

アーチ形式集成材歩道橋の耐荷力に及ぼす半剛結連結部の影響について

岩手大学工学部 学生員 ○山本 亮
 岩手大学工学部 正員 出戸 秀明, 岩崎 正二, 宮本 裕
 日本大学工学部 正員 五郎丸 英博

1. まえがき

近年、地域社会におけるアニメティーなどのニーズの高まりと共に、木材の暖かみやぬくもりが高く評価され、地域性を強く示す集成材を用いて、橋やアーチドームなどの大規模構造物が建設されるようになってきた。また、それに伴い集成材梁についての研究も多数報告されているが、そのほとんどは弾性範囲内での研究であり、破壊に至るまでの弾塑性挙動について言及している報告例は少ない。しかし、PC 橋、鉄筋コンクリート橋等で、限界状態設計法が主流となっている現状で、木橋の限界状態を明らかにするために集成材の耐荷力を求める適切な解析手法を研究することは、今後重要になってくるとと思われる。

そこで、本研究では実際に用いられている部材連結部を半剛結連結部と考えたアーチ形式集成材歩道橋の弾塑性有限要素解析を行い耐荷力を求めると共に、半剛結連結部の有無が耐荷力に及ぼす影響を明らかにした。

2. 解析理論

本研究では集成材のアーチ橋を弾塑性解析する場合、解析モデルを平面応力モデルに仮定し、アイソパラメトリック矩形要素を用いた有限要素法を適用した。集成材は一般に直交異方性の性質を有する複合材料と考えられているが、集成材を有限要素法により弾塑性解析を行う場合には、集成材に適用できる降伏条件式が必要である。そこで、本研究では降伏条件式として FRP 等を使用される Tsai-Wu の降伏条件を採用した。この破壊則は多項式形式で表現されており、平面応力状態下では以下の式で表される。

$$\left(\frac{1}{\sigma_{xt}} - \frac{1}{\sigma_{xc}}\right)\sigma_x + \left(\frac{1}{\sigma_{yt}} - \frac{1}{\sigma_{yc}}\right)\sigma_y + \frac{1}{\sigma_{xt}\sigma_{xc}}\sigma_x^2 + \frac{1}{\sigma_{yt}\sigma_{yc}}\sigma_y^2 + \left(\frac{\tau_{xy}}{S}\right)^2 + 2F_{xy}\sigma_x\sigma_y = 1$$

この破壊則には F_{xy} という連成の強さを表現する項を任意に定義することが出来る。ただし、 F_{xy} は以下の関係式を満たさなければならない。

$$(F_{xy})^2 \leq \frac{1}{\sigma_{xt}\sigma_{xc}} \cdot \frac{1}{\sigma_{yt}\sigma_{yc}}$$

ここで、 σ_{xc} 、 σ_{xt} は軸方向の圧縮強度と引張強度を表し、 σ_{yc} 、 σ_{yt} は横方向の圧縮強度と引張強度を表す。 S は最大せん断強度である。

3. 解析結果と考察

アーチ形式集成材歩道橋の耐荷力を算定するにあたり、対象橋を図-1に示すような2次元平面応力状態にモデル化し、直交異方性を考慮したアイソパラメトリック矩形要素を用いて FEM 要素分割を行った。全体モデルの総要素数は 356、総節点数は 558 である。本研究の有限要素解析では半剛結連結部のモデル化にあたり、図-1中の黒塗り部に示すように部材連結部付近を

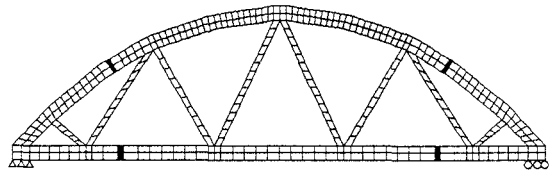


図-1 要素分割図

表-1 集成材要素の材料データ

	ラミナに水平方向	ラミナに垂直方向	せん断
弾性係数	$E_x=1.084 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	$E_y=7.472 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	$G=1.55 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$
引張強度	$\sigma_{xt}=6.94 \times 10^2 \text{ kgf/cm}^2$	$\sigma_{yt}=3.874 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$	—
圧縮強度	$\sigma_{xc}=6.0 \times 10 \text{ kgf/cm}^2$	$\sigma_{yc}=4.28 \times 10 \text{ kgf/cm}^2$	—
せん断強度	—	—	$\tau_{xy}=9.174 \times 10 \text{ kgf/cm}^2$
ポアソン比	$\nu_x=0$	$\nu_y=0$	—

