

部分荷重を受ける鉄筋コンクリート床板の極限強さについて

大阪市立大学 工学部 正員 倉田宗章
 〃 〃 〃 園田恵一郎
 〃 大学院 学生員 植村知広

まえがき ; 本研究は, 曲げ崩壊に関する破断線解法を板厚方向の崩壊機構を考慮することによって拡張し, 曲げ崩壊とせん断崩壊が混合する問題である部分荷重を受ける鉄筋コンクリート床板の極限強度解法を試みたものである。

1. 軸対称荷重を受ける単純支持円板の極限強度

コンクリートの破壊条件式は図・1に示すような Coulomb の条件式に限界引張応力 σ_{ct} を設けた修正式を用いる。塑性ひずみエネルギーに関する Drucker Postulate によれば, 図・1における塑性ひずみ速度ベクトル $(\dot{\epsilon}, \dot{\gamma})$ は破壊曲線(こゝでは降伏曲線と同じと見なす)の外法線方向に向く。最初に図・2に示すような周辺単純支持した円板が半径 a の剛域を通して荷重 P を受ける問題を考える。

(1) 純曲げ崩壊 ; 破断線解法により,

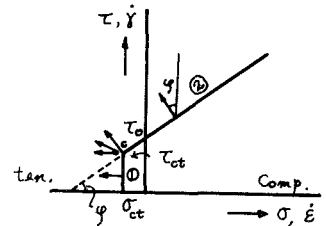
$$P_{col.} = 2\pi M_p \left(1 + \frac{a/R}{1 - a/R} \right) \quad \text{----- (1)}$$

こゝに M_p は単位幅当りの全塑性曲げモーメント

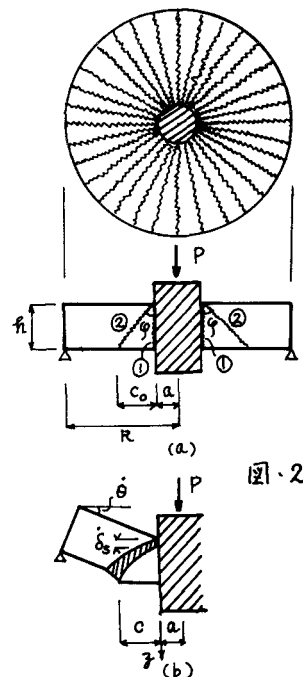
(2) 純せん断崩壊 ; 鉄筋のせん断塑性抵抗力は無視できるものとすれば, コンクリートのせん断崩壊は図・1の破壊曲線の領域②において起る。したがって, 塑性ひずみ速度ベクトルと破壊曲線との直交条件より, 崩壊面は図・2(a)に示すように軸(板に垂直な方向)と角度 φ を成す方向にある。よって

$$P_{col.} = \frac{\tau_0 \pi a^2}{\sin \varphi} \left\{ \left(1 + \frac{h}{a} \tan \varphi \right)^2 - 1 \right\} \quad \text{----- (2)}$$

(3) 曲げ崩壊とせん断崩壊が同時に起る場合 ; 曲げ崩壊のみの場合はコンクリートは断面に垂直な方向のひずみ速度のみを受け, 崩壊面は図・2(a)の線分①で示すように軸と平行な方向に起る。したがって, 崩壊面上の応力状態は図・1の領域①になければならぬ。一斉, せん断崩壊のみが起る場合は(2)で示したように軸と φ だけ傾いた方向に崩壊面が起る。それゆえ, 曲げ崩壊とせん断崩壊が同時に起る場合の崩壊面は図・2(a)の線分①と②の間に起ることが予想できる。極限解法の上界定理によれば, 外部エネルギー逸散速度量に対する内部エネルギー逸散速度量の比が最小になるような



図・1



図・2

機構にて崩壊する。したがって、ひずみ速度ベクトルの方向と崩壊面とのなす角が φ と 90° の間にあり、崩壊面の面積が最小になるように崩壊する。すなわち、この時の崩壊面における応力状態は図・1の領域②、または領域①と②の交点にある。最初に図・1の領域②に力状態がある場合の崩壊面の形状を見い出そう。図・2(b)に示すように曲げ崩壊における回転速度を $\dot{\theta}$ 、せん断崩壊における垂直移動速度を $\dot{\delta}_s$ とし、図・3に示すような座標系(原点Oは荷領域の端)にとれば、崩壊面の形状は次の微分関係式を満足する。

$$\frac{dx}{dz} = \frac{\alpha \cos \varphi' + x \cos \varphi' - z \sin \varphi'}{\alpha \sin \varphi' + z \cos \varphi' + x \sin \varphi'} \quad (3)$$

