

下水道管きょ更生工法「ボックス工法」

金井 孝之

平成14年度、下水道普及率は65%を超え、下水道事業は新設から維持管理・リニューアルの時代へ移行しつつある。特に大都市部においては、コンクリート構造物の老朽化や硫酸劣化現象等により修繕・改築を必要とする施設の急増が予測されている。本報文では、今後、修繕・改築市場の拡大が予測されている中口径・大口径管きょを対象とした管きょ更生工法として、2004年3月に財団法人下水道新技術推進機構より建設技術審査証明（下水道技術）を取得した、鞘管工法の自立管方式に分類される「ボックス工法」について説明する。

キーワード：下水道、管きょ、修繕、改築、自立管、硫酸劣化、防食

1. はじめに

我が国の下水道普及率は、平成14年度末に65%を超え、大都市部ではほぼ100%の普及率となっている。このように普及が進む一方、大都市部において高度経済成長期以前に整備された下水道施設の老朽化が進んでおり、平成14年度末には法定耐用年数50年を超える経年管の割合が5%を超える状況となっている。

今後、法定耐用年数を超える管きょの急増のほか、硫化水素に起因するコンクリート構造物の硫酸腐食による施設の早期劣化などの問題により、既存施設の維持管理・改築・更新事業は、下水道整備事業の中でも最も重要な位置付けになるものと予測される。

そこで今後の改築・更新ニーズに対応すべく、呼び径 $\phi 600$ mm以下の小口径管きょを対象に熱硬化樹脂や光硬化樹脂を用いた更生工法（反転工法、形成工法）が開発され、改築・更新が進められ始めている。しかし、それらの大半は、施工時に「水替え」を必要とするものであり、幹線として利用されている大口径管きょについては、容易に「水替え」ができないため適用が困難であった。

一方、大口径管きょについては、既設管きょ内面に耐酸性樹脂ライニング材で管体を構築し、既設管きょとの隙間に高強度グラウトを充填して一体化することによって必要強度を確保する「複合管方式」が一般に採用されている。しかし、「複合管方式」では、管きょ更生後の強度確認が難しいという課題があった。また、既設管きょに強度を依存しない「自立管方式」として

は、既設管きょ内に新設管きょを挿入する鞘管工法があるが、従来工法では、管更生後の流下断面積が既設管の1サイズ、場合によっては2サイズも縮小する。このため、設計流下能力が著しく低下するという問題があった。

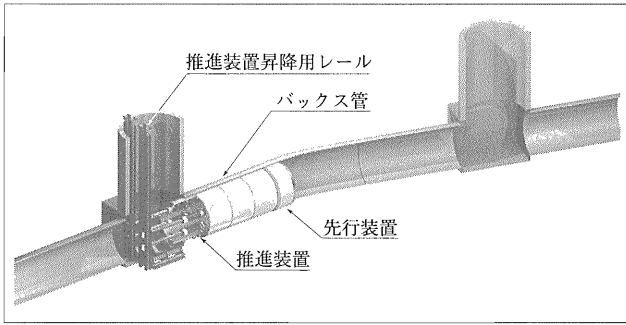
そこで、このような既存工法の課題・問題点に着目し、

- ① 下水を供用しながらの管きょ更生を可能とすること、
 - ② 更生管のみで作用土水圧に対する必要強度を有する自立管方式とすること、
 - ③ 管きょ更生後の流下断面積を既設管より1サイズ小さい管と同等以上確保すること、
- を目標として、大口径管きょの更生技術「ボックス工法」を開発した。

2. ボックス工法の概要

ボックス工法は、既設管呼び径 $\phi 800\sim 2,000$ mmの大口径下水道管きょを対象として、人孔から既設管きょ内部へ、耐酸性に優れたボックス管を推進装置にて順次挿入し、ボックス管推進完了後は、既設管きょとボックス管の隙間に特殊グラウトを充填して更生管を構築するものである（図-1）。

