

管更生工法に関する調査研究

1. 研究の背景と目的

我が国の下水道事業は、明治の初期から百十余年の歴史を有し、管きよの総延長は平成11年度末で30万Kmを超えている。こうして整備されてきた下水管きよの中には、老朽化して改築・修繕を必要とするものが増加している。

近年は、プラスチック系の材料を現場で加工および硬化させ、老朽管きよを非開削で改築・修繕することによって、地元住民や地上交通への影響を最小限に抑えることができる更生技術が多数開発されている。

しかし、これらの技術の多くが、海外から導入されたものであり、また使用する材料や構造が多岐にわたることから設計の考え方がまちまちになっている。

そこで本研究では、これら技術の実態調査を行い、設計および施工管理等について標準的な考え方をまとめた。

2. 研究内容

本研究は、平成11年度と12年度の二カ年にわたり実施した。

平成11年度は、各更生技術が実施している物性試験のデータ分析や施工実態調査を行った。

平成12年度は、試験データの評価を行うとともに、更生管の設計および施工管理手法について検討を行った。

3. 研究成果

3.1 本研究の対象範囲

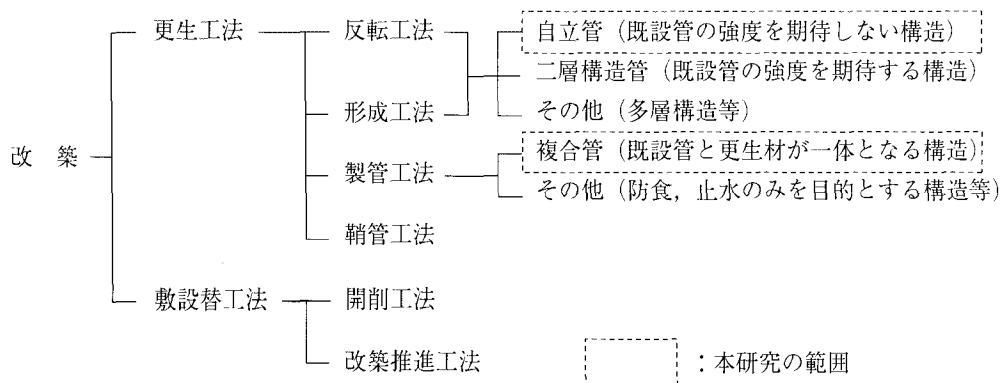


図-1 改築工法の分類

本研究は、「下水道施設計画・設計指針と解説(案)」(2001年版, (社)日本下水道協会)の改築工法の分類(図-1)の更生工法を対象とした。特にその中でも反転工法, 形成工法で既設管の強度を期待しない構造となる自立管と製管工法で既設管と更生材が一体構造となる複合管に関する調査研究を行った。

自立管とは, 既設管の強度を期待せず自ら外力に抵抗し, 新管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するものをいい, その概念を図-2に示す。

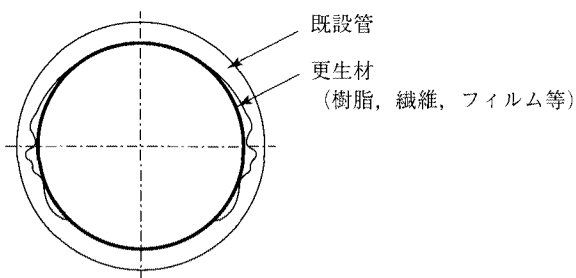


図-2 自立管の概念

また, 複合管とは, 既設管とその内側の更生材が一体となって外力に抵抗し, 新管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有するものをいい, その概念を図-3に示す。

