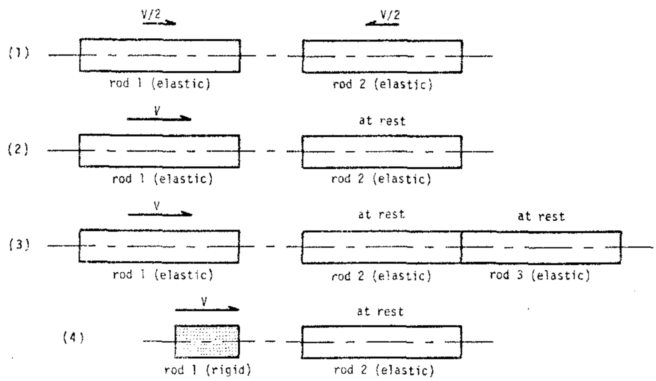
２次要素による棒の衝突の解析

東北工業大学　正会員　秋田宏

１、まえがき

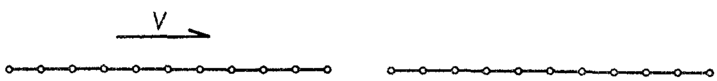
棒の衝突を２次元問題として三角形要素により解析した際、応力の時間的変化は、応力波の初等理論から推測されるような周期的な変化にはならなかった。[1] 当初それを分散の影響であると判断したが、実は分散の影響かどうかを調べる方法はある。すなわち、図－２のような１次元の棒要素で考えれば、現象は１次元のものとなり分散は起こり得ない。そこで、図－１に示した種々の状況での解析を行ってみた。



図－１　衝突モデル

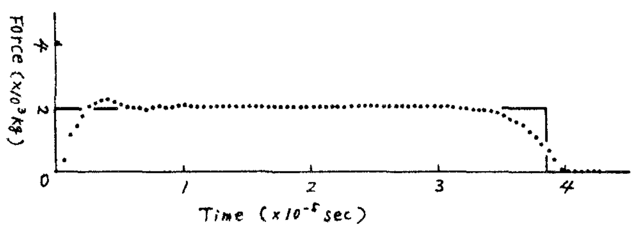
２、結果と考察

図－３,４,５は、実は棒状１次要素による結果である。質量マトリクスには最も簡単な集中型のものを用いている。集中質量型では精度が悪いことは以前から指摘されているが、簡単で取りつき易いことと、計算機の記憶量が少くて済むためにこれに依った。



図－２　モデル分割

数値積分にはルンゲ・クッタ・ギル法を用いた。当初、2000ステップの等速度運動による計算結果と、同じく2000ステップの自由振動解析の結果から、同法の積分精度は十分であると判断した。しかし、このような性質の良い運動を調べたばかりでは不十分な場合もあり、塩尻らの提案する手法なども試みる必要があろう。[2]



図－３　衝撃力

さらに衝撃力の計算は、衝突する節点をバネで支えられた質点とみなして行った。衝撃力が１ステップの間一定と考えれば、衝突側の節点と被衝突側の節点の変位と速度を同時に等しくすることはできないので、１ステップ後の変位の差および速度の差の２乗に重みをかけて加えたもの、つまり誤差エネルギー

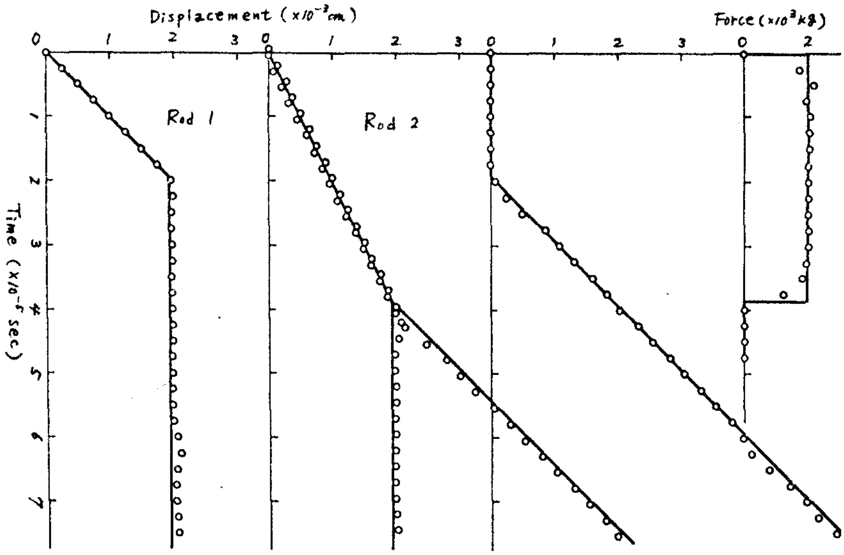
$$E = \frac{1}{2}(m_1+m_2)(v_1-v_2)^2 + \frac{1}{2}(k_1+k_2)(u_1-u_2)^2$$

とでも称するものを最少にする力を衝撃力とした。

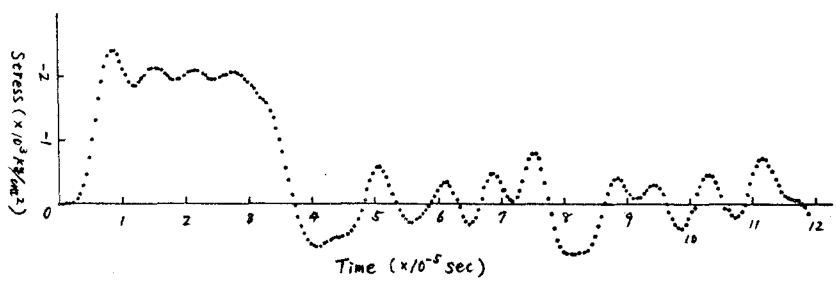
以上のように初歩的な手法に依った結果、図－３に見られるように衝撃力の才１ステップでは不連続に大きな値が出てくる。これは主に、才１ステップだけで両者の節点速度をほとんど等しくしてしまうために生じるもので、もし質量が節点に集中していなければこのような結果にはならないと考えられる。

また図－５に現れているように、分散の影響が無い筈の１次元問題においても、応力変化は周期的になっていない。

従って、分布型の質量マトリクスを用いた棒状２次要素などによる解析が必要となる。その際、衝撃力に対する仮定も相応に厳密である必要があるが、ここでは１つの考え方として、衝撃体と被衝撃体の間に長さがゼロで極めてヤング率の大きい要素を置いた。もちろん、衝突が終るとこの要素のヤング率はゼロに変る訳で、形式上２体を１体問題として扱うことになる。



図－４　変位



図－５　応力

3. あとがき

棒状２次要素による解析は、精度の良い計算を少い記憶量で行えることと、分散の問題を調べられるため棒の衝突問題に関しては極めて都合が良い。ただし、節点数の多い２次元問題に適用する場合には、剛性マトリクスばかりでなく質量マトリクスにも多くの記憶量を要するため、非ゼロ要素のみを用いるなどの工夫が必要となる。

講演会当日は、棒状２次要素による解析結果と、比較の対象になる１次要素による結果、２次元問題とした場合の結果などを合せて発表する。

なお、解析上の計算は東北工業大学計算センターのTOSBAC 3400/41によった。

参考文献

1)、秋田宏“棒の非対称な衝突の有限要素法によるシミュレーション”第25回応用力学連合講演会講演論文抄録集，P113－114，1975

2)、塩尻弘雄、中村秀治“構造解析における動的応答解析の一方法について”土木学会論文報告集 No.246 P21－33，1976