

I - 45

挿入鋼板で補剛した集成材ばりの曲げ破壊性状

秋田大学 正 ○薄木征三

秋田大学 学 キッシュ・ラヨシュ

秋田大学 学 照井美貴夫

1. 目的

構造景観、材料のリサイクル性および材料生産時の炭素ガス排出量などの面で、優れた特性を持つ古くて新しい材料として木材が再認識されている。土木分野でも様々な利用法が模索されているが、ここでは木橋に焦点を当てる。最近では宮崎県に、地元産のスギを使った車道橋（林道橋）が架設されたことが報告されている。スギはすべて集成材として使用されているようである。

この橋の場合、床版はプレストレスト木床版となっていて、アスファルト舗装がなされている。床版としては他に、鉄筋コンクリートや鋼床版も用いられる。ベイマツ集成材主桁に、鋼床版を採用した場合については著者らの一人がすでにその概要を発表しているが、ここではスギ集成材を使用した場合の曲げ耐荷力について、概要を述べる。

2. 対象構造

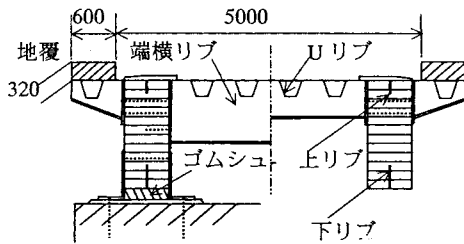


図-1 林道橋断面

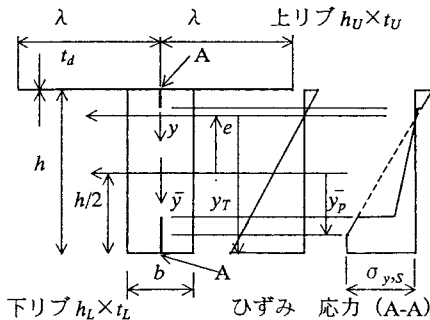


図-2 座標、ひずみおよび応力分布

図-1に対象とする構造を示す。二本の主桁はスギ集成材から成っており、床は鋼床版となっている。主桁上では縦リブとして平リブを用い、これを主桁上のスリットに落とし込んでエポキシ系樹脂で接着する。このリブを以下では上リブと称する。

同様に、主桁下部にも下リブを挿入接着する。このリブの役目は主桁の曲げ剛性を増加させると共に、引張縁からの集成材主桁の脆性的破壊を緩和することにある。

鋼床版を用いるのは、言うまでもなく主桁を雨水から保護して対腐朽性を向上させると共に、主桁と合成断面を形成して、桁高を低く抑える効果があるからである。また橋梁全体の軽量化を計るためでもある。

3. 断面のモデル化

図-2のようにモデル化して梁理論を適用する。デッキプレートの板厚 t_d は、図-1の片側主桁の有効幅の合計を 2λ として、片側主桁の断面二次モーメントが図-2のそれに等しくなるように定めた、換算板厚である。この時鋼と集成材のヤング係数比が必要となるが、鋼と集成材のヤング係数をそれぞれ E_s および E_w と置くとヤング係数比は

$$n = \frac{E_s}{E_w} \quad (1)$$

スギ集成材の場合、 $E_w = 75 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2 \sim 90 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ 程度なので、 $n = 23 \sim 28$ となる。

図-2において、 e は中立軸までの座標、 $\bar{y}_p$ は集成材図心から下リブ降伏域までの座標である。つまり中立

軸はデッキプレートの存在のため、主桁の上方に位置する。よって下リブ下端から鋼の降伏が始まるのである。

4. 特定モーメント

下リブ下縁が降伏点に到達するときの曲げモーメントを、降伏モーメント M_Y とする。この時は全断面弾性であるから下リブ下縁で ($y = y_T, \bar{y}_P = h/2$)

$$\sigma_{y,s} = \frac{nM_Y}{I_z} y_T \quad \dots \dots \dots (2)$$

と置く。 $\sigma_{y,s}$ は鋼の降伏点である。 I_z は弾性断面二次モーメント、 y_T は下リブ下縁の中立軸からの座標とする。図-3 は鋼 (SS400) とスギ集成材 (E75-F240) との σ - ε 関係である。ただしスギ集成材は曲げに対するモデルで、梁の上下縁とも曲げ強度に達したとき脆性破壊するものとしている (厳密には圧縮縁はわずかに塑性化すると考えられている)。

