

有限プリズム法を用いた鋼と集成材から成る複合梁の弾性衝撃応答解析

岩手大学工学部

学生会員

○折田 苑香

岩手大学工学部

正会員

出戸 秀明

岩手大学工学部

正会員

岩崎 正二

1. まえがき

木橋の寿命は鋼橋、鉄筋コンクリート橋、プレストレストコンクリート橋などの一般橋に比べて短く、長寿命化を目指した維持管理を行うための劣化診断手法の確立が必要である。本研究では、このような状況を踏まえ、衝撃打撃試験を用いた近代木橋に使われる集成材部材の簡易な劣化診断手法の開発を目的とする。特に、鋼と集成材から成る部材連結部を、複合梁部材と仮定し、室内衝撃打撃試験を、有限プリズム法を用いた衝撃応答解析を行って再現することにより、様々な劣化（腐食など）による衝撃応答値の変化を明らかにする。また、より実際に近い状況にするため、集成材の各層の弾性係数を変化させたモデルと変化させないモデルについて計算を行い、比較検討した。

2. 解析理論¹⁾

鋼と集成材から成る矩形梁を、いくつかの矩形プリズム要素の集合体と考え動的解析を行う。3次元動的弾性論に基づきガラキン法を用いて矩形プリズム要素の運動方程式を誘導する。衝撃応答解析にあたっては、モード解析法を適用する。解析に用いる長さ L の矩形プリズム要素は、図-1に示すように、 x, y, z 方向の節点力を T_i, Y_i, Z_i ($i = A, B, C, D$)とする。また x, y, z 方向変位を u, v, w とする。

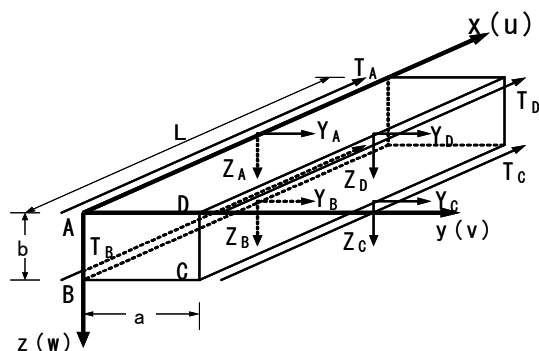


図-1 プリズム要素の力と変位

3. 集成材ラミナの弾性係数変化の比較検討

有限プリズム法による解析を行い、集成材ラミナの弾性係数の違いによる変化を比較検討した。

3.1 解析条件

図-2に集成材と鋼材の複合梁モデルを示すが、本節では鋼材は挿入されていない集成材のみの単一梁モデルで解析を行った。モデルは両端単純支持されており、座標は図-1の定義に従い、スパン方向に x 軸、板厚方向に y 軸、桁高方向に z 軸とする。断面の寸法は、 y 軸方向に180mm、 z 軸方向に450mm、要素分割は板厚方向に8分割、桁高方向に12分割し、合計96要素とする。また、フーリエ級数の項数は50項、荷重はスパン左端から2650mmの位置に衝撃波形として、荷重最大値8.0Nのsin波、荷重載荷幅10mm、荷重継続時間が0.244msecで載荷する。減衰定数は0.0045としている。そして、弾性係数が各層異なるモデルをmodel 1、各層一定のモデルをmodel 2とする。model 1では要素を外層、中層、内層に分け、それぞれ異なる弾性係数(外層=10689.24 N/mm²、中層=10002.78 N/mm²、内層=9110.37 N/mm²)を用い、model 2では全要素同じ弾性係数(=9298.78 N/mm²)を用いて解析を行った。この条件の下、図-2に示すように加速度解析位置を50, 900, 1350mmの3パターンに変化させ、鉛直方向加速度応答曲線とパワースペクトルを得た。

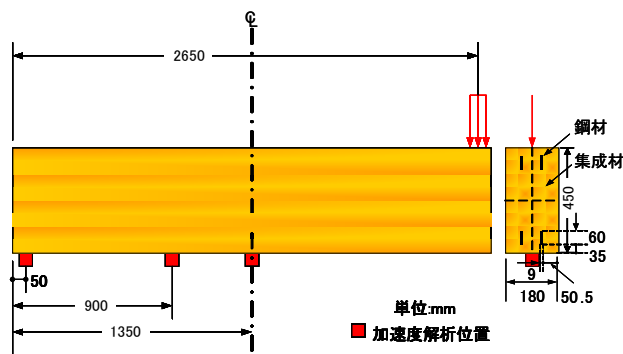


図-2 集成材と鋼材の複合梁モデル

キーワード：有限プリズム法、弾性衝撃応答解析、集成材、複合梁

連絡先：岩手大学工学部 社会環境工学科（〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5 TEL:019-621-6436）

3.2 解析結果

図-3に加速度解析位置 50mm における model 1, model 2 のパワースペクトルを示す。この結果より、弾性係数の違いによる変化はほとんど見られない事が分かる。また、他の解析位置でも両者の変化は見られなかった。

