

管路施設の更生工法に関する検討委員会 最終とりまとめ

平成23年5月31日

管路施設の更生工法に関する検討委員会

概要

本委員会は、下水道管理者である地方公共団体が、更生工法を採用する際に目的に応じた適切な工法選定、品質確保などを行うための標準的な評価、施工管理基準の策定を検討する目的で設置され、これまで約5年間検討を重ねてきた。

平成19年6月には、平成18年度の検討成果として更生工法に求められる評価項目、試験方法などを整理し、それに基づいた設計及び施工管理に関する手引き書として「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（暫定版）」を作成した。

その後、「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（暫定版）」を基に施工された更生工法に対してモニタリング調査を実施するとともに、モニタリングの実施方法、モニタリングによる評価項目、試験方法、基準値のあり方、耐震設計のあり方等の審議・検討を踏まえ「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」及び「管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例」を平成20年9月に作成した。

さらに平成21年度には、シワに伴う水理特性への影響検証のための水理実験及びシワに伴う構造特性への影響及び関連事項の検証のための載荷試験を行い、更生工法のもつ課題を明らかにしてきた。

平成22年度は、これまでの成果を検証し、確認・合意された事項について設計、施工、品質管理に関する指針としてとりまとめるとともに、継続的な調査・検討や今後の議論を待つべき事項を明確にした。また、その結果を「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン（案）」として平成23年中に発刊することとした。

1. はじめに

平成18年度より本委員会において更生工法の品質確保にむけた設計・施工管理のあり方について審議を行い、平成19年6月には「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（暫定版）」を、平成20年9月には「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」、「管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例」をとりまとめた。

平成21年4月には「モニタリング調査結果（第1次報告）」を、平成22年5月には平成21年度に行ったシワに伴う水理性能への影響検証のための水理実験結果、シワに伴う構造特性への影響及び関連事項の検証のための耐荷試験結果及びモニタリング調査結果（第2次報告）を「中間とりまとめ」として公表した。

本最終とりまとめは、これまで5年間の成果を整理するとともに、今後も引き続き検討すべき取り組み課題を明らかにし、一層の品質確保を図ろうとするものである。

なお、平成23年中にはこれまで得られた知見をもとに「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン（案）」を発刊する予定である。

2. 5年間の検討概要

(1) 基本的な考え方

更生工法には多種多様な工法があり、工法ごとに施工適用条件、施工方法、材料、強度等が異なっている。このため下水道管理者である各地方公共団体が更生工法を採用する際に目的に応じた適切な工法の選択、品質確保等を行うための標準的な評価のあり方や施工管理が求められている。

そこで、各工法の特徴を明らかにし、更生工法に求められる評価項目、試験方法等を整理した。さらに長寿命化対策における耐震性能の確保においても更生工法を適切かつ有効に活用可能とするため、更生工法の耐震設計手法も示した。

(2) 更生工法の実態調査とモニタリング

更生工法の実態把握のため、平成19年度から平成21年度にかけて施工した更生工事を対象にモニタリング調査を行い、その運用と課題を抽出した。

1) 施工前の評価

施工対象、現場に適合する工法及び手順の評価のため、施工計画書にて設計強度、耐久性、水理性能、施工性及び環境適用性について確認する作業である。工法選定について、その内容、根拠が施工計画書等で明確になっていないものがあった。

2) 施工時の評価（施工中及びしゅん工時の評価）

施工時の工事手順と品質管理の確認作業及び施工完了した更生管きょに要求される品質の確保について確認する作業である。調査では、施工計画書の施工手順と品質管理(管理値)が確認できる提出資料(施工記録、温度・圧力等のチャート紙等)が不足していたケースがあった。

しゅん工時には更生管の厚み、内径、延長等の出来形測定、現場採取の更生材料片により耐薬品性、曲げ特性、引張特性、圧縮特性の各試験を行った。一部に更生管内面のシワ、変形、損傷等発生が確認されたが、物性試験では殆どの現場で申告値あるいは基準値に適合した。