ボックス管には、内面を耐酸性樹脂シートライニング材（塩化ビニル樹脂）にて被覆した高強度鉄筋コンクリート構造の「ボックスRC管」と材料自体が高い耐酸性を有する強化プラスチック複合管構造の「ボックスFRPM管」の2種類がある。これら2つのバツ



図一1 ボックス工法概要図

クス管の選定は、既設管呼び径および施工条件等を考慮するものとする。表一1にボックス工法の適用範囲を示す。

表一1 ボックス工法適用範囲

項目	内容	
管種	鉄筋コンクリート管	
形状	円形	
管径	既設管呼び径 (800~1,650) 既設管呼び径 (1,650~2,000)	ボックス FRPM 管 ボックス RC 管
施工延長	100 m	
施工条件	水深 30 cm 以下 段差の高低差 10 mm 以下 曲率半径 200 m 以上の緩やかな曲線	

3. ボックス工法の特長

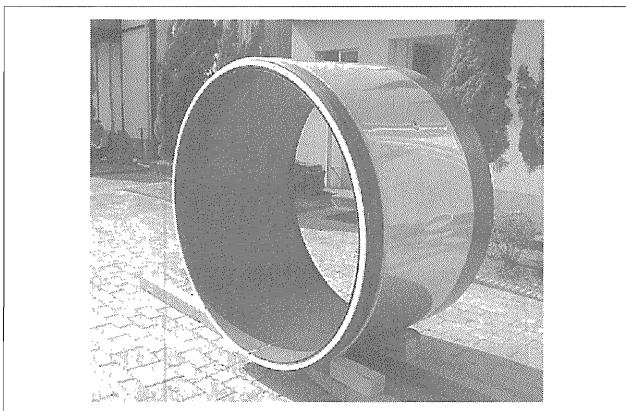
本工法の特長を以下に示す。

(1) 耐荷能力

既設管きよの強度に依存せず、ボックス管のみで作用する土水圧に対して必要強度が得られる自立管方式である（耐荷能力に対する信頼性が高い）。

(a) ボックス RC 管

同外径の JSWAS A-1（下水道用鉄筋コンクリート



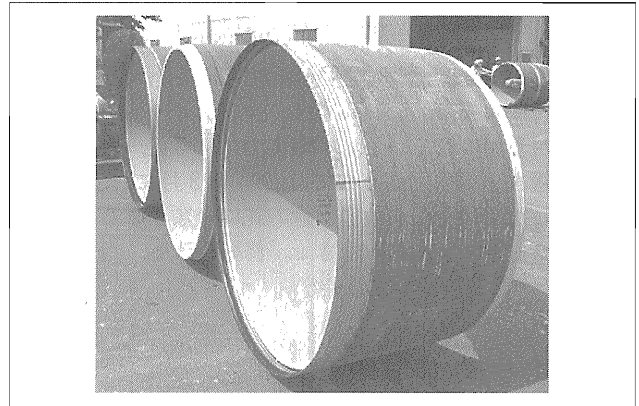
写真一1 ボックス RC 管

管) 1種の規格破壊荷重を上回る強度を有する。

本管の特長は、強度と流下能力の性能を両立する、高強度コンクリートを適用した薄肉 RC 構造を採用している（写真一1）。なお、写真一1に示すボックス RC 管には、鉄筋かぶりが不足する場合に必要なとされる外面被覆を外装板（めっき鋼板）で行っている。