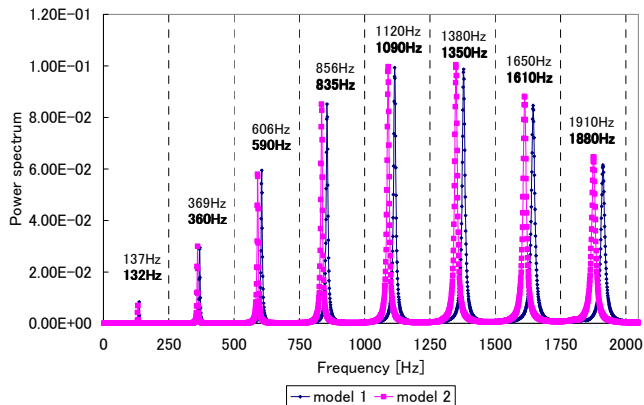


図-3 パワースペクトル（加速度解析位置 50mm）

4. 複合梁の衝撃応答解析

健全度評価への応用のための解析例として、集成材と複合梁の弾性衝撃応答解析を行い、断面腐食による動的特性の変化について検討した。

4.1 解析条件

モデルは集成材梁と複合梁、荷重载荷時間が 0.122msec となり、その他は前節と同様である。断面の外側から 30mm の深さまで腐食が進み、健全な箇所の弾性係数 E に比べて E' まで低下したとする。表-1 に示すように E'/E を 4 パターン変化させて解析を行い、集成材の腐食による波動伝播性状の変化について比較検討した。解析対象とした計算値は、曲げ応力応答値である。

4.2 解析結果

図-4 に複合梁のスパン中央における上縁の曲げ応力応答曲線を示す。これより、弾性係数比 E'/E が小さくなるほど、すなわち集成材の腐食が進むほど、曲げ応力応答曲線の振幅が小さくなり、周期が長くなっていることがわかる。振幅が小さくなる原因としては、腐食が発生した箇所の剛性が弱くなるため、大きな応力を負担できなくなることが考えられる。周期が長くなる原因としては、腐食により部材全体の剛性が低下することが考えられる。

次に図-5 に集成材梁、複合梁の最大曲げ応力の増加率を示す。集成材梁に比べ複合梁の場合の最大曲げ応力の増加率は小さくなっていることがわかる。これは、前述したように腐食した箇所で負担できなくなった応力を鋼材で受け持っているためと思われる。よって、鋼

表-1 弾性係数比

E'/E	1.0	0.7	0.5	0.1
E [N/mm ²]	9298.78			
E' [N/mm ²]	9298.78	6509.146	4649.39	929.878

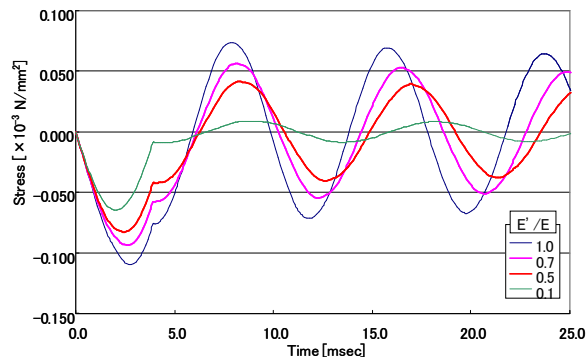


図-4 スパン中央における曲げ応力応答曲線（複合梁）

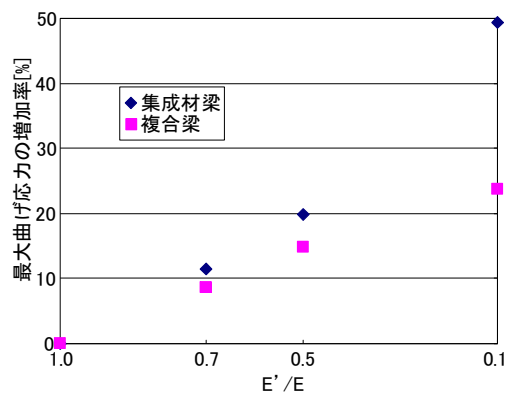


図-5 集成材梁、複合梁の最大曲げ応力の増加率

材の挿入は、腐食により生じた健全部の応力増加を抑える働きがあることがわかった。

5. あとがき

本研究では有限プリズム法により、集成材梁のラミナで弾性係数が異なる場合の変化について解析を行った結果、ラミナの弾性係数の違いによる変化は、ほとんど見られなかった。

また、衝撃応答解析結果から、腐食等により木橋部材の健全度が低下すると部材内部を伝わる応力波動伝播性状が大きく変化することや、集成材に鋼材を挿入すると、鋼材で曲げ応力を負担するため、腐食部材の剛性低下を抑えることができることがわかった。

参考文献

- 堀内寛之・宮本裕・出戸秀明：有限プリズム法による木橋部材の弾性衝撃応答解析，平成 17 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，I-55, pp. 124-125, 2006.