

面内力を受ける平面部材 --Plates Subjected to In-Plane Forces--

東京都市大学 都市工学専攻 葉山瑞樹

目次

- 1.はじめに 1
- 2.コンクリート標準示方書による方法
 - 2-1 設計断面力..... 2
 - 2-2.設計耐力..... 2
 - 2-3.照査式..... 3
- 3. 例題を用いた安全性照査..... 3
- 4.まとめ..... 4
- 参考文献..... 4

1. はじめに¹⁾

面部材やシェル構造は外荷重に対し、その面内方向に荷重を受け持つことが多い。耐震壁で代表される壁式構造(shear wall),箱桁(box girder)あるいは円管状の格納容器(containment vessel)が代表例となる(図-1 参照)。

図-1 に例示したような面内力を受ける RC 部材の単位要素を取り出すと基本的には図-2 のような面内問題に帰着する。図中では一般的に用いられる 2 方向配筋網を模しているもので、作用している面内力は直応力成分(normal stress)とせん断応力成分(shear stress)に分解される、主応力方向 θ における主応力 σ_1, σ_2 と考えることが出来る。従い、この単位要素の応力場として(a)主応力場(σ_1, σ_2),x-y 座標系(鉄筋方向)($\sigma_1, \sigma_2, \tau_{xy}$) のいずれかを用いることになる。

シェル要素に作用する荷重は幅 b ,厚さ t 当りの断面力(曲げ,せん断力, 軸力)を用いることが多いが、 σ_1, σ_2 は応力単位に換算してあるものとする。例えば、主面内力 N_1, N_2 とは $N_1=bt\sigma_1, N_2=bt\sigma_2$ の用に対応する。このような基本要素はせん断成分が大きいと斜めひび割れが生じ、コンクリート,鉄筋網が作用荷重に対して抵抗する。

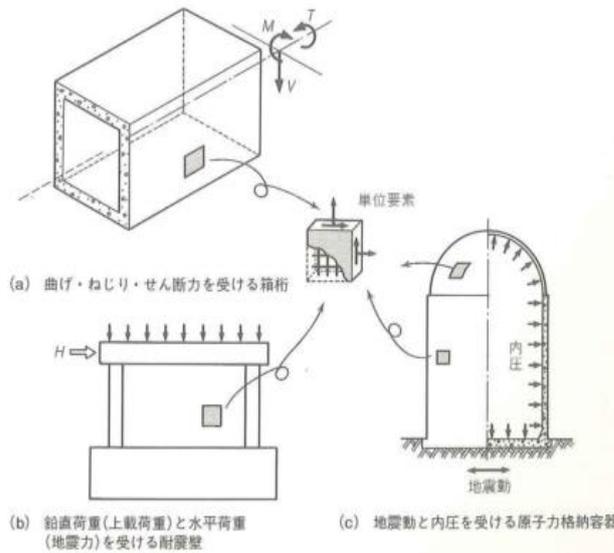


図-1 面内力を受けるRC構造物と基本要素

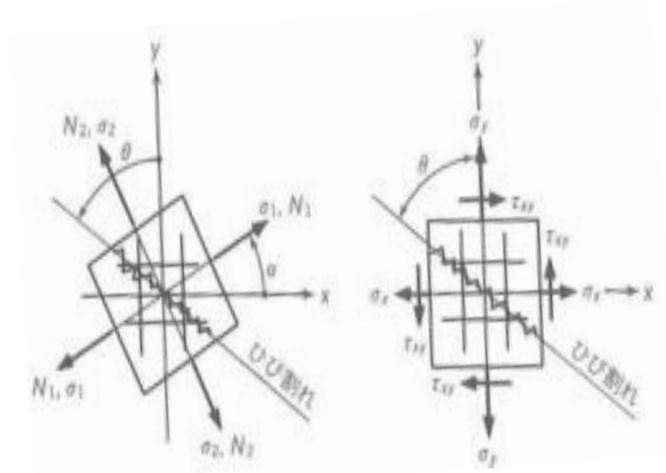


図-2 面内力を受ける直交配筋鉄筋コンクリート平板の単位要素

2. コンクリート標準示方書による方法¹⁾²⁾

2-1. 設計断面力

設計断面力は図-2のような仮定のもと、Baummanによる算定諸式を提示する。両方向の鉄筋軸力 T_x, T_y 、コンクリートの斜め圧縮力 C'_d は次式のように与えられる。

