

集成材の弾塑性挙動に及ぼすヘアクラックの影響

秋田大学 学生会員 ○佐藤 健次郎
秋田大学 学生会員 進藤 翔太
秋田大学 正会員 長谷部 薫

1. はじめに

近年、環境問題への注目の高まりから木材を用いた構造物の建造が増加している。特に木材を接着材で繋ぎ合わせた集成材は今まで単一材料の木材ではできなかった大断面が可能となり木材用途が広がった。しかしながら、大断面集成材の製作が可能になり、長スパン部材の架設が可能になった反面、いままでは考慮されてなかった問題が起こる可能性がある。特に、木材ではコンクリートに比べ、せん断破壊し易く大断面の場合ではせん断応力が曲げ応力よりも重要となる場合が考えられる。さらに木材の場合コンクリートに比べ100倍以上の収縮率があるため、木材ではヘアクラックが広がり大きなクラックになり易い。よって、今回は木材に水平方向のヘアクラックが発生した場合の挙動を弾塑性解析で明らかにし考察する。

2. 解析方法

数値解析において、汎用有限要素解析プログラムMSC/MARC.Mentatを使用し、3次元ソリッド要素を用いて解析を行った。図-1に解析の対象となるモデルと軸の定義を示す。ここでは、実橋梁を想定し、支間長は集成材で作る木橋の長さで比較的大きな10mとした。また、y方向の幅は20cmとしz方向の高さは支間長の1/10の1mとした。

要素分割数をx方向に20分割、y方向を20分割としz方向を集成材1層の高さと同じ分割数と設定した。さらに支間中央部では荷重位置、支点と荷重の間ではヘアクラックを設けるため $x=2\sim3\text{m}, 4.5\sim5.5\text{m}, 7\sim8\text{m}$ の間でx方向を再度5分割とした。

3ケースの解析モデルを図-2に示す。各ケースのヘアクラックの長さがx方向をaとし、y方向をbとしてaとbのヘアクラックの長さを変化させながら解析を行った。z方向には高さの中間にヘアクラックがあり、両端から発生したと仮定している。ケース1では支点と荷重位置の中間に開きのない接触状

態のヘアクラックを設けたモデルである。ケース2では、ケース1のヘアクラックが拡大し厚さ2.5mmのヘアクラックが発生したと仮定しており、ケース3では5mmとし解析を行った。

解析で用いた集成材のヤング率 E_x は繊維方向の値をとり $E_x=7500\text{N/mm}^2$ と設定した。また E_y と E_z は E_x の1/25、せん断弾性係数は $G_x=G_y=G_z=E_x/15$ とし、ポアソン比は $\nu_x=0.4, \nu_y=\nu_z=0.016$ として解析を行った。

図-3に応力とひずみの関係を示す。曲げ応力は引張側で線形の完全弾性モデル、圧縮側では完全弾塑性モデル、せん断応力は圧縮側および引張側で完全弾性モデルと仮定して解析を行った。また、圧縮側の塑性開始応力を 18N/mm^2 とし、終局値は1.5倍の 27N/mm^2 とした。せん断応力の破断点はせん断基準強度の公称値である 1.0N/mm^2 の3.0倍である 3.0N/mm^2 とした。

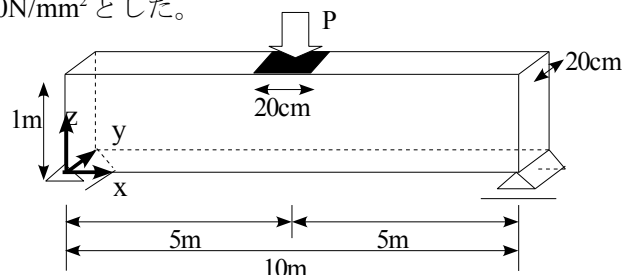


図-1 解析モデル

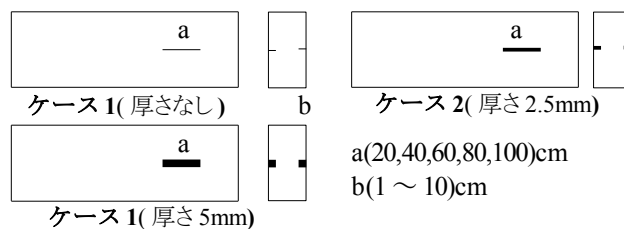


図-2 各ケースのモデル

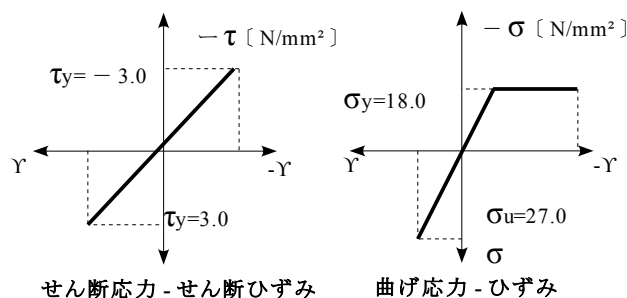


図-3 応力-ひずみ曲線

3. 解析結果

ケース1～3とヘアクラックのない初期モデルを比較したせん断応力を図-4～図-6に示す。荷重 P については破壊荷重を設定しており、曲げ応力、せん断応力いずれかが破断点に達したときのものとした。またヘアクラックを $a=20\text{cm}$, $b=1\text{cm}$ と固定しケース毎の比較をした。

