

既設管きよの残存強度の考え方と調査方法

1. はじめに

旧ガイドライン発刊時に残された12の課題の中には「既設管きよの耐力評価手法の確立」という項目があり、昨年7月に改定、発刊されたガイドラインでは、この課題について、(1) 既設管きよの劣化状況を考慮したモデル化手法について、(2) 既設管きよの重大な劣化状況の判断方法について、(3) 既設管きよの残存耐力の確認手法について、とに分けて委員会において検討を行ってきた。

この内、(1) および (2) については、統一的な手法や見解が得られなかったため、FEM解析を行うことが望ましい、とされた。

一方、(3) については第2章 調査の中で、既設管きよの耐力調査として、詳細が載せられた。

本稿は、この項に関連した「既設管きよの残存強度の考え方と調査方法」について、考察を行うものである。

2. ガイドラインにおける既設管きよの調査

ガイドライン第2章 調査 2.1.3 既設管きよの調査および2.2.2 既設管きよの調査の方法 (3) 既設管きよの耐力調査では、特に複合管の構造計算においては既設管きよのコンクリートや鉄筋の耐力を評価する必要があるため、以下の調査について詳細が載せられた。

- 鉄筋探査
- コンクリートおよび鉄筋の劣化度調査
- コンクリートの圧縮強度試験
- 鉄筋の引張強度試験
- その他 (既設管きよの外圧試験)

ここでは、上記の調査項目について、ガイドラインに従って、説明を加える。

なお、既設管きよの耐力調査の調査項目、調査数量、試料採取位置等については各地方公共団体が決定する、と記載されている。

2-1. 鉄筋探査

既設管きよの設計図書等 (図面、構造細目等) を確認する。これらの図書がない場合には、鉄筋の設置個所、配置間隔 (ピッチ)、かぶり、鉄筋径等については、はつり、鉄筋の切り出しに合わせて目視確認を行うことが望ましい。

非破壊での探査を行う場合は、以下を参考にするとうい。

- ①電磁誘導法 (配置箇所、配置間隔、かぶりのほか鉄筋径まで評価可能)
- ②電磁波反射法
- ③放射線透過法
- ④超音波法

2-2. コンクリートおよび鉄筋の劣化度調査

コンクリートの劣化度調査には、主に、硫黄侵入深さ試験、中性化試験等がある。

(1) 硫黄侵入深さ試験

硫黄の正確な侵入深さを把握する方法として、EPMA (電子線マイクロアナライザー) と劣化診断薬によるものがある。劣化診断薬は、硫酸によって腐食を受けたコンクリート中の硫黄侵入領域と相関性の高い試薬であり、採取したコア供試体を割裂した後、劣化診断薬を噴霧し、茶褐色から薄緑色に変化する深さを測定する。

(2) 中性化試験

中性化試験は、コアを採取する方法に加え、コンクリート表面の一部をはつり取る方法でも実施でき、採取したコアの側面、またははつり面にフェノールフタレインエタノール溶液を噴霧して、コンクリート表面から赤着色部までの平均深さを測定して行う。

(3) 目視調査 (鉄筋腐食)

コンクリートのかぶりをはつり、鉄筋を露出させた後、目視で鉄筋の腐食 (錆等) の程度を確認する。鉄筋が腐食している場合には、錆等を落とした後、鉄筋の直径をノギス等で測定する。

2-3. コンクリートの圧縮強度試験

コンクリートの圧縮強度試験は主に、コアを採取し圧縮強度試験を行う方法やテストハンマーによる方法がある。

(1) コア採取による方法

JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮強度試験方法」によりコアを採取して、コンクリートの圧縮強度試験を行い、劣化したコンクリートの強度を推定する。また、作業環境の制約等から、JIS A 1107に適合するコアの採取が困難な場合には、直径25mm程度の小径コアを採取して圧縮強度試験を行う方法もある。

(2) テストハンマーによる方法

土木学会基準JSCE G 504「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法(案)」により、テストハンマーを用いてコンクリートの反発度を測定し、コンクリート強度を推定する方法である。

2-4. 鉄筋の引張強度試験

鉄筋が露出するまでコンクリートをはつりだし、既設管きよから鉄筋を直接切り出して、引張強度試験により確認を行う。

採取頻度は、スパン毎に実施することを基本とする。しかし、現場条件等により鉄筋の採取等が困難な場合や既設管きよから鉄筋を切り出した後の補修は容易ではない状況を鑑み、経過年数、埋設状況、腐食環境、管径等が同程度と見なせる場合は、ほかの路線で実施した調査結果を準用できるものとする。

2-5. その他

既設管きよの外圧強さを確認する方法としては、劣化管の外圧試験（破壊試験等）を行う方法や衝撃弾性波を用いる方法もある。これらは小口径に限らず、コア採取が困難な中大口径でも適用可能である。

