

I-28 局所荷重を受ける桁の水平補剛材による補剛効果

大阪市役所 正会員○田辺朝雄
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

関西大学工学部 正会員 米澤 博

1. まえがき 局所荷重を受けるプレートガーダー腹板の補強法に水平補剛材の使用が考えられる。水平補剛材付きプレートガーダーの終局強度は主に実験的に研究されている。筆者は局所荷重を受け、垂直補剛材間の桁の一パネルを構成する腹板とフランジおよび水平補剛材との非線形連成挙動が明らかにされる弾塑性有限変位解析法を当講演会で別途報告した。¹⁾ ここでは同手法による広範なパラメトリック解析から種々のパラメータと桁一パネルの非線形連成挙動や終局強度の関係を調べたので、その結果を報告する。

2. 数値計算結果 図-1に示す局所荷重を受ける桁の一パネルの複合非線形挙動を明らかにする。ただし、初期たわみは x, y 方向に半波の正弦波を仮定し、その最大値を現行道路橋示方書の製作誤差 $b/250$ の $1/10$ とした。また、腹板、フランジ、水平補剛材の降伏点応力はいずれも $\sigma_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ 、ヤング率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ とした。

(1) 補剛材位置：補剛材の曲げ剛比 $\gamma = (EI/bD)/(30\alpha) = 1$ で、その位置 $\eta_1 = b_1/b = 0.15 \sim 0.5$ の場合、荷重と左右辺の鉛直変位の関係を図-2（●は初期降伏を表す）に示す。参考までに、無補剛桁の場合も示した。ここに、 V_y は腹板の全塑性せん断力（ $\sigma_y b t / \sqrt{3}$ ）である。図から明らかなように、 $\eta_1 \leq 0.3$ の場合、初期降伏前の荷重-変位の間にはほぼ線形の関係が成り立つ。最高荷重に達する寸前にたわみが急増し、桁は崩壊している。 $\eta_1 = 0.15$ と 0.2 の場合には補剛材位置の違いによる終局強度の差はほとんどない。補剛材が載荷辺から離れて設けられると（ $\eta_1 \geq 0.4$ ）、より低い荷重段階から荷重-変位曲線に非線形性が現れる。 $\eta_1 = 0.5$ の荷重-たわみ曲線と無補剛の曲線とは多少異なるものの、両者の終局強度はほとんど変わらない。

最高荷重時の腹板の変形と塑性域（●印）を図-3に示す。また、中央断面での初期たわみと崩壊時のたわみも模式的に示した。 $\gamma = 1$ の補剛材で腹板を補強した場合、その位置に関わらず、腹板は補剛材上で節を形成し、2半波で変形する。 $\eta_1 = 0.2$ の位置で補剛した場合、載荷辺と補剛材の間が比較的狭いことや補剛材が変形の節を形成することからパネル1のたわみはかなり抑えられる。一方、初期たわみが大きく、幅の広いパネル2は大きく変形する。 $\eta_1 = 0.4$ の場合、先の $\eta_1 = 0.2$ の場合とは逆にパネル1の変形が大きく、より局所的な変形となっている。無補剛の場合や補剛材が載荷辺に比較的近く設けられた場合、塑性域はパネル1の載荷辺近傍にのみ生じる。一方、補剛材を中央に近づけて設けると、塑性域は載荷辺近傍と最大たわみの生ずる付近の2箇所に現れる。

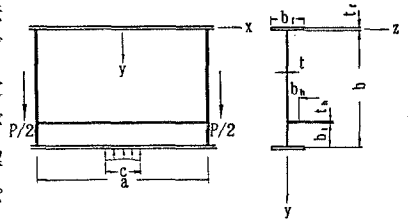


図-1

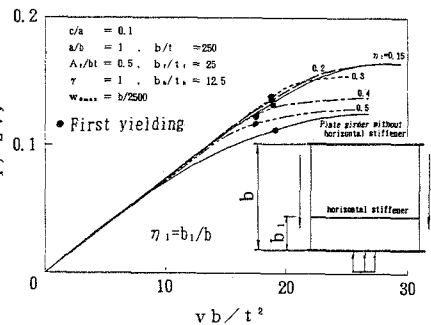


図-2

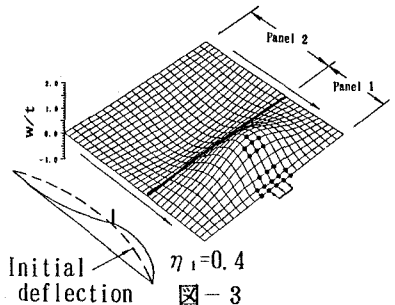
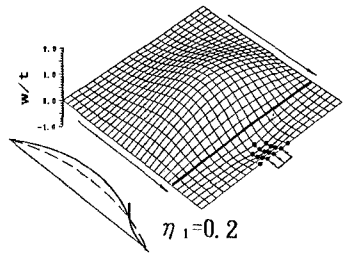
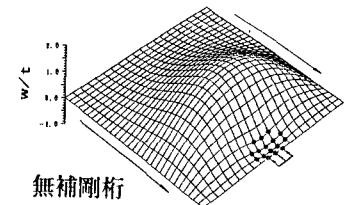


