

非線形ひび割れ解析による複合管の設計ソフトウェア -SPRana & 3S_Design-

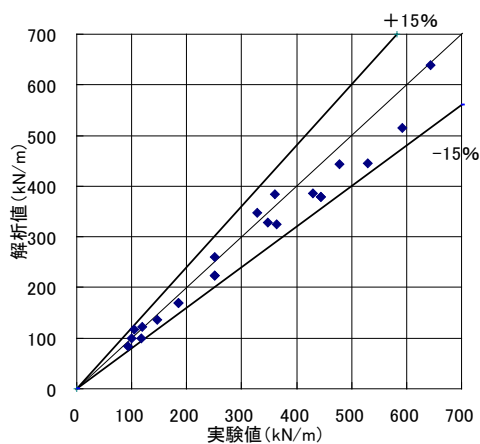
■背景

昨今、老朽管更生への取り組みが全国で急速に進められつつある。これらの新事業を支える技術手引書のひとつとして、平成20年9月に発行された「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き(案)」(社)日本下水道協会)があり、同手引き(案)では弊社が構築した複合管の設計法(非線形ひび割れ解析技術を適用した限界状態設計法)の適用が推奨されている。

■概要

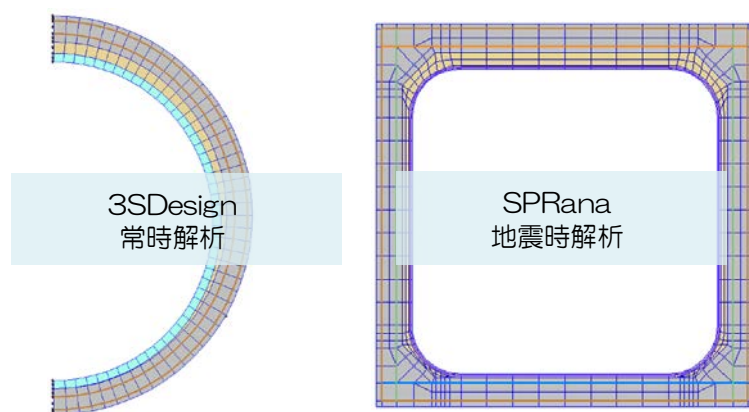
SPRana^{*1} および 3S_Design^{*2} は、弊社開発の非線形ひび割れ解析技術(2次元 FEM 非線形ひび割れ解析汎用プログラム)および複合管の設計手法を一般技術者向けにパッケージ化し、SPR 工法および 3S セグメント工法による複合管の終局限界状態における断面力照査を行うソフトウェアである。

既設管調査から得られた材料条件や埋設条件、更生仕様を入力することで、世界で他に例を見ない RC 構造物の FEM 用メッシュの自動作成に加え、非線形ひび割れ解析、断面力図作成や報告書作成までを自動的に行うことが可能である。適用可能な管渠形状は、矩形渠、蓋掛け渠、馬蹄渠、円形渠で、また、SPR 工法に関しては、地中構造物の一般的な耐震設計で用いられる応答変位法の概念を導入した耐震性能照査機能も有している。周面地盤バネやレベル 1 およびレベル 2 相当の地震荷重条件についても関連指針類に準拠して自動設定される。構造物のモデルは、材料非線形を考慮し、老朽状態やひび割れ発生・進展を考慮可能な非線形 FEM 解析手法を用いて、複合管の性能を評価する機能を有している。



実験値と解析値の整合性を確認

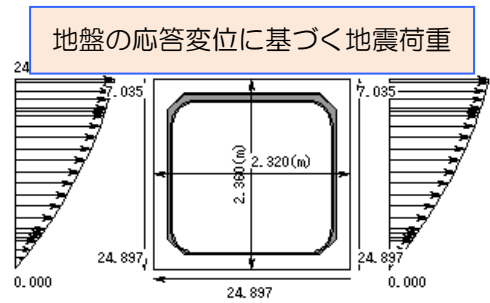
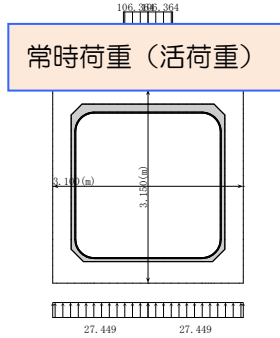
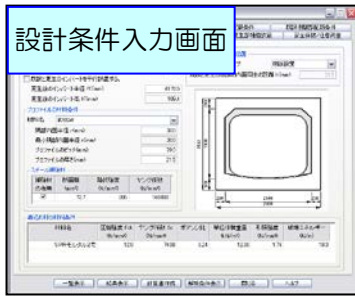
自動メッシュ作成機能



SPRana および 3S_Design を用いて、常時荷重および地震時荷重 (SPR 工法のみ) の照査を行った事例を示す。本設計ソフトを使用することで、断面力照査・断面力図・ひび割れ発生状況が明確化され、更生断面の合理的な設計が可能となる。

