、浸水対策の強化などをテーマに、平成30年の水道法改正なども踏まえながら、現行の法令等制度の課題と対応方策の検討を進めています。議論の成果は令和2年6月頃に取りまとめる予定です。

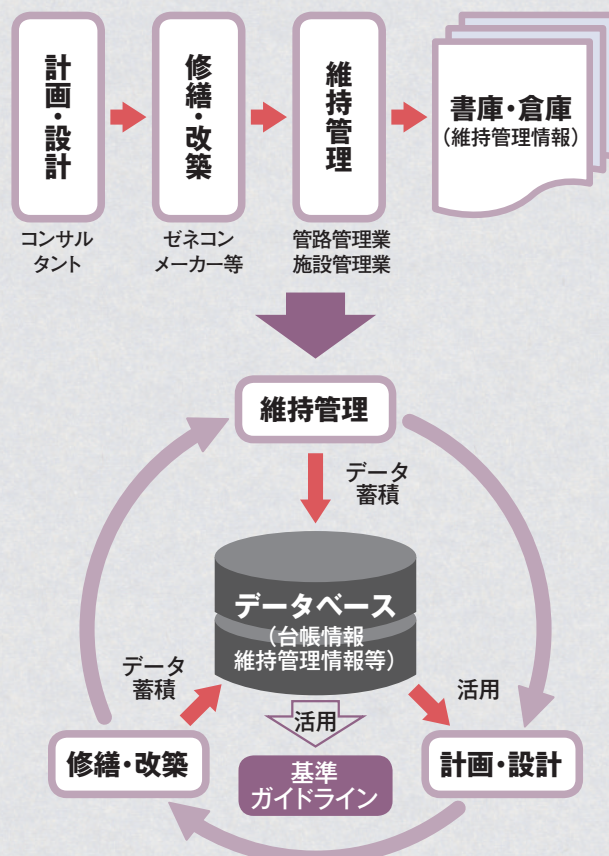
そして予算についてですが、平成21年の政権交代に伴い平成22年度予算では公共事業関係費が約2割削減されました。あわせて従来の補助金制度から交付金制度へと移行しました。その後も厳しい予算状況が続きましたが、平成30年度には7月豪雨や北海道胆振東部地震などを受けて「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」が同年度の補正予算



からセットされ、令和元年度と令和2年度の当初予算は公共事業関係費が国費で約1兆円の増となっています。緊急対策のメニューの中には下水道の耐震対策や浸水対策も盛り込まれています。

マネジメントサイクルの構築イメージ (国交省「新下水道ビジョン加速戦略」より作成)

■ 従来のストックマネジメント(線的なフロー)





▲令和元年の東日本台風の影響で浸水した長野県の千曲川流域下流処理区終末処理場(提供:長野県)



“CAPDサイクル”打ち出しの意義 マネジメントサイクルの確立へ

——設計指針が改定されたことに対するご見解をお願いします。

今回の改定の最も大きなポイントは、維持管理・改築を一体的に捉えた管理運営の時代への対応として、「CAPDサイクル」といった概念が明確に打ち出されたことだと理解しています。概念としては元々あったかと思いますが、それが分かりやすく整理されています。

下水道施設のストック量は膨大であり、効率的、効果的に計画・設計、修繕・改築を実施するためには、維持管理情報等の電子化を前提として、維持管理を起点としたマネジメントサイクルを確立することが重要となります。国交省では昨年技術検討会を立ち上げるなどして、マネジメントサイクルの確立に向けた取り組みを推進しているところです。

下水道事業の予算は補正予算込みで平成10年度がピークでした。そう考えると、実耐用年数が20～30年の設備に関しては、これから10年くらいで改築更新のピークがやってくることになります。当初予算がかつての1/2程度になっている今の状況でやり繰りするには、事業の平準化や広域化・共同化などが必須です。事業全体を俯瞰した適切なマネジメントの必要性について、様々な機会を捉えてしっかりと伝えていきたいと思います。

浸水対策が重要との意思表示 「照査降雨」という新たな考え方

——改定された設計指針では、章の構成として新た

に「第3章 雨水管理計画」が独立するなど、雨対策の記述が充実された点も特徴です。

「雨水管理計画」が新たな章として独立したのは、浸水対策がより重要となってきたことの証左であると思います。国の予算についても、浸水対策への重点化を進めており、令和元年度では約100億円、令和2年度ではさらに約140億円、いずれも浸水対策関連の予算として個別補助金化したところです。

設計指針では、従来技術である計画降雨に対する施設計画手法を解説するのみではなく、「選択と集中」の観点から、優先的に守るべき地域を決め、地域ごとに異なる計画降雨を設定するとともに、目標達成に向けて段階的に整備を行っていく計画論について整理されています。

また、計画を上回る降雨のうち、減災対策の対象とする降雨を「照査降雨」として設定し、浸水シミュレーションにより安全度を確認するという考え方が盛り込まれました。計画降雨のL1に対して、これを上回る規模の降雨、例えば既往最大降雨を照査降雨(L1')として位置づけます。このL1'に対してシミュレーションを行い、必要に応じ局所的な対策を付加すること等により、道路冠水程度の浸水に抑えることを検討するとしています。

施設設計の考え方についても、見直しがなされています。財政制約が厳しい中でも事業効果を高めていく必要があることから、浸水対策についても既存ストックを最大限活用し、効率的に事業を推進していくことが求められています。このようなことから、管きょ設計の考え方として、計画降雨に対して自由水面を維持することを原則としつつも、やむを得ない場合は、圧力区間が生じることを許容するとして

います。

国交省では、東日本台風の被害も踏まえ、令和元年12月に「気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会」を設置しました。第1回検討会での論点は2つです。1つは、気候変動を踏まえた雨水計画の外力設定のあり方、もう1つは施設の耐水化です。東日本台風では、下水処理場16カ所、ポンプ場28カ所が浸水により一時的に機能停止に陥りました。こうした被害を踏まえ、耐水化の対象外力の設定や効率的な耐水化手法等について検討しています。

「マンホールふた」という新たなセクションが追加 豪雨への対応や改築の留意点がより具体的に

——マンホールふたの改定内容については、いかがお考えでしょうか。

マンホールふたは、従前の設計指針ではマンホールの一部として扱われていましたが、今回新たに独立したセクションが設けられました。これは意義のあることだと思います。

マンホールふたは、管路施設の維持管理のために重要な施設であるだけでなく、車両等による繰り返し荷重を直接受ける施設でもあることから、他の管路施設と比べて特異な存在です。また、集中豪雨の際には、雨水の急激な流入によって、ふたの飛散やマンホール周辺の舗装を破損する事例が発生していますし、交通量の多い道路ではすり減ったふたの不具合も顕在化しています。マンホールふたは耐用年

数も他の管路施設と異なることから、マンホールや他の管路施設とひとくくりにしてマネジメントすることは適当でないと思います。

今回の改定では、マンホールふたに特化して豪雨への対応や改築の留意点等が整理されていますので、より具体的で分かりやすい内容になったのではないのでしょうか。マンホールふた自体の安全性を確保すると同時に路上交通の支障とならないよう、適切に点検・改築していくことが重要だと思います。

議論の成果が集約された技術の“バイブル” 自ら考え、自らにふさわしい基準を

——最後に、設計指針の改定を踏まえ、事業者へのメッセージをお願いします。

設計指針は下水道の技術バイブルだと思っています。構造基準は法令で定められていますが、基本的には性能規定であり、その考え方を仕様規定の要素を含めて解説するのが設計指針の役割です。時代の要請を踏まえ、長い時間をかけて様々な関係者が議論した成果が集約されており、事業体に限らず、民間企業や学生さんにとっても極めて大切な書物です。しっかりと吟味して、様々な場面で活用していただきたいと思っています。

一方で、設計指針はあくまで標準的な考え方を示したものであって、これに必ず従うことを求めているものではありません。各事業体の抱える課題は千差万別であり、一般解があてはまるものばかりではありません。設計指針を参考としつつも、地域の実情を踏まえた計画・設計により、下水道事業の円滑な推進が図られることを期待します。

また、持続可能な下水道事業を目指す上では、広域化・共同化、リノベーション、資源利用などいくつかキーワードがありますが、ハードの観点からは施設改築のタイミングがベストです。機を逃さず、知恵を絞って確実に対応していただきたいと思っています。

PROFILE 【まつばら・まこと】

京都大学大学院(衛生工学)修了。平成3年建設省入省(土木研究所)。その後、本省下水道部、国総研、北陸地方整備局等を経て、平成20年4月国土交通省下水道事業課企画専門官、平成22年7月日本下水道事業団事業統括部計画課長、平成24年4月国土交通省下水道事業課町村下水道対策官、平成25年4月堺市上下水道局理事(平成26年4月から同局管理監兼局次長)、平成28年4月国土交通省下水道企画課下水道事業調整官、平成30年7月北陸地方整備局河川部長、令和元年7月から現職。新潟県出身。





(公社)日本下水道協会(以下、下水協)は2019年9月、「下水道施設計画・設計指針と解説—2019年版—」(以下、設計指針)を発刊しました。設計指針は下水道事業の「実務手引書」として、事業体をはじめ多くの下水道関係者に活用されてきましたが、下水道を取り巻く環境の急激な変化に対応するため、10年ぶりに改定されました。下水協の井上雅夫技術研究部長に改定の背景やねらい、「第3章 雨水管理計画」「第4章 管路施設」に関するポイントなどをお聞きしました。

下水道事業を取り巻く環境が急激に変化 “管理運営の時代にふさわしい”設計指針へ

設計指針の改定は2009年以来、10年ぶりです。前回の改定から下水道事業を取り巻く環境は大きく変わっています。人口減少や少子高齢化は加速し、2011年の東日本大震災を契機にエネルギー需要のひっ迫という問題も浮上しました。気候変動の影響による局地的集中豪雨の頻発、南海トラフ地震や首都直下型地震といった大規模災害発生のリスクも高まっています。2014年には国土交通省が「新下水道ビジョン」を策定し、2015年には下水道法や水防法の改正が行われるなど、激変する社会経済情勢を踏ま

INTERVIEW_2

設計指針 2019年版の発刊

——改定のねらいと第3章・第4章のポイント

公益社団法人 日本下水道協会
技術研究部長

井上 雅夫 氏

えた施策的に大きな動きもありました。

2018年度末現在の污水处理人口普及率91.4%のうち下水処理人口普及率は79.3%と、下水道は污水处理のかかなりの部分を担っています。下水道の供用により水環境や生活環境が改善するという大きな効果が現れている一方、たとえば管きよの総延長は地球11周分に相当する48万kmに達するなど、そのストックは膨大な規模です。新規整備が落ち着き、最近では下水道事業の「概成」という言葉も聞かれるようになる中、膨大なストックをどう維持管理し、改築していくのかが大きな課題になっています。

下水協としてもこうした状況に対応しようと「下水道維持管理指針」の大幅な見直しを図り、計画的な維持管理を推進するため「マネジメント編」を設けるといった改定を2014年に行っています。下水道関係者の「実務手引書」として長年活用されてきた設計指針についても、その見直しは必然の流れとなり、2015年に専門委員会を設置し本格的な改定作業に着手しました。下水道事業は新設や増設といった「建設の時代」から、維持管理や改築を一体的に捉えた新たなマネジメントサイクルの構築が求められる「管理運営の時代」に移行しつつあります。設計指針の改定では、“管理運営の時代にふさわしい”内容にすることが最大のミッションだったと言えます。

現状の評価からスタートする「CAPDサイクル」
まずは自らの立ち位置について把握する意識を

建設の時代では、計画に基づき施設を整備し、適

宜チェックを行いながら、また次の計画につなげるという「PDCAサイクル」により事業を推進してきました。一方、施設整備の部分が進展した管理運営の時代では、既存の事業や施設の現状を評価して課題を抽出し、その課題への対策を考える作業が不可欠になると考えられます。

改定した設計指針では、こうした「現状の評価」からスタートする「CAPDサイクル」という概念を示しました。従来のように計画(Plan)ではなく、評価(Check)を起点とする下水道事業の新たなマネジメント手法です。維持管理の情報や経営の状況などを十分勘案し、その評価を計画や設計に反映させていくことが重要だという視点を取り入れています。マネジメントの本質的な部分においてはPDCAサイクルと同様だと考えていますが、管理運営の時代においては、まずは自らの立ち位置を把握することが求められます。このことを事業体に強く意識していただくため、あえてこの概念を打ち出しました。

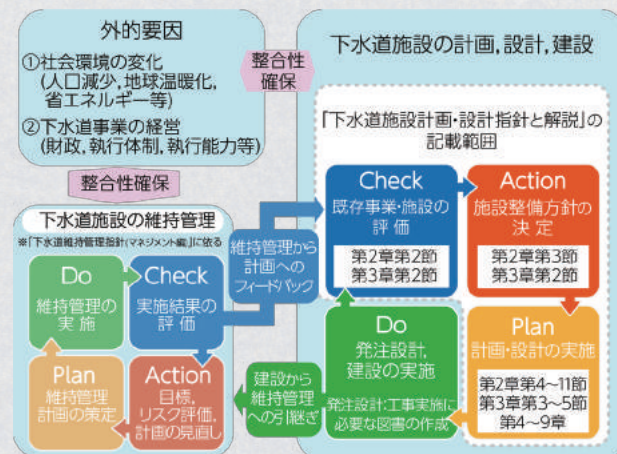
既存ストックを活用し、効率的な事業へ転換 減災対策を行う「照査降雨」の考え方を示す

近年、局地的集中豪雨が増加傾向にあることから、雨水対策に関する記述を充実させる必要がありました。このため改定では、前設計指針で「基本計画」の中に位置づけていた「雨水管理計画」を独立させ、1つの章(第3章)としてまとめています。

雨水対策事業の実施においては、特に貯留施設や雨水幹線といった大規模施設の整備に関して、効果の発現までに多額の費用と長い建設期間を要することが大きな課題です。整備途上段階では計画を下回

第3章 雨水管理計画の改定ポイント

雨水管理計画の 基本的な 考え方を記載	●計画降雨に対する防災対策と 計画を上回る降雨に対する減災対策の推進
	●時間軸を考慮した 段階的な整備計画の策定
照査 降雨への 対応を記載	●既存ストックを活用する 効率的な事業の推進
	●ハード・ソフト両面の総合的な対策の推進
	●多様な主体との連携による 総合的な対策、ソフト対策等



▲現状の評価からスタートする「CAPDサイクル」

る降雨でさえ浸水被害が発生する可能性がある中、近年は気候変動の影響から計画を上回る降雨も頻発しています。さらに大都市などにおいては、地下空間の利用方法が高度化し、浸水による人的被害の危険性も高まっているのが現状です。

こうした課題に対応するため、第3章では「既存ストックの活用等による効率的な事業への転換」という考え方を示し、大きな改定ポイントになっています。雨水対策を効率的かつ効果的に進める観点では、できるだけ既存施設を使いながら段階的に整備を進めることが必要です。具体的には、整備途上段階において、管きょの圧力状態を許容することを記述しました。計画降雨に対する管きょの設計では、自由水面により流下できる管径や勾配とすることが基本です。この考え方自体に変わりはありませんが、整備途上段階において満管状態を認めることにより、

設計指針の全体構成

計画編
〈計画・設計のあり方と計画の基本的考え方〉
第1章 下水道施設計画・設計の基本
〈下水道施設計画の考え方〉
第2章 汚水処理計画、汚泥処理・利活用計画
第3章 雨水管理計画
設計編
〈下水道施設の構造・設計に関する考え方〉
第4章 管路施設
第5章 ポンプ場施設
第6章 汚水処理施設
第7章 汚泥処理施設
第8章 電気計装設備
第9章 環境保全施設及び試験、管理施設等

