

金沢工業大学 正 員 〇 西田 進

金沢工業大学 学生員 中村 嘉一

1. まえがき

本研究は農道橋および側道橋に用いられるような比較的にスレンダーな2主並列桁の全体横倒れ座屈に対する安全性を実験的に検討するものである。すなわち、まず、補剛システムとしての横桁各剛性の補剛分担を明らかにし、その必要剛度 γ^* の概算値を求める。次に、2主並列桁の実橋データを参考にして、橋梁全体としての横倒れ座屈に対する検討が必要と思われる2主並列桁橋モデルを作成する。最後に、2主並列桁橋モデルの耐荷力実験を行い、その荷重・変形挙動と横桁に生じる補剛力に注目して検討を加える。

2. 横桁の必要剛度 γ^* の考え方

2主並列桁の全体横倒れ座屈強度を求めると、横倒れ座屈強度と横桁剛度との関係は図-1に示すようにモデル化できる^{1),2)}。ここに、 δ_a : 横桁の軸剛度、 γ_x, γ_y : x および y 軸回りの曲げ剛度を表す。いま γ_x を一定にして、 δ_a を増大すると座屈モードは図中の①から②へ変化する、この座屈モード変化点の δ_a を必要軸剛度 δ_a^* とする。次に、 $\delta_a = \infty$ として γ_x を増大すると座屈モードは図中の③から④に変化し、このモード変化点の γ_x が x 軸まわりの必要曲げ剛度 γ_x^* となる。また、 $\delta_a = \gamma_x = \infty$ として γ_y を増大すると、座屈モードは⑤から⑥に変化する。ただし、座屈モード⑥は $\gamma_y = \infty$ なる極限状態での座屈モードを表わす。2主並列桁は弾性設計されるものとするれば、その限界モーメントは降伏モーメントとなる。このことより、座屈モーメントが降伏モーメントに等しくなる場合の γ_y を y 軸回りの必要剛度 γ_y^* とすればよい。

以上の結果として、2主並列桁の横桁および対横構は δ_a^*, γ_x^* および γ_y^* 以上の各剛性を持てば横倒れ座屈に対して十分なる強度を有することになる。しかし、実際の並列桁には初期不整合が存在し、これが横倒れ座屈強度を低下させるため、安全をみて上記の値の2倍以上の剛度を必要とするものと思われる。ただし、次節に示す2主並列桁の実橋調査によると、横桁および対横構は δ_a および γ_x に対して十分すぎる剛度を有し、 γ_y については γ_y^* の数倍の値となっている。

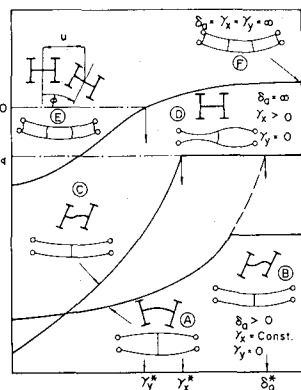
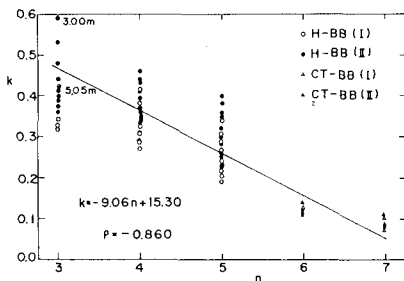


図-1 横桁の補剛分担

図-2 曲げ剛比 k と横桁本数 n の関係

3. 実橋データと2主並列桁の固定点間座屈強度

2主並列桁橋モデルの耐荷力実験を行うにあたって、側道橋および農道橋に用いられているH形桁橋、CT桁橋および側道プレートガーダー橋の実橋調査を行った。図-2は、その一部、主桁と横桁の弱軸回りの曲げ剛比 $k = I_y^c / BI_y^m$ と横桁本数(端横桁を含む) n の関係を示す。図中、 $\odot$ は実験並列桁を表わす。

図-3は $r = 2r^*$ なる横桁のみ有する2主並列桁および単桁の初期変形 ($\psi = 1000$) を有する場合の弾性限界モーメントと細長比 λ の関係を示す。図より、 $\lambda < 1.0$ の場合、並列桁の強度はいわゆる固定点間強度を若干下まわるとにすぎないことがわかる。

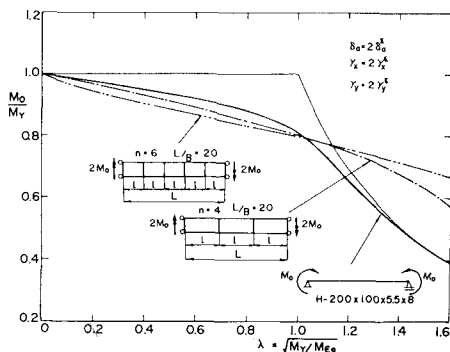


図-3 2主並列桁及び単桁の弾性限界モーメント

4. 2主並列桁橋モデルの耐荷力実験

試験桁には圧延工形鋼 (I-100x50x5x7) を使用し、スパン長 2.15, 3.00 および 5.05 m の単桁および 2主並列桁の実験を行った。横桁として $\phi 22$ mm の丸鋼を桁端部および中央部 3ヶ所にボルトで接合し、主桁間隔は 20 cm とする。実験は、試験桁の初期変形を測定した後、静的試験用骨組内にセットし、載荷装置を用いて桁中央部上フランジに集中荷重を作用させて行う。荷重は理論座屈荷重または面外変形が急激に大きくなるまで 100~200 kgf ずつ増加させて桁の変位およびひずみを測定し、その後は荷重増分を細かくし、不安定状態になると変位制御により座屈後変形の測定を行う。

