

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

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

1. はじめに

近年コンクリートの終局耐力を評価するための数値解析技術の発展は目覚しく、ひび割れ非線形解析手法の実務レベルでの適用例も多くみられるようになった。ところが、このような解析手法は同手法に関して馴染みの薄い設計者にとっては扱いにくいところがあり、さらに入力データの作成、計算等の所要時間も比較的長時間になるという問題があることも否めない。開発された高度な解析技術を実設計に幅広く適用する上では、ヒューマンインターフェイスに優れ、使い易かつ短時間で結果が得られる解析ツールが求められている。

2. SPR 工法に関する設計支援システムの開発

老朽化により腐食・破損した下水道管渠の更生工法である SPR 工法は、老朽化した既設管渠とプロファイル更生管の間隙にレジン系モルタルの裏込め材を注入して強固な複合管に更生する工法として実用化されている¹⁾。SPR 工法の設計にあたっては、既設管渠の耐力能力を把握した上で、更生管渠の終局耐力を評価できる解析手法が求められている。このような背景を受けて、著者らは、操作性に優れ、短時間でひび割れ非線形解析を行うことができる SPR 工法の設計支援システムを開発した。

3. システムにおける耐力評価法

「大口径 SPR 工法設計マニュアル」²⁾では、以下の照査により SPR 工法による更生管渠の要求耐力を評価し、設計の指標とすることが推奨されている。

- 1) 使用限界状態に対する検討...設計荷重までは新たなひびわれを発生しないことを確認する。
- 2) 終局耐力状態を指標とした検討...更生管渠の終局耐力が、設計荷重に基づく設計耐力の 2.5 倍以上の安全率を有することを確認する。

本システムでは、上記の設計方針に基づき、更生管渠の要求耐力について、次式に示すような荷重係数を指標とした耐力評価を行い、満足するか否かの判定を行う。

$$\frac{\sigma_{crack}}{\sigma_u} > 1.0 \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_{design}} > 2.5 \quad (2)$$

ここに、 σ_{crack} と σ_u はそれぞれ、設計活荷重（設計耐力）に対するひび割れ荷重係数および最大荷重係数である。

荷重係数の算出には分離式非線形解析手法を導入している³⁾。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力と無筋状態のコンクリート構造による耐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力とするものであり、その精度は RC 一体化モデルを用いたひび割れ非線形解析による結果と同等であり³⁾、実験結果⁴⁾を良い精度で再現できることを確認している。分離式非線形解析手法を導入したことにより、FEM に基づく非線形数値解析は無筋コンクリートを対象とするため、計算時間は大幅に短縮できる。また、無筋状態の下水道管渠に関するメッシュの自動作成も容易となり、入出力処理を含めた計算の一括処理が可能となった。

4. システムの概要

本システムは、パソコンで動作する Windows ベースのシステムであり、Windows98、Windows NT の環境下で使用可能である。本システムによる設計支援は a. 設計条件の入力、b. 入力条件のチェック、c. 解析、d. 結果出力の順で行われ、解析結果の出力画面においては、前述の使用限界状態および終局限界状態に関する照査の判定を出力する。解析の所要時間は、例えば、CPU:Pentium 500MHz、メモリ:256MB の環境下なら、断面寸法 1500mm×1500mm の矩形渠の耐力評価を 10 分程度で行うことができる。これは、上記の一連の手順を考えると、市販されているひび割れ非線形解析ソフトと比較して格別に短時間である。また、解析結果は入力諸条件と共に一つのファイルに保存されるため、データの管

キーワード：下水道管渠、SPR 工法、設計支援システム、終局耐力、分離式非線形解析法
 連絡先：〒300-1259 茨城県稲敷郡茎崎町稲荷原 2304 Tel.0298-71-2032 Fax.0298-71-2022

理が明確で解析条件に関する照合も容易である。さらに、条件の変更も簡単操作で可能なため、個々の入力諸条件の感度解析等を含めた合理的な設計に向けての試行計算も短時間で実行可能である。図 - 1 に本システムにおける入出力画面例を示す。

