

I-B 140 複合柱の軸衝撃応答について

広島大学工学部 正会員 佐藤 誠
 広島大学大学院 村田 智哉
 石川島播磨重工 久保田善明

1. まえがき

断面寸法が無視できない一様棒部材が縦衝撃を受けると伝播応力波の波面は一般に曲面となるが、波動伝播速度の異なる軸方向部材で構成された複合柱が縦衝撃を受けると、上記の効果に加えて head wave が発生するため波面は一層複雑となり、静的に軸力を受けた場合の応力分担とは異なる三次元的な応力分布となる。この波動挙動は、RC 柱のような場合にも同様に現れると考えられる。

ここでは、このような場合の複合柱の波動応答に関する基礎的な研究として、縦衝撃を受ける異種材料で構成された二次元複合柱の波動応答を、実験的ならびに解析的に検討する。

2. 実験模型と縦衝撃

図-1に、長さ250mmの3種類の複合柱模型(M1～M3)を示す。複合柱の母材は光弾性材料のエポキシ樹脂とし、異種材料は Brass(4×4mm) および Al(6×6mm)の角棒とし、母材角柱(250×40×10mm)の両側面に接着した。それぞれの模型の母材に対する異種材料の断面積比と音響抵抗比(ρc)比を表-1に示す。

剛な基礎から縦波が入射する場合を考え、各模型の上端に鋼製の衝撃ブロックを設置し、入力棒を介して、落錘による衝撃力を与えた。また、模型の下端は自由端

表-1 断面積比と音響抵抗比

模型	断面積比	音響抵抗比
M1	—	1
M2	0.08	14.5
M3	0.18	6.9

とするためゴムシート上においた。衝撃ブロックへの衝撃力は入力棒に接着したひずみゲージから求められ、模型 M1 の場合の衝撃力を図-2に示す。最大衝撃力は約7kNで継続時間は約55 μ sである。なお、他の模型への衝撃力もこれとほぼ同じであった。

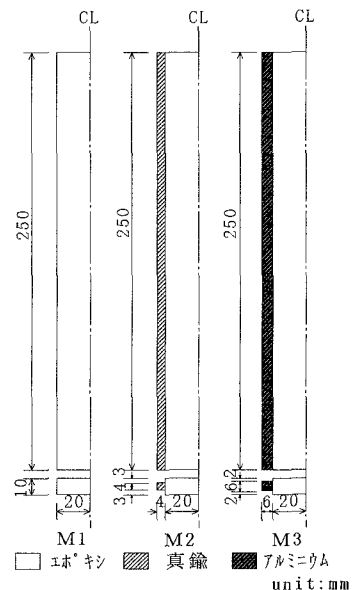


図-1 複合柱模型

3. 動光弾性実験による結果

図-3に、上記の縦衝撃を受けた模型 M1～M3 に対して繰り返し入力法によって撮影した動光弾性写真を示す。模型 M1 について、衝撃直後の柱の上端は球根状の波面を示す縞模様となり、軸方向応力は柱の断面に様に分布していないが、伝播するにつれて次第に軸直角方向に平行な縞模様の波面となる。

さらに、側面からの反射波と横慣性の効果により、上に凸の波面を形成し、衝撃力のピークが通過した部分では下に凸の波面となる。ただし、側面近傍の縞模様には初期応力の影響も若干含まれている。

図-3は、それぞれ brass と Al による複合柱の衝撃初期の波動応答による光弾性縞模様で、母材と異種材料の接着面には接着による縞模様が存在するが、衝撃力による応力波の波面は中心線上に頂点を持つ二等辺三角形の縞模様として現れている。これは、brass または Al 内を伝播する縦波がエポキシ樹脂

