

I-97 局所荷重強度に及ぼす補剛材の影響

(株)神戸製鋼所 正員 ○ 滝本哲四郎
岐阜大学 正員 森脇良一

まえがき 桁に局所荷重が作用する場合の腹板の座屈強度および桁の耐荷力に関して、これまでいくつかの報告を行ってきた^(1,2)。これらの報告では、補剛材としては座屈変形時に節となる様な剛性垂直補剛材のみを扱いかい、さらに局所荷重の載荷幅直下にはこの垂直補剛材を配置しない桁のみを扱ってきた。今回は、その様な制限を取除き、水平補剛材と垂直補剛材の局所荷重強度に及ぼす影響を論じようとするものであり、その手始めとして本報告では、補剛材が板の座屈強度に及ぼす影響についての解析結果について紹介するものである。

座屈解析 解析対象とした板は、図.1に示すごとく、縦横に補剛材を有し、曲げモーメント・せん断力・局所荷重を複合的に受けるものとした。このとき、板が面外に微小たわみ w を生じたときの面外方向の力の釣合い方程式は、次式(1)で与えられる。

$$\begin{aligned} & \left[D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) - \sigma_x \cdot t \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \sigma_y \cdot t \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right. \\ & \quad \left. - 2 \tau_{xy} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} - \sigma_{ypu} \cdot t \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \sigma_{ypd} \cdot t \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] + \\ & \left[EI_i \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - EI_i \omega_i \frac{\partial^6 w}{\partial x^4 \partial y^2} + (G \cdot K_{Ti} + \bar{K}_i) \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} \right. \\ & \quad \left. - A_i \sigma_{xi} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right] + \left[EI_j \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - EI_j \omega_j \frac{\partial^6 w}{\partial x^2 \partial y^4} \right. \\ & \quad \left. + (G K_{Tj} + \bar{K}_j) \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} - A_j \sigma_{yj} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] = 0 \quad \text{----- (1)} \end{aligned}$$

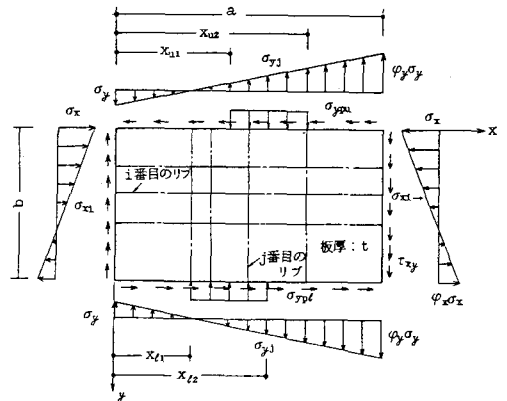


図.1 補剛材付板と作用応力

上式中、第1番目の[]内は主板の、第2番目の[]は水平補剛材の、第3番目の[]は垂直補剛材の順で項をそれぞれ表わしている。ただし、 σ , τ は作用軸方向応力およびせん断応力、 t は板厚、 E と G は板の縦弾性定数とせん断弾性定数、 A , I , I_w , K_T , $\bar{K}_i$ はそれぞれ補剛材の断面積、断面二次モーメント、セリ二次モーメント、ねじり定数、断面軸応力によるねじりモーメントに關する定数を表わす。添え字 x , y は応力の作用方向を、 i と j は補剛材の番号を、 x_{u1} , x_{u2} , x_{d1} , x_{d2} は上辺および下辺に作用する局所荷重の作用領域を示す。また、 a と b は板の x 方向および y 方向の長さをそれぞれ示す。

本座屈解析にはGalerkin法を採用した。まず、幾何学的境界条件を満足するように座屈たわみ関数 w を次の様に近似する。

$$w = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N A_{mn} \cdot \pi_{mn}(x, y) \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 A_{mn} は未定係数、 π_{mn} は幾何学的境界条件を満足する基底関数である。例えば、周辺単純支持の板の場合 $\pi_{mn} = \sin(m\pi x/a) \cdot \sin(n\pi y/b)$ となり、上下四固定・左右辺単純支持の板の場合 $\pi_{mn} = \sin(m\pi x/a) \cdot (\cos \frac{n-1}{b} \pi y - \cos \frac{n+1}{b} \pi y)$ などとなる。

次に、式(2)を式(1)の左辺に代入し、これに基底関数を重みとして全領域で積分した値(重みつき残差)が零となるように未定係数 A_{mn} を含んだ式を求める。式展開は省略するが、最終的に $M \times N$ 個の方程式が導かれる。

