

I-201

部分構造に基づく剛性推定法について

宮崎大学 学生員○稲留 靖浩 宮崎大学 正 員 今井富士夫
宮崎大学 正 員 中沢 隆雄 横フジタ 正 員 岩田 広己

1. はじめに

逆解析による剛性推定法は簡便な手法であるが¹⁾、解析における分割要素内に局所的な損傷が存在するときには損傷の長さや剛性は把握できない。最近、振動特性に着目したもので曲率により損傷箇所や長さを評価する研究がみられ²⁾、その曲率の理論的な検討のなかで回転角も特徴のある感度特性を示すことが挙げられている³⁾。

本研究では先に局所的な損傷を有する単純ばりを対象にして、入力をつたわみとする逆解析による剛性推定の解析を行い、分割要素内に局所的な損傷が含まれている場合にはその検索は可能であり、その部分の剛性算定には部分構造を利用すれば、少数の要素にて解析できることを示した⁴⁾。本報告ではまず解析で得られたたわみと回転角の両者による解の検討、次いで実橋を想定した少数のたわみから補間されたデータによる解の精度について考察する。

2. 解析モデルと部分構造

図-1に示すように、中央部に損傷のある単純ばりを考える。損傷の長さは全体の1/16とし、損傷部の断面2次モーメントは健全部の1/2とする。荷重は左右の1/4点と中央部に鉛直集中荷重を載荷し、解析は8分割で行った。解析変数は断面2次モーメントであるが、解析ではその逆数を採用した。

図-2は解析に使用した要素分割と損傷の関係を示したもので、DTは全体系であり、以下の2つは図の流れにあるように、DHは全体系の要素③と④を細分化した部分構造、DQは要素④を更に細分化したものである。本モデルでは、DTとDQの第4番目の要素には健全な部分と損傷が混在していることになる。

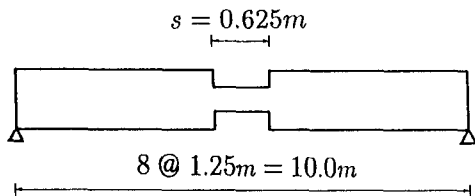


図-1 解析モデル

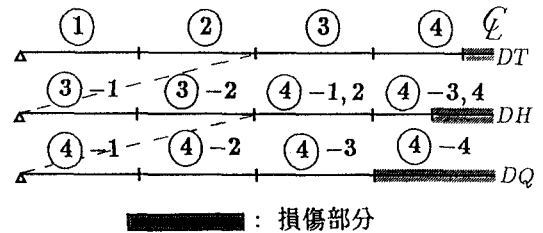
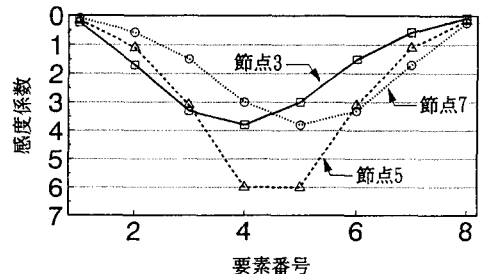


図-2 損傷と部分構造の要素分割

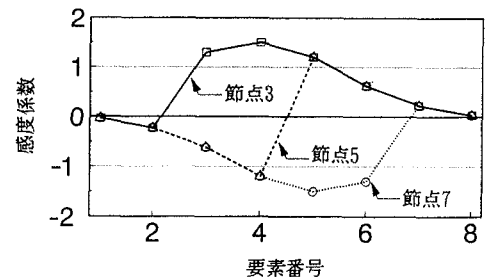
単純ばり化された部分構造を用いるとき、荷重は外荷重に加えて、部分構造の支点到全体系の曲げモーメントを負荷する必要がある。また、変位は全体系からのこの区間の相対変位を使用する。

3. 感度係数

図-3は(a)たわみと(b)回転角の断面2次モーメントに対する感度係数¹⁾を示したもので、中央部に集中荷重を受けたときのものである。いずれも、はり端部の感度係数は中央部に比べて小さくなっており、そのため端部での剛性の精度は低下する⁴⁾。



