

I-28

支点及び载荷点の塑性化を考慮した集成材連続はりの終局強度

秋田大学 正員 ○針金 誠悦

秋田大学 正員 薄木 征三

1. まえがき

集成材は引張応力の脆性破壊により強度が支配されるなどの特性を有する構造部材であり、その強度特性は不明な点が多い。

本研究は各種橋梁の高欄等への集成材の使用を想定し、集成材から成る連続はりの終局強度について2カ所の塑性化を考慮した解析を行うものである。

2. 解析理論

図-1に示す様に、2カ所が弾塑性状態にある集成材二径間連続はりにおいて、集成材の $\sigma-\varepsilon$ 関係を圧縮側が完全弾塑性であり引張側が引張強度に達した時点ではりに破壊が生ずるbi-linear型であると仮定すると、曲げモーメントのつりあいより弾塑性境界位置 $c_0, c_1, c_2, a_0, a_1, a_2$ は次式で示される。

$$c_0 = \frac{3}{2} \bar{P} k l - \frac{3}{4} \bar{X} (l-x) + 2 \bar{h} l \quad (1)$$

$$c_1 = -\frac{3}{2} \bar{P} k l + \frac{3}{4} \bar{X} (l-x) + 2 \bar{h} l \quad (2)$$

$$c_2 = -\frac{3}{2} \bar{P} (l-x) + \frac{3}{4} \bar{X} (l-x) + 2 \bar{h} l \quad (3)$$

$$a_0 = -\frac{2 \bar{P} k l}{\bar{X}} - \frac{4 \bar{h} l}{3 \bar{X}} + l \quad (4)$$

$$a_1 = \frac{2 \bar{P} k l}{\bar{X}} - \frac{4 \bar{h} l}{3 \bar{X}} - k l \quad (5)$$

$$a_2 = \frac{4 \bar{h} l}{(3 \bar{X} - 6 \bar{P})} + k l \quad (6)$$

$$\text{ここで、} \bar{h} = \frac{h}{l}, \bar{P} = \frac{P}{\sigma_c t h}, \bar{X} = \frac{X}{\sigma_c l h}$$

また、せん断ひずみを無視したはり理論及び曲げを受ける弾性はりの仮想仕事の原理を弾塑性状態にあるはりに拡張し¹⁾、2カ所が弾塑性状態にあるはりの荷重 P と不静定力 X の関係を求めると次式で示される。

$$\frac{\bar{X}^2}{m_1^2} \left\{ \log \left(\frac{8 \bar{h}}{3 m_1 k + 12 \bar{h}} \right) + \frac{3 m_1 k + 4 \bar{h}}{2 m_1 k + 8 \bar{h}} - \frac{1}{12} \right\} + \log \left\{ \frac{(6 m_2 + 3 \bar{X} k)(6 m_3 - 3 \bar{X})}{64 \bar{h}^2} \right\} + \frac{2 m_2}{2 m_2 + \bar{X} k} + \frac{2 m_3}{2 m_3 - \bar{X}} - \frac{19}{3} = 0 \quad (7)$$

$$\text{ここで、} m_1 = \bar{X} - 2 \bar{P}, m_2 = 2 \bar{h} - \bar{P} k, m_3 = 2 \bar{h} + \bar{P} k$$

上式(7)において、中間支点近傍が塑性化し、载荷点において降伏状態に達した場合($a_0 > 0$, $a_1 = a_2 = 0$)の不静定力は、中間支点近傍1カ所の塑性化のみを考慮して求めた値と一致する。

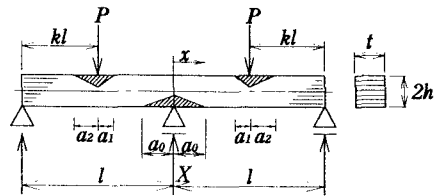


図-1 (a) 集成材二径間連続はり

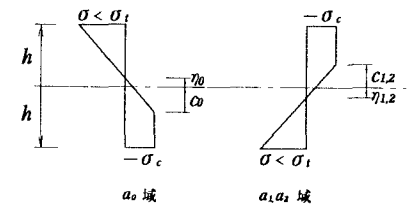
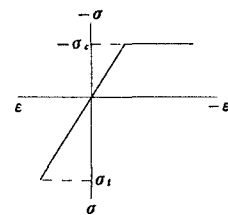


