

集成材を用いた木歩道橋の三次元地震応答解析

岩手大学工学部 学生員○永井正和
 岩手大学工学部 正員 宮本 裕
 岩手大学工学部 正員 岩崎正二
 岩手大学工学部 正員 出戸秀明

1. まえがき

岩手県下閉伊郡田野畑村の思惟大橋コミュニティ公園は、橋の公園として木歩道橋が毎年のように建設されている。すでに、1号橋（トラスランガー橋）、2号橋（逆ランガー橋）、3号橋（斜張橋）の3形式の歩道橋が完成している。木材利用の背景には、木材加工技術の進歩により、強度・品質が安定した長期耐久性にすぐれた大断面の集成材の作成が可能となったことが上げられる。

これまでに我々は、橋の固有振動数の測定を行い、固有振動解析結果と比較をしながら、構造物の断面緒元や支持条件を適切に表す構造解析モデル化の研究を行ってきた。このようにして、解析値と測定値がよく対応するように、支承部の支持条件や構造部材の接合条件等を適性にとらえる全体構造物の剛性評価を行ってきた。今回の研究はこれらの成果1)2)3)に基づいて、集成材歩道橋が地震時にどのような挙動をするか、時刻歴地震応答解析を行ったので報告する。

2. 時刻歴地震応答解析

くわしい理論はたとえば参考文献4)を参照されたい。本研究の対象である1号橋（トラスランガー橋）については、実橋の振動測定を行い、理論解析に用いた部材の剛性や支持条件、バネ定数の妥当性は確認済みである。表1に1号橋概要を示す。

3. 集成材橋の解析モデル化

図1は橋の解析モデル図である。1号橋の部材連結部⑤は、他の部材との接合はなく鋼板挿入型ボルト接合によるきわめてシンプルな構造となっているため、半剛結の特性を有する。従って解析モデルは、部材連結部にバネ要素を用いたモデルを使用している。

今回の研究では、比較のためバネ要素を用いたモデルとバネ要素のないモデルの地震応答解析を行い比較検討した。

表2に解析モデル詳細を示す。なお集成材の弾性係数は 1.1×10^5 kgf/cm²であり、振動応答計算に用いた減衰定数は0.05である。

4. 計算に用いた入力地震波

この研究に用いた地震波データ（NS, EW, UDの3方向成分）は宮城高専の渋谷純一教授から頂いたデジタル記録であり、表3のようである。

データによっては刻み幅0.01秒のものや0.02秒のものがあったが、0.02秒の場合はデータの間隔を計算してすべての地震波データを0.01秒の刻み幅の数値データとして入力地震波に用いた。従って全ての地震波データは2000個（20秒間）を用いた。解析に使用したデータの加速度波形は省略する。

表1（1号橋概要）

橋名	思惟公園1号橋		
形式	下路式木トラスランガー橋		
材料	秋田杉集成材		
用途	木歩道橋		
橋長	16.50m	高さ	4.48m
支間	16.00m	幅員	2.00m

表2（解析モデル詳細）

部材数	140	節点数	90
(バネ要素数)	(8)	質点数	32

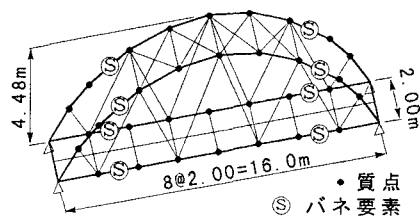


図1（1号橋解析モデル図）

表3（入力地震波データ詳細）

入力地震波名（計測地）	鉛直成分最大gal
E1 釧路沖地震	363.39
E2 兵庫県沖南部地震	332.20
E3 宮城県沖地震（東北大学）	153.00
E4 三陸はるか沖地震	118.70
E5 日本海中部地震（八郎潟）	96.57
E6 宮城県沖地震（住友生命ビル）	90.80
E7 十勝沖地震	86.31
E8 日本海中部地震（秋田港）	40.03