図-3

補剛材位置を種々変え、補剛材の曲げ剛比と終局強度の関係を求めると、図-4を得る。ただし、 $\eta_1=0.2$ の場合のみ崩壊時の中央断面のたわみモードも示した。 $\eta_1 \leq 0.4$ の場合、 $\gamma=0$ から 0.5 の間で、終局強度は著しく増大し、補剛材上でたわみが抑えられるようになる。補剛材が載荷辺の近く位置に設けられるほど、終局強度が一定の値となるための γ は大きくなる。たとえば、 $\eta_1=0.15$ の場合、その値はほぼ $\gamma=2$ となる。また、 $\eta_1=0.2$ や 0.3 の場合には $\gamma=1$ である。なお、 $\eta_1=0.5$ の場合、補剛材の使用による強度の増加はほとんど望めない。

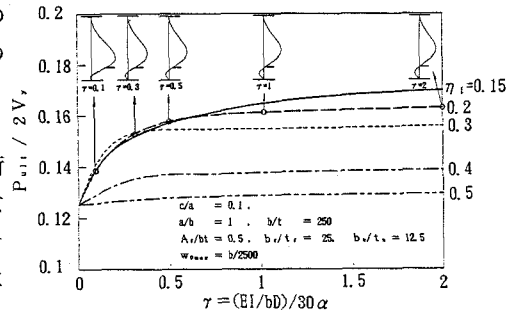


図-4

補剛材の曲げ剛比 $\gamma=1$ で、載荷幅比 $c/a=0.1, 0.2, 0.3$ の場合の補剛材位置と終局強度の関係を図-5に示す。ただし、縦軸、横軸はそれぞれ補剛桁と無補剛桁の終局強度の比 $P_{u11}/P_{u11}(\gamma=0)$ と、補剛材位置 η_1 を示す。図から分かるように、載荷幅比に関わらず、ほぼ $\eta_1=0.15$ で最大終局強度が得られる。補剛材をこれより載荷辺に近づけても遠ざけても不経済となる。

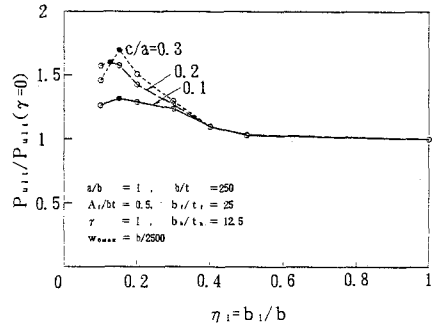


図-5

(2) 補剛材の突出幅比: 補剛材の位置 $\eta_1=0.2$ で、突出幅比 $b_h/t_h=4 \sim 12.5$ の場合、終局強度と補剛材の曲げ剛比の関係を図-6に示す。図中、●と▲はそれぞれ Smith ら²⁾ と Janus ら³⁾ によって提案された必要曲げ剛比を示す。突出幅比が小さいほど終局強度が一定の値に収束するための曲げ剛比 γ は大きい。弾性座屈強度に基づく Smith らの最小曲げ剛比の補剛材で補強しても十分な強度が発揮されず、補剛材は腹板とともにたわむ。また、実験結果に基づいて決定された Janus らの最小曲げ剛比は終局強度が一定の値に収束した時の曲げ剛比にほぼ一致し、彼らは適切な補剛材剛度を提案しているように思われる。なお、Janus らの近似算定式による終局強度を実線で示したが、彼らの結果は本解析による無補剛桁の終局強度よりもかなり低い。

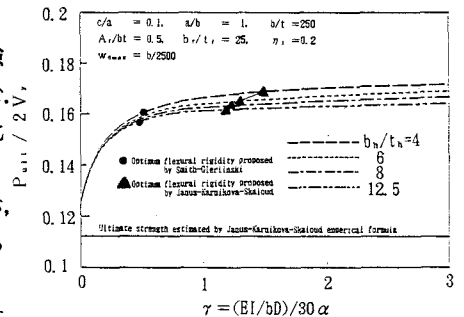


図-6

(3) 作用荷重の幅: 載荷幅比と終局強度の関係を図-7に示す。いずれの曲げ剛比でも桁の終局強度は載荷幅の増加とともにほぼ線形的に増加する。特に、補剛桁の場合は無補剛の場合より強度の増加が著しい。

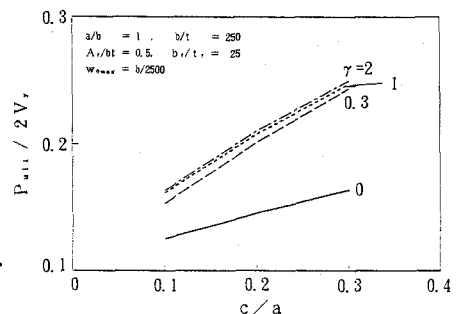


図-7

3. あとがき 以上、パラメトリック解析で得られた結果をまとめると、次のようである。①補剛材の位置や曲げ剛比と終局強度との関係を明らかにした。②終局強度が最大となる補剛材の位置は載荷辺から腹板高の約0.15倍の付近であることが分かった。③補剛材の突出幅比と終局強度の関係を明らかにした。④載荷幅の増加とともに終局強度はほぼ線形的に増える。

参考文献 1) 堂垣・米澤・田辺: 局所荷重を受ける水平補剛材付きプレートガーダーの複合非線形解析, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, 1990-9. 2) Smith, T.R.G., et al.: Jour. of the Structural Division, ASCE, Vol.108, No. ST6, pp.1357-1366, 1982. 3) Janus, K., et al.: Acta Technica CSAV, No.2, pp.158-195, 1988.