$$T_{xd} = N_1 \cos^2 \alpha + N_2 \sin^2 \alpha + (N_1 - N_2) \sin \alpha \cos \alpha \quad (9.19)$$

$$T_{yd} = N_2 \cos^2 \alpha + N_1 \sin^2 \alpha + (N_1 - N_2) \sin \alpha \cos \alpha \quad (9.20)$$

$$C'_d = 2(N_1 - N_2) \sin \alpha \cos \alpha \quad (9.21)$$

2-2. 設計耐力

両方向鉄筋の設計降伏耐力 T_{xyd}, T_{yyd} 及びコンクリートの斜め圧縮力 C'_{ud} は次式のように与えられる。

$$T_{xyd} = \frac{A_{sx} f_{yd}}{\gamma_{bs}} = \frac{p_x f_{yd} bt}{\gamma_{bs}} \quad (9.23)$$

$$T_{yyd} = \frac{A_{sy} f_{yd}}{\gamma_{bs}} = \frac{p_y f_{yd} bt}{\gamma_{bs}} \quad (9.24)$$

$$C'_{ud} = \frac{f'_{ucd} bt}{\gamma_{cs}} \quad (9.25a)$$

ただし、

$$p_x = \frac{A_{sx}}{bt} \quad p_y = \frac{A_{sy}}{bt}$$

$$f'_{ucd} = 2.8(\sqrt{f'_{cd}}) \leq 17\text{N/mm}^2 \quad (9.25b)$$

ここで部材係数は $\gamma_{bs}=1.15$, $\gamma_{bc}=1.3$ とする.

2-3.照査式

式(9.19)~(9.21)及び, 式(9.23)~(9.25)が土木学会「コンクリート標準示方書」による方法で照査方法は次のように表される.

$$\gamma_i \frac{T_{xd}}{T_{xyd}} \leq 1.0 \quad \gamma_i \frac{T_{yd}}{T_{yyd}} \leq 1.0 \quad \gamma_i \frac{C'_d}{C'_{ud}} \leq 1.0 \quad (9.26)$$

ここで γ_i は構造物係数(≥ 1.0)を表す.

断面諸元	t(mm)	400
	b(mm)	900
	P _x	0.0250
	P _y	0.0250
材料条件	f _{yd} (N/mm ²)	295.0
	f _{ck} (N/mm ²)	30.0
	f _{cud} ≤ 17(N/mm ²)	13.5
安全係数	γ _c	1.3
	γ _s	1
	γ _{bc}	1.3
	γ _{bs}	1.15
	γ _i	1.2
荷重条件1	N1	1500000
	N2	-1500000
荷重条件2	N1	1500000
	N2	-3000000
N1とX方向筋の角度	α 1°	15
	α 2°	45
	α 3°	0
	α 4°	90
荷重条件1:a 1	T _{xd} (MN)	2.05
	T _{yd} (MN)	-0.55
	C' _d (MN)	1.50
荷重条件1:a 2	T _{xd} (MN)	1.50
	T _{yd} (MN)	1.50
	C' _d (MN)	3.00
荷重条件1:a 3	T _{xd} (MN)	1.50
	T _{yd} (MN)	-1.50
	C' _d (MN)	0.00
荷重条件1:a 4	T _{xd} (MN)	-1.50
	T _{yd} (MN)	1.50
	C' _d (MN)	0.00
荷重条件2:a 1	T _{xd} (MN)	2.32
	T _{yd} (MN)	-1.57
	C' _d (MN)	2.25
荷重条件2:a 2	T _{xd} (MN)	1.50
	T _{yd} (MN)	1.50
	C' _d (MN)	4.50
荷重条件2:a 3	T _{xd} (MN)	1.50
	T _{yd} (MN)	-3.00
	C' _d (MN)	0.00
荷重条件2:a 4	T _{xd} (MN)	-3.00
	T _{yd} (MN)	1.50
	C' _d (MN)	0.00
設計耐力	T _{xyd} (MN)	2.31
	T _{yyd} (MN)	2.31
	C' _{ud} (MN)	3.72

3. 例題を用いた安全性照査¹⁾

図-4のような面内力を受ける直交配筋鉄筋コンクリート平板の安全性を荷重条件 1, 2 について照査する.
設計条件, 照査結果を表-1 に示す.

