

鉄筋コンクリート面部材の合理化設計に用いる数値計算手法に関する一考察

大成建設土木設計部	正会員	○山本	平
大成建設技術センター	正会員	福浦	尚之
ドルフィン システム	非会員	福田	晶世
大成建設技術センター	正会員	加納	宏一

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）製円形立坑やLNG地下タンクでは、その構造形状や荷重条件により二方向の軸力と曲げモーメント及び面内せん断力が同時に作用するRC面部材の設計を行っている。具体的には、面内せん断力を軸力に加えた換算軸力と曲げモーメントを用いて面部材を一方向部材に置き換えて、各々個別にRC計算を行う方法が一般的である。この方法は換算軸力を設定する際に仮定が入ることになり、場合により安全側の設計となる¹⁾。本報では、面部材をRC非線形積層シェルにモデル化し二方向断面力を受ける面部材としてRC計算を行う方法を実施し、従来手法との比較を行い、本手法を用いたRC面部材の設計合理化について検討を行った。

2. 二方向断面力を受ける面部材のRC計算手法

二方向断面力を受ける面部材は、RC非線形積層シェルにモデル化できる^{2, 3)}。断面力は、厚さ方向に分割した各層におけるひずみ状態にコンクリートの2次元平面応力モデルと鉄筋モデルを適用して算定した応力を積分することにより求められる。コンクリートの2次元平面応力モデルには、回転ひび割れモデルを採用した。これは、ひずみと応力の主軸を一致させるモデルであり、コンクリートの単軸の応力-ひずみ関係のみで構成出来ることからプログラム化が大変簡略化される利点を有している⁴⁾。既知条件として与えられた断面力及び断面諸元より、コンクリート及び鉄筋の応力とひずみを算出するフローを図-1に示す。

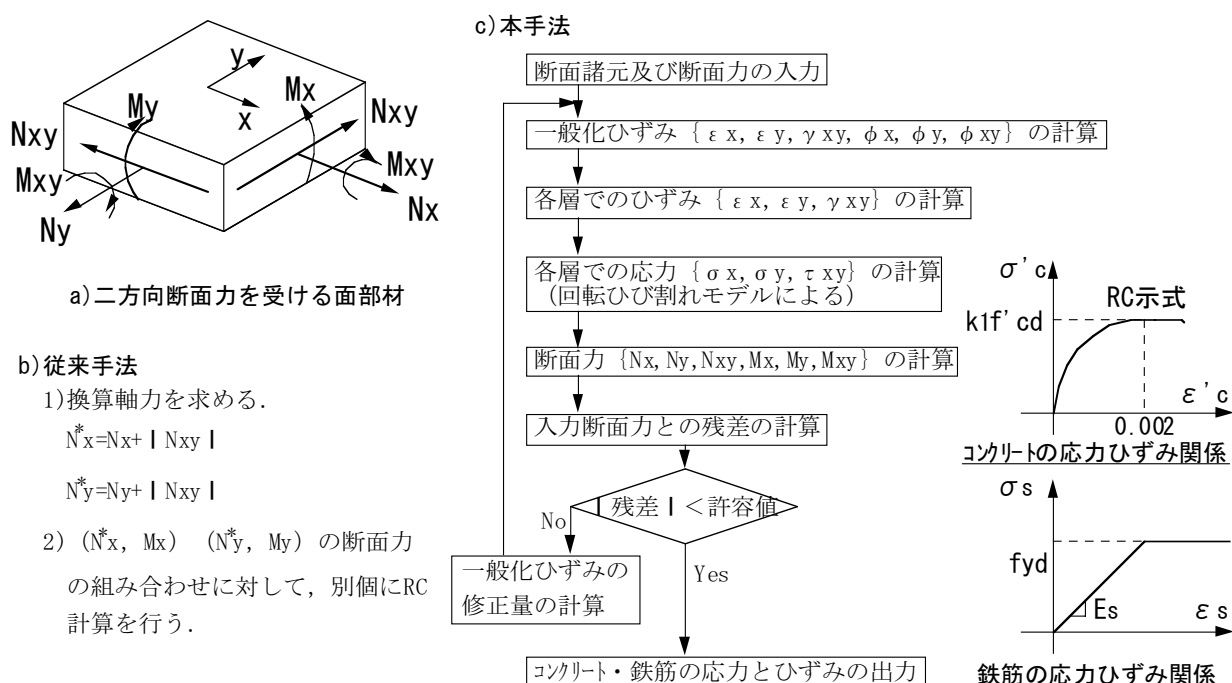


図-1 二方向断面力を受けるRC面部材の計算方法

3. 比較検討結果

従来手法と本手法との差を分かりやすくするために、X/Y方向の鉄筋配置は同じとし、従来手法で鉄筋応力がキーワード 面部材、積層シェル、面内せん断力

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル）TEL 03-5381-5417

弾性限界（ $\sigma_s = f_{yd}$ ）となる断面力の組み合わせを基本ケースとして、この状態での換算軸力を軸力及び面内せん断力に分配して本手法による計算を行った。従来手法は、鉄筋応力の照査に用いるものであるので、結果比較は鉄筋応力についてのみ行う。検討結果を表-1に示す。