※1: SPRana: 東京都下水道サービス(株)、足立建設工業(株)、積水化学工業(株)およびシビルソフト開発(株)との共同開発

※2: 3S_Design: (株)湘南合成樹脂製作所およびシビルソフト開発(株)との共同開発



◆ 常時荷重照査

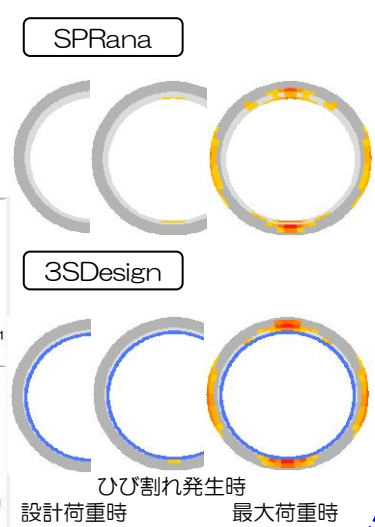
照査結果画面

SPRana		使用限界状態		設計荷重でのひび割れ発生しない	
3SDesign		使用限界状態		設計荷重でのひび割れ発生しない	
終局限界状態 - 曲げモーメント					
部材位置		頂部	側部	底部	
(γ _r 設計荷重時の発生断面力)	M (kN·m)	5,322	4,810	4,470	22,435
構造解析係数	γ _s	1.10	1.10	1.10	1.30
設計断面力	Md (kN·m)	5,854	5,290	4,916	
最大発生断面力	Mu (kN·m)	12,827	12,340	12,170	
材料係数	γ _m	1.30	1.30	1.30	1.10
設計許容断面力	Md (kN·m)	7,596	6,875	7,716	
構造物係数	γ _f	1.10	1.10	1.10	
照査	γ _r ·Md/Md ≤ 1.0	0.848	0.796	0.858	
終局限界状態 - せん断力					
部材位置		頂部	側部	底部	
(γ _r 設計荷重時の発生断面力)	V (kN)	15,931	16,327	16,475	78,143
構造解析係数	γ _s	1.10	1.10	1.10	1.30
設計断面力	Vd (kN)	17,524	17,954	18,319	
最大発生断面力	Vu (kN)	49,209	50,490	52,734	41,501
材料係数	γ _m	1.30	1.30	1.30	1.10
設計許容断面力	Vd (kN)	28,178	29,888	31,218	
構造物係数	γ _f	1.10	1.10	1.10	
照査	γ _r ·Vd/Vd ≤ 1.0	0.642	0.653	0.639	
終局限界状態 - 軸力					
部材位置		頂部	側部	底部	
(γ _r 設計荷重時の発生断面力)	N (kN)	25,134	48,457	37,235	343,852
構造解析係数	γ _s	1.10	1.10	1.10	1.30
設計断面力	Nd (kN)	27,641	53,314	40,927	
最大発生断面力	Nu (kN)	55,818	178,585	121,111	143,234
材料係数	γ _m	1.30	1.30	1.30	1.10
設計許容断面力	Nd (kN)	32,355	165,372	48,556	
構造物係数	γ _f	1.10	1.10	1.10	
照査	γ _r ·Nd/Nd ≤ 1.0	0.836	0.555	0.927	

断面力図



クラック図

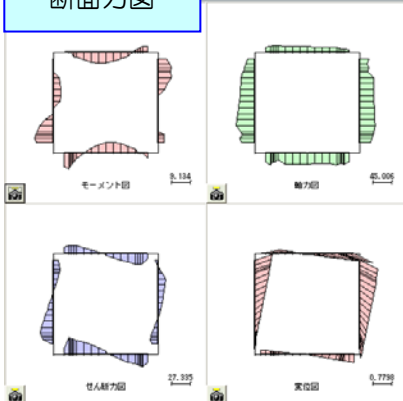


◆ 地震時荷重照査

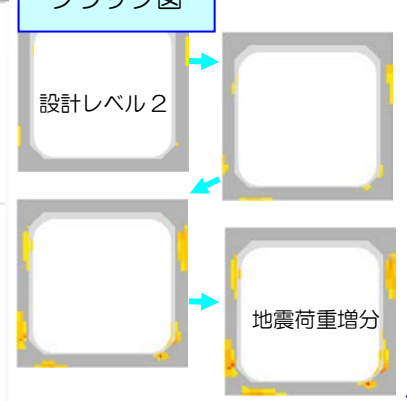
照査結果画面

SPRana		使用限界状態		設計荷重でのひび割れ発生しない	
3SDesign		使用限界状態		設計荷重でのひび割れ発生しない	
終局限界状態 - 曲げモーメント					
部材位置		左側壁	右側壁	左側壁	右側壁
(γ _r 設計荷重時の発生断面力)	M (kN·m)	5,205	9,134	7,664	
構造解析係数	γ _s	1.1	1.1	1.1	
設計断面力	Md (kN·m)	5,780	10,047	8,400	
最大発生断面力	Mu (kN·m)	8,027	50,259	41,036	
材料係数	γ _m	1.3	1.3	1.3	
設計許容断面力	Md (kN·m)	4,750	28,327	24,262	
構造物係数	γ _f	1.1	1.1	1.1	
照査	γ _r ·Md/Md ≤ 1.0	1.394	0.972	0.382	
終局限界状態 - せん断力					
部材位置		左側壁	右側壁	左側壁	右側壁
(γ _r 設計荷重時の発生断面力)	V (kN)	13,318	19,104	27,335	
構造解析係数	γ _s	1.1	1.1	1.1	
設計断面力	Vd (kN)	14,650	21,014	30,069	
最大発生断面力	Vu (kN)	24,476	81,082	64,005	
材料係数	γ _m	1.3	1.3	1.3	
設計許容断面力	Vd (kN)	18,891	47,976	37,679	
構造物係数	γ _f	1.1	1.1	1.1	
照査	γ _r ·Vd/Vd ≤ 1.0	1.160	0.482	0.879	

断面力図



クラック図



■ その他の適用例

弊社が開発した2次元FEM非線形ひび割れ解析技術は、下水道管きよ以外の構造物にも適用可能である。適用事例としては、ダム・トンネル・橋梁・道路等のコンクリート構造物があり、自社開発の解析コードを用いることで、上記構造物に対して設計支援システムの構築、個別の変状解析、健全度評価、合理的・経済的な補強設計の提案などのサービス提供が可能である。