

V-417 下水道更生管渠の耐力評価に用いるRCひび割れ弾塑性解析手法の精度について

東京都下水道サービス株式会社 高橋 良文 杉本 克美*
日本工営株式会社 正会員○埴原 強 中津井邦喜 佐藤 健人**

1. まえがき 1995(平成7)年に概成100%の普及率を達成した東京都の下水道事業では、近年、都市部における大口徑老朽管渠の対策が急がれている。対応策の一つとして、東京都下水道局では任意断面の老朽管渠を非開削工法で、しかも供用しながら更生できる「自由断面SPR工法」技術を開発した¹⁾。本更生工法は、健全な新品管で新たに構築し直した場合と同等以上の耐力に既設老朽管を更生・延命化させることを要求性能の一つとしており、管渠の維持管理上から言うと、いわゆる「改築」に相当する工法である。こうした場合の更生管渠工事では、新設管の場合と同様に構造設計を行う必要があるが、そもそもひび割れや老朽劣化を伴う既設管渠と、新たに施工される更生管部材とのRC複合構造物として成り立つ更生管には、通常用いている許容応力度法による構造設計の適用には無理がある。本報では、著者らが採用しているRCひび割れ弾塑性解析手法による更生管耐力評価精度について報告する。

2. 更生管渠の耐力 解析精度の検討には東京都下水道局の共同研究成果を活用した²⁾。耐力を知るには管渠の破壊状態までの載荷試験が必要であるが、実際に埋設供用されている更生管渠での載荷実験は困難である。また、既設管の老朽状態が明確でないと、老朽既設管と更生部材とのRC複合構造物として成り立つ更生管渠の耐力評価手法の検討も困難である。共同研究では、新品管を人工的に加工して各種の老朽既設管状態を模擬した供試体を準備し、それに更生工法を施して更生管渠の載荷試験を実施した。表1に実験ケースを示す。管渠タイプはRC矩形渠(1,500×1,500)と円形管渠(ヒューム管φ1,000)の2種類で、載荷方法はJIS外圧試験に準じて破壊まで載荷した。

図1に各種の管渠状態に対して明らかになった破壊荷重(終局耐力)と、更生工法を施していない原管(新品管)の破壊荷重を基準値1.0とした場合の比率を示す。この結果によれば、自由断面SPR工法を適用した更生管渠の終局耐力は、原管のそれを十分に上回り、本工法の要求性能を満足している。図2は、既設管の老朽度に応じた更生工法による耐力の復元性を限られた試験結果より考察したもので、横軸に更生前の破壊荷重比率、縦軸に更生後の破壊荷重比率をとりRC矩形渠の結果をプロットしたものである(埋設状態を考慮した値)。すなわち、横軸右端の1.0が健全な新品管の状態であり、これを更生した場合の耐力は新品管の約1.5倍に増強される。既設管の老朽が進んでいると(横軸目盛りを左方向)更生工法を施した更生管渠の耐力も当然減少し、この結果でみると、更生前既設管の耐力が新品管の場合の約0.4倍以下に低下した状態であると、更生工法を適用しても新品管と同等以上の耐力の復元は困難であることが読み取れる。耐力が新品管の0.4倍程度の老朽状態を正確に説明するのは難しいが、本試験で用いた供試体の状態で言うと、既設管頂版部の部材厚を減肉させた状態と、それに加えて頂版部の曲げ引張鉄筋(内側鉄筋)を欠落させた状態の間に当てはまる。実際には既設管調査に基づいて判定すべきである。

3. RCひび割れ弾塑性解析手法の精度 老朽既設管と更生部材とのRC複合構造物として成り立つ更生管渠の耐力評価法として著者らが採用した手法は、ひび割れや塑性状態に起因するRC部材の非線形挙動を構造系全体の終局耐力状態まで追跡できる、いわゆる「破壊エネルギーに基づくRCひび割れ弾塑性解析モデル」である。このモデルでは、コンクリート物性の引張軟化特性に基づいたひび割れ解析を実施し、この際に、ひび割れの発生や進展の規準指標となる有効破壊エネルギー解放率の総和と構造全体系のひずみエネルギーロスとを等価におくことにより、構造系全体のひび割れに伴う耐力低下、および終局耐力までを追跡できる数値解析を可能としている³⁾。

図1で示した載荷試験の各ケースに対して実施した数値解析より得られた破壊荷重と、試験結果を図3に比較して示す。新品状態の原管から、各種老朽状態を模擬した既設管供試体に更生工法を施したRC複合構造状態の管渠に至るまで、工学的に十分な精度で耐力の評価ができています。図4は同様の比較を、横軸を試験値、縦軸を数値解析値にとって図化したものである。同図によれば、数値解析値の誤差は、破壊荷重が試験値より過小評価される安全側の誤差の方が大きく、反対に試験値より過大に評価することになる危険側誤差の精度は約1割である。

キーワード：下水道管渠、更生工法、終局耐力、RC弾塑性解析

* 〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-6-2 日本ビルディング

** 〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4

TEL:03-5321-1111 FAX:03-5388-1707

TEL:03-3238-8353 FAX:03-3238-8230 (地盤構造部)