■ 計画降雨に対する「防災対策」と照査降雨に対する「減災対策」の基本的な考え方

	計画降雨に対する防災対策	照査降雨に対する減災対策	
対象降雨	計画降雨 レベル1降雨:L1降雨	照査降雨 (計画を上回る降雨のうち、減災対策の対象とする降雨)	
		レベル1'降雨:L1'降雨 (計画降雨とL2降雨の間の降雨)	レベル2降雨:L2降雨 (想定最大規模降雨)
目標 (防災・減災)	・防災を目的とした浸水防除(水位が 地表面を超えることを許容しない)	・減災を目的とした浸水軽減 (一定程度の浸水を許容)	・安全な避難の確保
管内水位	・自由水面流れを基本 ・ただし、次の場合は圧力状態を許容 ①伏越し管きょなど、計画上やむを得ない場合 ②段階的整備期間	・圧力状態を許容	
対策	・計画降雨に対するハード対策	・多様な主体との連携による 総合的な対策 ・下水道事業によるソフト対策 ・下水道事業による付加的対策	・ソフト対策
既存 ストックの 評価・活用	・整備途上においては、下水道の既存 施設の圧力運用による能力を評価・ 活用し、早期の浸水被害解消を目指す	・下水道の既存施設の圧力運用による能力を評価・活用し、 下水道以外の施設も含めた既存ストックを最大限活用する ことで、減災目標の達成を目指す	

管きょの能力を最大限活用することが可能になります。

効率的な整備のためには、これまでのような画一的な計画降雨の設定手法を見直すことも求められます。5年から10年に1度の降雨への対策を講じていくという基本的な考え方は従来通りですが、近年の雨の降り方や地域の浸水リスクなどを考慮し、メリハリをつけて計画降雨を設定する必要性も示しました。地域防災計画やBCPといった事業体の上位計画を勘案することに加え、資産や人口の集積状況や地下空間の利用状況なども踏まえ、地域に応じた計画降雨の設定を検討していくことが重要です。

第3章では、「計画を上回る降雨に対する減災の取り組み」についても記述し、もうひとつの大きな改定ポイントになっています。ここで打ち出したのが、「照査降雨」という概念です。計画を上回る降雨のうち、「減災対策」の対象とするものを照査降雨と定義しました。従来の計画降雨に対しては「防災」を目的とした浸水防除を行います。照査降雨に対しては一定程度の浸水を許容し、「減災」を目的とした浸水軽減を図るという考え方です。

減災対策においては、河川や道路、公園といった他事業や民間事業者など、多様な事業主体との連携を図っていく必要もあります。改定した設計指針には、先進的な連携事例を参考資料として掲載していますので、これから取り組むことを検討している事業体の参考にしていただきたいと思います。

管きょ改築時には現場条件に応じた施設設計をマンホールふたの飛散防止などの課題にも言及

管路施設に関してはこれまで、計画下水量に応じた設計を行い、整備を進めてきました。しかし、人口減少などの社会構造の変化により、たとえば未普及地域が一定程度残されている地域では、現況下水量が計画下水量より少なく、双方の間にかい離が生じていることがあります。この場合、前設計指針で定めていた最小管径では管きょ内の流速を確保できずに堆積物が残り、臭気の発生や腐食の進行といった問題を引き起こしています。

こうしたことから第4章の「管路施設」では、管きょを改築する際の留意点として、実態に合わせた最小管径に見直すことを明記しました。既存施設の維持管理情報等に基づき、現場条件に応じた適切な施設設計や対応を行うこととし、課題に対して事業体が柔軟に取り組んでいけるような内容にしています。

大雨が降った際、特に合流管きょや雨水管きょに関しては、急勾配から緩勾配になり流速が急激に変化する箇所や急曲線部において、流下能力不足に陥ることがあります。この場合、マンホールからの溢水や、管きょ内の圧力上昇に伴うマンホールふたの飛散、ふたの周辺舗装の破損といったリスクが高まります。こうした課題に対応するため第4章では、雨水流入時の管内空気の適切な排出や、圧力解放耐揚圧性能を有するマンホールふたの設置といった対

第4章 管路施設の改定ポイント(抜粋)

節	主な改定点
第1節 総論	・管理運営時代の計画・設計における、既存施設の評価から抽出される主な課題及び対応を記載 ・雨水管きよ及び合流管きよの余裕を記載
第2節 管きよ	・管きよに作用する地震動や内圧を記載 ・管きよの改築(更生)を記載 ・汚水管きよの最小管径(100・150mm)の但し書きを追記
第3節 マンホール	・改築時の適切な配置等についての留意点を追記 ・耐震性や施工性等を踏まえた内副管の標準化を記載 ・内圧が作用する場合及び改築時の留意点を追記 ・マンホールふたの構造及び性能を追記
第4節 ます及び 取付け管	・雨水ますの感染症発生対策についての留意点を記載 ・取付け管に関する道路陥没防止及び改築の留意点を記載
第10節 圧力方式の 管路システム	・圧力方式の管路システムの分類図を記載 ・圧送管路のリスク対策として、二条化やネットワーク化を追記 ・マンホール形式ポンプ場を記載
第11節 オフサイト 貯留施設	・節内全体の構成及び記述の見直し ・高落差工や空気抜き施設の追記 ・地下式施設の構造形式に地下間隙型を追加

策を示しています。

雨水ますへの流入阻害に起因した道路冠水も発生 排水性能高いふたへの取り替えや雨水ます追加を

管きよが満水になっていない状態でも、雨水ますの不足やますへの流入が何らかの要因で阻害されていると、降雨時に道路冠水が発生するケースも見られます。くぼ地などは地形的に雨が集中的に流れ込みやすい場所のため、雨水ますの排水能力が追い付かない場合もあるでしょうし、落葉やごみが雨水ますに堆積していることで雨が管きよへ適切に流入していないケースもあります。特に近年は局地的集中豪雨の発生が増加していますので、排水性能の高いふたへの取り替えや雨水ますの追加等の対応を検討する必要性についても記述しています。

PROFILE【いのうえ・まさお】

1992年3月大阪市立大学工学部土木工学科卒。同年4月大阪市に入庁し下水道局(当時)に配属。主に下水道部門(予算、計画、管渠設計、処理場設計等)に従事する。2000～2002年日本下水道事業団(大阪支社PM室) 出向、2011年4月建設局下水道河川部水環境課長、2013年4月(一財)都市技術センター事業推進課長(建設局総務部参事)、2015年4月建設局下水道河川部河川課長、2016年4月建設局下水道河川部調整課長、2019年4月から現職。

なお、近年取りざたされている分流式下水道における雨天時浸入水の問題については、設計指針の改定を進めていた時期に国土交通省が検討を行っていたこともあって、限定的な内容となりました。しかし、雨天時浸入水の影響により、マンホールからの溢水やポンプ場における揚水停止といった問題が顕在化していることを踏まえ、排水設備の誤接続防止やマンホールふたの水密性向上といった対策に関する記述を充実させました。今年1月に策定された「雨天時浸入水対策ガイドライン(案)」では、発生源対策によって直接浸入水の浸入を防止し、雨天時浸入地下水の浸入を最小限度とするという基本的な考え方が示されましたので、そちらも参考にいただければと考えています。

他の管路施設と異なる点の多いマンホールふた 独立したセクションで構造や性能などを詳述

前設計指針では「マンホールふた」について、「マンホール」の項目の中で記述していました。しかし、ふたとマンホール本体では、構造や材質の点で大きな違いがあります。ストックマネジメントの観点でも、管きよに比べ耐用年数が短く、維持管理の方法も異なります。こうしたことから改定した設計指針では、マンホールふたに関して、独立したセクションを設けました。種類や形状、構造や性能のほか、環境に応じたふたの設置例や設置における留意点などを示しています。

マンホールふたは道路上に設置され、車両等による荷重を繰り返し受ける過酷な環境であることから、強度、耐摩耗性、耐久性などの安全性の確保が重要な課題となります。昔と比べ交通量は増加している一方、ふたの老朽化等は重大な事故の発生につながるリスクがあります。こうした社会的な背景や安全性確保の観点から、セクション化されたことは当然の流れだと考えています。



事業体における「設計指針」の活用

下水道実務者の“バイブル”とも言える「下水道施設計画・設計指針と解説」(以下、設計指針)が、2019年9月に改定されました。下水道を取り巻く環境が急激に変化する中、事業体は改定内容をどのように採り入れればよいのでしょうか。設計指針「改定調査専門委員会」の小委員会で委員を務めた大阪市の正野氏、大久保氏、豊川氏に、活用のポイントなどをお聞きしました。

【取材協力:大阪市建設局下水道部】

下水道課 正野哲也課長代理^{*1}(基本計画小委員会 副主査)

下水道課(管渠担当) 大久保竜二担当係長^{*2}(管路・ポンプ場施設小委員会 委員)

調整課(事業計画担当) 豊川竜担当係長(雨水管理小委員会 委員)

PDCAからCAPDサイクルへ 既存事業・施設の評価から対応策を

下水道事業の整備促進の結果、多くの事業体で施設建設が概ね完了し、適切な「マネジメント」が重要になっています。設計指針の改定では、マネジメントの基本である「PDCAサイクル」で「C」(Check)の視点が重要との認識のもと、「C」から始まる「CAPDサイクル」という新たな考え方が示されました。

「これまでの設計指針では新設や増設に重きを置いていましたが、現在は改築や維持管理の比重が高まっていることから、まずは既存事業・施設を評価したうえで課題を見つけ、その対応策を実施していこうという考

え方です」(正野氏)

下水道普及率99.9%の大阪市では下水処理場12カ所、ポンプ場(抽水所)58カ所、管きょ4957km、マンホールふた約19万個というストックを抱え、とりわけ1965～1975年頃(昭和40年代)に集中して整備した施設の老朽化対策が大きな課題となっています。

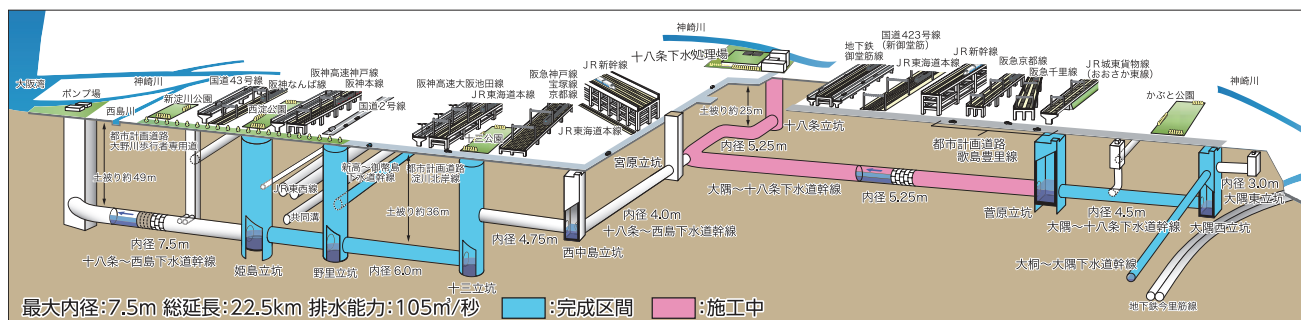
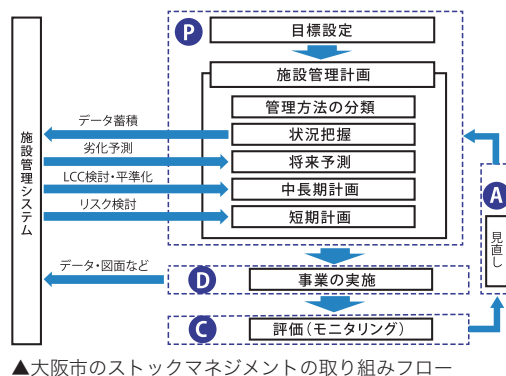
市は2016～2025年度を事業期間とする下水道施設管理計画(ストックマネジメント計画)を策定し、計画的な改築・維持管理等を行っています。施設管理システムの構築にも早くから取り組み、施設情報や点検履歴等のデータの蓄積を進め

ているほか、劣化予測の手法も取り入れながら改築更新施設の優先順位を決め、施設管理の効率化を図っています。

「ストックマネジメントを進める中では、『CAPD』の考え方を踏まえ、『評価』から始めることを職員一人ひとりが意識して取り組んでいかなければなりません。今後は今回の改定内容を踏まえ、本市の指針についても、見直していく必要があると感じています」(同)

「照査降雨」の考え方が示される 事業体の裁量で取り組みやすく

雨水排除施設の整備には多額の費用がかかり、効果発現までに長時間を要する場合があります。日本各地で局地的集中豪雨の発生が急増し、早期の対応が求められる中、事業体は浸水対策の難しさに直面していると言えるでしょう。こうしたことから今回の改定では、前指針の「基本計画」の一部であった「雨水管理計画」を新たに章立てし、



▲大阪市の抜本的な浸水対策の代表例「淀の大放水路」(2020年3月末現在)



▲幹線道路用のふた(従来品の2倍以上の耐久性を持つ)



▲大阪城のマンホールふた(圧力解放耐揚圧性で飛散を防止)



▲古いタイプのふた

雨水管理や浸水対策に関する記述を充実させました。

「雨の降り方が変わっていることに加え、都市化に伴う雨水流出量の増加や地下空間利用の高度化などの状況もあり、浸水リスクは高まる一方です。設計指針では、①時間軸を考慮した段階的な整備計画の策定、②照査降雨に対する減災対策の推進、③既存ストックを活用する効率的な事業の推進、④ハード・ソフト両面の総合的な対策の推進、の4つの考え方にに基づき、雨水管理計画を策定するよう求めています」(豊川氏)

大阪市では、市域の90%がポンプ排水に頼る雨に弱い地形になっています。1970年代に下水整備が概成しましたが、都市化の進展で雨水流出量が増大し大規模な浸水被害が発生したため、1981年に「抜本的な浸水対策計画」を策定。10年確率降雨(約60mm/h)への対応を進めており、2018年3月末時点の雨水対策整備率は約80.1%と高水準に達しています。

「8割の整備が完了しているものの、くぼ地や低地の浸水リスクは依然として高く、計画降雨を上回る降雨では浸水被害が発生する可能性が高い状況です。今回の改定では『照査降雨』の考え方が示されたことが大きな

ポイントです。計画を上回る降雨については、一定程度の浸水や管きょ内の圧力状態を許容し、減災対策に取り組むことを基本としています。浸水の程度をどこまで許容するかは各自治体(事業体)の裁量に委ねられますが、ハード・ソフトを組み合わせた総合的な対策とすることで、投資規模を抑えて市民の安全を確保できるというメリットがあります。大阪市も含め自治体(事業体)においては、今後の浸水対策に取り組みやすくなる面があるのではないのでしょうか」(豊川氏)。

管路は実態に応じた施設設計 ふた改築で必要な性能等も明記

「管路施設」の章では、計画下水量と現況下水量との間にかい離が生じている管路施設の改築にあたり、浸水実績や道路陥没、臭気発生等の維持管理情報に基づき、現場条件に応じた施設設計を行うことが明記されました。

「人口減少等の社会構造の変化や気候変動などの状況を踏まえ、『改築』に関する留意点が充実されたことが特徴です。局部的集中豪雨の増加から、従来の污水管に加えて雨水管や合流管についても余裕を見込み、実態に応じた管径に変更することなども示されています」(大久保氏)

管路施設が抱える課題としては、管きょ内の圧力上昇に伴うマンホールふたの飛散や舗装の破損の発生も記述されました。

「大阪市では、圧力解放耐揚圧性を持つマンホールふたの設置を基本とし、浮上・飛散防止対策を講じています。さらに交通量の多い箇所では従来品の2倍以上の耐久性を持つとされる幹線道路用のふたを、排気が必要な箇所では格子ふたを採用するなど、一定の設置基準を設けています。改定された設計指針では、ふたに関する独立したセクションが新たに設けられ、構造や性能、設置例、古いタイプのふたの改築に際して考慮すべき点などが整理されました。ふたの老朽化に伴う事故の未然防止や設置環境に応じた要求性能への対応などの観点から、各自治体(事業体)での活用が期待されると思います」(同)



▲大阪市建設局下水道部
大久保竜二担当係長、正野哲也課長代理、
豊川巖担当係長(左から)