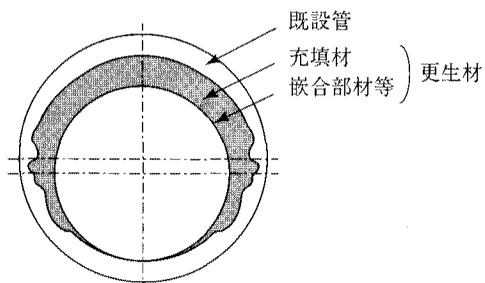


図-3 複合管の概念

3.2 自立管の設計

3.2.1 荷重

対象としている自立管は可とう性を有しているので, 管に作用する荷重の考え方は, 「下水道用硬質塩化ビニル管(JSWAS K-1)」(社)日本下水道協会)等の既存の規格に準拠した。ただし, 敷設後数十年経過した管に作用する土圧は, 開削工事で施工されるような大きな荷重が作用するとは考えられない。したがって管周辺が再掘削等で地盤が乱されない場合は, 図-4に示すようなヤンセン公式(=マーストンの溝型公式)を適用した。

また, 他企業等の工事によって管周辺の地盤が乱される場合は, 大きな荷重が管に作用するものとして, 図-5に示すように土被り2m以下では垂直公式, それより深い場合ではヤンセン公式を適用した。

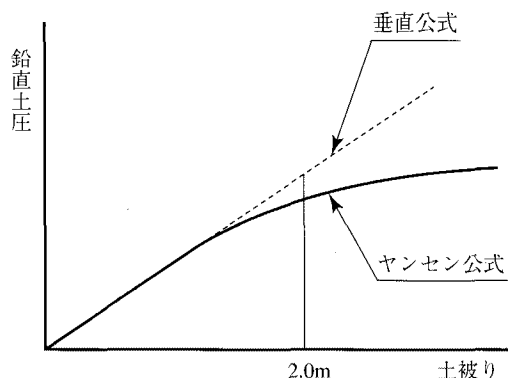


図-4 地盤が乱されない場合の鉛直土圧

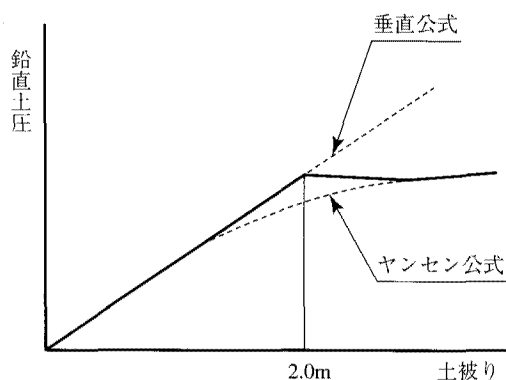


図-5 地盤が乱される場合の鉛直土圧

3.2.2 構造計算

1) 設計の考え方

自立管の更生材は, 現場で硬化する材料を使用するために, 工場二次製品と比較して品質が安定しにくい傾向にある。また, 施工方法や使用材料が異なるので, 個々の技術で耐荷能力の低下に差が生じやすく, 硬質塩化ビニル管等の日本下水道協会規格品と同様の短期値および安全率の考え方を採用することは難しい。

そこで自立管の構造計算に用いる曲げ強度および曲げ弾性係数は, 個々に長期試験値を求め, それに更生材の現場硬化による品質のバラツキ等を反映したものを採用した。

2) 長期試験値の算出

1998年にガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管および継手に関する種々の試験方法が, ISO/DIS規格を翻訳してJIS(日本工業規格)化された。この中のJIS K 7035(湿潤条件下でのクリープファクターおよび長期偏平剛性の求め方)とJIS K 7039

(湿潤条件下における管の長期間極限曲げひずみおよび長期間極限相対変位の求め方)の試験は、GRP管の湿潤下における長期的な強度の変化を測る試験として、実際の下水管きよの使用状態(常時土圧や水圧等の外力を受け、かつ下水が流れている)を想定し、10,000時間の耐久試験を行い、その結果から50年後の数値を推定するというものである。これらの試験は、**図-6**に示すような試験装置を用いて、**表-1**の方法により実施する。試験の実施状況を**写真-1**に示す。