3) 供用時の評価

しゅん工から約1年の供用後に、供用後で管路内調査、現場採取サンプルの物性試験を行った。管路内調査結果は、しゅん工時と変化はなかったが、耐薬品性試験で基準値を超える不適合が確認された。また、物性試験でも一部に申告値を下回る結果が見られた。

(3) 水理実験と載荷試験

シワの発生に伴い更生管の流下能力に支障が生じること、また更生管厚に偏りが生じることによる耐荷強度に影響がでると考えられることから、これらを水理実験、線荷重載荷試験によって確認した。

1) 水理実験

シワ発生により流下能力に対し一定の影響が生じることが明らかとなった。更生管の内面は平滑が原則であり、更生管のシワ高さについてISO化されたこと等も踏まえ、流下能力の観点から許容できないシワ発生の状態を明確化することが必要である。

2) 載荷試験

軸方向にシワのある管とシワのない管と比較したが、供試体の作成にも課題があり、シワの発生と耐荷強度の関係は明確とならなかった。また、更生管厚みについて、一部工法で円周方向各部位の管厚のばらつきが大きいことが明らかとなり、更生管厚の規格の標準化（浅埋用、深埋用の2種類程度）、設計条件の標準化等の課題を抽出した。

(4) 耐震性能

下水道管路施設は、必要な耐震性を有するものでなければならない。更生工法の構造上の特性を考慮し、次のように整理した。

1) L1地震動には、管きょ断面を確保し、更生管内面に損傷がなく、設計流下量を遅延なく流下できる状態を確保する。

2) L2地震動には、管きょ断面は変形し設計流下能力を確保できないが、更生管体に破断やかん（嵌）合外れに伴う土砂等の侵入がなく、布設替え等の対策を講じるまでの間は下水を流下できる状態を確保する。

更生工法で施工された管路は、工法や材料により更生後の管の構造が異なる。「下水道施設の耐震対策指針と解説」における「一体構造管きょ（硬質塩化ビニル管（接着接合管路）」、「差し込み継ぎ手管きょ」、「ボックスカルバート」等の考え方を勘案しつつ、耐震性能評価を行うものとした。

3. ガイドライン（案）の編集方針

以下の内容を編集方針として大きく掲げた。

（1）管きょ更生工法を調査・設計・施工・維持管理する全国の下水道管理者（自治体職員）を主な対象とし、設計コンサルタント、各工法メーカー、施工業者を含め管きょ更生工法に係わるその他の人も対象とする。

（2）本編と資料編から構成する。本編は、これまでの検討の中で確認・合意された事項を設計、施工、品質管理に関する指針として記述する。水理実験、モニタリング調査等で得られた知見のうち、明確な結論が得られていないものは参考資料として資料編に記述する。

（3）「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」、「管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例」（ともに平成20年9月）の内容を包含する。

管きょ更生工法の調査・設計・施工管理に係わる作業の流れと参照すべきガイドライン（案）の内容は図-1に示すとおりである。

まず、ガイドライン（案）作成の目的を明示するほか修繕/改築の定義、改築は原則布設替えであることの位置づけを明確にする。「調査に関する章」を設け、既設管の目視調査、測量等の事前調査、前処理の必要性を記述する。「設計に関する章」では、改築か修繕か、布設替えか更生工法かの選択について記述し、各工法の選定にあたっての留意点及び自立管、複合管それぞれの設計方法について述べ、耐震計算の考え方、許容値等を解説する。「施工管理に関する章」では既設管きょの前処理についての解説を追加するほか、カテゴリー別、材料管理方法の提示、施工検査基準、削孔の検査基準、シワに関する評価について記述する。本委員会で結論を出すことができない事項は、今後の課題として整理する。

