

I-72

Auto stress 設計法の基礎としての弾塑性状態におけるせん断遅れ

秋田大学 正員 薄木征三
秋田大学 学生員 田次伸行
秋田大学 佐々木孝廣

1. まえがき

Auto stress 設計法は、これまでの許容応力度設計法と荷重係数設計法の延長上の設計法として1986年、AASHTOに採用された。この設計法は始めに連続鋼桁橋完成時に、過荷重(Overload)としての試験トラックを橋上に載荷させることによって、中間支点近傍の上下フランジを降伏せしめる。一般車両はこの過荷重以下の荷重であるから、一般車両通過時には降伏した断面も弾性的に挙動することができるという考えに基づいている。降伏を認めるのであるから、中間支点近傍の上下フランジの厚いカバープレートは不要となり、鋼材の節約と溶接作業量の減少がもたらされ、コストダウンにつながるとされる。

この設計法ではしたがって鋼桁内部の残留応力と鋼桁全体の塑性変形が設計の要点となる。特に π 形や箱形断面連続桁の場合は、中間支点近傍の弾塑性状態でのせん断遅れが、桁の塑性変形に与える影響を把握しなければならない。本報告はせん断遅れのみに注目し、チャンネル断面の弾塑性状態における変形挙動の実験結果を報告するものである。

2. 単純けた

図-1に断面形を示す。鋼種はSS41で表-1に断面寸法等を示す。なお表-1には次節の連続桁の断面寸法も合わせて示してある。図-2にはチャンネル断面から切り取ったJIS A号引張試験片の試験結果の一例を示す。

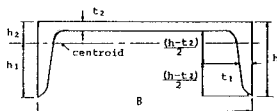


図-1 チャンネル断面

表-1 断面寸法

	支間(cm)	B(mm)	h(mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	F(cm ²)	I(cm ⁴)
単純けた	120	200	90	13.5	8	6.23	2.77	38.65	286
連続けた	120	300	90	15.5	10	6.66	2.34	55.74	360

図-3は、支間中央載荷における、支間中央から5cm離れた断面における断面各点のひずみ分布を示す。荷重Pは、支間中央断面の下縁が降伏点に達する荷重 $P_{v1}=5343\text{kg}$ で除してある。なお、塑性崩壊荷重は $P_0=9789\text{kg}$ であるので、 $P_0/P_{v1}=1.83$ である。図-3から上フランジ中央部のひずみの増加量に比べてフランジ端のそれは著しく大きいことが分かる。 $P/P_{v1}=1.84$ では ϵ (フランジ端)/ ϵ (フランジ中央)= $0.65/0.09=7.2$ 倍に達している。この時のウェブ下端のひずみは3%を越えており、図-2から下端付近はひずみ硬化域に入っている。

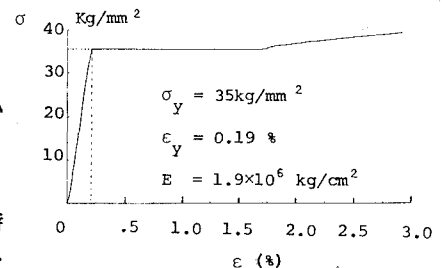
図-2 σ - ϵ 関係

図-4の斜線部は、完全弾塑性モデルを用いてはり理論から求めた $P/P_{v1}=1.84$ の時の直応力分布である。●印は、図-2の σ - ϵ 関係を用い、図-3の ϵ の測定値から σ を逆算したものである。この図からウェブはり理論よりも塑性化が進行していることが分かる。またフランジ中央付近は弾性状態と見られる。

3. 連続けた

表-1にチャンネル断面の諸定数を示す。スパン $L=120\text{cm}$ の二径間連続桁で、載荷位置とひずみ測定断面位置を図-5に示す。対称載荷であるので、中間支点上(断面①-①)で固定された桁と同じである。チャンネル断面下端の断面係数を W_1 、中間支点の曲げモーメントを M とすると $M/W_1=\sigma_v$ で、 $M=3PL/16$ であ