入力ウィンドウの一部

解析条件の入力
構造形式、物性値、鉄筋、荷重

自動メッシュ分割機能

解析条件の確認
有限要素モデル図、入力条件値

計算実行

解析結果の出力
解析情報、荷重係数、判定結果等

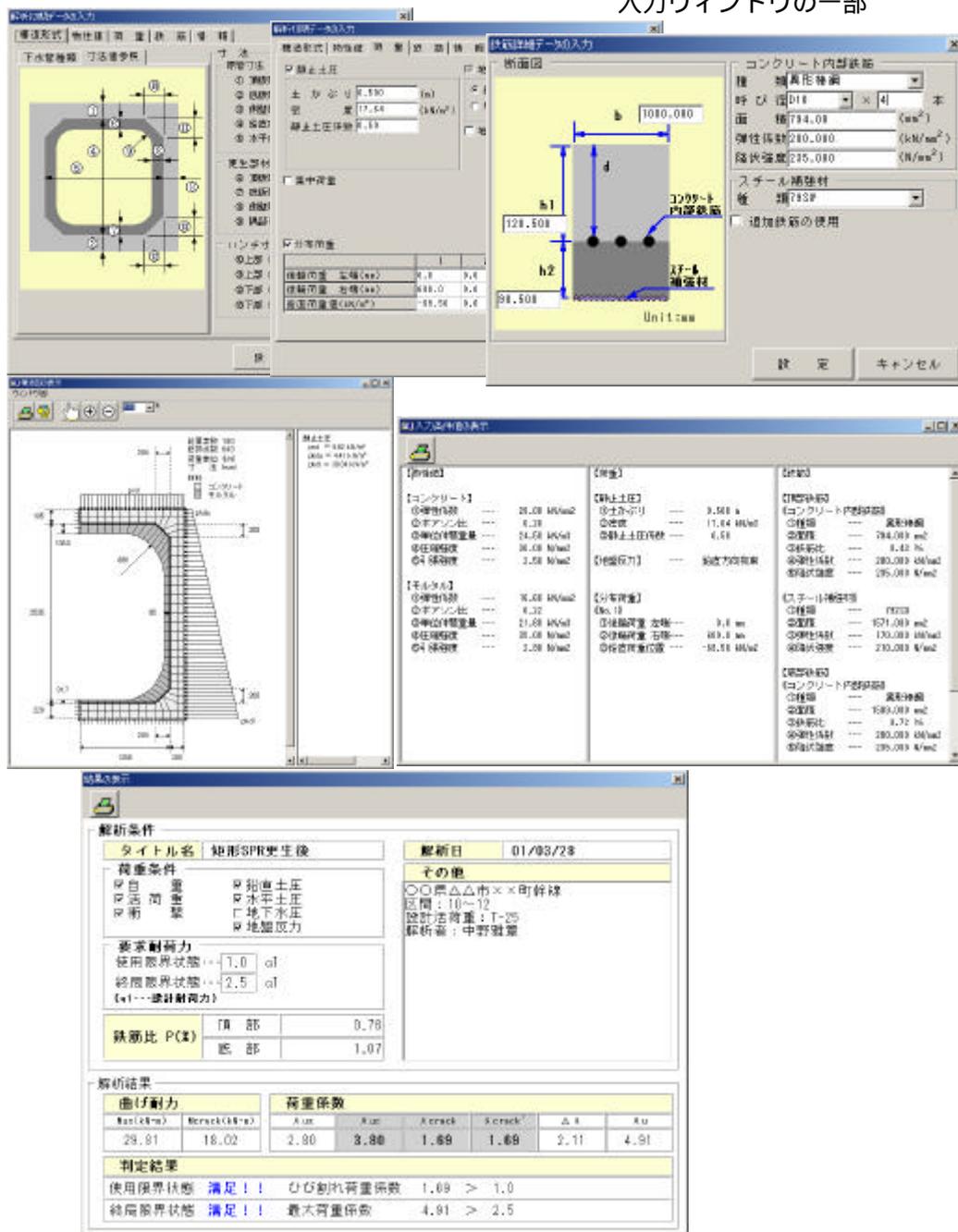


図 - 1 入出力画面例

5. まとめ

構造解析分野における高度な解析技術を広く実設計に生かすための一例として、分離式非線形解析手法を用いた設計支援システムの開発を行った。システムは簡単操作で、短時間で結果を得ることができるものであり、ひび割れ解析について専門知識が少ない一般設計者にとっても使いやすいため、実設計において有用なツールとなるものと思われる。

参考文献

- 1) 大迫健一他：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.53-61，1999.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 川瀬貴行他：老朽下水道管渠の更生に関する耐荷力評価，土木学会第 56 回年次学術講演概要集，2001.