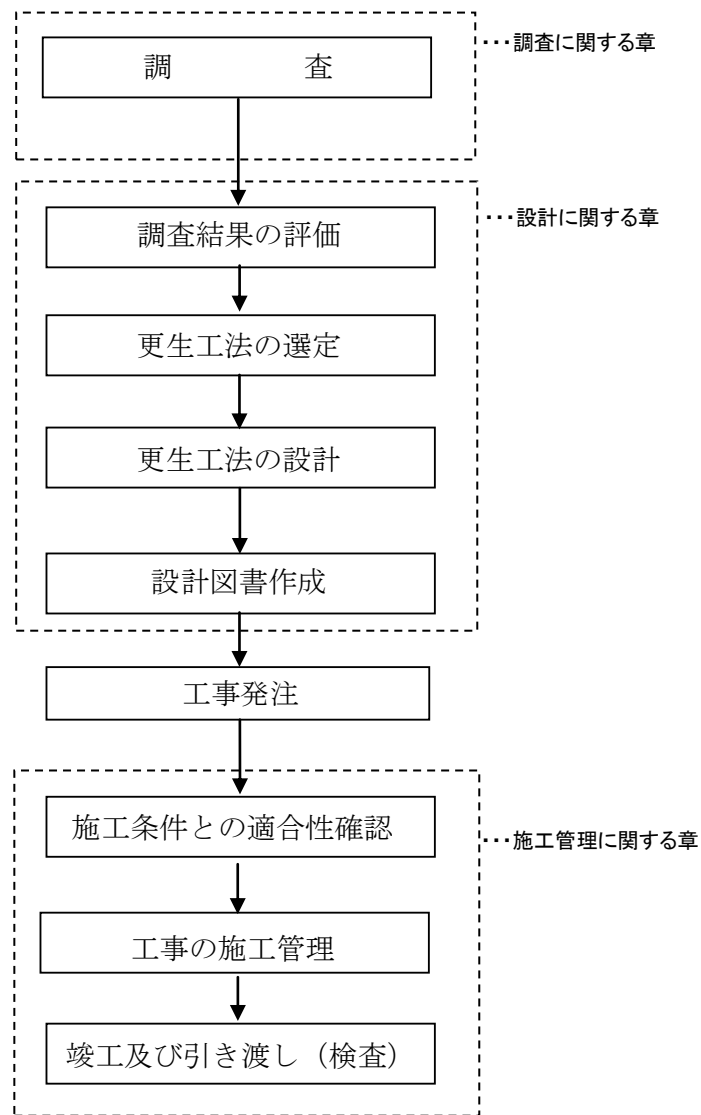


図-1 管きよ更生工法の調査・設計・施工管理に係わるフローとガイドライン(案)の構成

4. ガイドライン（案）作成にあたっての基本的方向性と留意事項

（1）基本的方向性

- ・更生管きよは、現場で製品を加工し構造物とする現地製作物であり、その品質確保においては、施工技術と材料（規格・特性等）が現地条件に適合し、適切に施工されることが最も重要である。
- ・そのためには、品質確保に係る課題の本質について、発注者、工法メーカー、施工会社が認識を共有し、調査・設計・施工の各段階において、それぞれが適切な役割を果たしていく必要がある。

（2）調査にあたっての留意事項

①既設管の状況の把握

- ・流下能力、構造性能等の基本的機能を低下させるシワ等の発生を未然に防止するため、施工不良を生じさせる既設管の状況を明確にすることが重要である。
- ・具体的な既設管の不良状況として、断面縮小、段差、目地開き、沈下・蛇行、浸入水等があるが、その影響度は工法、使用材料、管径等によって異なる。

→モニタリングの既設管路内調査記録と更生後管内調査記録に基づいて検討した結果、既設管きよ内に破損、断面縮小、段差、目地開き、沈下・蛇行等が未処置のまま更生工事が実施された場合、シワ、変形がほぼ確実に発生することが確認された。この結果を受けて、「調査に関する章」に調査概要と前処理の必要性を判断するための既設管調査を、「施工管理に関する章」に前処理の具体的内容について記述する。

