

老朽下水道管渠の更生に関する耐荷力評価

日本工営(株) 中央研究所 正会員 川瀬貴行, 中野雅章, 師 自海
 東京都下水道サービス(株) 非会員 出口敏行

1. 背景

老朽化した既設下水道管渠の更生工法の中で、SPR 工法の設計は老朽管渠の残存耐荷力を考慮した上で終局耐荷力を評価すると規定されている¹⁾。しかし、鉄筋コンクリート構造物の終局耐荷力算定に必要なとするひび割れ非線形解析手法は、解析時間が長いことや専門知識が必要であること等、実設計で用いる上では利便性の面で課題がある。

そこで筆者らは、SPR 工法設計支援用として、既設および更生管渠の終局耐荷力を高精度且つ短時間で把握できるひび割れ非線形解析システムを開発した。本システムには、解析時間を短縮する為に分離式非線形解析手法を採用している。本稿は、分離式非線形解析手法の SPR 工法の終局耐荷力算定に関する定式化および精度の検証結果を紹介するものである。

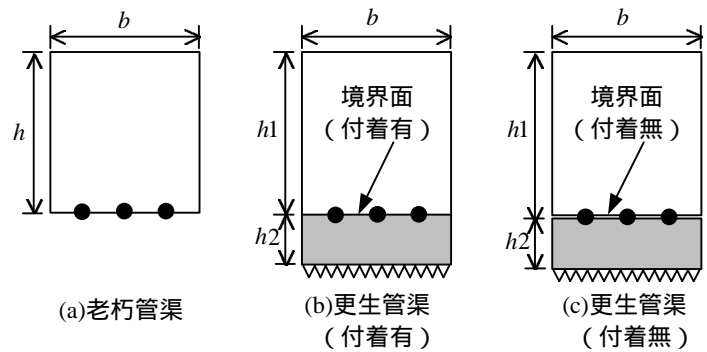
2. 分離式非線形解析手法の概要

分離式非線形解析手法は、RC 曲げ部材の終局状態に着目し、引張鉄筋による終局耐荷力と無筋状態のコンクリート構造による耐荷力貢献分をそれぞれ分離して計算し、その合計値を管渠の終局耐荷力とするものである²⁾。耐荷力を設計活荷重に対する荷重係数に置き換えて、本解析手法を定式化すると以下ようになる。

$$u = u_s + \frac{M_{us}}{M_{crack}} \cdot crack + (u_c - crack) \quad (式 - 1)$$

このうち、 u_s は鉄筋が負担する耐荷力であり、荷重と断面力との比例関係により算定される。 u_c は無筋状態の管渠による耐荷力貢献分であり、 u_c および $crack$ は、その状態における最大荷重およびひび割れ荷重である。また、 M_{us} は鉄筋による抵抗曲げモーメントであり、 M_{crack} はひび割れ発生時の曲げモーメントである。

u を算出するための各パラメータの算出方法は、部材断面の状況（かぶりや鉄筋の腐食状態）あるいは、SPR 更生管渠の場合既設コンクリート部材と更生モルタル部材の付着状況によっても異なる。次節に、かぶりが欠落した老朽管渠とそれを更生した管渠について、各パラメータの算出方法を示す。



3. 各パラメータの算出方法

1) 老朽管渠 (図 - 1(a)参照)

M_{us} については、以下の式により算出する。

$$M_{us} = 0.7 \cdot A_{s1} \cdot f_{ys1} \left(d - \frac{A_{s1} \cdot f_{ys1}}{2 \cdot 0.85 \cdot f_{cc} \cdot b} \right) \quad (式 - 2)$$

プレストレスコンクリート標準示方書において PC 鋼材とコンクリートに付着が無い場合は、付着が有る場合よりも曲げ耐荷力を 30% 低減するとされており³⁾、これに基づき本解析手法では M_{us} を 30% 減じている。

M_{crack} については断面係数と引張強度の積により算出し、 u_c 、 $crack$ については、FEM に基づく非線形ひび割れ解析により算出する。

各材料の所要値			
□	コンクリート	●	鉄筋
f_{cc}	: 圧縮強度	A_{s1}	: 断面積
f_{tc}	: 引張強度	f_{ys1}	: 降伏強度
E_c	: 弾性係数	E_{s1}	: 弾性係数
■	モルタル	〰	スチール補強材
f_{cm}	: 圧縮強度	A_{s2}	: 断面積
f_{tm}	: 引張強度	f_{ys2}	: 降伏強度
E_m	: 弾性係数	E_{s2}	: 弾性係数

