

合成桁の負の曲げによる実験

名城大学 正員 ○久保全弘
瀧上建設興業(株) 鎌田裕一

1. まえがき

オートストレス設計 (ASD) は、プレストレスしない連続合成桁の経済的設計法として提案されたものであり、アメリカでは AASHTO 設計ガイド¹⁾ に基いて道路橋への適用が既に実施されている。この手法では、塑性設計の概念を利用するために負の曲げを受ける中間支点上の回転容量の評価が基本事項となる。本研究は ASD 法を合成プレートガーダー橋に適用するための基礎的実験であり、既往の実験資料による鋼桁の曲げ耐力と塑性回転能については文献²⁾ で報告した。

2. 実験内容

(1) 供試体 実験桁は Fig. 1 に示すような鉄筋コンクリート床版と鋼 I 形断面桁の合成桁である。床版の鉄筋比は $\rho = 0.02$ 、周長率は $\rho_l = 0.05 \text{ cm/cm}^2$ であり、道路橋示方書の最小鉄筋量の規定を満足する。鋼桁は Table 1 に示すような 5 種類の非対称 I 形断面の溶接桁 (材質 SS41) である。実験桁 CG-1, 2, 3 は腹板の幅厚比を $h_c/t_w = 155$ として圧縮フランジの幅厚比を $b_c/2t_f = 8.4$, 10.9, 13.5 に変化させたプレートガーダー断面である。ここに、 h_c は鋼断面 (軸方向鉄筋の断面を含む) の中立軸からフランジ下面までの距離の 2 倍である。そして、実験桁 CG-4, 5 は $b_c/2t_f = 8.4$ を一定にして $h_c/t_w = 122, 99$ に変化させたノンコンパクト断面である。中間垂直補剛材は腹板の片側に配し、腹板のアスペクト比を中央部パネルでは $h/a = 1.0$ とした。鋼桁のひずみ矯正およびコンクリート養生などは実橋に準じて行われた。鋼板、鉄筋およびコンクリートの材料試験結果が Table 2 にまとめている。各結果とも 4 本の試験片による平均値である。

(2) 実験方法 荷重形式は連続桁の負の曲げ領域における中間支点部を想定して、上下を逆にした合成桁に中央集中荷重が作用する単純ばりとした。両支点は直径 50 mm、長さ 50 cm の鋼棒によるローラー支承である。桁の横方向支持は端支点と載荷点の垂直補剛材の上部両側にボールベアリング付きロッドを水平に連結し、圧縮フランジの横座屈を防止した。また、スパン中央の横方向支持点では桁の鉛直たわみが自由になるようにスライドガイドを取付けた。集中荷重はフランジ幅の線荷重とし、幅 90 mm の支持板を介して載荷した。桁の両支点上の回転角は桁端の腹板高さの中央に水平に取付けたアングル材を用いて支点から外側に 10 cm, 60 cm 離れた 2 点

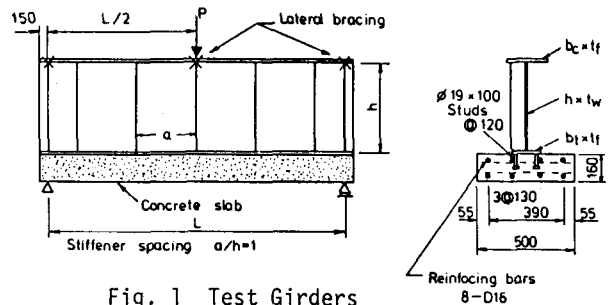


Fig. 1 Test Girders

Table 1 Dimensions of Steel Girders

Specimen	h (mm)	b_c (mm)	b_t (mm)	t_f (mm)	t_w (mm)	L (mm)	$b_c/2t_f$	h_c/t_w
CG-1	598.8	200.0	150.7	11.84	4.82	4135	8.4	152.2
CG-2	578.8	200.3	150.2	9.20	4.48	3495	10.9	157.8
CG-3	620.7	249.3	150.7	9.23	4.53	3835	13.5	158.3
CG-4	459.2	200.3	150.2	11.95	4.55	4080	8.4	121.8
CG-5	359.8	200.7	150.4	11.82	4.53	4000	8.4	88.7

Table 2 Material Properties

(a) Steel plates and Bar

Specimen	Yield stress F_y (N/mm ²)	Ultimate stress F_u (N/mm ²)	Young's modulus E_s (kN/mm ²)	Poisson's ratio ν	Elongation ΔL (%)
t=9mm for flange	280	437	208	0.305	28
t=12mm for flange	281	412	210	0.288	31
t=4.5mm for web	300	428	205	0.288	25
D 18 for bar	344	522	-	-	27

(b) Concrete

Compressive strength f_c (N/mm ²)	Tensile strength f_t (N/mm ²)	Young's modulus E_c (kN/mm ²)
34.3	2.8	27.7