昨年9月に改定された「下水道施設計画・設計指針と解説」(以下、設計指針)では、下水道施設計画を超える降雨への対応として、既存ストックの活用等による効率的な事業への転換が求められました。ここでは、(公財)日本下水道新技術機構(以下、下水道機構)に浸水対策の検討手法や圧力状態を許容した管路施設の設計についてお聞きするとともに、地域の実情に応じた計画降雨の設定により段階的な整備を進める横浜市の取り組みをご紹介します。



▲2004年の台風22号で甚大な浸水被害を受けた横浜駅西口付近

既存ストックの活用等による 効率的な浸水対策事業への転換

1 流出解析でメリハリをつけた浸水対策を 管きょ内水位を予測し、水防活動等に活用

(公財)日本下水道新技術機構

浸水対策を検討する上では、浸水シミュレーションの実施や管きょ内水位の把握が重要になります。これらについて研究を進めてきた下水道機構に、その概要や活用方法をお聞きしました。

流出解析で雨の挙動を「見える化」 重点地区の「当たり」をつける

「2014年4月に国土交通省(以下、国交省)が『ストックを活用した都市浸水対策機能向上のための新たな基本的考え方』を公表しました。これを機に、下水道施設の強みと弱みを評価し浸水シミュレーション等を実施した上で、既存ストックを活用して浸水被害を軽減しようという

考え方が浸透しています」

下水道機構は浸水シミュレーションに関する研究に早くから取り組み、1999年に「流出解析モデル利活用マニュアル」を発刊。社会情勢を踏まえて2003年、2006年、2017年と3度改定を重ね、事業体における効率的かつ効果的な浸水対策や合流改善の立案・検証に活用されています。

「流出解析モデルは、管きょの流入量や水位に土地の利用方法や地形的要素なども加味し、浸水シミュレーションを行うものです。実際の雨の挙動を『見える化』することで、浸水対策手法の検討や内水ハザードマップの作成につなげることができ



▲(公財)日本下水道新技術機構研究第二部
戸谷公朋副部長※1

ます」

国交省は浸水対策の推進に向け、2016年4月、「雨水管理総合計画」の策定を求める通知を事業体に出しています。同計画は、今後の人口変化等も考慮して重点地区と一般地区を区別するなど、「選択と集中」の観点から策定することとされています。

「浸水対策は、特にハード整備において効果発現までに時間と費用がかかります。流出解析モデル等の浸水シミュレーションの活用では、重点的に整備す

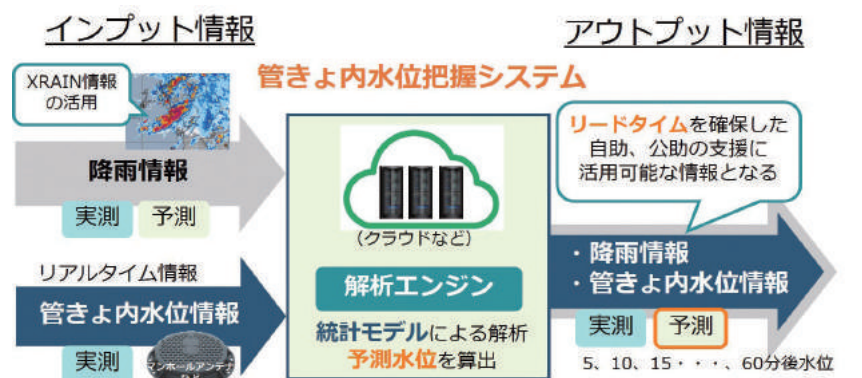
べき地区の『当たり』をつけることが可能なため、事業者がメリハリをつけた浸水対策を講じるうえでは、有用な手法だと考えています」

管きょ内水位把握システム MHアンテナも活用し水位を予測

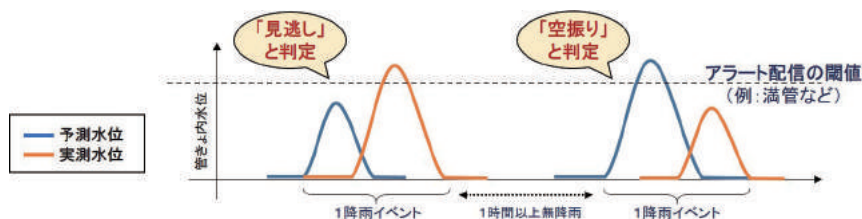
下水道機構は2017～2018年度、事業者、民間企業と「下水道管きょ内の水位予測機能を備えた管きょ内水位把握システム」について共同研究を行いました。管きょ内水位と雨量に関する観測・蓄積情報を統計的に解析し、最大60分後の水位を予測するものです。

「局地的集中豪雨の発生が増えている中では、管きょ内の状況を把握し、その上で既存ストックの活用方法を考えていく必要があります。このシステムで予測した水位データは、水防活動やポンプ施設の運転支援などに役立ててもらおうことを想定しています」

同システムの予測精度については、事業者の実証フィールドを用い、「見逃し率」と「空振り率」で評価を行っています。見逃し率は15分後が8.7%、30分後が13%、60分後が26.1%と比較的高い予測精度が確認された一方、空振り率は15分後が32%、



▲管きょ内水位把握システム



▲「予測が外れる」状態を見逃し・空振りに分けて評価

見逃し：実測水位が予測水位を上回り、なおかつ上記の「閾値」を超えた場合
空振り：実測水位が予測水位を下回り、なおかつ上記の「閾値」に達しない場合

30分先後が39%、60分後が51%でした。見逃し率に比べて空振り率が高いのは、見逃しによって水防活動や避難行動などが遅れる危険性があるため、安全側に設定されていることに起因しています。

「今の段階では、予測先時間が長くなるほど、予測精度が低下する傾向が見られます。様々な技術を組み合わせることにより、予測精度を向上させていくことが今後の課題となっています」

なお、水位の計測には「マンホールアンテナ」が採用されました。

「リアルタイムでの計測が必要なことから、マンホールアンテナを活用しています。計測に当たっては、設置場所も重要な要素になります。頻繁に浸水している箇所ではなく、上流部に設置したほうが予測精度向上につながる可能性もあり、流出解析等の結果も踏まえて、検討していく必要があると考えています」

2 圧力状態を許容した管路施設の設計 流入量を把握し、排気装置やふたで対応

（公財）日本下水道新技術機構

設計指針では雨水排除施設の整備途上で、管路施設の圧力状態を許容することが示されました。

圧力状態を許容した管路施設の設計や運用において、留意すべきポイントを伺いました。



▲（公財）日本下水道新技術機構研究第二部 伊藤雄二 副部長

排気装置で圧縮空気を逃がす 流入量を把握し、適切な排気を

「近年の降雨により、既設管の能力を超える流入量になる状況では、特に管きょが急勾配から緩勾配に変わる箇所や伏越し、放流先の河川の水位が高い場合などにおいて、管路施設が圧力状態になります」

管路施設が圧力状態になると、マンホールふたから下水や空気が噴出するなど、安全上のリスクが高まるという問題があります。

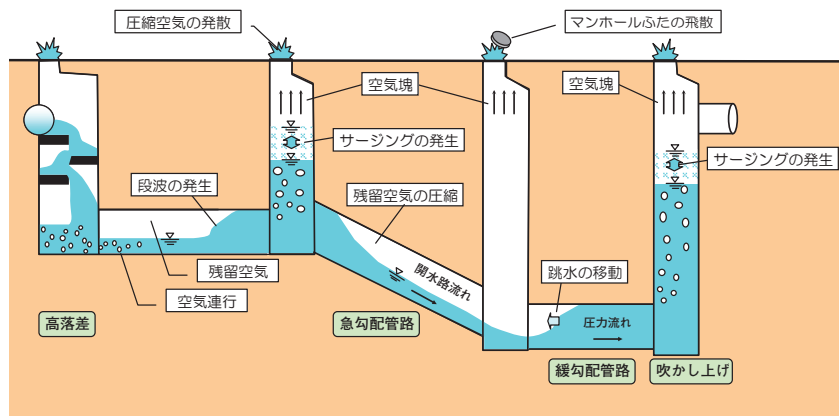
「圧縮された空気を逃がすため、排気装置を設ける対策が必要です。それに加え、空気連行（下水とともに管きょに入る空気量）を減らすことも重要になってきます。たとえば下水道機構が事業体、民間企業と共同開発した『らせん案内路付ドロップシャフト』は、高落差のある管路施設を接続する際に、らせん流を形成して空気混入量が低減できるため、排気装置の設置が困難な場合にも効果的な方法です」

下水道機構では事業体と共同で水理模型実験を行い、その結果を管路施設の計画・設計等に反映させる研究も行っています。

マンホールふたによる排気対策 管路全体での内圧対策の必要も

幹線や雨水貯留施設のように、高い圧力を持った空気が噴出するおそれのある箇所では、新たに排気管を設けることが求められます。一方、比較的少ない排気で済む場合には、マンホールふたでの対応が可能になります。

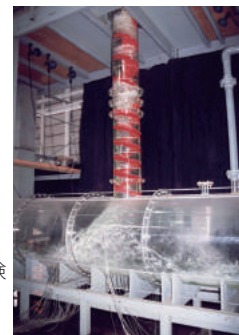
「ふたの浮上・飛散を防止する圧力解放耐揚圧性能を持ったふたや格子ふた、耐圧ふたなど



▲大規模管きょの水理的問題点



▲下水道機構による「空気連行」の計測と排気対策の実験
下水とともに大量の空気も管きょ内に取り込まれる



▶「らせん案内路付ドロップシャフト」の水理実験
貯留管直上取り付け部の下水落下状況と
管きょ底面への作用圧力を確認している

を、環境に応じて設置する必要があります。格子ふたの場合は臭気が問題になる場合もありますが、『防臭中ふた』の併用が有効です」

マンホールふたは管路施設の排気能力向上に貢献できる一方、特に耐圧ふたを設置した際には、マンホール本体の浮上や周辺舗装が破損するといった問題を抱えています。こうしたことから下水道機構は2015年度、「マンホール本体の豪雨時内圧対策検討」の研究を実施しています。

「マンホールに内圧を加える

実験の結果、マンホール接合部から空気や水が漏れたり、側塊が持ち上がったりましたが、排気口を設けた場合、接合部からの水漏れはないことが確認できました。マンホールふたは非常に頑丈につくられていますが、耐圧力が相対的に低い部分は損傷してしまう可能性があります。耐圧ふたを設置する際には排気口をあわせて設けることが必要であるとともに、内圧に対する基準を管路施設全体で考えていくことが、今後の課題だと言えるのではないのでしょうか」



▲内圧を解放する「格子ふた」



▲マンホールに内圧を加える実験

地域の実情に応じた計画降雨の設定 段階的な整備水準の向上を図る

横浜市環境創造局下水道計画調整部

横浜市では、地域の実情に応じた長期的目標を定めて計画降雨を設定し、重要度の高い地域を優先しながら、段階的な整備水準の向上を図っています。

低地区は10年、高地区は5年 地域に応じた計画降雨を設定

2004年に横浜市を襲った台風22号では、1時間当たり76.5mmの降雨が観測され、市内全域で1000棟以上の浸水被害が発生しています。特に横浜駅周辺では、地下駐車場や地下施設などに雨水が流れ込みました。近年は下水道の計画を超える大雨が頻発し、横浜駅周辺のように地下街を有していたり、都市機能が集積していたりする地区では、浸水対策のレベルアップが求められています。

こうした状況を踏まえて市は、地域の実情や浸水対策における重要度に応じて計画降雨を設定し、メリハリをつけた整備を進めています。

「都市機能が集積した地盤の低い地域で浸水が発生した場合は、社会的・経済的に甚大な被害が及ぶことが想定されます。ポンプ排水が必要になるこうした『低地区』では、10年確率降雨（約60mm/h）による整備を行うこととしています。その一方、地盤が高い郊外部は自然流下による排水が可能な『高地区』であるため、5年確率降雨（約50mm/h）による整備と位置づ

けています」

横浜駅周辺では30年確率降雨に 雨水幹線、ポンプ場の整備推進

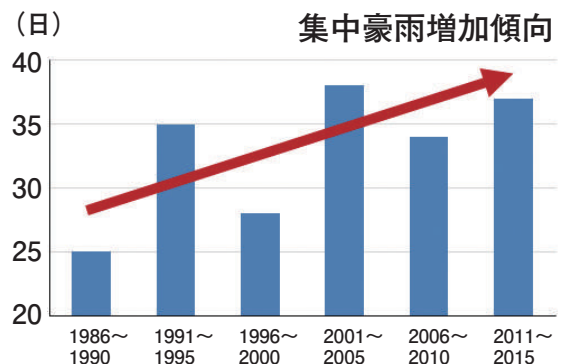
さらに地下街を有する横浜駅周辺の約140haに関しては、「横浜駅周辺地区特定地域都市浸水被害対策事業計画」を策定し、10年確率降雨から、2004年の台風22号と同等の30年確率降雨（約74mm/h）に計画降雨を引き上げています。10年確率降雨に対応する既設ポンプ場を経由するルートで雨水幹線（口径3750mm、延長約4.8km）を布設し、横浜駅の北東にある東高島駅北地区土地区画整理事業予定地に東高島ポンプ場（排水能力：約6.0m³/s）を新設します。2020年度から順次着工し、2030年度の供用開始を予定



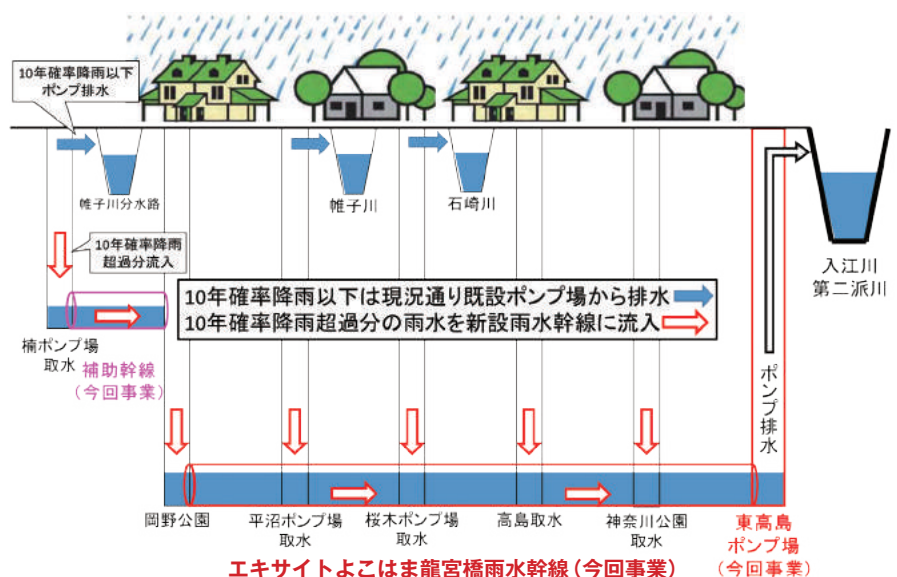
▲横浜市環境創造局下水道計画調整部
下水道事業マネジメント課の
石井智博担当課長※2（下水道計画担当）

しています。

「これらの施設を用い、既設ポンプ場から10年確率降雨を超える雨水を取水して新設雨水幹線に流入させ、沿岸海域に排水します。総事業費には410億円が見込まれる大型事業ですが、河川水位の影響を受けずに排水できることから、大きな効果が期待されます」 以上



▲横浜市では集中豪雨（50mm/h以上）の発生日が増加傾向にある



▲横浜市における計画降雨のレベルアップに伴う施設整備
(エキサイトよこはま龍宮橋雨水幹線、東高島ポンプ場等)

計画を上回る降雨に対する減災の取り組み

多様な主体との連携により総合的な都市浸水対策を進める横浜市

気候変動の影響と考えられる局地的集中豪雨の増加を踏まえ、目標整備水準を超える降雨への対応を進めている横浜市。日本有数のターミナル駅であり大型商業施設等が集積する横浜駅周辺では、官民連携による雨水貯留施設の整備を行っているほか、浸水被害の最小化・回避を図るため、マンホールアンテナを活用した管きょ内水位の計測による「水位周知下水道」の指定に向けた検討を進めています。