図-1 (b) 弾塑性域での応力分布


 図-1 (c) $\sigma-\varepsilon$ 関係

3. 計算例

図-2に示す集成材二径間連続はりの各スパン中央に集中荷重が作用した場合を例に挙げ、以下の検討を行った。

(1) 荷重－不静定力関係

図-3は終局時に至るまでの荷重 P と不静定力 X の関係を示したものである。図中の P_y は、最初に生じる中間支点での降伏時の荷重であり、 P_{yy} は P_y を超えて載荷点においても降伏状態に達した場合の荷重である。なお、この時中間支点でも塑性化が進行している。 P_{yy} を上回る P が作用した場合の不静定力について弾性解を X 、1カ所の塑性化のみ考慮した場合（載荷点の塑性化無視）の値を X_1 、2カ所の塑性化を考慮した場合の値を X_2 とし、また、各場合での終局荷重をそれぞれ P_u 、 P_{u1} 、 P_{u2} とすると、図からは $X_1 < X_2 < X$ 、 $P_{u1} > P_{u2} > P_u$ となることがわかる。なお、本例を完全弾塑性体と仮定して計算した場合についても同様な傾向が見られた。

(2) 塑性域の分布

図-4は2カ所の塑性化を考慮した場合の終局時に至るまでの塑性域の分布を示したものである。各塑性域において終局時に近づくにつれて塑性域が軸方向および軸直角方向に直線的に広がりが増していることがわかる。

(3) 荷重－直ひずみ関係

図-5は2カ所の塑性化を考慮した場合の終局時に至るまでの荷重 P と中間支点と載荷点のはり断面内の直ひずみ ϵ の関係を示したものである。図からは終局時に近づくにつれ非線形性が見られる。なお、本例では中間支点の引張ひずみ（図中の実線1）が 12937×10^{-6} （ $=\sigma_t/E$ ）に達した時点で中間支点の引張側に脆性破壊が生じ、はりが破壊する。

《参考文献》

- 1) 薄木，堀江，亀井：集成材高欄支柱の弾塑性状態における変位、構造工学論文集、1989

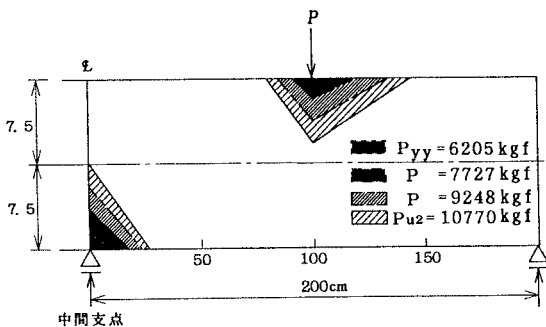


図-4 塑性域の分布

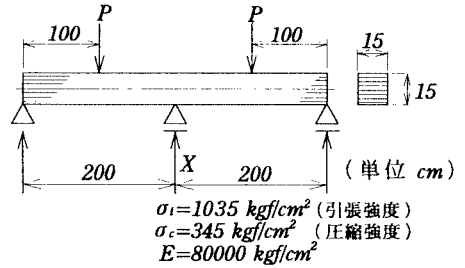


図-2 計算例

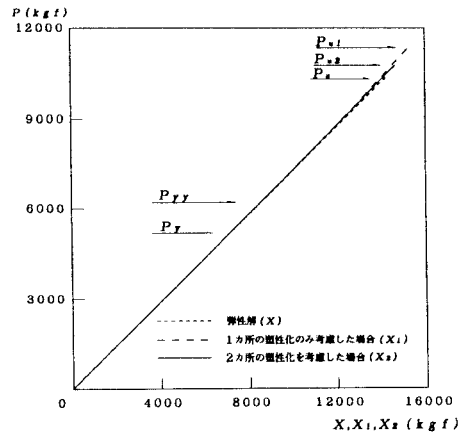


図-3 $P-X$ 関係

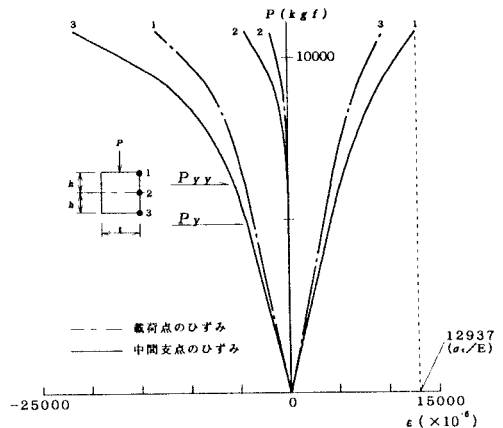


図-5 荷重－直ひずみ関係