れる。座屈方程式は、これらの方程式の A_{mn} に関する係数行列式も零と置くことにより求められる。

解析結果の例と考察 図2は無補剛の板が、上辺において下向きに局所荷重を受ける場合（載荷幅 $c = 0.375a$ ）の局所荷重座屈係数 K_{pcr} ($= \sigma_{pcr} / \sigma_e$) と板の縦横比 a/b との関係を示したものである。図中の $\circ$ 印は、清水³⁾ による有限要素法による解析結果であり、本解析結果はこれと良い一致を示している。

図3は縦横比 $a/b = 3$ の板で、上辺において下向きに局所荷重（載荷幅 $c = 0.13a$ ）を受ける場合の局所荷重座屈係数 K_{pcr} が、補剛材の位置および剛比 γ ($= I_s \times 12(1 - \nu^2) / (b t^3)$) によってどのように変化するかを示している。境界条件は周辺単純支持である。垂直補剛材については、載荷幅の中央直下に1本配置した場合も、また水平補剛材については、板上より板高さ b のそれぞれ 0.2 倍、 0.3 倍、 0.5 倍の位置に1本配置した場合について示してある。

本図より、局所荷重が支配的に作用する板座屈強度に及ぼす補剛材 (A) 上下辺固定、左辺単純支持、(B) 周辺単純支持の影響を考察してみる。まず、水平補剛材の位置に関しては、本図の範囲では上辺より $0.3b$ に配置した場合が、他の2ケースに較べて高い座屈強度を示す。 $0.2b$ に配置した場合は、 $0.5b$ となる中央に配置した場合よりも低い座屈強度となっている。これは、比較的縦横比の大きな板では、無補剛時の座屈たわみ波形が中央部で突出した形に近いという実験結果からもうなづける。但し、この様相は縦横比の小さな領域では異なり、一概には述べられない。

また、本図より、水平補剛材の場合、剛比 γ の増加に対し K_{pcr} の増大は緩慢であるのに対し、垂直補剛材の場合は γ のわずかな増大に対し K_{pcr} は相当の増大が見られ、従来から知られている、垂直補剛材を局所荷重直下に配置することの有効性が示されている。

また、本図より、水平補剛材の場合、剛比 γ の増加に対し K_{pcr} の増大は緩慢であるのに対し、垂直補剛材の場合は γ のわずかな増大に対し K_{pcr} は相当の増大が見られ、従来から知られている、垂直補剛材を局所荷重直下に配置することの有効性が示されている。

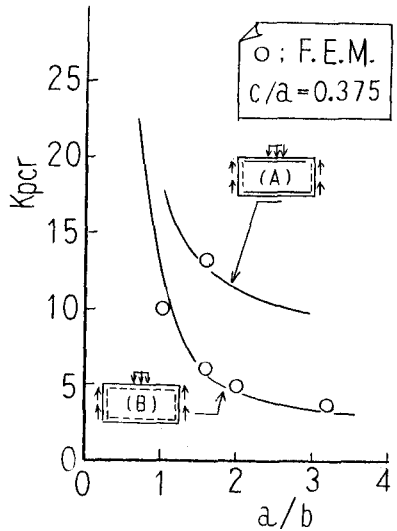


図2 縦横比と座屈係数の関係

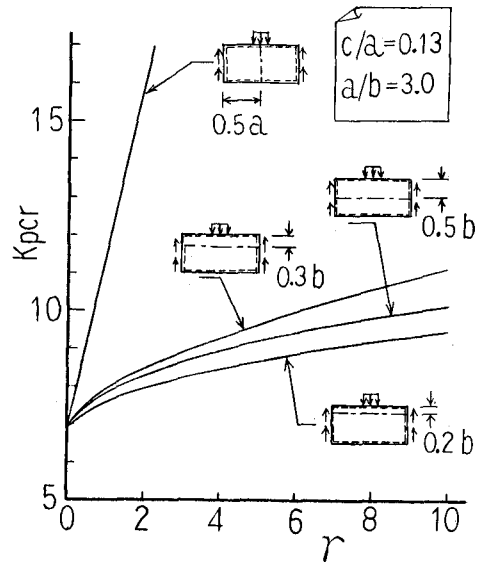


図3 補剛材の配置と剛比の影響

あとがき 本報告では、局所荷重を含めた、組合せ荷重が作用する補剛材付板の座屈解析の手法と解析例について紹介した。今後、実験的な確認とともに局所荷重が支配的に作用する場合の耐荷力に補剛材がどのように影響するかについても検討したい。本報告で紹介した以外の解析例については、講演当日に報告の予定である。

＜文 献＞

- 1) 森脇・浅本三村；「局所荷重を受ける桁の耐荷力」，土木学会論文報告集，第339号，P.69～P.77，1983
- 2) 浅本・森脇；「局所荷重を受ける桁の耐荷力」，土木学会年次学術講演会概要集，，1985
- 3) 井阪・清水・出納；「等肉箱型梁の局部座屈強度（その2）」，日本機械学会講演論文集，No.760-1，P.269，1976