目標整備水準を超える降雨に対応 横浜駅周辺の治水安全度確保へ

横浜市では、浸水対策の目標整備水準を地盤が低い「ポンプ排水区域」は10年確率降雨（約60mm/h）、「自然排水区域」は5年確率降雨（約50mm/h）と定め、浸水被害解消をめざしています。しかし近年、全国各地で局地的集中豪雨が発生していることを踏まえ、目標整備水準を超える降雨により甚大な被害が想定される箇所については、さらなる対策を講じています。

その対象地区となっているのが、1日延べ200万人の乗降客

を数える横浜駅の周辺です。横浜駅周辺の大改造計画である「エキサイトよこはま22」において、河川、下水道、まちづくりが連携して浸水対策を実施し、治水安全度を確保することを位置づけました。地下街を有する「センターゾーン」では、過去に最も甚大な浸水被害を起こした2004年10月の台風22号と同等の30年確率降雨（約74mm/h）に対応する下水道施設を整備することとし、将来目標として50年確率降雨（約82mm/h）への対応も掲げています。

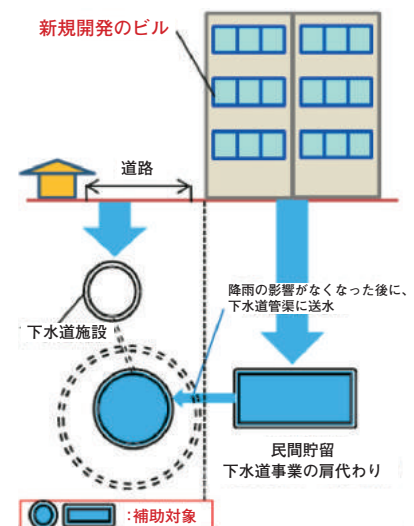
全国初、浸水被害対策区域の指定 官民連携で雨水貯留施設を整備

「エキサイトよこはま22」の「まちづくりガイドライン」では、敷地面積5000㎡以上の大規模開発の際、開発事業者が建物敷地内に雨水貯留施設（敷地面積1haあたり200㎡を貯留できる規模）を設置することを明記しました。

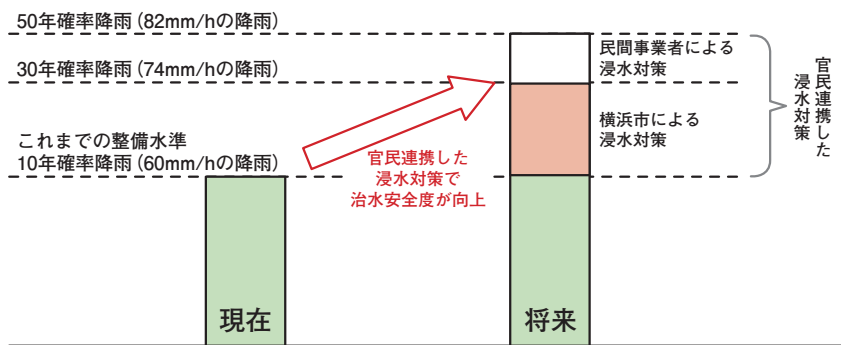
さらに市は2017年1月、センターゾーンを「浸水被害対策区域」に指定。2015年の下水道法改正で創設された「特定地域都市浸水被害対策事業制度」が活用できる、全国初の事例となりました。同制度は民間事業者が浸水被害対策区域で雨水貯留施設等を整備する場合、その費用に対して国が直接補助を行うものです。市の助成制度と合わせて整備費用の2/3（国1/3、市1/3）を上限とした財政支援がなされています。また、このガ



▲エキサイトよこはま22のエリア センターゾーンを「浸水被害対策区域」に指定



▲特定地域都市浸水被害対策事業制度のイメージ(出典:国土交通省資料)



▲官民連携による浸水対策により、治水安全度の向上をめざす

イドラインではまちづくり貢献へのインセンティブとして、形態制限緩和（容積率や高さの緩和等）も可能にしました。JR東日本が建設した「JR横浜タワー」が同制度活用の第1号となり、地下に雨水貯留施設を設置しています。

横浜市環境創造局下水道計画調整部下水道事業マネジメント課の石井智博担当課長は、「民間との連携で浸水対策の効率化が図れ、50年確率降雨への対応もめざすことができます。民間としても建物の資産価値が上がるなど、双方にメリットがある仕組みと考えています」と話しています。

避難行動を促す水位周知下水道マンホールアンテナで水位計測

2015年の水防法改正では、地下街等を抱える区域を指定し、管きょ内水位を計測・発信して水防活動に活かす「水位周知下水道」が制度化されました。セ

ンターゾーンに地下街を有する横浜市は、水位周知下水道の指定をめざしています。水位の計測には、管きょ内の状況をリアルタイムで遠隔監視できる「マンホールアンテナ」を採用しました。横浜駅西口の4ヵ所を選定し、地下街の入り口付近のマンホールや複数の管きょが接続されたマンホールなどに設置しています。現在は降雨と管きょ内水位の相関などについて検証しながら、内水氾濫に関する情報の提供先となる地下街管理者がどういったデータを求めているのか、ヒアリングを進めているところです。

「マンホールアンテナは施工性に優れているほか、ふたの裏側に設置されたバッテリーを電源としているため、災害時に電力を確保できない場合などにおいても稼働できるといったメリットがあります。検証結果を踏まえてマンホールアンテナの設

▼マンホールアンテナを活用した水位周知下水道のイメージ



▲マンホールアンテナが設置されたマンホールふた



▲横浜市環境創造局下水道計画調整部
下水道事業マネジメント課
石井智博担当課長*（右）と伊藤雄一氏

置場所や設置数などを見直し、来年度には地下街管理者への情報提供を始めたいと考えています」（石井担当課長）。

内水ハザードマップの改定もあらゆる手段で浸水対策を

浸水対策では「グリーンインフラ」も活用しています。公園や樹林地、農地といった自然環境が持つ保水・浸水機能を高め、下水道への流出抑制を図るとともに、地下水のかん養などによる水循環の再生も期待できる取り組みです。また、自助・共助を促進するため、内水ハザードマップの改定に向けた取り組みとして、想定最大規模降雨などの様々な降雨でシミュレーションを行っており、2021年度の公表をめざしています。

「5年確率降雨や10年確率降雨への対応もまだ途中の段階ですが、ハード整備には時間もお金もかかります。目標整備水準を超える雨が降る可能性がある中では、民間事業者や市民の協力も得ながら、あらゆる手段を尽くして浸水対策に取り組む必要があると考えています」（同）。

INTERVIEW_3

雨水が管きょへ適切に流入しない課題への対応

—落葉堆積量に対する雨水ますふたの排水能力調査—

国土交通省 国土技術政策総合研究所

下水道研究部 下水道研究室 室長 **岡安 祐司氏**
研究官 **中村 裕美氏**

「下水道施設計画・設計指針と解説2019年版」（以下、設計指針）では、既存の管路施設の評価から抽出される課題の1つとして、雨水ますへの流入阻害等により、雨水が管きょへ適切に流入しない場合に浸水被害が発生している事象が取り上げられています。

流入阻害の要因として考えられているのが、雨水ますふたの周囲に堆積した落葉です。国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）では、落葉の堆積が雨水ますふたの排水能力にどのような影響を与えるかを調査・研究しています。国総研下水道研究部下水道研究室の岡安祐司室長、中村裕美研究官に、調査・研究の概要や成果を伺いました。

落葉等による雨水ますふたの排水能力を評価 都市浸水対策に関する調査・研究の一環として

国総研下水道研究室では、かねてから都市浸水対策に関する調査・研究を進めてきました。近年は、豪雨の発生頻度の高まりや、都市化の進展に伴う雨水の貯留浸透能力の低下、地下空間の利用の発達に伴う浸水被害ポテンシャルの増大等が懸念されている一方で、事業体においては限られた財政事情を抱え、効率的かつ効果的に都市浸水対策を進めていくことが求められています。

こうしたことから当研究室では、2013年度から2015年度にかけて「効率的な都市雨水対策推進に関する調査」を実施しました。同調査は、都市浸水対策に関する諸課題を対象としたもので、課題のひとつとして、落葉等による雨水ますの排水能力の低下に関する評価等も行いました。



▲岡安 祐司氏



▲中村 裕美氏

（おかやす・ゆうじ）2005 年 4 月（独）土木研究所水環境研究グループ水質チーム主任研究員、2010 年 4 月滋賀県琵琶湖環境部下水道課主席参事（施設管理・建設担当）、2013 年 4 月国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道企画課付（JICA長期専門家ベトナム社会主義共和国建設省派遣）、2015 年 6 月（国研）土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ主任研究員、2019 年 4 月より現職。

（なかむら・ゆみ）2015 年 4 月国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室研究員、2019 年 7 月より現職。



一般的に浸水対策施設の整備には、多くの時間・費用を要します。早期に浸水被害リスクの低減を図るためには、既存施設等のストックの能力を適切に評価した上で、その機能を最大限活用できる対策手法を確立しなければなりません。そこで2016年度以降は、「既存ストックを活用した浸水対策手法の確立に関する調査」を実施しており、その課題の中で



写真1：現地調査における冠水区間（左）と未冠水区間
冠水区間のますふたと側溝上には落葉が堆積

表 1 : 実規模道路模型を用いた実験条件

実験条件	詳細(設定理由)
側溝縦断勾配	0.5%(ほぼ水平) 2.0%(緩勾配) 6.0%(急勾配)
ますふた種類	コンクリート 鋼製グレーチング 落葉対策
給水量	給水開始から60秒後に下記降雨に相当する一定給水量となるよう供給 1.3ℓ/s(30mm/h降雨相当) 2.6ℓ/s(60mm/h降雨相当) 4.3ℓ/s(100mm/h降雨相当)
落葉種類	ケヤキ(葉面積20cm ² 程度) イチョウ(葉面積20cm ² 程度) プラタナス(葉面積189cm ² 程度)
落葉堆積量	現地調査結果を参考に設定 1kg 3kg 5kg
測定項目(単位)	計測方法
排水量(ℓ/s)	ますふたの下にある三角堰で30秒ごとに計測

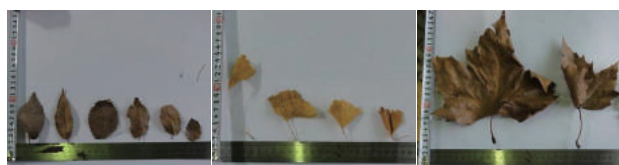


写真2: 実規模道路模型で使用された落葉
(左からケヤキ、イチョウ、プラタナス)

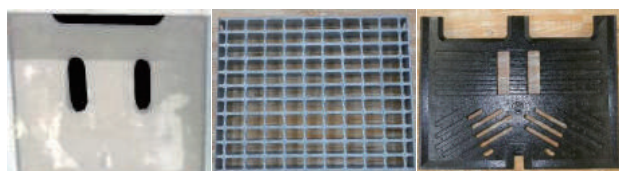


写真3: 3種類のますふた
(左からコンクリートふた、鋼製グレーチングふた、落葉対策ふた)

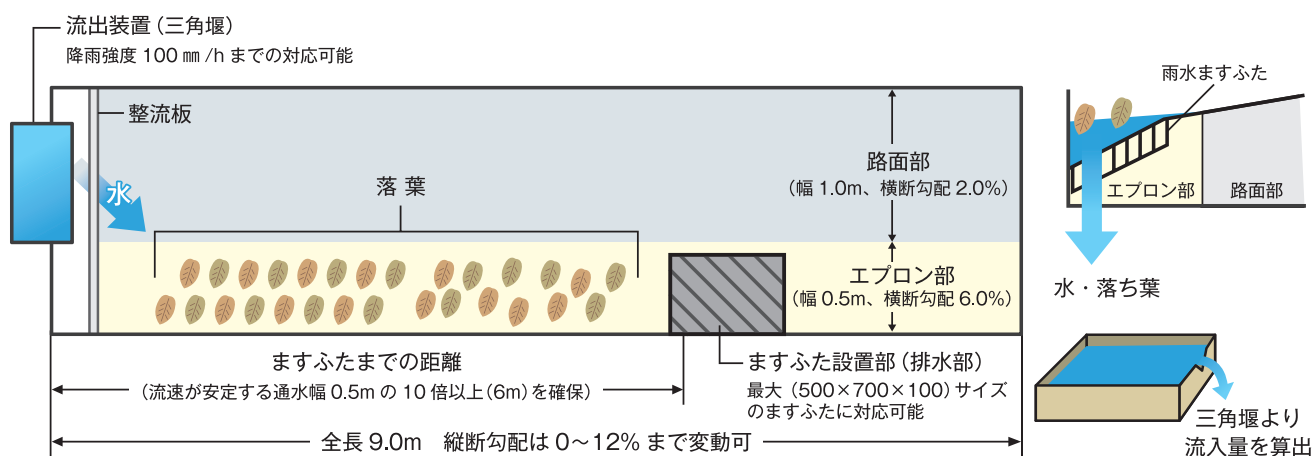


図1: 実規模道路模型の平面図

は、落葉等による雨水ますふたの排水能力の低下に関する評価等を継続して実施してきたところです。

2015年に1路線を選定し、現地調査を実施 冠水区間は未冠水区間の8倍以上の落葉堆積量

当研究室では管路の能力に余裕があっても雨水ますふた周囲や雨水ます内への落葉等の堆積によって、雨水流入が阻害されている場合があることに着目しました。2013年度には道路冠水の発生軽減に向けた方策を検討するため、落葉等により排水能力が低下する雨水ますふたの排水性能の評価^{*1}を、2014年度には雨水ますの排水性能の評価^{*2}を実施しました。

2015年12月には雨水ますふた上及び側溝上の落葉堆積量の現地調査を実施し、落葉堆積量を把握^{*3}しました。道路管理者へのヒアリングに基づき、過去に冠水があった1路線を選定し、冠水があった区間と冠水がなかった区間(反対車線側)について、雨水ますふたと側溝上の落葉堆積量をそれぞれ調べました(写真1)。

その結果、落葉堆積量は冠水区間が2.5kg/m²で、未冠水区間は0.3kg/m²。冠水区間は、未冠水区間に比べて、8倍以上の落葉が堆積していたことがわかりました。

実規模道路模型で排水能力への影響を調査 5つの要素から落葉の「落下率」を検証

2016~2017年度には実規模道路模型(図1、写真5)を使い、落葉等が雨水ますの排水能力に与える影響について定量的に評価^{*4}しました。ますふたの排水能力は落下率で評価することとしました。落下率とは、ますふたに供給される給水量に対する、雨