表-1 設計条件及び照査結果

	各荷重条件:a 1~4	照査結果	OKorNG
$\gamma_i(T_{xd}/T_{xyd}) \leq 1.0$	荷重条件1:a 1	1.07	NG
	荷重条件1:a 2	0.78	OK
	荷重条件1:a 3	0.78	OK
	荷重条件1:a 4	-0.78	OK
	荷重条件2:a 1	1.21	NG
	荷重条件2:a 2	0.78	OK
	荷重条件2:a 3	-1.56	OK
	荷重条件2:a 4	0.78	OK
$\gamma_i(T_{yd}/T_{yyd}) \leq 1.0$	荷重条件1:a 1	-0.29	OK
	荷重条件1:a 2	0.78	OK
	荷重条件1:a 3	-0.78	OK
	荷重条件1:a 4	0.78	OK
	荷重条件2:a 1	-0.82	OK
	荷重条件2:a 2	0.78	OK
	荷重条件2:a 3	-1.56	OK
	荷重条件2:a 4	0.78	OK
$\gamma_i(C'd/C'ud) \leq 1.0$	荷重条件1:a 1	0.48	OK
	荷重条件1:a 2	0.97	OK
	荷重条件1:a 3	0.00	OK
	荷重条件1:a 4	0.00	OK
	荷重条件2:a 1	0.72	OK
	荷重条件2:a 2	1.45	NG
	荷重条件2:a 3	0.00	OK
	荷重条件2:a 4	0.00	OK

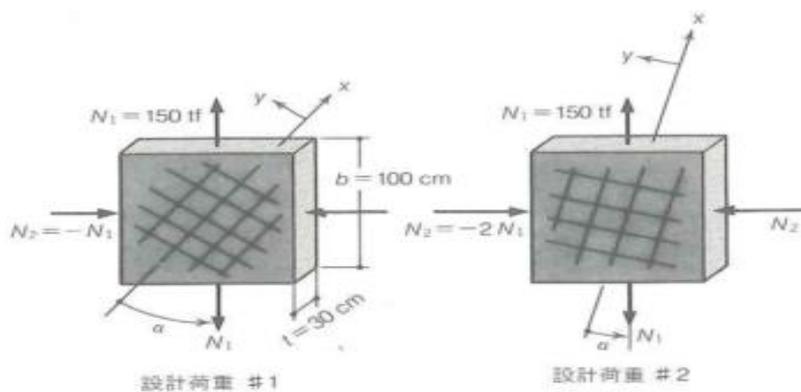


図-4 設計荷重

本課題では断面諸元，材料条件をそれぞれ参考文献(1)-例題 9.1 と異なる値を取り， α を 0, 15, 45, 90°の四つのパラメータとして解析を行った． $\alpha_3=0^\circ$ では主面内力 N1, N2 と配筋方向が同一， $\alpha_4=90^\circ$ では配筋方向が 90°動くため，x, y の配筋が入れ替わった形となる．照査の結果，荷重条件 1： $\alpha_2\sim\alpha_4$ ，荷重条件 2： $\alpha_3\sim\alpha_4$ が照査式を満たした．

4.まとめ

本課題において分かったことを以下に示す．

- ・式(9.26)から分かるように，設計耐力を向上させると分母が大きくなるため，照査式を満たしやすくなる．
- ・鉄筋強度，鉄筋比，コンクリート強度，断面幅 b，厚さ t を向上すると設計耐力が向上する．
- ・今回の課題において α_3 ， α_4 の様に配筋方向を主面内力と同一方向とした場合，設計断面力は小さくなる．
- ・主面内力を大きくすると設計断面力は大きくなる傾向がある．

参考文献

- 1) 吉川弘道：鉄筋コンクリートの解析と設計，pp183-196，丸善株式会社，平成 9 年
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編，平成 3 年