更生材にガラス繊維を使用している技術は、これら試験によりその長期試験値を求めた。JIS K 7039の試験では、0~10,000時間の定められた時間帯に、定められた数のリング状の試験体が破壊するようなデッドウェイトを選定して、水中で載荷し続けなければならない。そのため、予備試験に要する時間や装置の規模等が、従来の材料試験に比べて非常に大きくなった。

こうして得られた試験結果をJIS K 7020(ガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管および継手—回帰分析法およびその使用—)に示す方法により回帰分析を行う。その分析手法の概念を**図-7**に示す。

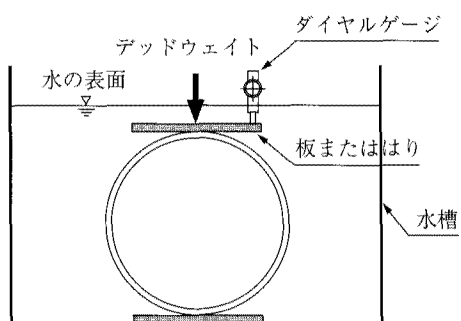


図-6 試験装置の概念図

表-1 試験方法

試験規格	試験方法
JIS K 7035	水中下でリング状の試験体に、初期たわみ率が1.5~2.0%となるようなデッドウェイトを負荷する。10,000時間以上、載荷を継続し、変位量の変化を計測して、50年後の偏平剛性を推定する。
JIS K 7039	水中下でリング状の試験体に、定められた時間帯内に一定数以上の試験体が破壊するように、デッドウェイトを負荷する。10,000時間を超えるものを含めて、18個以上の試験体について、破壊に至るまでの時間とその時の曲げひずみを計測し、それをもとに50年後の破壊曲げひずみを推定する。

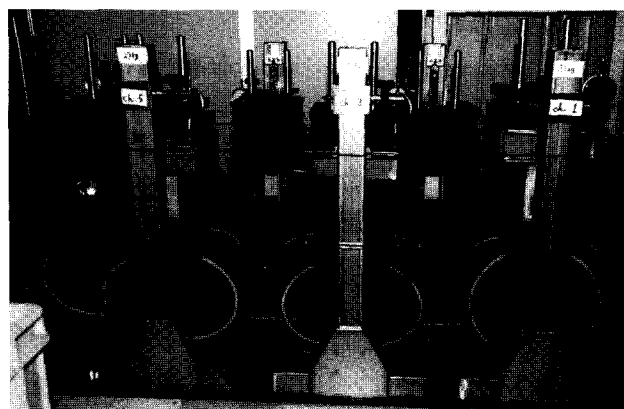


写真-1 試験の実施状況

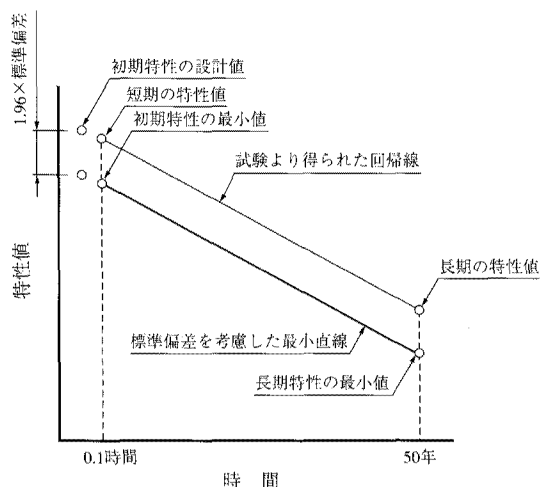


図-7 データ分析の概念

各技術が実施したJIS K 7035の試験結果を**図-8**に示す。いずれの技術もポリエステル系の熱硬化性樹脂とガラス繊維を更生材に使用しているが、そのクリープ特性に大きな違いがあることがわかった。