表2:実規模道路模型で得られた落下率

側溝縦断 勾配(%)	給水量 (l/s)	ますふた種類	落下率(%)									
			落葉 無し	ケヤキ			イチョウ			プラタナス		
				1kg	3kg	5kg	1kg	3kg	5kg	1kg	3kg	5kg
0.5	1.3	コンクリート	97.1	75.9	75.9	64.1	94.3	47.8	47.8	80.9	83.5	
		鋼製グレーチング	100.0	68.7	59.8	75.9	66.4	49.7	57.7	91.5	91.5	
		落葉対策	100.0	100.0	91.5	75.9	100.0	100.0	68.7	86.1	83.5	
0.5	2.6	コンクリート	100.0	72.1	41.3	45.2	95.7	52.4	35.1	63.4	53.9	
		鋼製グレーチング	100.0	58.5	41.3	41.3	63.4	33.9	41.3	73.9	66.8	
		落葉対策	100.0	100.0	91.5	46.6	100.0	100.0	95.7	66.8	72.1	
0.5	4.3	コンクリート	76.8	75.3	32.2	23.9	75.3	58.5	21.7	37.9	41.0	
		鋼製グレーチング	100.0	54.7	35.0	33.1	79.9	37.9	21.0	61.2	40.0	
		落葉対策	100.0	100.0	83.1	27.9	100.0	100.0	83.1	51.1	54.7	
2.0	1.3	コンクリート	100.0	78.3	55.6	55.6	83.5	66.4	53.6	78.3	59.8	71.0
		鋼製グレーチング	100.0	71.0	59.8	71.0	51.6	55.6	57.7	68.7	86.1	64.1
		落葉対策	100.0	100.0	100.0	97.1	100.0	88.8	100.0	71.0	94.3	97.1
2.0	2.6	コンクリート	87.4	85.3	52.4	48.0	100.0	41.3	46.6	77.6	72.1	60.1
		鋼製グレーチング	100.0	75.7	45.2	38.7	50.9	33.9	30.6	60.1	35.1	56.9
		落葉対策	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.7	65.1	43.9	66.8
2.0	4.3	コンクリート	72.4	63.8	41.0	36.0	68.0	37.9	41.0	48.7	33.1	37.9
		鋼製グレーチング	100.0	72.4	38.9	27.1	70.9	65.2	72.4	41.0	45.3	45.3
		落葉対策	100.0	100.0	96.5	86.3	96.5	96.5	93.0	76.8	28.7	48.7
6.0	1.3	コンクリート	78.3	73.4	78.3	78.3	100.0	97.1	64.1			
		鋼製グレーチング	100.0	57.7	57.7	68.7	100.0	68.7	35.8			
		落葉対策	100.0	100.0	94.3	94.3	100.0	100.0	91.5			
6.0	2.6	コンクリート	63.4	87.4	55.4	45.2	68.5	49.4	46.6			
		鋼製グレーチング	97.8	75.7	63.4	61.7	55.4	58.5	63.4			
		落葉対策	95.7	91.5	97.8	91.5	95.7	97.8	97.8			
6.0	4.3	コンクリート	54.7	59.8	28.7	32.2	75.3	36.0	30.4			
		鋼製グレーチング	98.2	56.0	54.7	48.7	61.2	47.6	45.3			
		落葉対策	89.6	86.3	93.0	83.1	83.1	89.6	86.3			



写真4: 落下率が低い落葉の堆積形状

ますふたの上流側から道路側の末端まで連続して堆積

落下率に与える5つの要素を組み合わせ、全253ケースの実験を行った結果(表2)、落葉堆積時の落下率は23.9から100%まで変化し、落葉がない時に比べ、落下率は最大で約8割低下することがわかりました。図2に示すように、全ての条件ではありませんが、落葉堆積量と給水量が多くなると、落下率が低下する傾向があることがわかりました。実験を通じ、落葉堆積時のますふたの排水能力を定量的に把握することができたのは、成果の1つです。

落葉の「堆積形状」も落下率に影響 「落葉対策ふた」の有効性も確認

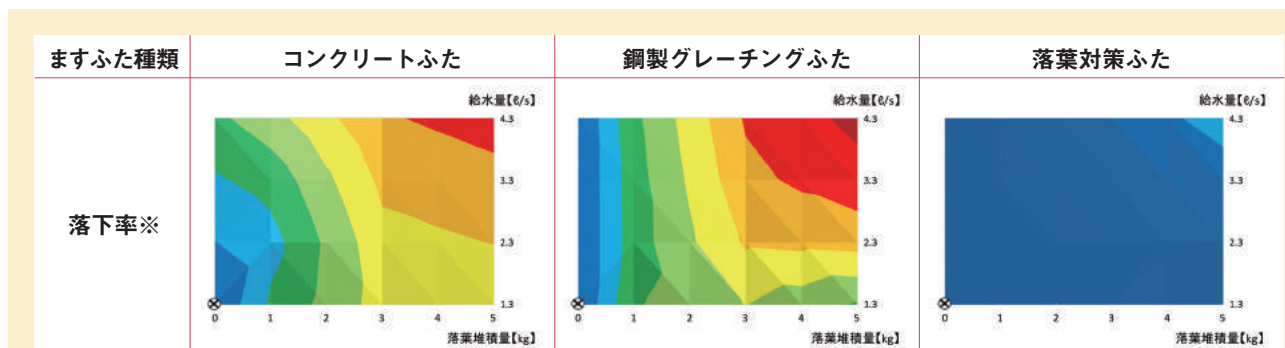
実験では、ますふた周囲の落葉の「堆積形状」により、落下率が異なることも明らかになりました。ますふたの上には堆積せず、ふたの上流側から道路側の末端まで連続して落葉が堆積する特徴的な形状が、それ以外の形状より落下率が低いことが確認されました。水がふたの周りに堆積した落葉を迂回し、下

水ます内に落下する水量の割合です。落下率が高いと排水能力が高いことになります。

実験では「側溝縦断勾配」「ますふた種類」「給水量」「落葉種類」「落葉堆積量」という5つの各条件を想定される3段階に設定しました(表1、写真2、写真3)。

実験の結果、これら5つの要素がますふたの排水能力に影響を及ぼすと考えられました。

図2:排水能力の比較例【落葉種類:ケヤキ、道路縦断勾配:2.0%の場合】



※落下率とは、ますふたに供給される給水量に対する、雨水ます内に落下する水量の割合(%)

凡例: ■ 0-10 ■ 10-20 ■ 20-30 ■ 30-40 ■ 40-50 ■ 50-60 ■ 60-70 ■ 70-80 ■ 80-90 ■ 90-100

- ・「コンクリートふた」「鋼製グレーチングふた」「落葉対策ふた」の落下率を比較した。
- ・グラフの横軸は落葉堆積量(kg)、縦軸は給水量(l/sec)を示している。
- ・落葉堆積量や給水量が多くなると、落下率が小さくなる傾向がある。
(ただし、「鋼製グレーチングふた」と「落葉対策ふた」において落葉堆積量が少ない場合は、給水量が多くなっても落下率は低下しない)



写真5：実規模道路模型（土木研究所の既往研究^{※5}に用いた実験装置を参考にした施設。場所：G&U技術研究センター）

流側に流下したため、水がまずに落下しなかったと考えられます（写真4）。

落葉対策ふたが、どの実験条件においても、コンクリートふたと鋼製グレーチングふたに比べて排水能力が低下しづらいことも確認しました。つまり、落葉対策ふたへの交換で一定の対策効果が期待できるということです。ただし、葉の面積が比較的大きいプラタナスに対する効果は限定的であることなどにも留意し、地域特性によっては落葉の清掃頻度を上げるなどの対策も検討していくべきです。その場合は、雨水ますの管理者による清掃のほかに、地域住民の協力も有効だと考えています。

落葉堆積を考慮した排水施設設計を適切な清掃や植栽の管理も必要

落葉の堆積に起因する雨水ますへの流入阻害事象が発生する可能性がある問題について、設計指針の改定で反映していただいていることは、大変感謝しています。今後は、調査研究成果の公表や、下水道事業者への技術指導などを通じて、この問題の知見の普及に努めていく考えです。

一方で、（公社）日本道路協会の「道路土工要綱」に基づく現行の排水施設設計では、落葉堆積による雨水ますふた部分の流入阻害事象を考慮したものとはなっていないため、留意する必要があると考えています。

当面の現実的な対応としては、落葉の堆積に起因する雨水ますへの流入阻害事象の可能性を認識した上で、適切な清掃頻度や植栽管理方法を決定すべき

だと考えます。極端に言えば、原因となる植栽を除去すれば、問題は生じなくなるからです。

数値流体力学分野での応用も期待

当研究室では、雨水ますふたの排水性能の低下に影響を及ぼす要因の抽出と、各要因を説明変数とした、排水性能の低下を定量的に表現するための推定式の構築を目指してきました。しかし現状では、それを達成できるほどの知見の集積はなされていません。落葉の堆積が雨水ますふたの排水能力に影響を与える現象は、学術的には流入する水（液体）、流入時に巻き込まれる空気（気体）、さらに同時に流下する落葉（固体）の三相の固気液混相流に分類されるものであり、限られた数の水理実験の結果のみから、一般化を図ることは困難だと感じています。

学術分野の方々には、数値流体力学（計算流体力学）の分野の課題として取り扱っていただき、計算機上での実験結果の一部を検証する際に、本研究室で所有している実験結果を活用していただくことも期待しています。

【参考文献】

- ※1 平成25年度下水道関係調査研究年次報告書集、国総研資料 第823号、p 11-18
- ※2 平成26年度下水道関係調査研究年次報告書集、国総研資料 第882号、p 7-12
- ※3 「現地調査からみた雨水枡の排水性能に影響を及ぼす要因に関する分析について」（第53回下水道研究発表会講演集、p.452-454）
- ※4 平成29年度下水道関係調査研究年次報告書集、国総研資料 第1056号、p 9-16
- ※5 道路排水ますふたの雨水の落下効率に関する実験的検討報告書、土木研究所資料 第3341号、1995.1

INTERVIEW_4

設計指針に「マンホールふた」を
独立したセクションとして設定

—設置環境に応じた適切なマンホールふたの選定について—

公益社団法人 日本下水道協会
技術研究部 技術指針課長

重野 達史氏

(公社) 日本下水道協会(以下、下水協)が2019年9月に改定した「下水道施設計画・設計指針と解説」(以下、設計指針)では、「第4章 管路施設」でマンホールふたに関する独立したセクションが設けられ、大幅に内容が追加されました。設計指針に記載された内容を踏まえ、マンホールふたにおける課題とその対応について、下水協技術研究部の重野達史技術指針課長にお聞きしました。

マンホールふたのセクションを設け、内容を追加
種類や形状、構造や性能について詳しく解説

前設計指針ではマンホールふたについて、「第2章 管路施設」の「第7節 マンホール」の中で記載されていました。マンホールの「その他の構造」の一部として取り上げられ、その内容はふたを鋳鉄製とすることや内圧発生に対して浮上・飛散防止を講じていくこと、分流式の場合は密閉構造にすることなど、限定的なものにとどまっていた。

「マンホール本体とふたとでは、構造や材質、耐用年数や維持管理の方法などの点において大きく異なります。また、前回の改定から10年が経過しましたが、この間、下水道施設計画を上回る降雨が多発し、浸水被害やふたの飛散といった被害リスクが増大しています。こうした背景から、ふたに関して拡充することが求められるようになり、『第4章 管路施設』の『第3節 マンホール』において、『マンホールふた』の独立したセクションを設け、内容を充実させました。特に豪雨への対応や安全性の確保、維持管理性などに関して、最新の知見や経験を意識し

第4章・第3節に記載された
「マンホールふた」の概要

種類 及び形状	1) 下水道用鋳鉄製マンホールふた 2) 下水道用鋳鉄製防護ふた
構造 及び性能	1) 圧力解放耐揚圧性能及び耐圧性能 2) 転落防止性能 3) 特殊用途のマンホールふた

た考え方を採り入れ、わかりやすくまとめました」

改定された設計指針では、大きく2つの項目に分けて、マンホールふたについて記載しています。1つは「種類及び形状」の項目で、①下水道用鋳鉄製マンホールふたと、②下水道用鋳鉄製防護ふた、の2種類のふたについて整理しました。もう1つは「構造及び性能」の項目で、①圧力解放耐揚圧性能及び耐圧性能、②転落防止性能、③特殊用途のマンホールふた、の3点について解説しています。

「マンホールふたの設置や改築に際して、事業者が適切なふたを選びやすくなるように、使い分けのポイントなどを示しました。最終的には事業者の判



▲写真1:長年の車両通行ですり減ったふた



▲写真2:腐食の進行したふた



▲写真3:圧力解放耐揚圧性能のないふた

断に委ねられますが、設置環境に応じてどういうふたを使えばよいのかを整理しています」

現在の要求性能を満たさない古いふたは 設置環境に応じたふたへ改築

マンホールふたは、車両通行量の増加や車両の大型化といった社会状況などに応じ、短期間で性能や機能が変化してきました。その一方では、そうした変化のスピードに追い付かず、現在の要求性能を満たしていないふたが設置されているケースも見受けられます。設計指針では、ふたの摩耗や劣化等(写真1、写真2)の進行が設置環境により大きく異なるため、点検・調査を十分に実施して機能低下の度合いを把握したうえで、計画的に改築を進める必要があることを指摘しています。具体的には古いコンクリートふたや支持構造が平受けの圧力解放耐揚圧性能のないふた(写真3)を例として挙げ、設置環境に応じた要求性能を満たすふたに改築する必要性を記載しています。

滑り防止ふた、防食ふたなどの使い分けを記載 ふたの詳しい設置要領は「JIS A 5506」を参照

マンホールふたの設置環境には様々なケースがあ

ります。設置環境が特殊な場合は、その環境に適した性能を持つふたを設置することが必要です。設計指針では、「特殊用途のマンホールふた」の項目を設け、耐圧ふたや防水ふた、格子ふた、滑り防止ふた、防食ふた、除雪車対応ふたなどを示し、用途に応じて使い分けることを求めています

「たとえば、急カーブや急勾配のある箇所、高齢者施設や病院があるような場所では、滑り防止のふたを設置することも求められます。また、高落差のあるマンホールなど硫化水素ガスが発生しやすい環境では、ふたの腐食が進行するリスクが高まるため、防食性能を持ったふたの設置が有効になります」

設計指針では、マンホールふたの詳しい使い分け(設置要領)が「JIS A 5506:2018」(下水道用マンホール蓋)の「附属書C」に示されていることにも触れており、同書を参照することを推奨しています。

圧力解放ふたと耐圧ふたの設置箇所を例示 維持管理情報や現場条件で総合的な判断を

局地的な集中豪雨などに伴い、急激に雨水が流入する管きよや圧力状態を許容した管きよにおいては、空気圧を解放しながら、マンホールふたの浮上・飛散を防止する必要があります。改定された設計指針

圧力解放耐揚圧性能及び耐圧性能を有するマンホールふたの設置箇所の例

マンホールふたの種類	設置箇所
圧力解放耐揚圧性能を有するマンホールふた	・内圧によりふたの浮上及び飛散の危険性が高く、マンホールふたが動水勾配線より高い箇所
耐圧性能を有するマンホールふた	・内圧によりふたの浮上及び飛散の危険性が高く、マンホールふたが動水勾配線より低い箇所 ・高地盤地区の雨水を河川や海岸沿いの低地盤部を通過させてやむを得ず自然放流する箇所 ・外水位による背水の影響をやむを得ず受ける箇所 等

では、こうした対策を講じることのできる、圧力解放耐揚圧性能を有するふたと耐圧性能を有するふたについて、具体的な設置箇所の例が記載されました。

「動水勾配線より高い箇所では圧力解放耐揚圧性能を有するふたを、動水勾配線より低い箇所では耐圧性能を有するマンホールふたを設置することを基本的な考え方として示しました」

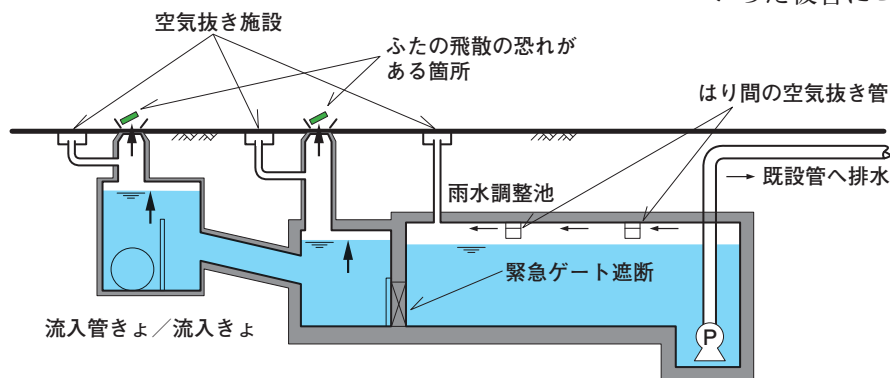
近年では、豪雨の発生に伴う管路施設の内圧上昇により、マンホールふた周辺の舗装が破損したり、ふた枠が外れたりする事例も発生しています(写真4)。このため耐圧ふたの設置時には、マンホール本体の構造鉄筋にふた枠用のアンカーを溶接するといった対応が必要であることや、排気装置を併せて設置することが望ましいことについても、言及されています。

「マンホールふたの種類や設置箇所の選定にあたっては、当該区域の計画降雨や重要度、既存の管路施設の維持管理情報等に現場条件も加味し、総合的な判断をしていくことが重要だと考えています」