こゝに $\alpha = \dot{\delta}_s / \dot{\theta}$ 、 $\varphi' = \frac{\pi}{2} - \varphi$ 、 φ は材料固有の常数であるから、 α が決まれば、式(3)の微分方程式はRunge Kuttaの数値微分法により解ける。つぎに、 $\dot{\theta} \gg \dot{\delta}_s$ になると式(3)の dx/dz は1になる。この場合はひずみ速度ベクトルと崩壊面とのなす角は φ より大きくなると考える。すなわち、応力状態は図・1の破壊曲線の角点Cに移り、崩壊面はz軸に平行($dx/dz = 0$)に起るものと考ええる。一例として $\varphi = 37^\circ$ の場合に対する崩壊面の形状を求めれば図・4のようになり、 $\dot{\delta}_s = 1$ に対する崩壊面上のエネルギー一逸散速度量 $D_c(\alpha)$ を求めれば表・1のようになる。

最後に図・2の円板の荷重点の下がり速度、 $(R-a)\dot{\theta} + \dot{\delta}_s$ を1にとった場合の円板全体の内部エネルギー一逸散量を計算し、 α に対して最小値を求めれば、

$$P_{col} = \min_{\alpha \geq 0} \left[2\pi M_p \frac{R-C-a}{R-a+\alpha} + D_c(\alpha) \dot{\delta}_s + 2\pi(a+C) \frac{R \sigma_{sy} A_s}{R-a+\alpha} \right] \quad (4)$$

こゝに σ_{sy} は鉄筋

の降伏応力、 A_s は

鉄筋量

2. 部分荷重を受ける

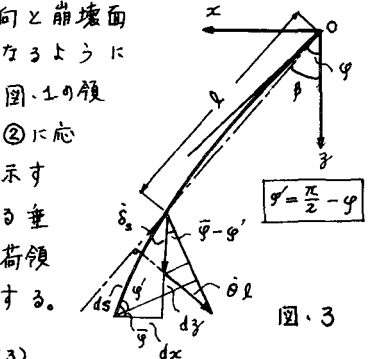
長方形板の極限

強度(図・5参照)

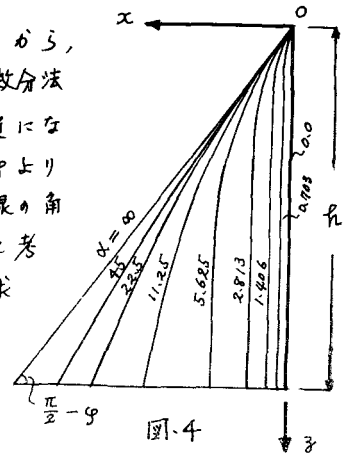
$$P_{col} \doteq \min_{\alpha \geq 0} \left[\right]$$

表・1 $D_c(\alpha) = h^2(D' + D''\alpha/h)$

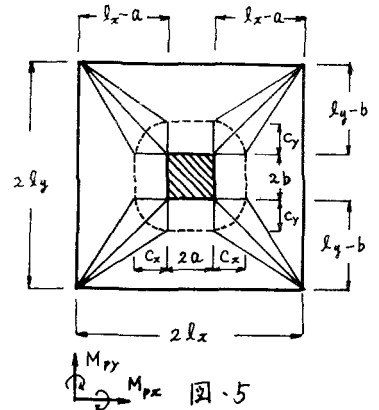
α	C/h	D'	D''
∞	0.7536	2.367 T_0	6.281 T_0
45	0.6339	2.107 T_0	6.300 T_0
22.5	0.5406	1.967 T_0	6.420 T_0
11.25	0.3950	1.696 T_0	6.743 T_0
5.625	0.2104	1.368 $T_0 + 1.031 \sigma_{cy}^2$	7.889 $T_0 + 6.976 \sigma_{cy}^2$
2.813	0.1038	1.264 $T_0 + 0.950 \sigma_{cy}^2$	12.89 $T_0 + 9.713 \sigma_{cy}^2$
1.406	0.0517	1.093 $T_0 + 0.824 \sigma_{cy}^2$	21.50 $T_0 + 16.20 \sigma_{cy}^2$



図・3



図・4



図・5

$$\frac{4}{l_x - a + \alpha} \{ M_{py} (l_y - b - 0.5 C_y) + h b \sigma_{sy} A_{sx} \} + \frac{4}{l_y - b + \alpha} \{ M_{px} (l_x - a - 0.5 C_x) + h a \sigma_{sy} A_{sy} \} + D_r(\alpha) \dot{\delta}_s + \frac{A_{sx} + A_{sy}}{2} \sigma_{sy} \frac{4h \sqrt{C_x^2 + C_y^2}}{\sqrt{(l_x - a)^2 + (l_y - b)^2} + \alpha} \quad (5)$$