(a) たわみ



(b) 回転角

図-3 感度係数

回転角については、文献3)にも述べられているように、要素の両端の節点が大きく変化している。たわみに対する変動は緩やかである。すなわち、回転角は剛性変動に敏感であると言える。これらのことから、以下の解析では支点側の2つの要素は同一剛性とみなし、入力なたわみ、回転角およびその合成したものの3つについて行った。

4. 剛性推定

解析ではまずたわみと回転角の影響を照査することを目的に、損傷を考慮した直接解法による解を測定値として、剛性推定を行った。その結果が表-1である。表中のDFはたわみ、SLは回転角、DSはたわみと回転角の両者を入力値としたことを表している。

損傷を要素内に包含するDTとDHについてみると、たわみによる結果では損傷を包含する要素は剛性低下を観察できるが、これに隣接する要素の剛性が過大となっているのが判る。回転角による結果はたわみによるものよりも良い精度を示すが、分割された要素内の損傷の有無が判然としない。たわみと回転角の合成は回転角による結果にほぼ等しい。

分割要素と損傷の長さが一致するDQでは回転角を利用したSLとDSは完全な解となっているが、たわみのみのDFも満足できる結果となっている。

表-1 直接解による剛性値

要素	①	②	③-1	③-2	④-1	④-2	④-3	④-4
真解	1.0		1.0		1.0			0.5
DT	DF	0.9156	1.249		0.7247			
	SL	1.005	1.008		0.7859			
	DS	1.013	1.053		0.7617			
DH	DF	—	0.9633	1.264		0.6028		
	SL	—	0.9997	1.001		0.6624		
	DS	—	1.007	1.005		0.6547		
DQ	DF	—	—	0.9974	1.004	0.4996		
	SL	—	—	1.000	1.000	0.5000		
	DS	—	—	1.000	1.000	0.5000		

次に実橋の剛性推定を模して、全体系の8分割でのたわみを3次のスプライン関数にて補間し、256等分点のたわみを算定した。これらのたわみを用いて差分式より、剛性推定に必要な点の回転角を求めた。このようにして得られたたわみと回転角により、剛性推定を行った結果が表-2である。

表-2をみると、要素内部に損傷が含まれている全体系の解析DTではその隣接要素の剛性は過大となっているが、細分化したDHではそのような傾向はみられず、むしろ端部の剛性が過大となるようである。また、損傷の長さ要素長が一致するDQでも十分な解を得ていない。さらに、たわみや回転角の入力の差異についても直接解のような精度に対する違いは見受けられない。DHとDQの結果から、得られた剛性は支点側から中央の損傷に向かって滑らかに移行するようになっている。この原因として考えられることは、少数の点数のたわみによる補間で実際のたわみや回転角の変動を滑らかにしたためと考えられる。

表-2 補間データによる剛性値

要素	①	②	③-1	③-2	④-1	④-2	④-3	④-4
真解	1.0		1.0		1.0			0.5
DT	DF	0.9319	1.206		0.7313			
	SL	1.103	1.130		0.7472			
	DS	1.046	1.105		0.7400			
DH	DF	—	1.247		0.8443		0.6634	
	SL	—	1.192		0.8665		0.6657	
	DS	—	1.202		0.8688		0.6622	
DQ	DF	—	—		0.8546	0.6964	0.6166	
	SL	—	—		0.8601	0.6852	0.6319	
	DS	—	—		0.8590	0.6827	0.6298	

5. あとがき

本報告は逆解析による剛性推定法に部分構造を適用して、局所的な損傷を有する単純ばりの剛性評価を行ったものである。得られた成果を要約すると、以下のようになる。

- 1) 分割要素内の損傷の有無は検索できる。
- 2) たわみに比べて、回転角が精度良く解析できる
- 3) 実橋における剛性推定のデータの補間法は損傷近傍を十分表現できるものでなくてはならない。

【参考文献】

- 1) 台原 他：土木学会第44回年次学術講演会、I-271、1989
- 2) 水澤・高木：構造工学論文集、Vol.38A、1992
- 3) 新延 他：土木学会第47回年次学術講演会、I-512、1992
- 4) 稲留 他：平成4年度西部支部大会、1993