

破壊線理論による床版の破壊荷重算定に関する一考察

大阪大学工学部 正 員 前田幸雄
 大阪大学大学院 学生員 松井繁之
 大阪大学工学部 学生員 福田安宏

1 寸がき 従来、床版の破壊線理論を適用した破壊荷重の算定に關しての文献は種々見られるが、それらは境界条件が限定されており自由端を有する版橋および連続床版には適用されない。これらの床版の破壊荷重算定への試みとして、対称荷重が作用する二径間連続床版と同じ性状を示す相対二辺自由・一端固定・他端単純支持なる直交異方性床版の集中荷重による破壊型式および破壊荷重が後述するパラメーターによってどのように変化するか、数値解析を行ったので、ここにその一部を発表する。

2 降伏条件 中負方向に直角な断面の抵抗モーメント(M_y)、スパン方向に直角な断面の抵抗モーメント(M_x)を主抵抗モーメントと考えて最大応力説を適用する。すなわち $\max(|M_x/M_{xu}|, |M_y/M_{yu}|) = 1 \dots\dots (1)$ この時、任意方向の塑性抵抗モーメント(M_{nu})は $M_{nu} = M_{xu} \cos^2 \theta + M_{yu} \sin^2 \theta \dots\dots (2)$ で表示される。(ここに θ は、任意方向の破断線と y 軸とのなす角で、時計方向にとる)

3 破壊型式 破壊型式は基本的には図-1に示す如く4型式が考えられる。B・C・D型式は、中負・荷重位置等により複雑な破壊型式が表われるが、ここでは紙面の都合上割愛する。

4 破壊荷重の理論式とパラメーター

床版の破壊荷重は上界定理により求むる。すなわち、仮定した破壊線での内部仕事と、外力のなす外部仕事を等置することにより求められる。

真の破壊荷重の上界値は、上で仮定した破壊型式による破壊荷重の最小値となる。さて、図-1での破壊型式に対する破壊荷重は

$$\text{A型)} P_u/M_{yu} = 4\alpha \left(\frac{1}{1-\lambda} + \frac{2}{\lambda} \right) \quad \text{B型)} P_u/M_{yu} = 2\sqrt{(\lambda^2 - 9\lambda + 6)/\lambda(1-\lambda)} \quad (3)$$

$$\text{C型)} P_u/M_{yu} = 4\pi \frac{C_1^2 + \mu}{\sqrt{\mu}} \quad \text{D型)} P_u/M_{yu} = 2 \left\{ \mu \tan(\pi - \theta_2) + 2 \tan \theta_1 + \frac{2(C_1^2 + \mu)}{\sqrt{\mu}} \left[\cot^{-1} \frac{\cot \theta}{\sqrt{\mu}} \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \right\}$$

ここに、 $\alpha, \lambda, \mu, C_1$ は次の性質をもつパラメーターである。

① α ; 径間長に対する中負長の比 ② λ ; 径間長に対する固定端から荷重点までの距離(ただし、中負方向の荷重位置は中負中央とする) ③ μ ; M_{xu}/M_{yu} で床版の直交異方性を示す。④ C_1 ; 扇形破壊型式における負の破断線が構成する楕円中心と荷重位置のずれを表わす。これは版の特性で、一般に $-1 < C_1 < 1$ である。数値解析に当り、これらのパラメーターは表-1に示す値を適用した。

表-1 パラメーターの諸値

C_1	-0.5	0.0	0.5						
μ	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0		
α	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	3.0		
λ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

5 破壊荷重の数値解析結果と考察

与えられた床版に対し、入に関する真の破壊荷重・型式は一例として図-2に示す様になる。この曲線群の一つに着目したときの最小値が、その床版の最小破壊荷重である。

μ 値が小さい間は、 $\lambda=0.6$ (正確には2-反)に荷重が載荷したときで、 μ が増加するにつれD型式の破壊領域が増加し、ある値でD型式のみの破壊しか示さなくなる。このことは α の増加についても同様である。この最小荷重を与える入の位置は、縦軸に α 、横軸に入をとれば、図-3に示すような領域で区別されるようになる。この領域は特異点 $\alpha=1, \mu=4$ を通る2つの曲線①-②, ③-④によって分けられる。この曲線は、 C_1 の値によって面積を持つようになり、その部分では複雑な破壊型式が現われる。しかし、 $C_1=0$ とした場合が破壊荷重は最小となり、設計上安全側である。