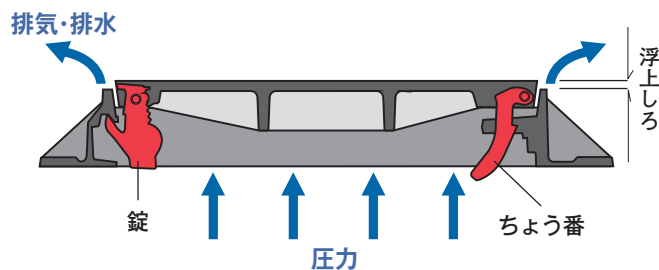
圧力状態の管きょでは溢水のリスクが高まる 内圧対策が必要な箇所では適切な排気対策を

今回の改定では「第3章 雨水管理計画」において、計画降雨に対応する雨水対策施設の整備途上段階では、管きょの圧力状態を許容することが記載されました。また、計画降雨を上回る降雨に対しては、圧力状態を許容しながら、減災対策を講じていくという「照査降雨」という考え方も示されています。一方、圧力状態では、管きょは内水圧を受けるとともに、地上と接するマンホール内の水位が上昇し、水位が地表面を超えた際にはマンホールからの溢水により内水氾濫を引き起こすリスクが高まります。

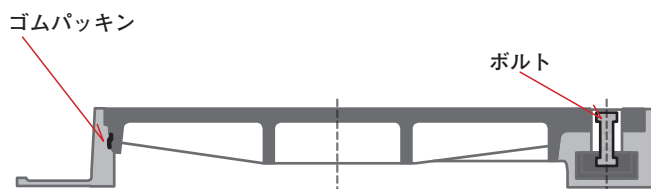
「圧力状態になりやすい箇所としては、雨水貯留



▲雨水調整池 空気抜き施設の例



▲圧力解放耐揚圧性能を有するマンホールふたの構造



▲耐圧ふたの例

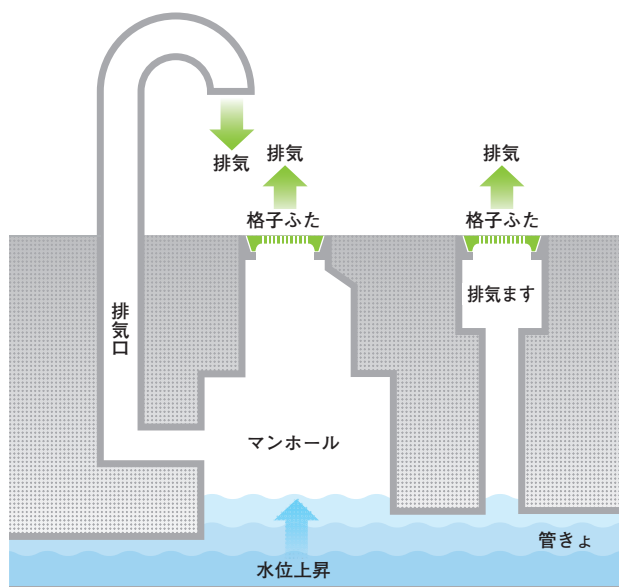


▲写真4：豪雨時の管きょ内の圧力上昇によりマンホールふた周辺の舗装ごと破損した事例

管や雨水調整池といったオフサイト貯留施設(降雨地点とは別の場所で雨水の貯留または流出調整する施設)、管きょの勾配が急勾配から緩勾配に変わる場所、マンホール間のスパンが長い場所、伏越し管きょや圧送管きょなどがあります。こうしたところでは、一度に大量の雨水が流入した際に管きょ内の空気が圧縮され、マンホールふたの飛散や調整コンクリートの破損、ふた周辺の舗装のめくれ上がりといった被害につながる可能性が高まります。特に雨

水貯留管が満管になる場合や複数の管きょからの流入が集中する会合箇所などでは、管きょ内の空気溜まりの移動や急激な水位上昇により、強い圧力を持った空気が噴出するため、適切な排気対策の検討が必要です」

排気対策に有効な「格子ふた」(写真5)や、排気ます等の空気



▲排気装置の設置例

抜き施設の設置についても記載しています。

「都市部など、人口が密集している地域や排気される空気量が大量になる雨水貯留管などにおいては、排気装置の設置が難しいことがあります。こうした場合はマンホールふたでの対応が基本になりますが、解析シミュレーションや模型実験を行い、ふたの浮上・飛散に関する安全性を確認していくことが重要です。また、臭気についても地域へ十分に配慮したうえで格子ふた(中ふた付き)を設置し、暫定的な排気対策を講じていくことも検討する必要があると考えています」

圧力解放ふたに併せ、転落防止装置の設置も維持管理作業時などでの安全確保にも有効

設計指針では、圧力解放耐揚圧性能を有するふたを設置した場合でも、その性能の範囲を超えた内圧

の発生や車両通過時の衝撃に対しては、錠の破断や外れによるふたの開放・飛散の危険性を完全に防止できないことが指摘されています。特に路面が冠水状態の中でふたの浮上・飛散が生じると、マンホールの位置が確認しづらくなり、通行人などの転落事故が発生するリスクが高まります。

「こうした場合に備え、圧力解放耐揚圧性能を有するふたを設置する場合は、必要に応じて『転落防止装置』(写真6)を取り付けることが望ましいことを記載しました。転落防止装置は、管路施設の維持管理作業時に、作業員の安全を向上させるというメリットもあります。事業体には、こうした用途があることも踏まえ、維持管理情報等に基づき、その設置を検討していただきたいと考えています」

「CAPDサイクル」に基づき、計画的な改築を設計指針には経験と知見を集約

「改定した設計指針では、下水道事業のマネジメントを『現状の評価』からスタートする『CAPDサイクル』という新たな概念を示しました。マンホールふたに関してもこの考え方に基づき、設置環境や維持管理情報等を踏まえたうえで、計画的な改築を進めていくことが求められます。なお、今回の改定では改定における経験豊富な各委員会の委員の方々から多くのご意見をいただき、それらを集約しました。前回の改定からこれまでの10年間の維持管理から学び蓄積されたマンホールふたに関する様々な経験や知見をフィードバックし、充実した内容になっていますので、事業体の皆さまにはぜひ有効に活用していただくことを期待しています」



▲写真5：格子ふた



▲写真6：手持ち梯子機能を有する転落防止装置

雨天時浸入水に関する最新研究【事例1】

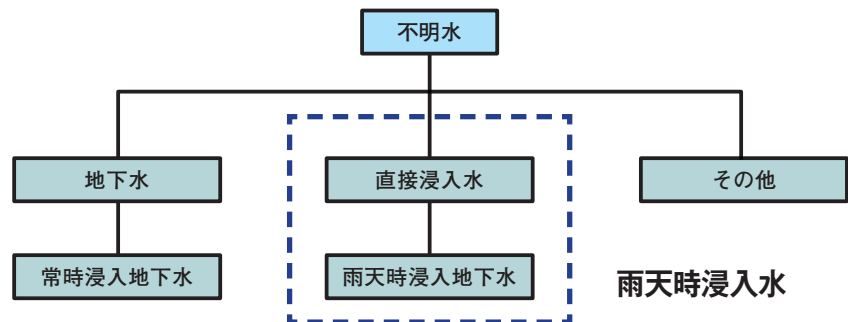
分流式污水管への雨天時浸入水に関する効果的な調査手法に関する研究

(公財)日本下水道新技術機構

雨水が分流式下水道の污水管きょに入り込み、マンホールからの溢水や周辺舗装の破損、污水处理コストの増大などを引き起こす、「雨天時浸入水」の問題が顕在化しています。昨年10月に発生した台風19号をはじめ、気候変動の影響で局地的な集中豪雨が頻発する中、その対策が求められていますが、浸入水の発生箇所を特定するには多大なコストと時間を要することが課題になっています。(公財)日本下水道新技術機構(以下、下水道機構)に、雨天時浸入水対策に関する効果的な調査手法について伺いました。

ガイドラインで基本的考え方 発生源対策で浸入を防止・最小化

国土交通省は、雨天時浸入水に関する十分な対策が講じられていない現状を踏まえ、今年1月に「雨天時浸入水対策ガイドライン(案)」(以下、ガイドライン)を公表し、雨天時浸入水に起因する事象



▲雨天時浸入水の考え方

(出典：雨天時浸入水ガイドライン(案)、国土交通省水管理・国土保全局下水道部、令和2年1月)

が発生する事業体に対し、「雨天時浸入水対策計画」の策定と対策の実施を要請しています。

ガイドラインでは、分流式下水道における污水系統に流入する下水のうち、地下水や直接浸入水(マンホールのふた穴や污水管への誤接続などにより污水系統に流入する雨水)などは「不明水」と呼ばれます。不明水のうち、直接浸入水と、雨天時浸入地下水(雨天時の地下水位上昇に伴い污水系統に流入する地下水)を「雨天時浸入水」と定義しています。

ガイドラインでは雨天時浸入水

対策の基本的な考え方として、①直接浸入水は発生源対策により浸入を防止する、②雨天時浸入地下水は発生源対策により浸入を最小限度とする措置を講じる、③②の対策が講じられているにも関わらず浸入がある場合は雨天時計画汚水量に見込み、運転管理の工夫や施設対策による総合的な対策を講じる、の3点が示されています。

統計学的手法や水位計等を活用 効率的・経済的に絞り込みが可能に

雨天時浸入水の発生箇所を絞り込むうえでは、流域や処理区内

■雨天時浸入水による被害例



▲マンホールからの下水噴出



▲水圧による舗装等の破損



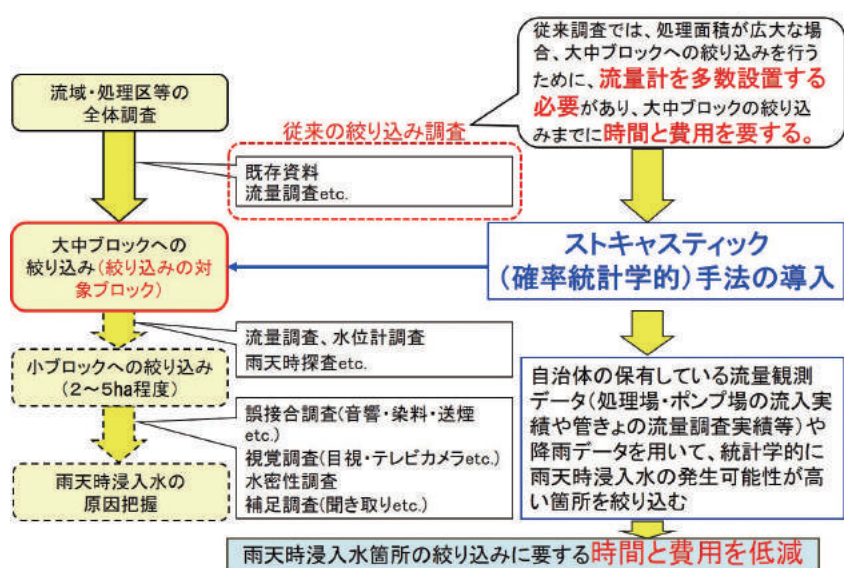
▲管ぎょ内への浸入

に流量計を設置して晴天時と雨天時の流量を計測・比較し、双方の差異を評価して特定するのが一般的です。しかしこの方法では、対象エリアが広ければ広いほど流量計の設置数が増え、絞り込みに長い時間と大きなコストがかかってしまいます。そのため事業体は雨天時浸入水対策について、解決すべき課題という認識を持ってはいるものの、なかなか着手できていない現状があります。

こうした状況を踏まえ下水道機構は、2009年に「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」を発刊するなど、効果的な調査手法を確立するための研究を実施してきました。

近年、下水道機構が力を入れているのが、「ストキャスティック(確率統計学的)手法」を用いた絞り込み手法です。従来のような流量調査ではなく、事業体が保有する既存データ(下水処理場やポンプ場の流入実績や管きよの流量調査実績、台帳データ等)や降雨データなどをもとに、机上で統計学的な解析を行います。この手法により、雨天時浸入水の発生箇所を「大ブロック」(数百ha程度のエリア)または「中ブロック」(20~30ha程度のエリア)に絞り込むことが可能になります。

ストキャスティック手法により大・中ブロックを特定したのち、さらに小ブロック(2~5ha程度のエリア)への絞り込みについては、管きよ内に設置する水位計などを活用したスクリーニング技術の研究を進めています。水位計の設置により流量の推計が可能になる一方、設置コストは流量計の1/3から1/4程度に抑えられるため、経済



▲ストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水発生箇所の絞り込み手順

的に調査を実施できるメリットがあります。

「これらの手法を組み合わせることで、従来より効率的・経済的な絞り込みが可能になります。ただ、エリアを絞り込めても、発生原因を特定することはまた別の課題です。雨天時浸入水に関しては、調査から対策の実施まで、長期的な視点を持つ必要があると考えています」

マンホールふたからの浸入水 密閉と腐食の関係性は今後の課題

マンホールふたからの浸入水は、雨天時浸入水の全体量に対する割合としては極めて少ないとみられるものの、浸入経路のひとつとされています。特にコンクリート製や支持構造が平受けなどの旧式マンホールふたにおける、ふたと枠のすき間やガス穴、鍵穴については対策の必要性が指摘されています。また、ふたの設置箇所が沈下している場合などは、より浸入水量が増える可能性が高まります。

「密閉性の高い新しいタイプのふたに交換することが最も効果的

です。応急的な対策として、ゴムやテープで鍵穴や隙間を埋める方法をとる場合もあります」

しかし、マンホールふたを完全に密閉してしまうと、硫化水素が発生しやすい環境では、ふたを含め管路施設の腐食が進行する可能性もあります。

「豪雨時における内圧解放の観点からも、ふたからの適切な換気は必要になると考えられます。ふたを密閉することと管路施設の腐食の関係性については明らかになっていない部分があるため、今後の調査課題のひとつとして検討していきたいです」



▲(公財)日本下水道新技術機構研究第二部
伊藤雄二副部長、北村隆光部長、
戸谷公朋副部長(左から)

雨天時浸入水に関する最新研究【事例2】

マンホール蓋からの
雨水流入に関する最新情報

(株)G&U技術研究センター

不明水の中でも、雨天時の浸入水は分流汚水管路へ流入すると管きょからの溢水や宅内への逆流などを引き起こします。初期に建設された分流汚水管路においては、マンホール蓋からの直接浸入水が多くみられることが問題（甲府市の例⁽¹⁾、神戸市の例⁽²⁾）となっています。この原因は、蓋表面に多数の穴や隙間が開いた蓋や錠部品が無い蓋などの古いマンホール蓋（写真1）の使用や、舗装路面の不陸が関係していることが現地観察により知られています。2020年1月には国土交通省より「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）⁽³⁾」（以下、ガイドライン）が公表されました。ガイドラインの参考資料には、雨天時浸入水対策計画の策定例として旧式のマンホール蓋（穴あり）をストックマネジメント計画に盛り込み、計画的に改築すること等が例示されています。そこで、代表的な古いマンホール蓋からの浸入水量について実験装置を用いて測定した結果をご紹介します。



▲写真1：古いマンホール蓋の写真（左から：勾配受け（鍵無し）蓋、平受け（鋳鉄）蓋、平受け（RC）蓋）

雨天時浸入水対策 ガイドライン（案）⁽³⁾の概要 マンホール蓋の浸入水対策例

ガイドラインは、分流汚水の管路施設やポンプ施設、処理施設などを対象として、雨天時浸入水対策の基本的な考え方、雨天時浸入水対策計画の策定方法等を示しています。

雨天時浸入水対策の基本的な

考え方としては、直接浸入水は発生源対策により浸入を防止することや、雨天時浸入地下水の浸入を削減すること、また施設対策による総合的な対策を講じることが記載されています。