図-4 はスパン長 3 m なる 2主並列桁の作用荷重と変位の関係を示す。図中、 V は鉛直変位、 U は水平変位、 ϕ はねじり角を表わす。実験耐荷力は $P_u = 2.95$ tf と塑性崩壊荷重 $P_c = 3.12$ tf をやや下回る値となったが、図中の荷重・変形挙動に 2主並列桁の座屈挙動の特徴が明瞭に表われている。

図-5 は上記 2主並列桁の作用荷重とひずみの関係を示す。図中の $\epsilon_1 \sim \epsilon_4$ は主桁中央部フランジ 4 端のひずみを表わし、座屈直前まで古典理論によるひずみ $\epsilon = M/EW$ にはほぼ一致し、その後、曲げひずみに座屈変形によるひずみ加わる。 ϵ_5, ϵ_6 は端横桁の面外曲げひずみを、 ϵ_7, ϵ_8 は中央横桁の面内曲げひずみを表わし、主桁が横座屈するとひずみが急激に大きくなっている。これは 2主並列桁の横座屈時にいわゆる固定点で大きな補剛力が生じることを意味する。

図-6 は図-5 のひずみから求めた横桁の補剛力と主桁の曲げモーメントの関係を示す。塑性設計ばりの補剛力 (小ばり) に生じる軸力 N は主桁圧縮フランジ降伏軸力 P_{yf} の 2% 程度と報告されているが、本実験においても同様な値となっている。なお、図より横桁の補剛力として軸力のみならず、 τ_x および τ_y に対応する曲げ補剛力も生じることがわかる。このことより、2主並列桁の横桁には剛度 $2I_y^*$ のみならず、ある程度の強度 (主桁強度の約 2% 程度) も確保するように設計する必要がある。

図-7 は桁の実験耐荷力と正規化した細長比入の関係を示す。図中、●印は 2主並列桁を、○印は単桁を表わし、⊗は固定点間座屈強度を示す。なお、2.15 m の並列桁は載荷装置の容量がたらず、実験を途中で打ち切った。図より、2主並列桁に固定点間座屈強度に相当する耐荷力がほぼ確保されていることがわかる。今後、その精度と詳細について検討を加えて行きたい。

参考文献

- 1) 西田進, 吉田博, 福本晴士: 横桁による並列主桁の横補剛効果, 土木学会論文報告集, No. 268, pp. 23~31.
- 2) 西田進: 2主並列桁の全体横倒れ座屈強度推定式, 土木学会中部支部講演概要集, pp. 22~23, 1983年 2月.

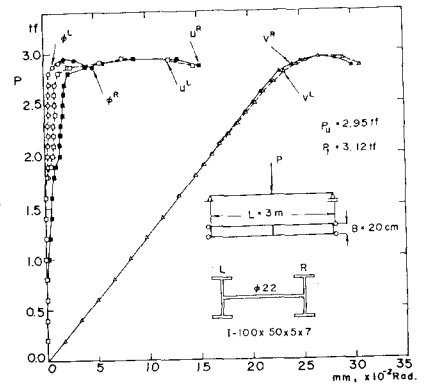


図-4 2主並列桁の荷重・変位関係

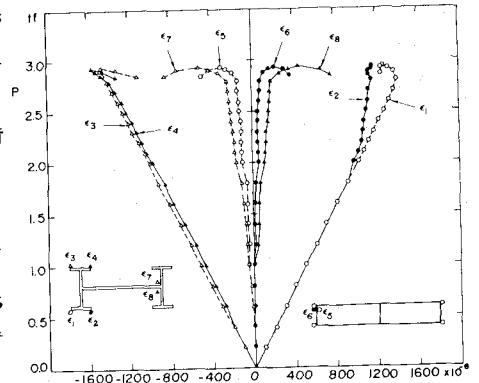


図-5 2主並列桁の荷重・ひずみ関係

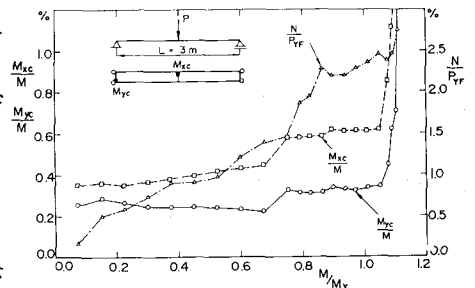


図-6 横桁に生じる補剛力

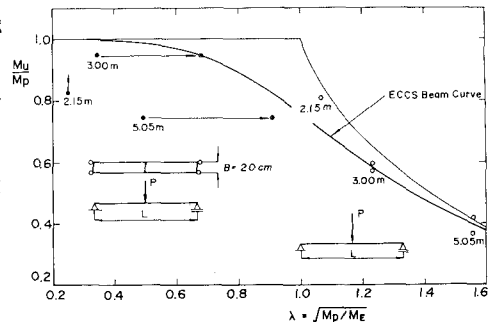


図-7 単桁及び並列桁の耐荷力