式 (2) より図-2 の断面形状が与えられると降伏モーメント M_Y は求まる (図-2 において $y = \bar{y} - e$ の関係があり、これより $y_T = h/2 - e$)。次に図-2 において、下リブ断面全体が降伏するときのモーメントを下リブ全塑性モーメントと称することにする。この時は下リブの高さが h_L (cm) であるから、図-2 より $\bar{y}_P = h/2 - h_L$ と置いて

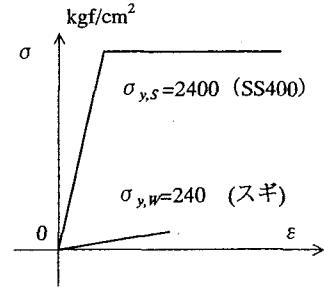


図-3 鋼と木の σ - ε 関係

$$M_P = \frac{\sigma_{y,s}}{h/2 - h_L - e} \left\{ \bar{I}_s + \bar{I}_P + \frac{1}{n} \bar{I}_w - e^2 \left(A_s + A_P + \frac{1}{n} A_w \right) \right\} \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで

$$e = \frac{n(\bar{Z}_s + \bar{Z}_P) + \bar{Z}_w}{n(A_s + A_P) + A_w} \quad \dots \dots \dots (4)$$

式(3)で、 $\bar{I}_s, \bar{I}_P$ は下リブを除く弾性部分の鋼のおよび下リブの塑性断面二次モーメントであり、 $\bar{I}_w$ は集成材部分の弾性断面二次モーメントである。 A_s, A_P は鋼の弾性および塑性部の断面積、 A_w は集成材の断面積とする。式(4)の分子においても $\bar{Z}$ は断面一次モーメントを表し、下サフィックスの意味は $\bar{I}$ および A と同様とする。 e は中立軸の座標である。

モーメントをさらに増加させてゆくと、図-3 に示す集成材の曲げ強度 $\sigma_{y,w}$ に到達し、引張縁から脆性的に破壊して終局状態に至る。この終局モーメントは

$$M_U = \frac{n\sigma_{y,w}}{h/2 - e} \left\{ \bar{I}_s + m\bar{I}_P + \frac{1}{n} \bar{I}_w - e^2 \left(A_s + mA_P + \frac{1}{n} A_w \right) \right\} \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここで

$$e = \frac{n\bar{Z}_s + m\bar{Z}_P + \bar{Z}_w}{nA_s + mA_P + A_w}, \quad m = \frac{\sigma_{y,s}}{\sigma_{y,w}} \quad \dots \dots \dots (6),(7)$$

は図心および降伏点比である。図-3 に示すように、SS400 とスギ集成材 E75-F240 の組み合わせでは $m=10$ となる。式(3),(4)と式(5),(6)の $\bar{I}_P$ と $\bar{Z}_P$ ではその内容が異なることに注意せねばならない。

以上は1断面内での結果であるが、単純梁に集中荷重が作用する図-4 の場合は、載荷点で終局モーメント M_U に達したとき、支点側に下リブ全塑性モーメント M_P および降伏モーメント M_Y が存在する。 M_U と M_P の間の位置 x では、下リブは全断面弾性であるが、 M_Y と M_P 間では弾塑性境界 $\bar{y}_P$ (図-2) を求めなければ、非線形たわみなどを明らかにできない。

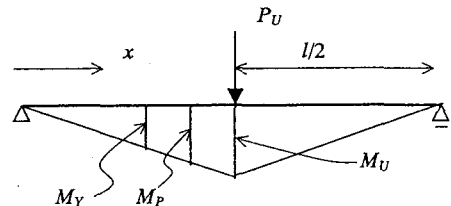


図-4 M-図