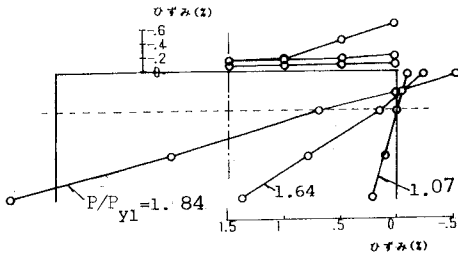


図-3 ひずみ分布

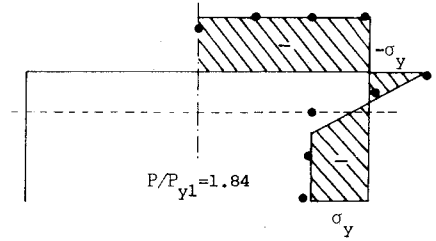


図-4 応力分布（●実験値）

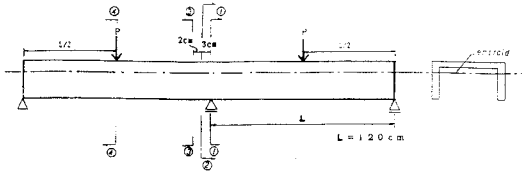
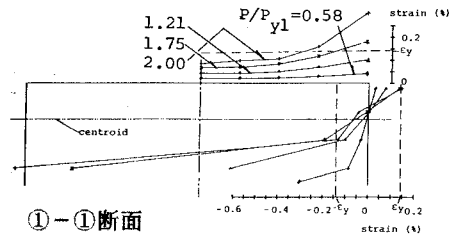
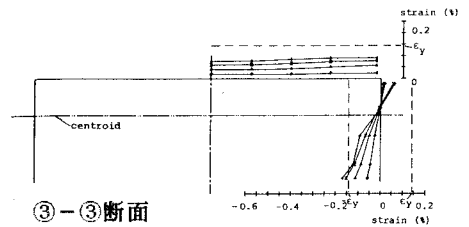


図-5 2 径間連続桁



①-①断面



③-③断面

図-6 断面内ひずみ分布

る。これから中間支点上断面下端が降伏するときの荷重は引張試験結果より $\sigma_y = 2957 \text{ kg/cm}^2$ として、 $P_{y1} = 7110 \text{ kg}$ となる。図-6に各荷重レベルでの断面内ひずみ分布を示す。荷重は P/P_{y1} で示してある。図中の破線は降伏ひずみの値で $\varepsilon_y = 0.14\%$ としている。

ひずみのせん断遅れは弾性的の場合と同様に中間支点上で最も著しく、最大荷重 $P/P_{y1} = 2.00$ の時に、 ε （フランジ端）/ ε （フランジ中央）= $0.32/0.09 = 3.6$ 倍となっている。ひずみ硬化開始ひずみは $\varepsilon_h = 2.3\%$ であるので、フランジ端は σ - ε 関係の踊り場上に、フランジ中央は弾性域にある。フランジ端、ウェブ下端共にひずみ硬化域には達していない。支点から 5 cm 離れた断面③-③ではせん断遅れは顕著ではない。

図-7は片側支間中央（載荷点）の荷重-たわみ曲線であり、除荷を含んだ実験結果である。点線はメカニズム法による結果であり塑性崩壊荷重は $P_p = 14.3 \text{ ton}$ となる。実験的に得られる崩壊荷重は図のように一点鎖線の交点として求められ、 $P_p^{\text{EX}} = 14.3 \text{ ton}$ と考えられる。よって $P_p^{\text{EX}}/P_p = 0.97$ となり、実験値の崩壊荷重が小さい。また荷重 P_p までは、たわみの実験値ははり理論の値を 20% 程度上まわっており、せん断遅れの影響は無視できない。

文献 中井博 他：鋼製ラーメン隅角部の Shear lag と耐荷力とに関する実験的研究、構造工学論文集、vol.33A, 1987

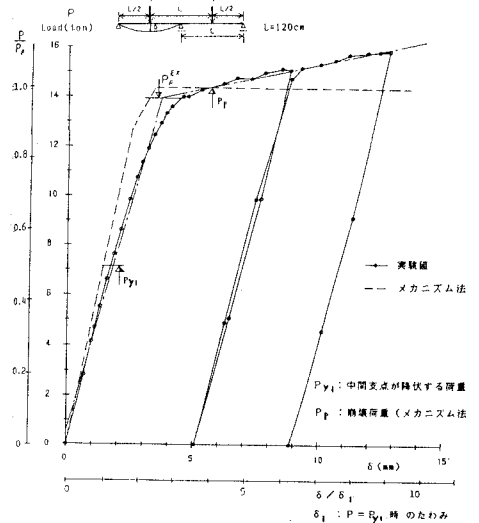


図-7 荷重-たわみ曲線