3. 既設管きよの残存強度の考え方

既設管きよの残存強度は、一概にパーセントで表せるものでもなく、あくまでもこれらの調査結果から、工法の選択・設計に反映されなければならない。

前述したように、特に複合管の構造計算においては、既設管きよのコンクリートや鉄筋の耐力を評価することが重要であるため、表-1に主に複合管の構造計算に必要な既設管きよの諸条件を列挙してみる。なお、ガイドラインにも述べられているように、劣化状況のモデル化を適切に表現するためには、部

材の変形に伴う剛性の変化を再現できる非線形解析であるFEM解析を行うことが望ましいが、ここでは、未だ設計事例が多い線形解析による強度計算での条件を挙げる。

表-1 複合管の強度計算における既設管きよの条件

項目	細目
寸法	管種
	呼び径
	種類
	外径
	管厚
腐食	腐食量
配筋 (内側・外側)	かぶり
	ピッチ
	鉄筋径
	本数
	鉄筋量
コンクリート	圧縮強度
	ヤング係数
鉄筋	降伏強度
	ヤング係数

3-1. 寸法

寸法については、既設管きよの設計図書により確認する。これらの図書がない場合には管路調査による計測やコア採取により確認する。

3-2. 腐食

健全なコンクリート部と劣化したコンクリート部とを明確に分けることは困難と思われるが、その判断方法として腐食量（減肉量）については、2-2.(1) 硫黄侵入深さ試験や(2) 中性化試験により確認・判断する。

3-3. 配筋

配筋については、既設管きよの設計図書により確認するが、これらの図書がない場合には、電磁波法による鉄筋探査で全体的な配筋状況を把握した後、必要最小限のはつり調査を行い、鉄筋腐食度の調査と合わせて確認することで効率的な調査が可能である。¹⁾

3-4. コンクリート

コンクリート強度およびヤング係数を確認するためには、コア採取が必要である。ただし、前述したように作業環境もしくは既設管きょへの影響を考慮して、小口径コアの採取による圧縮強度試験も有効である。¹⁾

テストハンマーによる方法では、コンクリートが乾いていること、測定面と垂直になるように打撃すること、コンクリート厚さは100mm以上であること、コンクリート表面が脆弱でないこと等、様々な制約があるため、既設管きょ内での確認試験としてはそぐわないと思われる。

ヤング係数はコンクリートの圧縮強度から推定することができる。

3-5. 鉄筋

鉄筋の降伏強度およびヤング係数については、既設管きょの設計図書により規格を確認する。これらの図書がない場合には、鉄筋が露出するまでコンクリートをはつりだし、既設管きょから鉄筋を直接切り出して、引張強度試験により確認を行う。ただし、切り出した鉄筋は曲げや傷が生じているため、降伏点が求めにくいとの、公的機関での見解もある。また、切り出した後の鉄筋の補修方法が困難な場合が多いため、全てに応用はできないと思われる。

更生工法の対象管として大部分を占める鉄筋コンクリート管の中で、その多くを占めている遠心力鉄筋コンクリート管は、使用している鉄筋が棒鋼ではなく、鉄線であるのがほとんどである。従って、JIS G 3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」ではなく、JIS G 3532「鉄線」の規格を引用しなければならないとこ

ろ、JIS G 3112 のSR235やSR295規格から、降伏強度の設計値を235N/mm²や295N/mm²と指定される場合もあるが、実際には鉄線の降伏強度はより大きいので、ましてや強度計算においては重要なデータのため、鉄筋についても詳細な調査が必要である。

4. おわりに

自立管とは違い、複合管の場合には既設管きょの調査が重要であり、現状の既設管きょを直接調査して、データを収集し、更生工法の選択やその後の強度計算等に活かせるような作業が必要である。

ガイドラインには、「既設管きょの強度は、調査で得た残存強度が布設当時の設計強度より大きい場合には、布設当時の設計強度を用いることとし、布設当時の設計強度より小さい場合には、調査で得た残存強度を用いることを基本とする。また、小口径管等に適用する場合で残存強度を定量的に判断することが難しい場合には、他の調査結果を参考に設定する等の方法によるとしてもよいが、強度の低減率を考慮し安全側に判断する。」と示されている。

設計者は安全側に判断することを優先として、残存強度を極端に小さくしたり、あるいは目視調査のみで、残存強度はなしというようなことがないように望む次第である。

【参考図書】

- 1) 第43回下水道研究発表会「中大口径管きょ改築に伴う既設管構造調査方法の検討」川崎市建設局 藤井則明
- 2) 「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン-2017年版-」(公社)日本下水道協会