一方、更生材にガラス繊維を使用していない技術については、JIS K 7171(プラスチックの曲げ特性試験方法)、JIS K 7116(プラスチックの曲げクリープ試験方法)および日本下水道協会規格等を参考に長期試験値を求めた。

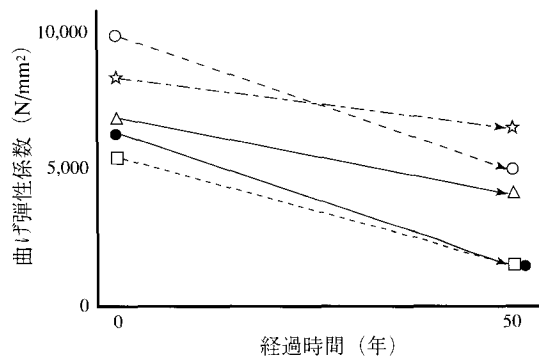


図-8 試験結果

3) 設計値の算出

設計値は、各種試験から求めた長期試験値に、現場硬化による品質のバラツキ等を安全率として見込んだ値とした。この安全率は、JIS K 7013（繊維強化プラスチック管）の考え方を参考に決定した。

以上の設計曲げ強度および設計曲げ弾性係数の算出フローを図-11に示す。

3.2.3 要求性能

自立管には、耐荷能力、耐薬品性、耐摩耗性、耐ストレーンコーロージョン性（更生材にガラス繊維を使用しているもののみ）に関して、新管と同等以上の性能を有していることが求められる。

3.3 複合管の設計

3.3.1 荷重

複合管は剛性管となるため、管に作用する荷重の考え方は、「下水道用鉄筋コンクリート管(JSWAS A-1)」（社）日本下水道協会）に準拠して、土と活荷重による鉛直土圧の総和とした。

3.3.2 構造計算

複合管の構造計算は、限界状態設計法により行うことを原則とした。ただし、人が入って調査できない既設管を更生する場合は、図-9に示すような既設管の劣化状態を人為的に再現した供試体を用いた外圧試験によって、事前に対象となる管きよが新管の破壊荷重規格値を上回っていることを確認することで、構造計算に替えることができる。

3.3.3 要求性能

複合管には、耐荷能力、耐薬品性、耐摩耗性、水密性に関して、既設管と更生材が一体となって新管と同等以上の性能を有していることが求められる。

既設管と更生材が一体となる状態とは、土圧等の

外力により既設管と更生材の界面におけるひずみの挙動が、図-10に示すように既設管と連続し、かつ破壊状態が既設管と更生材の界面剥離でなく、母材で破壊する状態をいう。