図 - 1 各ケースの概要

キーワード：下水道管渠、SPR 工法、終局耐荷力、分離式非線形解析手法

連絡先：〒300-1259 茨城県稲敷郡荻崎町稻荷原 2304 Tel.0298-71-2032 Fax.0298-71-2022

2) 更生管渠

更生管渠の Mus を算出する場合、スチール補強材を鉄筋と同様の材料としてモデル化している。

既設部材と更生部材の境界面において付着が有る場合(図-1(b)参照)鉄筋とスチール補強材を等価鉄筋に置き換え単鉄筋部材として Mus を算出する。

一方、境界面において付着が無い場合(図-1(c)参照)基本的に既設部材と更生部材それぞれの抵抗モーメントの合計値を Mus とする。但し、既設部材と更生部材のうち、抵抗モーメントが小さい部材が先に破壊すると考え、その時点における複合部材の抵抗モーメントの合計値を算出する(図-2参照)。以下に、既設部材が先に破壊する場合を例として算出方法を示す。

$$Mus' = Mus1 + Mus2' = Mus1 + \frac{Em \cdot I_{m+s2}}{Ec \cdot I_{c+s1}} Mus1 \quad (式-3)$$

$Mus1$: 既設部材の抵抗モーメント(式-2に基づく)

$Mus2'$: 既設部材の破壊時における、更生部材の抵抗モーメント

I_{c+s1} : 鉄筋とコンクリートの換算断面2次モーメント

I_{m+s2} : スチール補強材とモルタルの換算断面2次モーメント

また $Mus1$ が $Mus2$ より極端に小さい場合、 $Mus2$ が Mus' より大きくなることも考えられる為、 Mus は両者の最大値とする。

$$Mus = \max(Mus', Mus2) \quad (式-4)$$

更生管渠の uc は FEM に基づく非線形ひび割れ解析により算出する。

また、老朽管渠と更生管渠における uc の比を更生効果(構造的・材料的要因を含む)として考え、老朽管渠の M_{crack} 、 $crack$ にその比を乗じたものを更生管渠の M_{crack} 、 $crack$ とする。

4. 精度の検証

内空寸法が 1500 × 1560mm の矩形渠に関して、本解析手法を用いて実験結果⁴⁾を再現し精度を検証した。なお再現したケースは、全面においてかぶり欠落した老朽管渠、老朽管渠を更生した更生管渠で境界面において付着が有るものと無いもの、計3ケースである。図-3に更生管渠概要図、図-4に検証結果を示す。

図-4から、実験結果に対する本解析手法による結果の比率は、老朽管渠で1.07となり、また更生管渠の場合付着有で1.01、付着無で0.83となり、本解析手法が実験結果を精度良く再現していることが分かる。これにより本解析手法の妥当性が確認された。

参考文献

- 1) 東京都下水道サービス(株), 積水化学工業(株), 足立建設工業(株): 大口径 SPR 工法設計マニュアル, 2000.
- 2) Z.Shi *et al*: A separate method for evaluating the ultimate load-carrying capacity of aging and renovated sewage structures, *Construction and Building Materials*, Vol.15/5-6, pp.271-282, 2001.
- 3) 土木学会: プレストレストコンクリート標準示方書, 1979.
- 4) 東京都下水道局, 東京都下水道サービス(株), 積水化学工業(株), 足立建設工業(株): 既設矩形渠等の更生工法の開発共同研究報告書, 1998.
- 5) 中野雅章他: 老朽下水道管渠の更生に関する設計支援システムの開発, 第56回年次学術講演会, 2001.

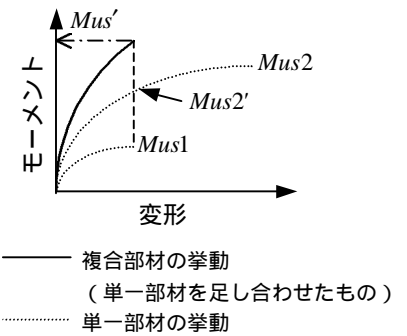


図-2 更生管渠(付着無)の Mus

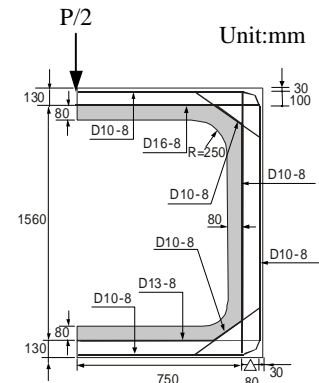
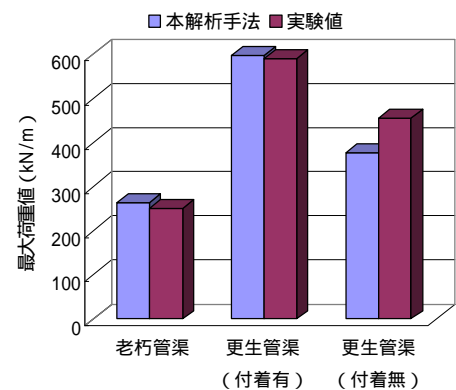


図-3 更生管渠概要図



	付着	最大荷重値 (kN/m)	
		本解析手法	実験結果
老朽管渠		268.81 (1.07)	251.13
更生管渠	有	598.68 (1.01)	592.10
	無	378.18 (0.83)	455.80

()内は実験結果に対する比率

図-4 検証結果