4. あとがき 建設の時代から維持管理の時代が到来したこれからの施設管理は、補修のみにとどまらず施設の延命化が求められる。この場合、老朽部分を含むRC複合構造物を対象とした合理的な設計法を確立しておくことが重要であり、著者らは耐震設計法も含めて⁴⁾検討を続けている。これらの成果が参考になれば幸いである。

表1 載荷試験に用いた各種状態の管渠供試体

RC 矩形渠(1500×1500)				円形管渠(ヒューム管φ1000)			
既設管状態	(略称)	更生管状態	(略称)	既設管状態	(略称)	更生管状態	(略称)
新品管	(原管)	新品管+SPR	(SPR 管)	新品管	(原管)	新品管+SPR	(SPR 管)
		ひびわれ後の新品管+SPR	(crSPR 管)			ひびわれ後の新品管+SPR	(crSPR 管)
		初期応力載荷状態の新品管+SPR	(psSPR 管)			初期応力載荷状態の新品管+SPR	(psSPR 管)
頂版部材減肉新品管	(減肉原管)	頂版部材減肉新品管+SPR	(減肉 SPR 管)				
頂版部材減肉+鉄筋欠落新品管	(頂筋無原管)	頂版部材減肉+鉄筋欠落新品管+SPR	(頂筋無 SPR 管)				

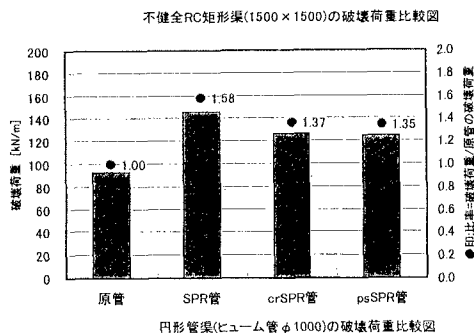
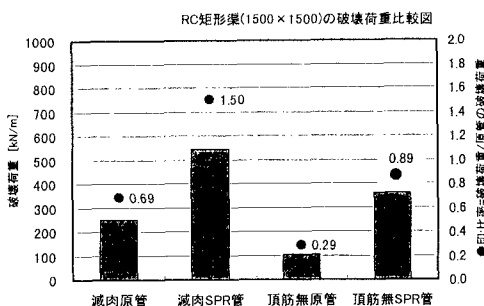
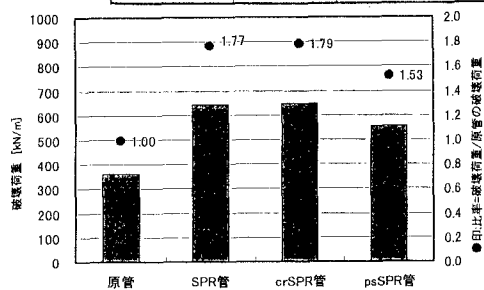


図1 外圧試験による破壊荷重比較図

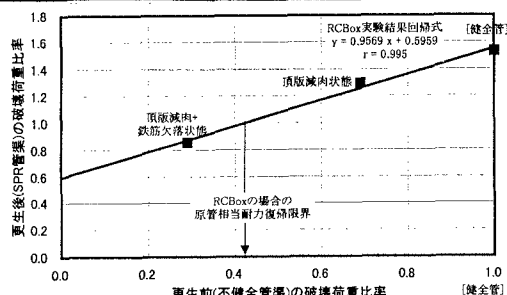


図2 SPR工法の耐荷力復元性能関係図

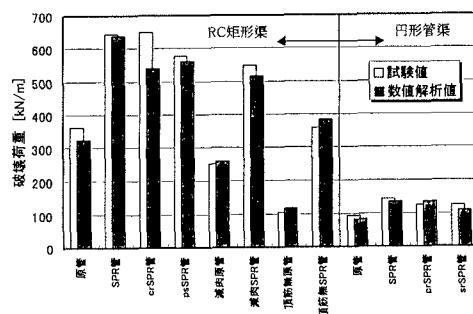


図3 破壊荷重に関する数値解析値と試験値の比較-1

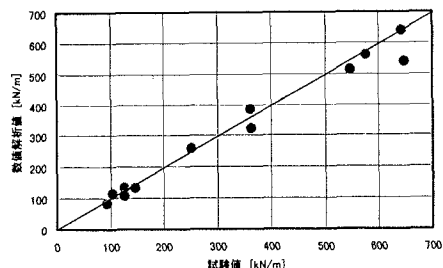


図4 破壊荷重に関する数値解析値と試験値の比較-2

参考文献：1)大迫健一、伊東三夫、高橋良文、杉本克美(1999)，自由断面SPR工法の開発と現場施工，トンネルと地下，第30巻1号，pp.53-61 2)東京都下水道局、東京都下水道サービス株式会社、積水化学工業株式会社、足立建設工業株式会社(1998)，既設矩形渠等の更生工法の開発共同研究報告書 3)師 自海、中野雅章、伊東三夫、中坪雄二(1997)，弾塑性モデルによる鉄筋コンクリートのひび割れ解析，土木学会第52回年次学術講演会，V-253，pp.506-507 4)高橋良文、出口敏行、田中 弘、須磨康正、中野雅章(1999)，下水道更生管渠の耐震性能に関する数値解析検討，土木学会第54回年次学術講演会(投稿済み)