(b) ボックス FRPM 管

JSWAS K-2（下水道用強化プラスチック複合管）規格品と同等の強度を有する（写真一2）。



写真一2 ボックス FRPM 管

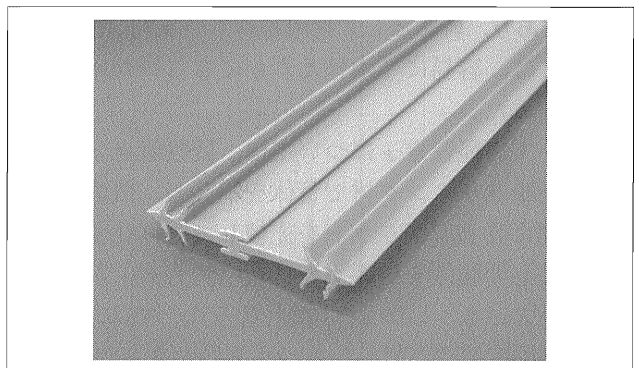
(2) 防食性能と水密性

硫化水素に起因する硫酸腐食に対して、高い防食性能を有している。また、0.1 MPa の内水圧・外水圧に耐えられる水密性を有している。

(a) ボックス RC 管

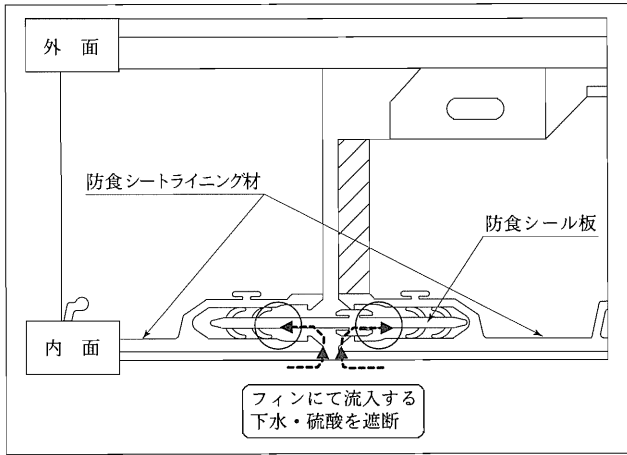
RC 管内面を耐酸性に優れた防食シートライニング材で被覆することにより、下水から発生する硫化水素に起因するコンクリートの硫酸腐食に対する高い防食性能（耐酸性）を確保している（写真一1）。

防食シートライニング材の管周方向の継ぎ目は、耐酸性樹脂を塗布して嵌合する構造とし、管軸方向の継ぎ目は、同材質の塩化ビニル樹脂板との溶接構造とすることで、水密性と防食性を確保している。



写真一3 防食シート板

また、ボックス RC 管同士のジョイント部には、水密性を確保するための防食シール板（写真—3）を設置する。この防食シール板をリング状にしてジョイント部に設置することで、下水および硫酸のジョイント部内部への侵入を遮断することができる（図—2）。

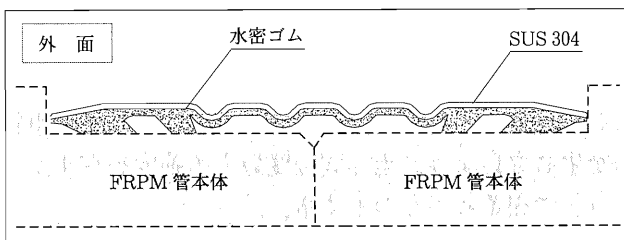


図—2 バックス RC 管ジョイント部防食構造

なお、防食シートライニング材の品質は、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル」における D2 種規格を満足するものである。

(b) バックス FRPM 管

ボックス FRPM 管は、JSWAS K-2 規格品を使用しており、管自体が高い防食性能を有している。また、ジョイントカラー部は、SUS 製であり、内面側を耐酸性に優れた止水ゴム材料で被覆している（図—3）。