ケース1と初期モデルとのせん断応力の違いは最大値で1.02倍であり、影響はほぼ見られなかった。 a と b の値を増えた場合わずかにせん断集中が発生したが設定した破断点までには及ばなかった。曲げ応力については変化がみられないため、ケース1の状態では影響がないといえる。

ケース2と初期モデルとのせん断応力の違いは最大値で2.40倍であり、大幅に増加がみられた。このケースでは曲げ破壊よりもせん断破壊が先行しており、 a と b の値を増やした場合さらに顕著な結果が得られた。また、曲げ応力についてはケース1と同様変化がみられなかった。

ケース3と初期モデルとのせん断応力の違いは最大値で2.10倍であり、ケース2より最大値は小さい。また、 $a=20\text{cm}$, $b=1\text{cm}$ の場合ではケース2と違い曲げ破壊が発生している。 a と b の値を増やすと $a=40\text{cm}$, $b=1\text{cm}$ の場合では曲げとせん断の同時破壊、それ以上でせん断破壊が先行する結果が得られた。

ケース1～3において、せん断破壊荷重はケース2,3,1の順に小さく、ヘアクラックに厚さがありかつ薄いものが、せん断破壊に対してヘアクラックの影響が大きい結果となった。

ケース2でヘアクラックの大きさ a , b と破壊荷重の関係を表-1に示す。ヘアクラックの a と b の関係は一方が最小値($a=20\text{cm}$, $b=1\text{cm}$)であった場合もう一方が増加しても破壊荷重に大きな影響は与えにくいといえる。

4. まとめ

集成材ではヘアクラックが発生すると厚さがない場合、破壊荷重に対して影響がないといってよいが、厚さがある場合は薄いほどせん断応力集中が発生し易くせん断破壊に至ると考えられる。また、ヘアクラックの長さ a と厚さ b の相関関係では共に増加していった場合、影響が大きいという結果が得られた。

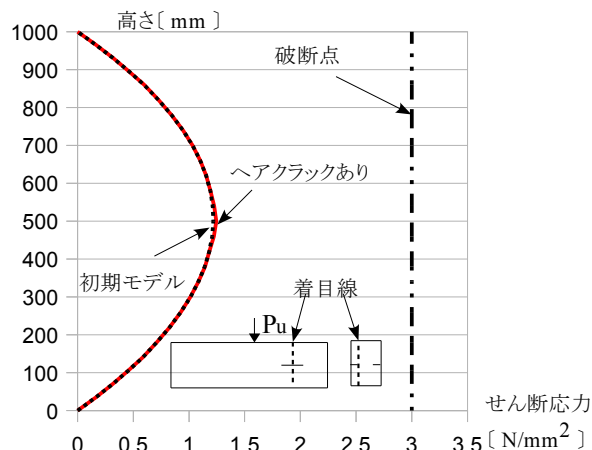


図-4 せん断応力 ケース1($a=20\text{cm}$, $b=1\text{cm}$)

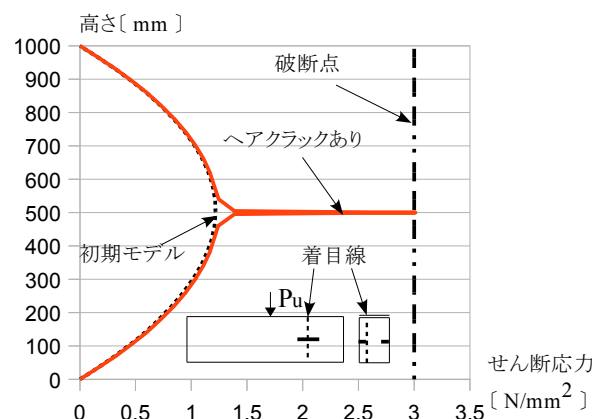


図-5 せん断応力 ケース2($a=20\text{cm}$, $b=1\text{cm}$)

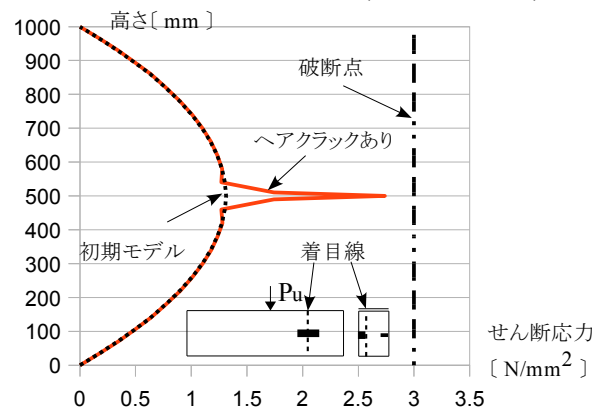


図-6 せん断応力 ケース3($a=20\text{cm}$, $b=1\text{cm}$)

表-1 破壊荷重〔kN〕

$a \backslash b$	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1 cm	330	320	300	300	290
2 cm	270	210	200	200	190
3 cm	250	180	180	170	170
4 cm	240	160	160	150	150
5 cm	240	160	140	130	120
6 cm	240	160	130	120	110
7 cm	230	140	120	110	100
8 cm	230	140	110	100	90
9 cm	230	120	100	90	80