②重要な制約条件の把握

・更生工法の品質確保のためには、あらかじめ路線周辺や管路内の状況を定量的に把握する必要がある。

・把握すべき情報としては、既設管の不良状況のほか、荷重、気温、地盤、地下水、既設管の残存強度等の現場条件等がある。

→重要な制約条件を把握するために、調査の位置づけ、調査項目を「調査に関する章」に記述する。また、調査結果の整理・評価例を参考資料に添付する。調査結果を踏まえた既設管の評価については、既設管が保有すべき性能（構造、流下能力）の評価の考え方を「設計に関する章」に記述する。

（3）設計にあたっての留意事項

③設計に必要となる技術情報の整備（関連項目：①）

・各工法の特性値（強度特性等）については、基本的な情報が開示されているが、これらを設計標準値（照査値、許容値等）として使用するには製造、施工によるばらつき（安全率）等の考慮が必要であり、工法メーカーによる情報開示、情報の体系化が必要である。

→設計値については、工法メーカーから短期強度試験結果の値に工法ごとのクリープ係数を乗じて得られる値を使用する方法が適切であるとの提案がなされた。しかし、これまで使用されてきた方法の急な変更は混乱を招くおそれがあることから、当面は、これまでの各工法の長期保証値（試験値）に基づき工法別の安全率等を乗じる等の手法も適用可能とし、個別に検討し設定することとする。

④工法選定の考え方（関連項目：①、②）

・更生工法の品質は施工条件等により大きく制約を受けることから、適用可能範囲を超えてこれを用いた場合には、所期の性能が発揮できないことを十分認識しておく必要がある。

・工法選定の際には、各工法で異なる適用範囲の評価・判断が重要であることから、制約条件に係る各要因（硬化特性、材料組成、強度特性、取付管の穿孔、既設管の状況等）に基づく工法のグルーピングが必要である。

・発注者は調査結果に基づき、既設管の状況、施工に影響する制約条件、施工後の管きよの要求性能等を基本条件として提示し、受注者はこれらの条件に適合する工法の中から適切な工法を選定すべきである。

→更生工法選定手順と管きよ更生工法の要求性能として、耐荷性能、耐久性能、耐震性能、水理性能、環境安全性能があることを明記する。また、「設計に関する章」に更生工法選定上のタイプ別（熱硬化タイプ、光硬化タイプ、熱形成タイプ、製管タイプ）留意点について記述する。

各工法の適用範囲については、参考資料に審査証明一覧表及び工法選定をする場合のグルーピングの例を示す。

⑤管きょの設計流下能力の確保（関連項目：①）

- ・流下能力は、管きょ断面の確保のみでなく、勾配や損失についての検討も必要である。
- ・シワの発生や、更生管厚の状況によっては流下能力の阻害が想定され、特に合流管、分流式雨水管では浸水発生リスクも考慮した検討が必要である。

→設計上要求される流下能力及びその算定方法について「設計に関する章」に記述する。この中で、シワによる流下能力の低下についても記述する。また「施工管理に関する章」において施工管理時の品質管理におけるシワの評価の考え方を定性的に示し、参考資料に水理実験から得られた知見として、シワ発生の影響評価の例を示す。

⑥管きょ構造の安全性、安定性の確保（関連項目：①、③）

- ・更生材のシワによる耐荷性能等の低下、更生管厚のばらつきが見られており、材料特性値を考慮した更生管厚等の標準化が重要である。
- ・更生管の特性値を適切に把握するための試験方法を再考すべきである。

→更生管厚の標準化については、物理的性能ごとにカテゴリーを分け、さらにカテゴリーごとに標準的な設計厚みを算出するという考え方を整理した。今後は工法ごとのデータを蓄積し更生管厚の標準化に向けて検討を継続する。

（４）施工にあたっての留意点

⑦更生材料の安定性、安全性の確保

- ・耐薬品性等の試験結果や更生管厚がばらつく原因として、物性の安定性や材料構成に課題がある可能性が考えられる。しかし、現状では更生管の材料確認は十分に行われておらず、その因果関係も十分解明できていない。
- ・材料構成について第三者が確認を行うなど、更生材料の信頼性を高めるための手法を検討するとともに、発注者も、更生材料について確認、管理する手順、方法を基準として定めることが重要となる。