これらの対策の中でも、直接浸入水の発生源対策としてマンホール蓋の交換等が示されています。ガイドラインの参考資料

には雨天時浸入水対策計画の策定例として旧式のマンホール蓋（穴あり）をストックマネジメント計画に盛り込み、計画的に改築すること等が示されています。

マンホール蓋からの 浸入水量測定実験

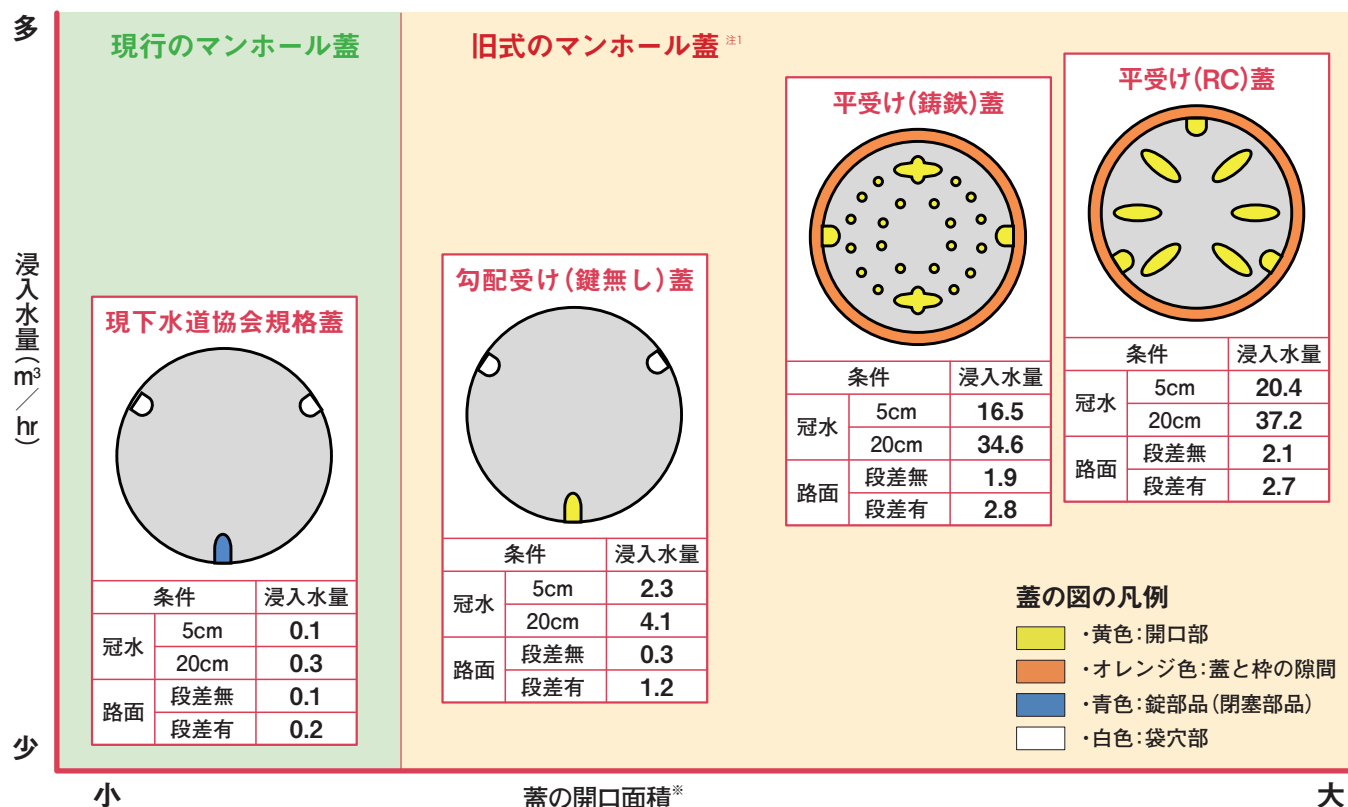
浸入水量は、冠水実験装置（写真2）と路面流水実験装置（写真3）を用いて、代表的なマンホー

表1 マンホール蓋からの浸入水量測定の実験条件

蓋の種類 (推定設置年)	現行のマンホール蓋	旧式のマンホール蓋 ^{注1}		
	現下水道協会規格蓋 (1990年代～)	勾配受け（鍵無し）蓋 (1970年代～1990年代)	平受け（鋳鉄）蓋 (～1970年代)	平受け（RC）蓋 (～1960年代)
断面図				
特長	勾配受け構造の蓋 (圧力解放耐揚圧性能付)	勾配受け構造の蓋 (錠部品無し)	平受け構造の 鋳鉄製蓋	平受け構造の コンクリート製蓋
開口面積	0.3cm ² 以下	9cm ²	113cm ²	116cm ²
冠水実験条件	条件①：水深5cm 条件②：水深20cm			
路面流水 実験条件	水量：降雨強度30mm/hr相当(1.3ℓ/s) 路面勾配：2% 条件①：蓋と路面の段差なし、条件②：蓋と路面の段差あり（蓋が1cm沈下）			

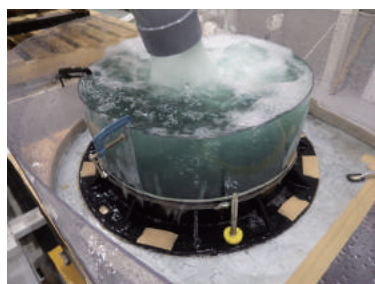
（注1）錠部品の無い勾配受け構造の蓋や平受け構造の蓋などの古い蓋を旧式のマンホール蓋と定義した。

図1:マンホール蓋からの浸入水量実験の結果



蓋の開口面積*

※ 開口部(ガス穴、かぎ穴、こじり穴、パール穴)と蓋と枠の隙間等の面積の合計



▲写真2:冠水実験の様子



▲写真3:路面流水実験の様子

ル蓋タイプ別に表1の条件で実験を行い測定しました。

旧式マンホール蓋からの浸入水量

図1に示すように旧式マンホール蓋は、現行マンホール蓋と比較して浸入水量が非常に多く、特に低地盤で冠水しやすい場所や路面に対して蓋が沈下してい

る場所は、浸入水量が多くなることがわかりました。

今後、ストックマネジメント計画に旧式マンホール蓋を盛り込むことで、浸入水の抑制による汚水処理費用の低減や安全面からのリスク低減が期待されます。

マンホール蓋を密閉することの問題

ガイドライン⁽³⁾では、管路施設の密閉度を高めることに伴う硫化水素による腐食リスクについても言及されています。浸入水を防ぐには開口部を減らす必要がありますが、一方で完全に密閉してしまうと換気ができず、管内環境が悪化する問題が指摘されています⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

また、錠機能がない旧式マンホール蓋は、豪雨で内圧が上昇したときに蓋の外れ等が生じることが知られています。弊社の実験(写真4)では、開口部を密閉することによって内圧が高まる

と蓋が外れることを確認しています。これらの課題については、今後の研究で明らかにしたいと考えています。

【引用文献】

- 1) 梅澤賢一、大森重竹:分流式下水道の不明水対策におけるマンホール鉄蓋の浸入水調査、第42回下水道研究発表会講演集(2005)
- 2) 林幸一、津田武、増田雅之:分流式下水道におけるマンホールふた穴よりの雨水混入に関する一実験、下水道協会誌、vol.14、No.160(1977)
- 3) 雨天時浸入水対策ガイドライン(案)、国土交通省(2020)
- 4) 小林勇介、下水道管路における腐食対策の検討～マンホール蓋穴の換気効果に着目して～、第48回下水道研究発表会講演集(2011)
- 5) 田中修司、下水道管渠学、環境新聞社、pp248-251(2001)



▲写真4:内圧作用時に蓋が外れた様子(開口部を閉塞した平受け(RC)蓋)

NIPPO 太陽光発電舗装の実用化めざす 舗装技術と電気技術を融合、道路に新しい価値を

再生可能エネルギーへの注目度が高まり、道路舗装の分野でも「環境発電」が国際的なキーワードになっています。こうした中、国内道路舗装業界で最大手の株NIPPOは、舗装技術と電気技術を融合した「太陽光発電舗装」の実用化に向け、開発を進めています。国内初となる、この取り組みを取材しました。

「e-Smart ROAD」の初弾技術 道路に「電源機能」の価値を付加

道路舗装における太陽光発電の研究開発は、フランスが一般公道の車道で、オランダが自転車道で試験施工を行うなど、ヨーロッパが先行して進めていました。NIPPOは2016年に太陽光発電舗装の研究開発に着手し、ヨーロッパの視察などを踏まえ開発を加速しています。

「これまで道路は、人や車が安全で快適に通行する『移動や輸送の空間』として必要とされる研究開発が進められてきました。ところが『自動車』が『モビリティ』のように呼ばれ、電気モーターや自動運転といった流れの中では、道路に求められる役割も変わっていく可能性があります。今まで通りの研究開発で良いのか——。そうした危機感も研究を始めたきっかけの一つです」と話すのはNIPPO技術本部総合技術部技術研究所の吉中保研究第一課長。

NIPPOは道路に「電源機能」という新たな価値を付加するのを皮切りに、舗装技術と電気技術を融合させ、道路空間と次世代交通との連携を見据えた「e-Smart ROAD」という開発コンセプトを掲げ、各種技術開発



▲NIPPOの研究開発拠点「総合技術センター」(さいたま市)の敷地内に設置された太陽光発電舗装。日影になりやすい場所をあえて選定して検証を進めている

を進める方針を打ち出しています。

「『電気仕掛けの道路舗装』と言えば、わかりやすいでしょうか。太陽光発電舗装は、このコンセプトの最初の技術として位置付けています。これまで道路舗装の分野で使われてこなかった電気通信の技術や素材を、新たに取り入れるきっかけにしたいと考えています」(吉中氏)。

フィルム状の太陽電池を採用 耐久性と滑り抵抗性を確保

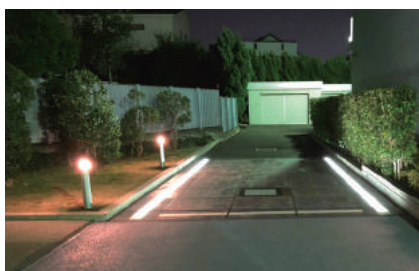
太陽光発電舗装は、太陽光発電システムの開発などを手掛けるMIRAI-LABO(株)(本社:東京都八王子市)と共同で開発しました。施工は色々な方法を考えていますが、一般的にはアスファルト舗装の上に舗装用太陽電池

モジュールを貼り付けていくイメージです。発電した電気は専用に開発した充放電システムに取り込み、街路灯や非常用電源として利用できます。

一般的な太陽電池は強化ガラスを基盤に、結晶系などの発電素子を使用しているため、人や車が直接載って微妙にたわむ舗装に使うと破損します。そこで柔軟性に富む太陽電池を採用し、破損のおそれがない高強度のプラスチック板で表面保護しました。これにより、総重量6tの車両が通る構内試験施工でも破損しない耐久性が得られています。さらにモジュール表面には凹凸処理を施し、日本の道路に求められる滑り抵抗性を確保しました。冬季のタイヤチェーン装着にも耐えられる耐久性を確保し、



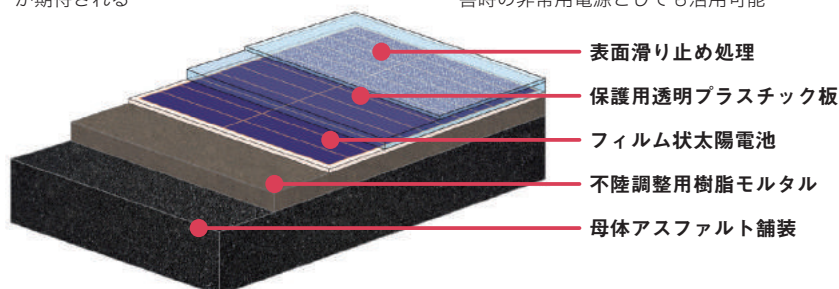
▲モジュール表面には透明な凹凸処理を施し、冬季のタイヤチェーン装着に耐えられる滑り抵抗を保持



▲昼間に蓄えた電力で区画線や停止線部分をLEDで発光。夜間の道路の視認性、安全性向上が期待される



▲発電した電気のみで稼働する「独立電源型」蓄電システム。内蔵するバッテリーは可搬式で災害時の非常用電源としても活用可能



▲車道用太陽電池モジュールの構成
車両荷重によるたわみ変形に耐えられる素材を積層し、一体化させた

歩道用では球状骨材を使用することで、子供が転んでも擦り傷になりにくいように配慮しています。モジュールの中心には発電していることが一目でわかるように、LEDランプを設ける工夫も施しました(右下写真参照)。

斜めの日差しの 発電量向上を発見 表面凹凸処理の副次的効果

モジュール表面の凹凸処理は道路に必要な滑り抵抗を保持するというメリットがある一方で、太陽光が届きにくくなって発電量が低下するのではないかとという懸念があったそうです。しかし、太陽が真上付近にある正午ごろは発電量が若干低下するものの、日差しが傾いてくると太陽電池への入射量が増えてくることがわかりました。

「試験用サンプルを執務室の身近な所に置いていたら、夜、部屋の蛍光灯から離れたサンプル品が、よく発電していたことに偶然気が付きました。実際に試験器で測定してみると、モジュール表面の凹凸が斜めからの日差しをうまく捉えて、発電量が向上していることが判明しました」(同)

一般的に太陽電池の一部に陰ができると、そこが発熱して発

電素子の損傷原因になりやすいと言われています。これは、発電素子の選定と電気回路の工夫で解決しました。

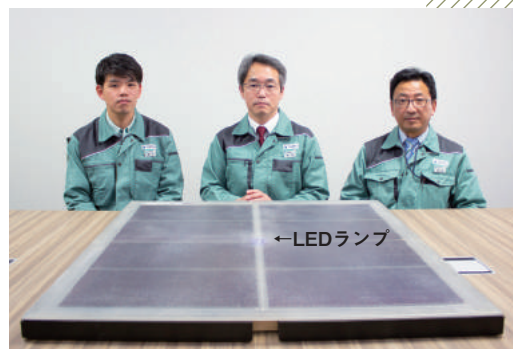
2022年を目標に実用化めざす 新たな潮流に組み合わせる

日本の道路は、(公社)日本道路協会が発行する「舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針」(2018年9月)に則って、道路の分類にもよるものの、「ひび割れ率」「わだち掘れ量」「IRI(いわゆる乗り心地)」の3指標を基本に維持管理が行われます。太陽光発電舗装は基本的にメンテナンスフリーですが、これまで扱ったことのない素材を用いているため、通常の舗装とは異なる劣化が現れる可能性もあり、維持管理の仕方は今後検討を進める予定です。

実用化は2022年を目標としています。現行の法規制では車道に太陽光発電設備を設置することはできないため、当面は商業施設等の駐車場や工場の敷地な

ど、民有地への導入を図っていく考えです。

「実用化に向けては様々な技術的な課題があり、まずはそれらを一つずつクリアしていきます。その一方で、発電量の向上だけにこだわるのではなく、新しい『舗装用モジュール』を応用して、冒頭でお話したモビリティ社会など将来の交通と道路舗装との連携について考えていきたいと思っています。これらの技術で、道路に再生可能エネルギー電源を創出するなどの、世界的な新しい潮流にうまく乗せていくことを考えていく必要があります」(同)



▲NIPPO技術研究所の鍛冶哲理研究第一グループ副主任研究員、吉中保研究第一課長、技術企画室の蓮田秀仁技術推進課長(左から)

暮らしと鋳物

形状の自由度が高く、熱や摩耗に強い鋳物は、古くから幅広い分野で使われてきました。このコーナーでは、わたしたちの身近なところにある鋳物に注目し、紹介していきます。



meta mate

メタマテ

熱が伝わりやすい素材「金属」を通じて
大切な誰かに温もりを届けるギフトショップ

人から人へ、金属で贈るあたたかい想い。

手を添えると、ひんやりと冷たく硬い触感。でも、ほどなく体温と同調して、肌に心地よく馴染んでいくのが「金属」という素材の持ち味です。「熱が良く伝わる金属を通じて、人から人へあたたかい想いを届ける」をコンセプトに、個性的な金属製アイテムをラインナップしたギフトショップが2019年秋、東京日本橋にオープンしました。鋳造体験のワークショップも人気を博し、金属の楽しさと可能性を存分に感じられるスポットとして注目を集めています。

