

北見工業大学 学生員 久恒 雅人

北見工業大学 正 員 菅原 登

北見工業大学 正 員 山崎 智之

北見工業大学 正 員 大島 俊之

1. まえがき

橋梁あるいはその他の構造物に使用される部材について、その健全度を診断する方法として、近年超音波を使用した非破壊試験が主流となりつつある。超音波は人体には無害で扱いやすく、しかも物体中では応力波動として伝播し、欠陥などの影響によって複雑な伝播挙動を発生することが知られている。この伝播挙動を解析することにより、物体内部の欠陥や inclusion を精度良く検出することが可能となる。本研究においては、コンピュータグラフィックス（CG）の技術を応用したワークステーション上の Scientific Visual Analysis（SVA）によって Visual Simulation をすることにより、物体内部における超音波の応力波動としての伝播現象を容易に理解できることを示す。筆者らは、これまでモルタル製の供試体及び隅肉溶接を施した鋼製の供試体を仮定した解析を実施してきたが^{1) 2)}、今回は後者の隅肉溶接された供試体について、さらに2種類の欠陥モデルについて解析を実施した。

2. Visual Simulation による波動伝播挙動の解析

1) 解析概要

部材上縁から作用された入射波は、応力波動として部材中を伝播し、欠陥部や部材の各境界部に到達して複雑なモード変換を生じる。この応力波動伝播現象は、2次元のFEM解析によって得られたメッシュ節点における動的変位を用いて simulate される。なお、simulation におけるこの変位応答は、水平及び鉛直2方向成分の合成値（合変位）として得られる。このようにして得られた simulation の結果は、2次元のカラー表示として出力する。

以上の数値計算には、粘性の減衰項を有する振動系の運動方程式を用いた。なお、数値計算に用いた材料定数は鋼板及び溶接部共以下の通りである。

弾性係数	: $E = 21 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$
せん断弾性係数	: $G = 8.08 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$
ポアソン比	: $\nu = 0.30$
重量密度	: $\rho = 7.85 \text{ tf/m}^3$

減衰項については、本解析に使用した総合解析プログラム I S A P では、Rayleigh 減衰を使用している。また、運動方程式の解法にはウィルソンの θ 法 ($\theta = 1.4$) を用い、外力としては、図1の示す加速度波形を部材上縁の一点から周波数1MHz、時間ステップ $\Delta t = 0.02 \mu\text{s}$ 、継続時間 $t = 1 \mu\text{s}$ で入力した。

2) 数値計算モデル

2次元のFEM解析に用いた計算モデルは図2及び図3に示した通りであり、欠陥モデルとして隅肉溶接内部にブローホール及びスリットを設けたモデルを用意した。これらのうち、図2.(b)及び図3.(b)は各モデルのメッシュ分割図を示しており、構造上の対称性を考慮に入れ計算は部材全体の1/2について行った。さらに計算機の容量等の限界から、供試体モデルのうち重要視される部分を適切に抽出して解析を実施した。なお、各モデルの分割数については図に示す通りである。

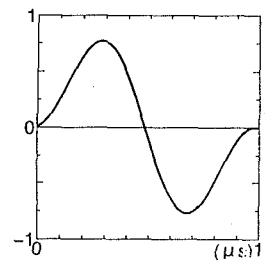
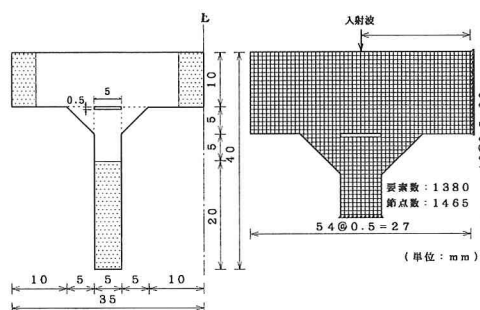


図1 入射加速度波形



(a) (b)
図2 計算モデル(スリット)

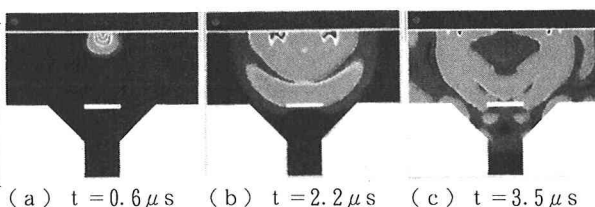
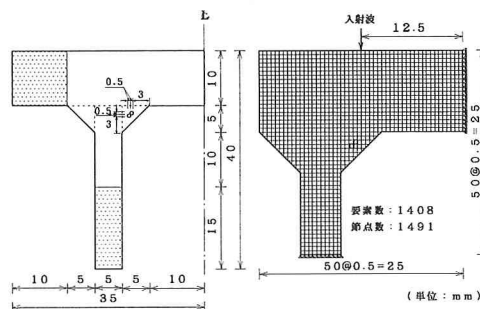


図4 スリットモデルの Visual Simulation



(a) (b)
図3 計算モデル(ブローホール)

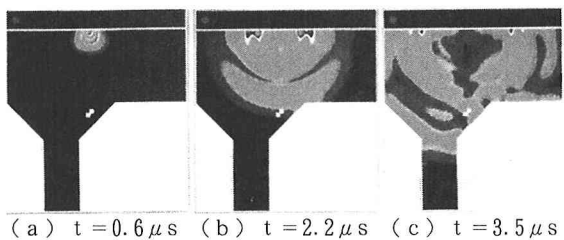


図5 ブローホールモデルの Visual Simulation

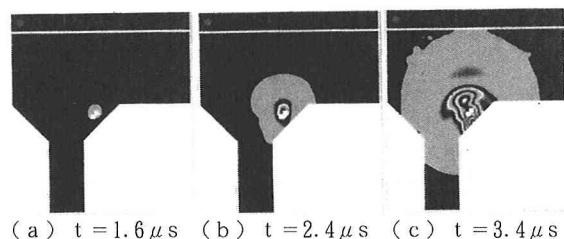


図6 合変位差分データによる Visual Simulation

3) 解析結果

計算モデル図2及び図3について、Visual Simulation をした結果の一部を図4及び図5に示す。いずれも、入射初期の段階では、欠陥の形状に関係なく様な伝播挙動を示しているが、欠陥部に到達すると各欠陥の大きさ、形状等に応じて複雑な波動モードの変換を生じ、それらが映像としてとらえられている。また、部材上縁に着目すれば、表面波と思われる波動モードの伝播が見られる。次に、欠陥部からの反射波をより直接的に把握するため、溶接内部に欠陥を入れないモデルについて同様に計算した合変位応答値と、各欠陥モデルの合変位応答値との差をとって Simulate した結果をブローホールの場合について示せば図6のようになる。この画像から、欠陥部付近において局部的に波動エネルギーの集中が生じており、欠陥が複雑な波動散乱現象を発生させていることがわかる。

3. あとがき

以上のように、SVAによって Visual Simulation をすることにより、応力波動の複雑な散乱現象を可視化し、動的現象を明白に把握することができる。これらを実際に計測して得られた波形と共に用いることにより、部材内部の欠陥を逆解析する際の有力な指針となる。また、実験計画を立てる場合においても、センサーの配置及び選択、あるいは結果の予測等が、それらの実験実施以前に可能になる。

参考文献

- 1) 菅原他：欠陥を有する隅肉溶接部の応力波動伝播の解析、第50回土木学会北海道支部論文報告集、1994
- 2) 菅原他：欠陥を有する部材中の応力波動伝播の Visual Simulation、土木学会第48回年次学術講演会概要集、1993