5. 計算結果

各地震波ごとに計算された応答値をバネ有りモデルとバネ無しモデルについて比較検討した。図2は各地震波における最大たわみを表しており、図3は、最大せん断力を表している。図4は、最大曲げモーメントを表している。各図には最大応答値とともに各地震波の最大加速度も表示している。図2図3図4とも、バネ有りモデルの応答値は、バネ無しモデルの応答値の2から3倍の値が得られている。また、バネ有り、無し両モデルとも、下弦材の応答値の方がアーチ部材の応答値より大きな値となっている。表4は、構造用集成材の繊維方向許容応力度の概要である。1号橋の設計計算書で用いられている値は、針葉樹A1類(米松・ソ連から松)の値であり弾性係数 $1.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、許容曲げ応力度 145 kgf/cm^2 、許容せん断応力度 12 kgf/cm^2 となっており、解析モデルで用いている弾性係数と同じ値であるが、先に述べたように既往の研究より1号橋におけるこの弾性係数の妥当性は確認済みである。しかし、1号橋は秋田杉集成材を主材料としているため、針葉樹B2類(すぎ・榎松など)の応力度の値も、解析より求めた応力との比較の対象とした。表5は、応答値を応力に換算した結果である。これにより、バネ有りモデルの釧路沖地震波(E1)によるアーチ部材における曲げ応力が最大で 4.121 kgf/cm^2 となった。

6. あとがき

集成材歩道橋1号橋(トラスドランガー橋)の地震応答計算の結果、釧路沖地震波記録で最も大きな応答値を示すことがわかった。バネ有りモデルの1次固有振動数は 18.95 Hz 、バネ無しモデルの1次固有振動数は 25.77 Hz であるのに対して、各地震波の卓越周期は全て 15 Hz 以下であるため、共振現象の影響はないものと考えられる。従って地震波の加速度の大小のみが、応答値に影響しているものと思われる。

バネ有りモデルの応答値は、バネ無しモデルの応答値に比べ倍以上の値が得られた。従って、部材連結部の存在により最大応力が大きくなることが明らかになった。しかし、バネ無しモデルの応答値の方が、バネ有りモデルの応答値より大きな値となる箇所もある。よって、部材連結部の位置変更による応答への検討が必要と思われる。

バネ有りモデルの最大曲げモーメント応答値より計算した曲げ応力度は、設計応力(活荷重と死荷重による応力度)に対して十分安全な値となった。

参考文献

- 1) 出戸他: 集成材を用いたア-チ形式歩道橋の振動実測と解析 構造工学論文集(土木学会編) Vol.40A, 1321~1330頁
- 2) 出戸他: 集成材木歩道橋の連結部の実大局部実験と解析、構造工学論文集(土木学会編) Vol.41A, 923~933頁
- 3) 宮本・岩崎・出戸・五郎丸・薄木: 岩手県思惟公園の木歩道橋の固有振動解析、橋梁と基礎 Vol.30, No.7, 10~19頁
- 4) 宮本・渡辺: 時刻歴地震応答解析法、技報堂出版

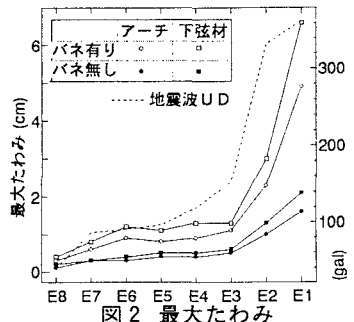


図2 最大たわみ

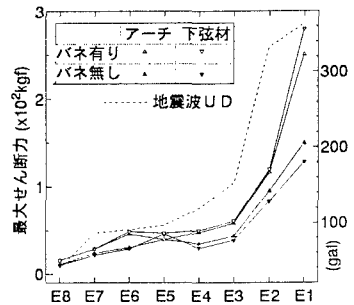


図3 最大せん断力

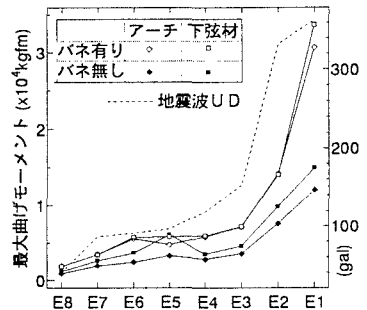


図4 最大曲げモーメント

表4 (構造用集成材繊維方向許容応力)

許容応力度 (kgf/cm ²)	針葉樹B2類すぎ		
	特急	1級	2級
許容曲げ応力度	135	115	95
許容せん断応力度	9	9	9
弾性係数 $\times 10^5$	0.9	0.8	0.7

表5 (釧路沖地震波による応力計算結果)

応力 (kgf/cm ²)	せん断応力		曲げ応力	
	アーチ	下弦材	アーチ	下弦材
バネあり	0.378	0.350	4.121	3.238
バネなし	0.227	0.161	1.615	1.431