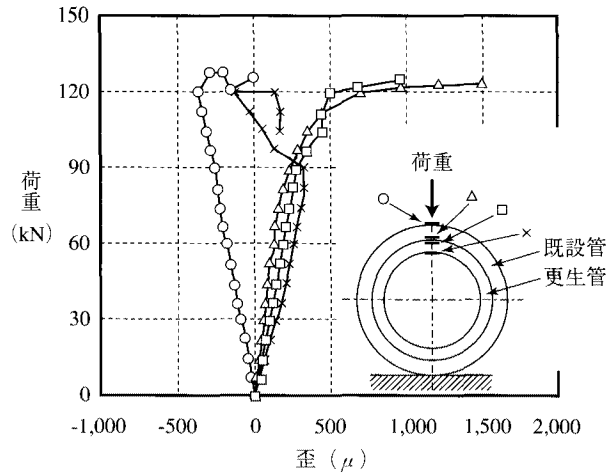


図-10 複合管の荷重-歪曲線

3.4 施工管理

3.4.1 品質管理

更生管の品質は、現場で採取したテストピースを使用して次に示す試験を行い、事前に提出されている保証値を上回ることを確認する。

自立管：曲げ強度，曲げ弾性係数

複合管：充填材の圧縮強度

3.4.2 専門技術者の配置

施工現場には、管更生の専門技術を習得した者が常駐する。

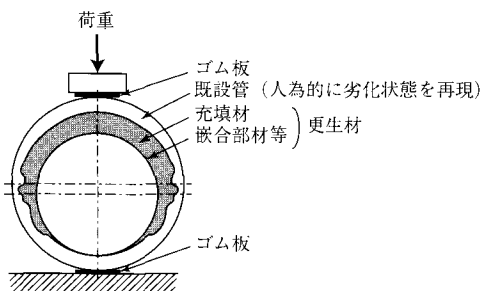


図-9 複合管の外圧試験

表-2 破壊させたコンクリート管を更生した複合管の外圧強さ (試験結果例)

管 径 新管/更生管 (mm)	破壊荷重 (kN/m) (3 供試体の平均)			破壊荷重比	
	①新管の JIS破壊荷 重規格値	②新管の JIS破壊荷 重試験値	③複合管 の破壊荷 重試験値	③/①	③/②
250/210	25.5	29.9	68.6	2.7	2.3
500/460	38.3	50.1	90.8	2.4	1.8
800/730	53.0	74.7	131.3	2.5	1.8
1000/910	61.8	115.2	191.6	3.1	1.7
1500/1300	91.2	128.1	155.2	1.7	1.2

