I —11

2主並列桁の全体横倒れ座屈強度推定式

金沢工業大学　正員　西田　進

1．まえがき　本研究は農道橋及び側道橋に用いられるような比較的スレンダーな2主並列桁の全体横倒れ座屈に対する安全性の簡易チェック法を提案するものである。2主桁橋の横桁，対傾構及び横構の断面寸法は面内偏載荷重及び横荷重に対して十分安全なように決定されるため横桁等の補剛システムは固定点間座屈及び全体座屈に対して十分安全な剛度を有する[1]。本報告はこの点をふまえ全体座屈に対する適切なチェック法の検討を行う。紙面の都合により用いた記号の説明は割愛する。

2．　2主並列桁の全体横倒れ座屈強度推定式

等曲げのみが作用する両端単純支持2主並列桁の全体座屈解析は図－1に示すモデルを用いて行う。

横桁の剛性が極端に大きい場合，2主並列桁はケース A)のように座屈する。座屈時の変形として

$$U_A=U_B=C_1\sin\frac{\pi}{L}z\ ,\ W_A=-W_B=\frac{B}{2}U'=C_1\frac{\pi B}{2L}\cos\frac{\pi}{L}z$$
$$\varphi_A=\varphi_B=C_2\sin\frac{\pi}{L}z\ ,\ V_A=-V_B=\frac{B}{2}\sin\varphi\doteqdot C_2\frac{B}{2}\sin\frac{\pi}{L}z \tag{1}$$

を仮定する。これを2主並列桁全体としてのポテンシャルエネルギー Π_B

$$\Pi_B=\frac{1}{2}\int_0^L\Big\{EI_y(U_A'')^2+EI_\omega(\varphi_A'')^2+GK_T(\varphi_A')^2+EI_x(V_A'')^2+EA(W_A')^2+2M_0V_A''-2M_0U_A'\varphi_A'\Big\}dz+\frac{1}{2}\int_0^L\Big\{EI_y(U_B'')^2+EI_\omega(\varphi_B'')^2+GK_T(\varphi_B')^2+EI_x(V_B'')^2+EA(W_B')^2+2M_0V_B''-2M_0U_B'\varphi_B'\Big\}dz \tag{2}$$

に代入し，ポテンシャルエネルギー停留の原理を用いるとモードⅠの全体横倒れ座屈強度をえる。

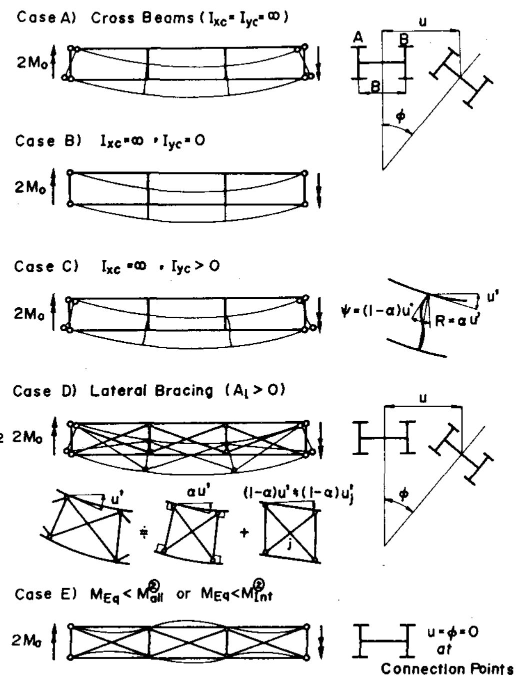

Fig. 1 Simplified Overall Buckling Modes

$$M_{all}^{①}=\sqrt{\frac{\pi^2E}{L^2}\left(2I_y+\frac{AB^2}{2}\right)\left\{2GK_T+\frac{\pi^2E}{L^2}\left(2I_\omega+\frac{I_xB^2}{2}\right)\right\}}\doteqdot\sqrt{\frac{\pi^2EAB^2}{2L^2}\left\{2GK_T+\frac{\pi^2EI_xB^2}{2L^2}\right\}} \tag{3}$$

一方，横桁の I_{yc} が零なる場合，2主並列桁はケース B)のように座屈する。これをモードⅡの全体横倒れ座屈と名づける。この場合はケース A)において $W=0$ とおくことにより $M_{all}^{②}$ は求まる。

$$M_{all}^{②}=\sqrt{\frac{2\pi^2EI_y}{L^2}\left\{2GK_T+\frac{\pi^2E}{L^2}\left(2I_\omega+\frac{I_xB^2}{2}\right)\right\}}\doteqdot\sqrt{\frac{2\pi^2EI_y}{L^2}\left\{2GK_T+\frac{\pi^2EI_xB^2}{2L^2}\right\}} \tag{4}$$

$I_{xc}=\infty$，$I_{yc}>0$　の場合，2主並列桁はケース C)のように座屈し，横桁には曲げ変形と部材回転角Rが生じる。主桁の横方向たわみ角 U' の部材回転角への分配率を α とすると座屈時の Π_B は

$$\Pi_B=\left\{\frac{\pi^4EI_y}{2L^3}+\frac{\alpha^2\pi^4EAB^2}{8L^3}+(1-\alpha)^2\frac{6\pi^2EI_{yc}}{BL^2}\sum_1^n\cos^2\frac{\pi}{L}z_i\right\}C_1^2+\left\{\frac{\pi^2GK_T}{2L}+\frac{\pi^4EI_\omega}{2L^3}+\frac{\pi^4EI_xB^2}{8L^3}\right\}C_2^2-\frac{\pi^2(2M_0)}{2L}C_1C_2 \tag{5}$$