金属部品の製造で磨いた技術・ノウハウ活かす B to Cビジネスの最前線拠点として出店

昨年9月、日本橋室町エリアに完成した商業施設「COREDO室町テラス」に第1号店を構えた「meta mate」。店名は「金属+素材」を単に略しただけでなく、「金属+仲間」の意味合いも重ねています。2つの頭文字「M」を上下に組み合わせた滑らかなロゴデザインは、溶かせば何度も繰り返し使える半永久性をインフィニティマーク(∞)になぞらえました。

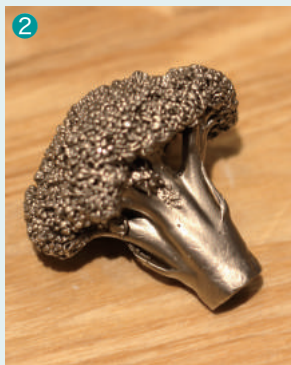
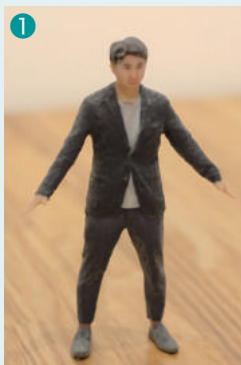
meta mateの運営を担う(株)メタマテの親会社は、

ロウを使ったロストワックス製法による精密鋳造やメタルインジェクション製法(金属粉末射出成型)を得意とし、広島県福山市に本社を置く(株)キャストエムです。同社では、さまざまな金属素材と日々向き合う中で磨き上げた技術とノウハウを活かして、近年は一般消費者向けにも販路を拡げ、遊び心に満ちたオリジナルグッズを続々リリースしています。meta mateは技術PRや市場リサーチのために立ち上げたアンテナショップであり、同時に、全国各地のメーカーの製品や金工作家の作品などの中から、コンセプトにマッチしたアイテムを揃えたセレクトショップです。

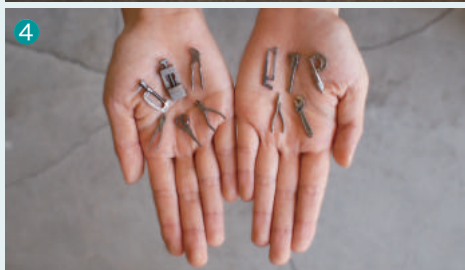
▼(株)メタマテ 戸田有紀 取締役社長

「金属という素材の強みを体现できる商品を揃えたい」





- ① 3Dプリンタで製作したカラーフィギュア
- ② 本物のブロッコリーを使って鋳造したオブジェ
- ③ 人気アニメ「キン肉マン」の登場キャラクター・ロビンマスクの原寸大マスク
- ④ 実物同様に動くミニチュア工具のアクセサリ
- ⑤ フィリピンの伝説的ボクサー・パッキョオ選手の左拳を再現したトロフィー



インパクトのあるサービスで驚きを オンリーワンのギフトをプロデュース

店内でまず目を引くのが、全身の形状や色合いを瞬時に読み取れる最新鋭の3Dスキャナです。(株)メタマテの戸田有紀取締役社長は「このスキャナで撮影したデータと3Dプリンタを使って、ミニチュアサイズの精巧なフィギュアを造形できます。カスタムグループの技術を駆使したデジタルなサービスで、お客様に驚きをお届けします」と話します。

陳列スペースには食器やカップ、カトラリーといったテーブルウェアやキッチン用品をはじめ、インテリア小物、ステーションナリー、コスメグッズなど、思わず手にしたくなるハイセンスなアイテムを、ジャンル分けして端正にディスプレイ。購入商品に名前やメッセージなどをレーザー刻印するオプションサービスや、希望するグッズをゼロからつくるオーダーメイドサービスも提供しています。大切な人への贈り物に、自分へのご褒美に。世界にひとつだけのメタルギフトをプロデュースできる態勢を整えています。

クリエイターとお客をつなぐ店づくり 自由な素材である金属の魅力をもっと伝えたい

店頭の商品は今のところ、全国のメーカーと直接相談して仕入れたものが大部分です。「メーカーさんたちの想いを私たちがお客様に届けて、お客様の声はメーカーさんたちにフィードバックして新たな商品開発につなげてもらう循環をつくり、それぞれから支えてもらえるお店をめざしています。作品を発表・販売する場として、若手の作家さんや職人さんを育てる力にもなれば」と語る戸田さん。そして、「これからは自社オリジナルの商品も、開発部隊と情報交換しながらラインナップを増やしていく予定です」。さらに、海外への展開も視野に、2号店以降の出店準備も進めていきたいとのこと。

「重くて冷たいイメージが先立つ金属ですが、熱を加えれば溶けて柔らかくなり、自由な形に加工できる素材です。製作に間近で関わった人たちの想いや情熱も込められています。金属の魅力をしっかりアピールできる商品・サービスを取り揃えて、その温かさを皆様にもっと届けていきたいですね」

【ワークショップで鋳造体験】

meta mateではメタルギフトの展示販売だけでなく、金属工芸を学べるワークショップも毎日開催しています。プログラムは錫や低融点合金を材料に使った鋳造体験。IHコンロで溶かした材料をシリコンの鋳型に流し込み、冷え固まったら取り出して仕上げ処理を施すと、自分だけの手づくりアクセサリのできあがりです。「店内に並んだ商品は完成形ですが、完成までのプロセスを体験することで、日ごろの生活で『裏方的な存在』である金属を、より身近に感じてもらえるはず。この活動はこれからもずっと続けていきます」(戸田さん)



G&Uインフォメーション

G&U技術研究センターについて

グラウンドマンホールと
その周辺の道路までを含めた地上空間と、
マンホール本体および管路までを含めた
地下空間を主たる研究領域として、
これからの時代に向けて必要とされる
「都市空間における高度な安全環境の創出」を目指しています。

Photo diary ～私たちの日常～

G&U技術研究センターは、路面と地下空間に視点を据え、そこにあるマンホールふたや本体、
周辺管路を対象とした研究・試験業務に、日々取り組んでいます。

■ 試験検証

鋳鉄材（マンホールふたなど）をはじめ、プラスチック管材やコンクリート材の耐久性試験および道路・橋梁分野の耐久性試験などに対して専門の担当者を配置し、試験検証を行っています。また、国際MRAに対応したISO/IEC17025認定試験所（JNLA 080255JP）として試験に取り組んでいます。



▲輪荷重試験の状況1



▲輪荷重試験の状況2



▲プラスチック管材の引張試験

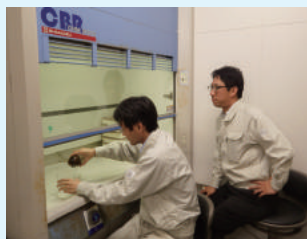


▲マンホールふたの荷重試験

■ 研究開発・コンサルティング

研究開発では、公的研究機関や大学などとの共同研究や意見交換、蓄積された各種データを基盤とした研究を通じて現象メカニズムの解明を行い、リスクを未然に防止するために必要となる技術の研究開発を推進しています。

コンサルティングでは、お客様の課題や問題解決に向け、研究開発によって蓄積した技術データやフィールドデータを基盤とした最適なソリューションをご提案していきます。



▲防食対策品の性能評価の
妥当性検討



▲水理シミュレーションによる
内圧試験



▲腐食や内圧などの実態把握と
対策提案



▲研修や見学を通じた
コンサルティング

お客様のニーズの多様化、高度化に対応できますよう、日々スキルの向上に努めております。お困りごとなどがございましたら、お気軽にお問い合わせください。



見学会のご案内

マンホールふたに求められる様々な安全性能を明らかにする性能検査をはじめ、当センターが取り組んでいる研究内容の紹介、施設のリスクについての説明や体感を目的として、毎月2回の見学会を実施しています。

事業体や業界関係の方だけでなく、JICA（国際協力機構）を通じて海外の方々や、一般の方々も多数来場され、「マンホールふたの奥深さを体感でき、そのリスクを身をもって知ることができた」などのご意見をいただいています。

見学会では、マンホールふたに関わるリスクなどを模擬実験（デモンストレーション）と、映像や模型を併用して説明を行っています。実際に見て、その音を聞いて、迫力や危険性を感じていただくことで理解が深まるよう工夫しているほか、一般の方々にもわかりやすく説明するよう心がけています。中でも、ふた表面のすべりに関してより理解していただくために、「すべり体感ゾーン」を新設しました。ここでは乾燥と湿潤、ふた模様の違い等によるすべりやすさの違いが体感いただけます。

読者のみなさまもぜひ、見学会に参加ください。詳しい内容やお申込みの方法は当センターのホームページをご覧ください。

<https://www.gucenter.co.jp/topics/kengaku.html>



▲2019年度ミス日本「水の天使」西尾菜々美さんによる展示室での模擬体験



▲ふた表面のすべりを体感できるゾーンを新設

技術広報誌G&U バックナンバーのご紹介

第10号(2019年)

Prologue「公共空間に豊かさを添える鋳物照明柱」

Close Up「管路施設のJIS その最新動向」

第9号(2018年)

Prologue「鋳鉄製大砲をつくり出した世界遺産・葦山反射炉」

「鋳鉄製ブロックで築く耐震補強壁」

Close Up「インフラの耐久性を考える

耐久性の確保と効率的な維持管理の最新動向」

第8号(2017年)

Prologue「東京駅を100年支えた鋳鉄柱」

「京都・横浜を100年潤した鋳鉄管」

Close Up「インフラメンテナンスのこれから」

第7号(2016年)

Prologue「知られざる鋳物の実力」

Close Up「インフラマネジメント時代における腐食のリスクとその対策」

第6号(2015年)

Prologue「暮らしと社会を支えてきた鋳物」

Close Up「安全への知恵と工夫」

第5号(2011年)「『東日本大震災』におけるマンホール及びその周辺の『液化化』の被害について」

第4号(2010年)「安全性の第三者評価について考える」

第3号(2008年)「長寿命化 次世代につなぐ安全」

第2号(2006年)「なぜ、すべるのか？道路環境の安全を考える」

第1号(2006年)「性能規定化の動向とマンホールふた」

バックナンバーは当センターのホームページからダウンロードいただけます。
<https://www.gucenter.co.jp/publication.html>

出版物

マンホールの博物誌（発行：ダイヤモンド社／税抜2,800円）
「水と道路と人々の交差点」

〈凡例〉

【腐食】金属（鋳鉄）の腐食メカニズム・環境調査手法・防食対策
 【豪雨】ふたやマンホールの飛散防止対策、雨水樹の落葉づまり
 【維持管理】維持管理性向上のためのマンホールについての研究
 【舗装損傷】ふた周辺舗装のひび割れ・段差発生メカニズム
 【スリップ】ふた表面のすべり抵抗評価方法
 【液状化対策】マンホール浮上防止対策、埋戻し土の液状化診断方法
 【震災被害調査】震災時のマンホール被害事例報告

1. 【腐食】マンホールふたの防食工法を評価するための浸漬試験方法の検討 [下水道研究発表会講演集 56号 (2019年度)、(公社)日本下水道協会]
2. 【腐食】下水環境におけるACM型腐食センサを活用した鋳鉄の腐食環境評価 [下水道研究発表会講演集 54号 (2017年度)、(公社)日本下水道協会]
3. 【腐食】下水道環境におけるACM型腐食センサの活用事例 [腐食センターニュース (No.077)、腐食センター]
4. 【腐食】球状黒鉛鋳鉄の腐食機構の基礎的研究 [日本溶射学会誌溶射 (Vol.54 No.1 2017)、(一社)日本溶射学会]
5. 【腐食】下水道環境におけるマンホール鉄蓋の腐食機構の基礎的研究 [下水道協会誌2016年8月号 (Vol.53 No.646)、(公社)日本下水道協会]
6. 【腐食】ACMセンサを用いたマンホールふたの腐食環境評価 [下水道研究発表会講演集 53号 (2016年度)、(公社)日本下水道協会]
7. 【腐食】マンホール鉄蓋の腐食劣化に関する基礎的研究 [下水道研究発表会講演集 52号 (2015年度)、(公社)日本下水道協会]
8. 【腐食】マンホールふたにおける腐食が強度低下に及ぼす影響評価 [下水道研究発表会講演集 45号 (2008年度)、(社)日本下水道協会]
9. 【豪雨】雨水樹蓋の落葉堆積形態が排水能力与える影響 [下水道研究発表会講演集56号 (2019年度)、(公社)日本下水道協会]
10. 【豪雨】雨水樹ふたの落葉詰まりによる排水性能検証実験 [下水道研究発表会講演集 54号 (2017年度)、(公社)日本下水道協会]
11. 【豪雨】ゲリラ豪雨によるマンホールふた飛散事故の発生現況と防止技術のいま [月刊下水道 2016年6月号 (Vol.39 No.7)、(株)環境新聞社]
12. 【豪雨】改良型雨水樹等の排水性能に関する調査研究 [下水道研究発表会講演集 52号 (2015年度)、(公財)日本下水道協会]
13. 【豪雨】豪雨時の下水管渠内空気流動解析モデル [下水道研究発表会講演集 46号 (2009年度)、(社)日本下水道協会]
14. 【維持管理】「下水道用マンホール改築・修繕工法」に関する共同研究について [下水道用マンホール改築・修繕工法に関する技術資料—2014年12月一、(公財)日本下水道新技術機構]

15. 【液状化対策】ジオテキスタイルを用いたマンホール浮上防止対策工法の簡易実験事例 [下水道研究発表会講演集 51号 (2014年度)、(公社)日本下水道協会]
16. 【液状化対策】マンホール周辺埋戻し土の液状化診断方法について [下水道研究発表会講演集 50号 (2013年度)、(公社)日本下水道協会]
17. 【舗装損傷】マンホール周辺舗装の温度変化による膨張収縮と隙間発生に関する検証研究 [下水道研究発表会講演集 49号 (2012年度)、(公社)日本下水道協会]
18. 【舗装損傷】マンホール周辺舗装の破損状況に関する基礎的調査 [第29回日本道路会議 (2011年度) 出版社、日本道路会議]
19. 【舗装損傷】マンホールふたの枠形状と施工方法に着目した周辺舗装の破損調査事例 [下水道研究発表会講演集 48号 (2011年度)、(社)日本下水道協会]
20. 【舗装損傷】マンホール周辺舗装の段差・ひび割れに関する研究—調査事例報告— [下水道研究発表会講演集 47号 (2010年度)、(社)日本下水道協会]
21. 【スリップ】マンホール蓋のすべり抵抗評価方法について [第29回日本道路会議 (2011年度)、日本道路会議]
22. 【スリップ】歩道におけるマンホールふたのすべり抵抗評価方法の研究 [下水道研究発表会講演集 44号 (2007年度)、(社)日本下水道協会]
23. 【維持管理】マンホールふたの維持管理性向上に関する研究 [次世代型マンホールふたおよび上部壁技術マニュアル、(財)下水道新技術推進機構]
24. 【震災被害調査】東日本大震災のマンホール被害事例報告 (調査年月2011年3月、4月)
25. 【震災被害調査】岩手・宮城内陸地震マンホール被害調査 (調査年月2008年6月)
26. 【震災被害調査】中越沖地震マンホール被害 (調査年月2007年7月、8月)

編集後記

特集では、設計指針の改定をテーマに様々な立場の方からお話を伺いました。特に、今回の改定で雨水管理計画に関する内容が充実されこともあり、豪雨対策の一つとしてマンホールふたが重要な役割を持つことを改めて理解することができました。また、道路で発電する技術には大変驚きました。この技術は欧州が先行して進めていたようですが、日本での開発スピードや技術力の高さに感銘を受けました。本誌を通して読者の皆さまにも新たな発見や驚きをご提供できれば幸いです。最後に、本誌の発刊にあたり、お忙しい中、取材や制作にご協力いただいた皆さまに心より御礼申し上げます。

●編集事務局U