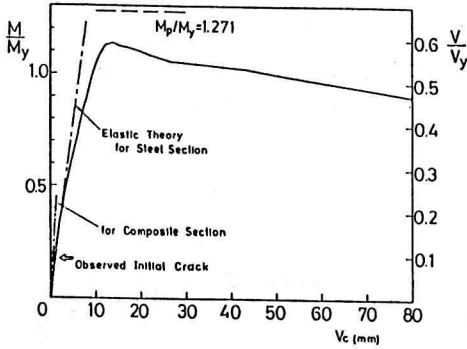


Fig. 2 Load-Deflection Curve

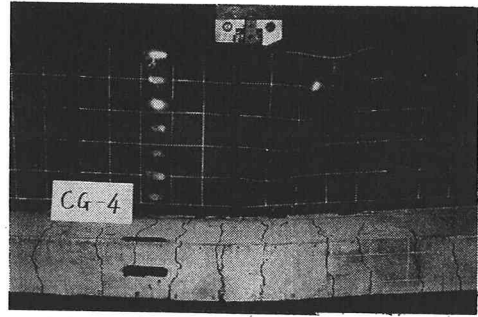


Fig. 3 Specimen CG-4 After Test

の鉛直たわみを測定し、その値から求めた。床版のひび割れ幅はスパン中央部70cmの範囲で標点距離 100mmのコンタクトゲージにより測った。

3. 実験結果

実験桁CG-4のスパン中央における荷重-鉛直たわみ曲線をFig. 2に示す。縦軸は曲げモーメント $M=PL/4$ と鋼断面の降伏モーメント M_y との比、およびせん断力 $V=P/2$ と降伏せん断力 $V_y = ht_w \tau_y$ との比を表わす。図中には、合成断面 ($n=E_s/E_c=7$) と鋼断面の弾性計算値が与えてある。載荷点付近の床版に初期ひび割れが発生すると、桁は比較的早期の荷重段階から鋼断面で挙動することがわかる。この実験桁は、約 $M/M_y=0.98$ で腹板の面外たわみが急激に生じた後、圧縮フランジの局部座屈がわずかに認められてから $M_{max}/M_y=1.137$, $V_{max}/V_y=0.579$ で最大荷重に達した。その後は鉛直たわみの増加につれてフランジと腹板の局部変形が増大したが、荷重は緩やかな勾配で低下した。Fig. 3は実験後における中央パネルの崩壊状況であり、床版のひび割れ状況、鋼桁の局部座屈モードおよび曲げとせん断の組合せによる斜張力場を観察できる。

Fig. 4は載荷点付近に生じた床版のひび割れ幅 w と鉄筋ひずみ ϵ_r の変化を調べたものである。 ϵ_r は初期ひび割れ領域で急激に増大した後、鋼断面による計算値に沿って上昇している。 w は後続ひび割れ領域に入ると殆ど進展せず、 $M/M_y=1.0$ において最大0.3mm 程度である。

実験桁の曲げモーメントとスパン中央の回転角曲線をFig. 5に示す。回転角 θ は両支点のたわみ角の和で表わし、鋼断面の降伏モーメントに対応する回転角 $\theta_y = M_y L / 2EI$ との比が横軸に与えてある。全実験桁が M_y 以上の耐荷力が得られているが、最高荷重後の回転性能は圧縮フランジと腹板の幅厚比の大きさによって異なることがわかる。

4. あとがき

本研究は昭和63年度の文部省科学研究費補助金（一般研究C）を受けて実施したものである。また、供試体の製作では瀧上工業（株）半田工場に大変お世話になった。ここに深く感謝致します。

参考文献 1) AASHTO(1988): Guide Specifications for Alternate Load Factor Design Procedures for Steel Beam Bridges Using Braced Compact Sections, Washington, D.C. 2) 久保: 局部座屈を伴う鋼I形断面桁の曲げモーメント-曲率関係について, 昭和62年度土木学会中部支部研究発表会概要集, pp.24-25.

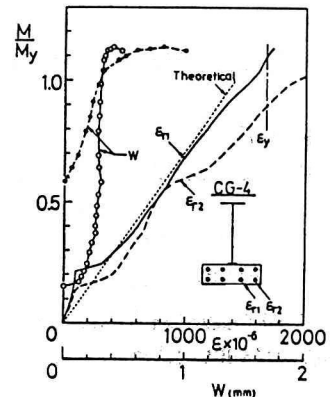


Fig. 4 Strain in Rebars and Crack Width of Slab

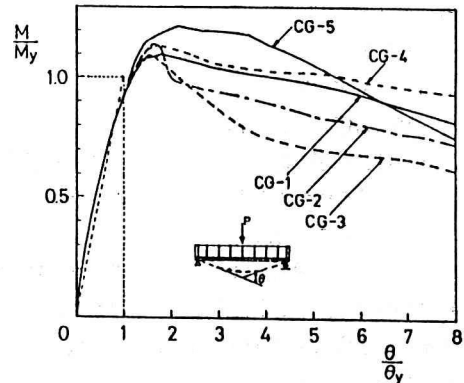


Fig. 5 Moment-Rotation Curves