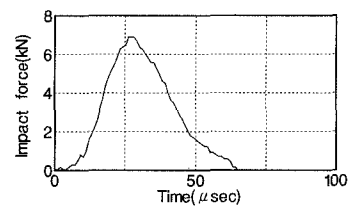


図-2 模型 M1 への衝撃力

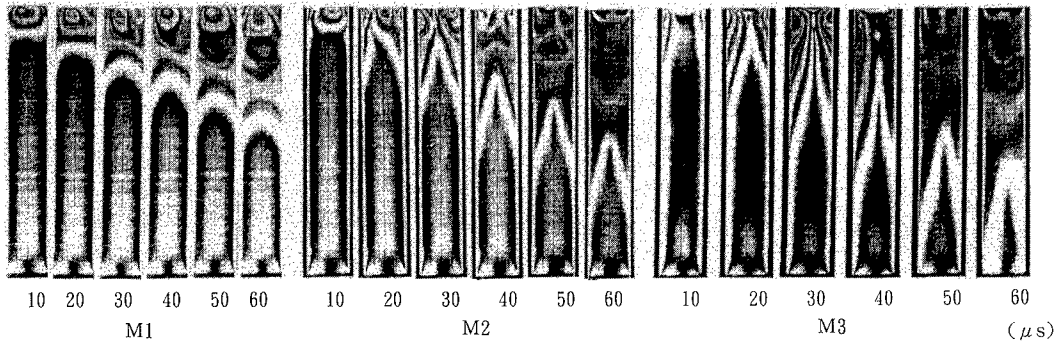


図-3 模型 M1～M3 の等色線縞模様

に対する走行荷重となり、母材内への P 波と SV 波の head wave として Snell の法則に従う角度で透過するためである。ただし、縞模様としては S V 波のみが明瞭に視認できる。したがって、模型の中心線上の応力は、この head wave と上端から母材内を伝播する縦波との和となる。

4. 実験および解析結果

図-4 に、解析による模型 M2 の左半分に対する等主応力差線図を示す。他の模型も含めて解析結果は実験結果をよくシミュレートしている。

図-5 に、模型 M2 の高さ方向の上から 1/4, 1/2, 3/4 の断面をそれぞれ断面 1, 2, 3 として、中心線上の軸応力を示す。断面 1, 2 では S V 波の head wave による軸応力のピークの後に母材内を伝播した縦波のピークがほぼ同じ大きさで到達するが、断面 3 では後者のピークがが卓越し、下端で反射した後は区別できなくなる。

表-1 に、模型 M1～M3 について、断面 1～3 の中心線上の最大軸応力 (σ_{MAX}) の各模型の断面 1 の軸応力 (σ_0) に対する比 (σ_{MAX}/σ_0) を圧縮及び引張に對して示す。ただし、模型 1～3 の σ_0 はそれぞれ 17, 5.1, 3.7 MPa である。

各模型において、中心線上の軸応力比は、衝撃端から離れるにしたがって低下するが、下端で反射した後もかなり大きな軸引張応力比が存在する。

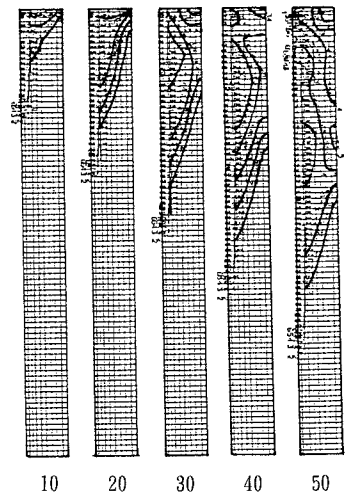


図-4 M2 の等主応力差線図 (μs)

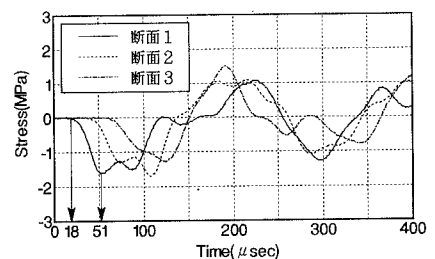


図-5 模型 M2 の断面 1～3 の軸応力

表-1 模型 M1～3 の断面 1～3 の最大軸応力比

	M1	M2	M3
断面1(圧縮)	1	1	1
断面2(圧縮)	0.93	1.06	0.71
断面3(圧縮)	0.81	0.81	0.68
断面3(引張)	0.25	0.94	0.90
断面2(引張)	0.53	0.69	0.54
断面1(引張)	0.73	0.67	0.54

5. まとめ

- (1) 均質柱でも縦波の波面は曲面となる。
- (2) 複合柱では、繊維材から主として S V 波の head wave が伝播し、母材内部を直接伝播する縦波との重ね合わせによる応力場となる。
- (3) 複合材料のそれぞれの弾性係数と縦波及び横波速度の違いにより、母材と繊維材の境界に大きなせん断応力が発生する。