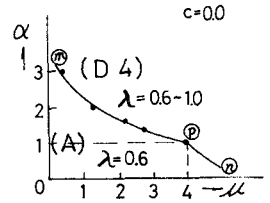
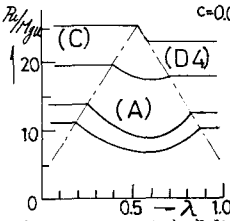


図-3 最小荷重と与える荷重位置

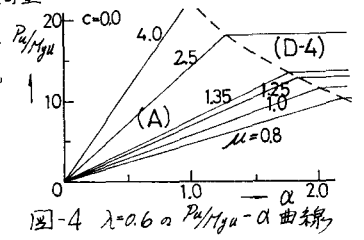


図-4 $\lambda=0.6$ の P/My - α 曲線

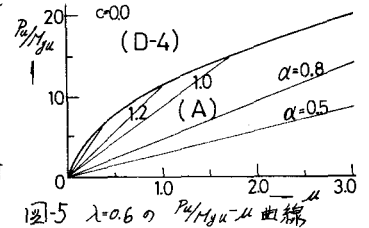


図-5 $\lambda=0.6$ の P/My - μ 曲線

6 実験結果との比較

以上の数値解析の妥当性を調べるため、図-6に示すような諸元をもつ床版の実験結果と比較する。実験床版は、表-2に示す諸値を有するRC床版と、コンクリート充填格子床版(GS)の二種である。

実験の場合、荷重は自動車後輪を考慮した面荷重であるので、集中荷重の理論値(I)とは非常に異なる。このため、スパン方向に対してのみ面荷重を図-7に示す如く集中荷重に置き換え、その時の破壊荷重の増加率を(I)に考慮すると理論値(II)になる。この結果、A型式で破壊するRC-2~4については、よい近似を示すと言える。GS-1,2については、破壊型式は一致するが、実験では、Punching shear による破壊が見られるため、理論値より小さくなると考えられる。

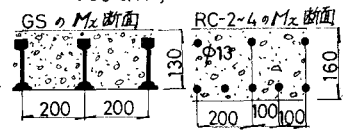
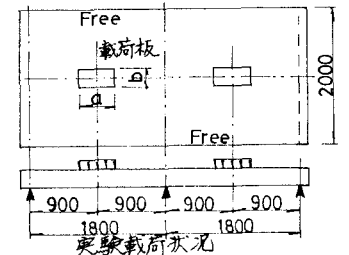


図-6 実験床版の概略

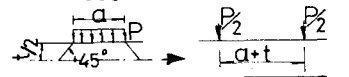


図-7 荷重分布の仮定

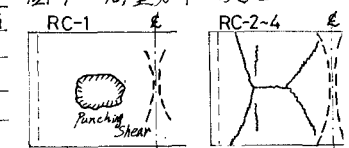


図-8 実験床版の破壊状況

供試体	M_{xu} ($t \cdot m$)	M_{yu} ($t \cdot m$)	μ	α	載荷板 $a \times b$ (mm)	理論値 I 荷重 (t)	理論値 II 型式	実験値 P (t)
RC-1	6.978	0.974	7.17	1.111	500 × 200	31.66	D-4	30.0
RC-2	4.636	2.174	2.17	"	300 × 300	29.67	A	45.75
RC-3	4.872	3.086	1.58	"	"	30.86	A	45.37
RC-4	1.636	2.174	2.17	"	"	29.57	A	43.75
GS-1	8.082	2.44	3.32	"	"	51.59	D-4	76.92
GS-2	8.082	2.34	3.45	"	"	51.01	D-4	75.49

表-2 実験床版の断面諸値と破壊荷重