→すでに認定工場で行われている工法・項目については施工管理時の品質管理に検査証明書による確認を可とする方向で検討するとともに、今後、他工法、他項目についても認定工場制度の活用を検討すべきである。

材料の確認、検査方法等については引き続きの検討課題とした。

⑧現場状況等を踏まえた適切な施工管理（関連項目：①、②）

- ・耐薬品性等の試験結果や更生管厚のばらつきに関する他の原因として、施工時の管理手順、手法や管理基準の運用に課題がある可能性がある。
- ・現場状況等を踏まえた施工管理方法（気温、下水性状、周辺環境、施工制限等により管理温度、圧力、養生時間などの適正化を図る等）について、施工計画書に位置づけるとともに、これに基づく適切な施工管理を実施することが重要である。

→施工計画書の確認事項及び施工管理でタイプ別の施工管理手法を記述し、更生管に見られるばらつき現象への対策とする。

出来形の管理頻度、検査頻度等については引き続きの検討課題とした。

⑨出来形等の検査基準（関連項目：①）

- ・更生後のシワ等の発生が水理性能等に影響すると考えられるため、実験結果を踏まえて出来形検

査基準等を明確にし、発注者が検査を確実に実施することが重要である。

・ISO 11296-4 では、シワの影響について「呼び径の2%か又は6mmのいずれか大きい方を超える凹凸（シワ等）をもたらしてはならない」、また更生管厚について「平均値が設計値を満足し、最小値が設計値の80%、または3mmを満足する」と規定されたことから、基準化にあたって留意する。
→出来形の検査事項としてシワ、更生管厚みがクローズアップされているが、この件に関しては今後の課題とした。これは、下水道管渠として運用上要求される性能事項に直接関わる事項であり、これまでの水理実験や耐荷性能試験結果について一層の検討が必要であると指摘した経緯に因るものである。

⑩取付管口穿孔に関する施工技術、管理・検査基準

・取付管口の仕上げ不良は、漏水、浸入水の原因となるばかりではなく、更生管の性能にも影響を及ぼす恐れがあるため、取付管口穿孔についての技術の向上、検査基準が必要である。
→取付管穿孔技術については開発途上（穿孔の方向[管内側、柵側]、穿孔中心の確定、既設取付管口形状の実現など）に位置づけられる技術内容も含めて、多分に作業者の技術熟練度に依存している。モニタリングの更生後管内調査記録に基づいて検討した結果を受けて、取付管口穿孔の技術的な課題等を踏まえた基準について定性的に記述する。

5. 今後の課題

5年間の検討で一定の成果を得たものもあるが、今後引き続き検討すべき主な課題として次のものがある。（※一部重複）

(1) 継続してデータを収集し検討すべきもの

1) 更生管の長期的な品質確保に関する検討

モニタリング調査を実施し、長期的な品質確保の評価手法を検討する。

2) 自立管の材料の規格化（標準化）

カテゴリーごとの標準化に向け、各工法メーカーと調整を進める。

3) 耐薬品性試験の代案についての検討※

(2) 新たな検討の場を設けてより分野ごとに検討すべきもの

1) 耐薬品性試験の代案についての検討※

2) 耐震性能の照査値の実験的検証

3) 既設円形管の耐力評価手法

4) 認定工場制度の活用

(3) 工法メーカー、施工会社等との連携により検討すべきもの

1) 耐薬品性試験の代案についての検討※

2) 自立管の材料の規格化（標準化）※

3) 認定工場制度の活用※

4) 出来形の管理頻度、検査頻度など更生材料の検査・管理方法のあり方の検討

5) 確実な硬化の確保、施工後の出来形管理技術等の開発

6) 更生工法の取付管への適用

7) 取付管口の穿孔後の処理のあり方の検討