幅の狭い剛性の低い要素に分割し構造系全体の剛性を低下させるように解析を行った。部材連結部要素の剛性を決定する方法として、要素の幅や剛性を変化させた弾性応力解析を行い、変位の解析値が、静的載荷実験結果と一致するように要素の幅や剛性を決定した。部材連結部の有無や載荷形式による耐荷力、破壊挙動の違いを比較するために集中荷重、半載荷重、全載荷重の3種類の荷重形式で解析を行い比較検討した。数値計算に用いる集成材要素の材料特性のデータは、集成材梁の破壊実験結果¹⁾を参照して表-1のような値を採用した。ただし、部材連結部要素のラミナ水平方向の弾性係数は $E_x=1.868 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ とした。解析モデルが集中荷重、半載荷重、全載荷重を受ける場合の、部材連結部が無い場合とある場合の荷重-変位図を図-2、3、4に示す。変位は下弦材中央部下縁のたわみ値を示している。図中のグラフの縦軸は荷重 (tf) を、横軸は変位 (mm) を表している。図-2、3、4より、本研究で用いた半剛結連結部は、アーチ形式集成材橋の耐荷力にあまり影響を与えないことがわかったが、部材連結部のある場合の変位は、無い場合と比べると大きく算出されることがわかった。

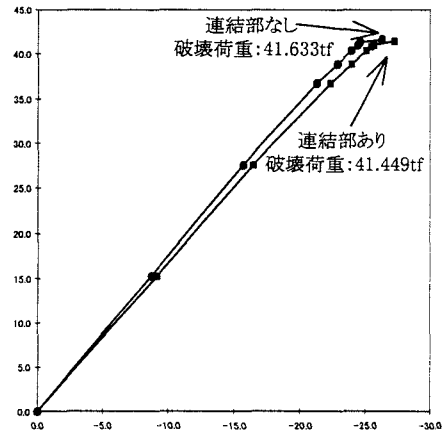


図-2 荷重-変位図 (集中荷重)

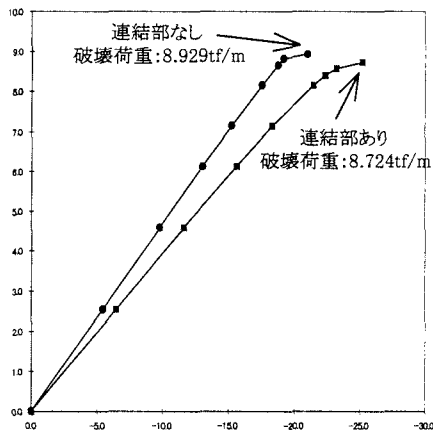


図-3 荷重-変位図 (全載荷重)

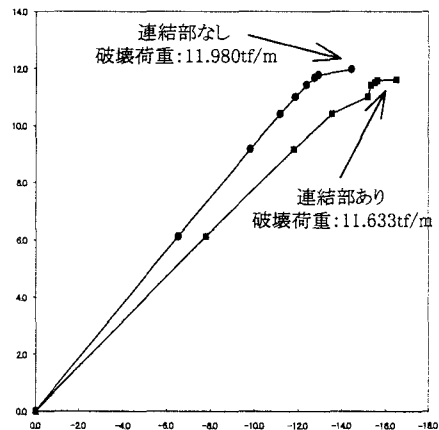


図-4 荷重-変位図 (半載荷重)

4. あとがき

今回アーチ形式集成材橋を2次元平面応力モデルとしたが、本来この形式の橋梁は、骨組みモデルで解くべき問題である。また、部材連結部をモデル化する際に、剛性を低くする方法を用いたが、ジョイントや亀裂などの不連続面を表すジョイント要素を用いるという方法も考えられるので、今後の検討課題としたい。

【参考文献】

- (1) 山本亮・宮本裕・岩崎正二・出戸秀明・五郎丸英博：構造用集成材の強度特性について、平成9年度土木学会東北支部 技術研究発表会講演概要 (1998)