ケースⅠは X/Y 方向ともに同じ基本ケースを組み合わせた場合である。鉄筋限界値との比は 0.88～1.00 であり、換算軸力が圧縮側に大きくなるほど本手法による鉄筋応力は従来手法に比べて小さくなっている。ケースⅡは X/Y 方向に異なる基本ケースを組み合わせた場合である。鉄筋限界値との比は 0.82～1.04 であり、本手法の方が鉄筋応力が大きくなるケースがみられる。ケースⅢは X/Y 方向のモーメントが逆向になるように基本ケースを組み合わせた場合である。鉄筋限界値との比は 0.70～0.82 であり、検討ケースの中で最も鉄筋応力の低減率が大きくなっている。

これらの検討において用いている鉄筋及びコンクリートの材料モデルは同じものであり、従来手法との間に生じた鉄筋応力の差は換算軸力による 1 方向断面力への置き換えをせずに、作用断面力に忠実にその挙動をモデル化したことによるものである。

表-1 検討条件及び結果一覧

a) 断面諸元				b) 従来手法による基本ケースの設定				
壁厚 t		1500mm		基本ケース	断面力（符号は図-1a)参照）		算定応力(N/mm ²)	
鉄筋配置		D32@200 芯かぶり 150mm (上下段, X/Y方向同じ)			N* (kN/m)	M (kN*m/m)	コンクリート	引張鉄筋
コンクリート圧縮強度 f' ck		30N/mm ²		A	2740	0	0	345
鉄筋降伏強度 fyk		345N/mm ²		B	0	1698	-8.3	345
				C	-8050	5668	-20.5	345

c) 本手法による検討結果一覧										
ケース	基本ケースの組合せ		断面力（軸力, 面内せん断力:kN/m, モーメントkN*m/m)					引張鉄筋応力(N/mm ²)		
	X方向	Y方向	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	X方向	Y方向	
Ⅰ	1	A	A	1740	1740	1000	0	0	345(1.00)	345(1.00)
	2	B	B	-1000	-1000	1000	1698	1698	338(0.98)	338(0.98)
	3	C	C	-9050	-9050	1000	5668	5668	304(0.88)	304(0.88)
Ⅱ	1	A	B	1740	-1000	1000	0	1698	340(0.99)	360(1.04)
	2	A	C	1740	-9050	1000	0	5668	292(0.85)	359(1.04)
	3	B	C	-1000	-9050	1000	1698	5668	284(0.82)	329(0.95)
Ⅲ	1	B	B*	-1000	-1000	1000	1698	-1698	266(0.77)	266(0.77)
	2	C	C*	-9050	-9050	1000	5668	-5668	283(0.82)	283(0.82)
	3	B	C*	-1000	-9050	1000	1698	-5668	242(0.70)	296(0.86)
備考	*付きはモーメントを反転		符号は図-1a)参照					()は鉄筋限界値との比		

注) 本検討では比較のため鉄筋は弾性とした。

4. まとめ

- 二方向断面力を受ける面部材を非線形積層シェルとしてモデル化する本手法は、従来の換算軸力を用いる手法に比べて、合理的に鉄筋及びコンクリートの応力とひずみを算定できることが示された。
- 数値計算は一般の表計算ソフトのマクロ機能を利用した簡易なプログラムで実行した。所用計算時間はごく僅か（繰り返し計算回数 20 回程度）であり、本手法を利用することにより設計作業の負荷が増大するものではない。
- 今回検討した断面力の組み合わせは想定したものである。今後は実構造物の設計に用いて合理化の定量把握を行い、実務設計への適用性を検討していく必要が有る。
- 非線形積層シェルに組み込む 2 次元平面応力モデルは限定されるものではなく、材料モデルの高精度化にたやすく適用可能であり、最新の知見を取り込みやすい手法と言える。

参考文献

- 吉竹豊尚, 守屋雅之 他: 面外曲げモーメント軸力及び面内せん断力を同時に受ける面部材の設計手法に関する一考察, 土木学会第 54 回年次学術講演会, VI-44, pp. 88-89, 1999.
- Maekawa, K., Pimanmas, A. and Okamura, H.: NONLINEAR MECHANICS OF REINFORCED CONCRETE, Spon Press, London, 2003.
- M. A. Polak, F.J. Vecchio: Reinforced concrete shell elements subjected to bending and membrane loads, ACI, Str. J, V.91, No.3, May-June, 1994.
- 土木学会コンクリート委員会: 構成モデル小委員会 (301) 成果報告書, コンクリート技術シリーズ No. 21, 1997.