となる。分配率αを$\partial\Pi_B/\partial\alpha=0$より定めるとケース A)と同様，次の座屈モーメントをえる。

$$M_{Int}^{①}=\sqrt{\frac{1}{1+\beta_1}\frac{\pi^2EAB^2}{2L^2}\left\{2GK_T+\frac{\pi^2EI_xB^2}{2L^2}\right\}}\quad,\ \alpha=\frac{1}{1+\beta_1}\quad,\quad \beta_1=\frac{\pi^2AB^3}{24(n+1)I_{yc}L}\qquad(6)$$

$I_{xc}=\infty$，$I_{yc}=0$かつXタイプの横構を有する場合，2主並列桁はケース D）のように座屈する。各パネルの面外座屈変形は図に示すように両主桁の曲げと軸変位を引き起こす曲げ変形と横構部材の伸び縮みのみを引き起こすせん断変形に分離できるものと仮定する。Uの曲げ変形への分配率をαとし，せん断変形をパネル内の横構の交点J点で代表させるとケースC）の場合と同様，次の骨組としての座屈荷重をえる。

$$M_{Int}^{②}=\sqrt{\frac{1}{1+\beta_2}\frac{\pi^2EAB^2}{2L^2}\left\{2GK_T+\frac{\pi^2EI_xB^2}{2L^2}\right\}}\qquad(7)$$

$$\beta_2=\frac{\pi^2A\lambda^3}{4(n-1)A_\ell\ell^2L}$$

λ：横構の部材長

n：横桁+対傾構の数

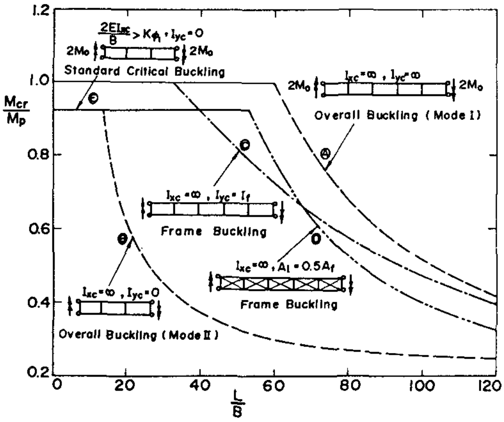

Fig. 2 Overall Buckling Strength of Parallel Beams

3．数値計算例及び考察

図－2はH－200×100×5.5×8 mm なる断面を有する2主並列桁の固定点間座屈強度Ⓔおよび式(3)～(7)の全体横倒れ座屈強度を表わす。図より，横桁のみを有する並列桁はモードⅡの全体座屈強度曲線Ⓑより小さなL/Bの領域でのみ固定点間座屈の概念を適用できる。一方，Ⓑより大きなL/Bの領域での2主並列桁の強度はM_{Int}により定まり，その最大値が$M_{all}^{①}$である。

図－3は2主並列桁に強度的に固定点間座屈の概念を適用できる限界L/B値を表わす。ただし，固定点間距離ℓは一定値（$\lambda=1.0$）とし，横桁のI_{yc}は主桁I_yの0.1倍，横構のA_ℓは主桁圧縮フランジ面積の0.2倍とする。図より，支間長の小さな並列桁は剛性の大きな横桁を用いて補剛し，支間長の大きな並列桁は横構を用いて補剛した方がより効果的と思われる。

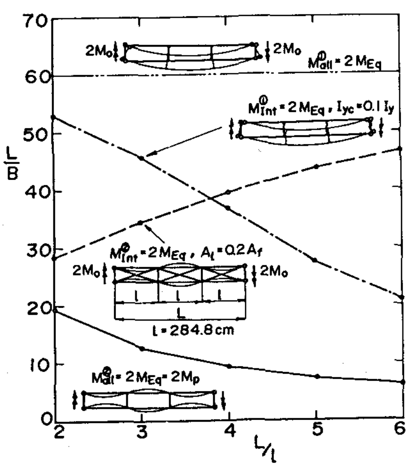

Fig. 3 Maximum L/B for Parallel Beams

図－4は横桁のみを有する2主桁橋の全体座屈に対する安全性の簡易チェック法を示す。図－3の考察より比較的L/Bの小さな2主桁橋を対象とすれば$M_{Int}^{①}$に及ぼすGK_Tの影響は無視でき，チェック式は図中に示す簡便なものとなる。図中のプロットは農道橋標準設計（○印，横構無し）および小松らの収集した側道橋（◎印，横構無し）の実橋データを示し，その安全率はほぼ4前後の値となる。ただし，作用最大曲げモーメントとして安全率を考慮した$M_y/1.7$を用いた。

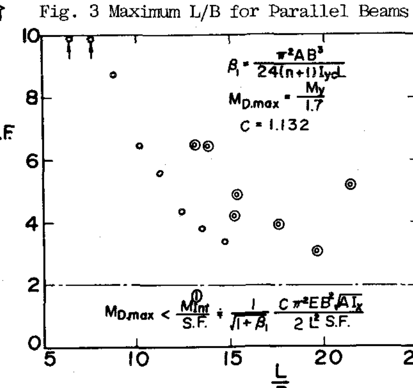

Fig. 4 Proposed Checking Formula

1）西田進：並列桁の固定点間座屈の概念に関する一考察，昭和57年度全講集，第I部，pp.371～372.