図—3 バックス FRPM 管ジョイント部防食構造

(3) 施工性

機械化施工により、下水を供用しながらの施工が可能である（水深 30 cm 以下）。

また、高低差 10 mm 以下の段差、曲率半径 200 m 以上の緩やかな曲線部での施工が可能である。

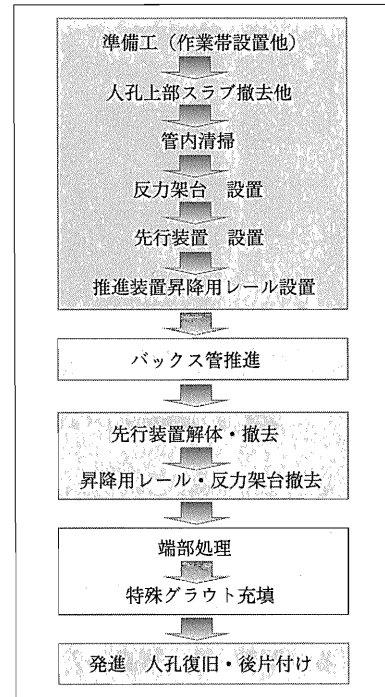
(4) 流下断面積（流下能力）

更生後は、既設管より 1 サイズ小さい管と同等以上の流下断面積を確保することができる。2つのバック

ス管は、いずれも内面の粗度係数が 0.010 以下であり、薄肉構造管+外面平滑型カラー構造を採用したことから流下断面縮小量が小さいため、管きょ更生後も流下能力を著しく低下させることはない。

4. バックス工法の施工手順

ボックス工法の施工の流れは、「装置解体撤去工⇒特殊グラウト充填工⇒復旧工」である。標準施工手順を図—4 に示す。



図—4 標準施工手順

(1) 準備工

- ① 工事着工前に、既設下水道管きょ内に、施工上問題となる箇所（10 mm 以上の段差、木根の侵入、流入水等）がないかを調査する。
- ② バックス管を推進する発進側人孔の斜壁、直壁、上部スラブ等を撤去する。
- ③ 管内清掃を実施する。
- ④ バックス管を推進する際に必要な反力架台、推進装置昇降用ガイドレールを人孔内に設置する（グラビヤ）。
- ⑤ バックス管接合時の先端反力をとるための先行装置を、既設管きょ内の所定の位置に設置する（グラビヤ）。

(2) バックス管推進工

- ① 地上にてボックス管と一体化した推進装置を、



写真-4 推進装置・更生管一体化前状況



写真-5 推進装置・更生管吊降状況



写真-6 推進状況 (ボックス RC 管)

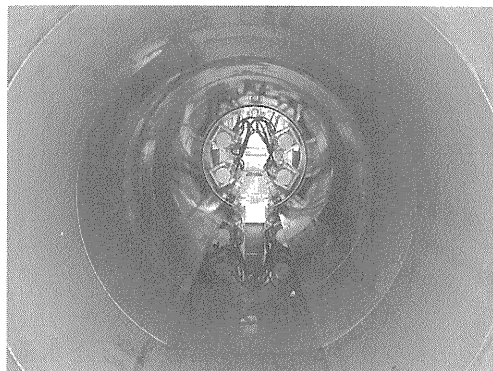


写真-7 推進状況 (ボックス FRPM 管)

昇降用ガイドレールに沿って人孔内に降ろす（写真-4、写真-5）。

- ② 推進装置の油圧ジャッキを伸張して、ボックス管を既設管きよ内に推進し、先行するボックス管と接合させる（写真-6、写真-7）。
- ③ 推進・接合完了後は、油圧ジャッキを縮めて推進装置のみを引戻し、地上に回収する（写真-8）。