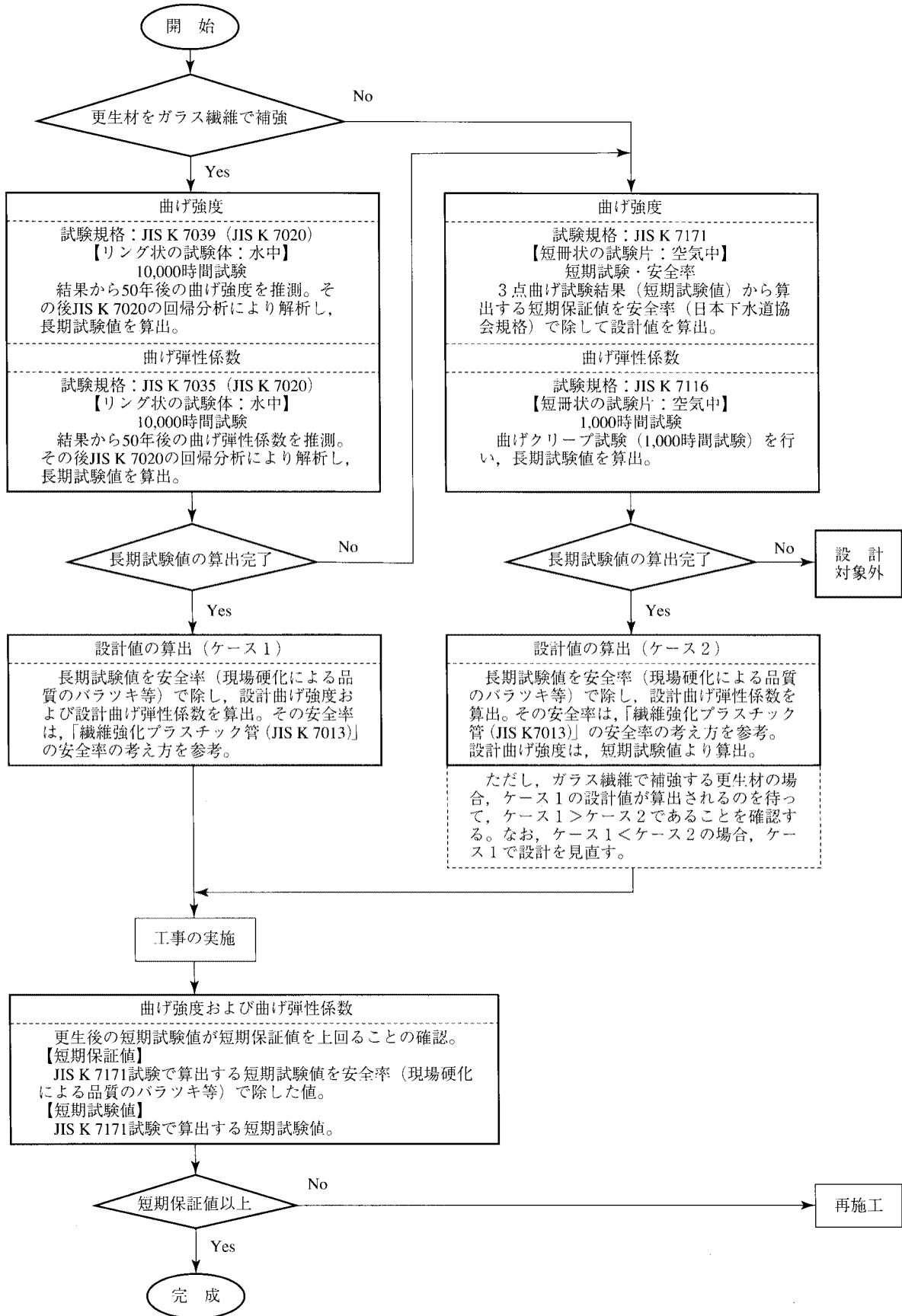


図-11 設計曲げ強度および設計曲げ弾性係数の算出フロー

3.4.3 施工管理項目

自立管：更生管の損傷、シワおよび剥離等の発生を防ぐことを目的に、挿入速度、硬化温度、硬化時間等を現場で確認し、その状況を記録する。

複合管：充填材の注入圧および注入量等を管理し、計画書に示されたものと比較確認する。

3.4.4 出来型管理

自立管：1スパンの上下流マンホール管口付近の4箇所を最小管厚が、設計管厚を下回らないことを確認する。

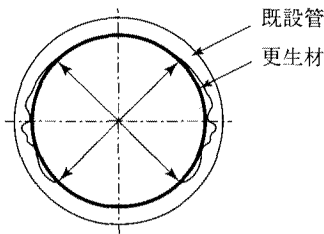


図-12 自立管の管厚測定例

複合管：上下左右の更生材の厚さが異なることから、2箇所を仕上がり内径を測定し、その平均内径が設計更生管径を下回らないことを確認する。

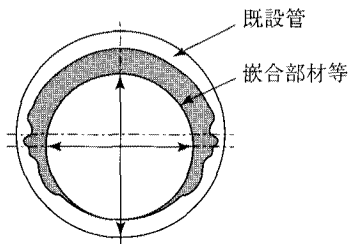


図-13 複合管の内径測定例

4. 今後の課題

本研究は、下水管きよの改築に際し、更生工法を採用する場合の考え方を示したものである。しかし、データ等が少なく検証が十分に行えなかったものや、材料や工法技術等に改良が必要なものがあり、それらを今後の課題として以下にまとめた。

- (1) 主に防食や止水を目的として既設管を反転工法、形成工法で更生する場合の考え方の確立
- (2) 経年変化した既設管に作用する土圧の算定方法
- (3) プラスチック系材料の長期強度を短時間で効率的に評価できる試験方法の確立
- (4) 人が入れない既設管における残存強度の評価手法の確立
- (5) 更生工法で改築した場合の耐震設計の考え方の確立とその技術開発
- (6) 更生管の任意の位置で品質（更生厚さ、硬化の状況、充填状況等）を確認できる手法の確立

●この研究を行ったのは

技術部長	三品	文雄
技術課長	本重	信宏
技術部主任研究員	打田	健二
技術部研究員	池山	基樹

●この研究に関するお問い合わせは

研究第三部長	三品	文雄
研究第三部総括主任研究員	本重	信宏
研究第三部研究員	池山	基樹