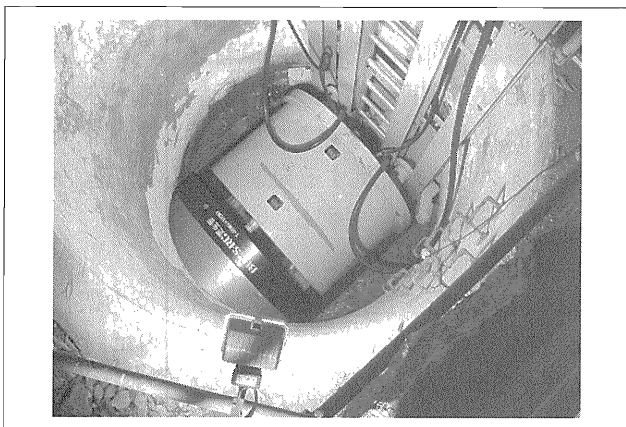


写真-8 推進装置引戻し状況

- ④ ①～③の作業を繰返して、既設管きよ内にボックス管を推進・設置する。

(3) 装置解体撤去工

ボックス管推進完了後、先行装置、反力架台、昇降用ガイドレール等の装置を撤去する。

(4) 特殊グラウト充填工

ボックス管と既設管きよとの隙間を、特殊グラウトにて充填する。なお、ボックス管自体が、作用する土水圧に対して必要強度を有しているため、特殊グラウトは、複合管方式のような高強度グラウトを必要としない。しかし、既設管の破損により地表面の陥没事故等が生じないように、土と同程度以上の強度を有するグラウトで充填するものとする。

(5) 復旧工

人孔および舗装を復旧して工事を終了する。

5. 施工実績

本工法の施工性等を検証するために、2002年11月に実施した実証工事について以下に述べる。本工事では、ボックスRC管を用いて、実フィールドにおける施工装置の操作性や更生品質及び精度の検証を行った。実証工事の概要及び施工状況を示す（表-2、写真-9、写真-10）。

表-2 実証工事概要

工事場所	北九州市内
工事期間	2002年11月5日～12月5日
既設管きょ	鉄筋コンクリート管 呼び径1,650
工事延長	29.7m (線形は直線)
使用ボックス管	ボックス RC 管 内 径：φ1,496 mm 外 径：φ1,616 mm 管 厚：60 mm 管 長：900 mm 内 面：耐酸性樹脂シートライニング材 (塩化ビニル樹脂) 被覆 外 面：亜鉛溶融めっき鋼板 (ZAM) 被覆 使用本数：33 本

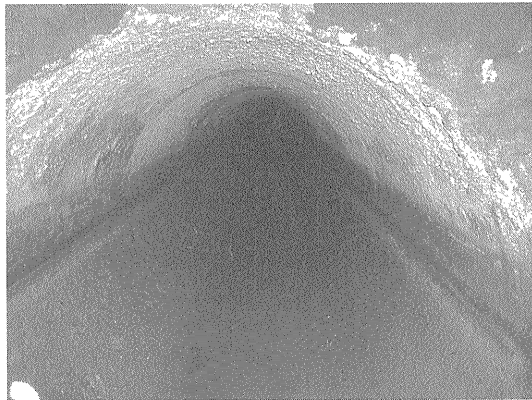


写真-9 更生前状況

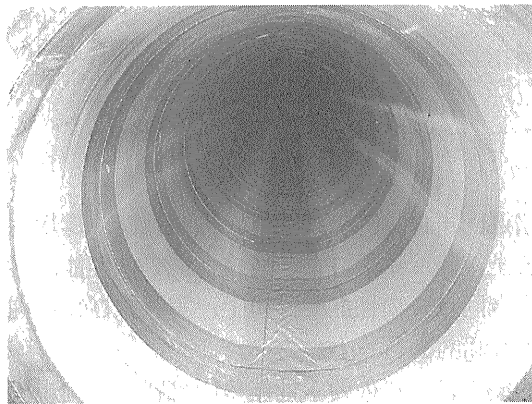


写真-10 更生後状況 (ボックス RC 管)

6. おわりに

本工法は、2004年3月に財団法人下水道新技術推進機構より建設技術審査証明(下水道技術)を取得しており、2004年8月には「ボックス工法研究会」を設立し、工法の事業展開を図る予定である。

今後、下水道事業の中心は維持管理・改築・更新事業に移行することは確実であり、管きょ更生工法の必要性は高まるものと考えられる。

JCMA

【筆者紹介】

金井 孝之 (かない たかゆき)

鹿島建設株式会社

土木管理本部

土木技術部

リニューアルグループ

課長代理

