

I-369 主桁・対傾構取合部の3次元応力解析のための対傾構部材のモデル化に関する検討

武蔵工業大学 学員 中本啓介
 武蔵工業大学 正員 増田陳紀
 武蔵工業大学 赤井紀文

1. はじめに

I型並列合成桁橋の垂直補剛材上端部及びガセットプレートの上縁部に亀裂が生じていることが報告されている。亀裂の発生原因としては、横桁あるいは対傾構が取り付けられている主桁のたわみ差及び床版の変形に起因する局部応力によるものと考えられている。対傾構取合部の亀裂発生に着目した局部応力を解析的に求めるには、通常対傾構部材を3次元構造として薄板要素でモデル化し有限要素解析することになる。薄板要素を用いて局部応力解析する場合、計算容量が膨大になりがちである。計算の効率化をはかる方法として軸応力が断面内ではほぼ線形に分布している領域については薄板要素を用いずに棒要素でモデル化する方法が考えられる。本研究では、薄板要素¹⁾と棒要素との合理的な結合方法に対傾構部材を対象として提案し部材端近傍での応力分布に及ぼす薄板要素と棒要素の結合位置の影響を検討する。結合モデル化はI型並列合成桁橋の対傾構取合部の亀裂発生に着目した局部応力解析²⁾の方法に導入することができる。

2. 解析対象及び解析条件

・解析対象 図-1に示す実在するある橋梁(3主桁連続桁橋:支間約30m,幅員約13m)の対傾構斜材と同一の諸元を有するL部材とし部材の長さ是对傾構取り付け部から斜材どうしが交差する位置まで(1028mm)とした。

・拘束条件 解析モデルにおいて部材が実際の構造でガセットプレートと接合されている部分のみを全自由度拘束とする。この場合ボルト接合による摩擦の影響などは考慮しない。

・荷重条件 対傾構部材端に作用する荷重には、対傾構の面内力である引張荷重、曲げモーメント、せん断力が考えられるが、作用荷重としてはトラス構造において支配的となる軸力の引張荷重H、及び二次応力の主要因としての曲げモーメントMを考慮する。荷重の大きさはH:1000 kgf, M:1000 kgf-cmとした。

荷重載荷断面

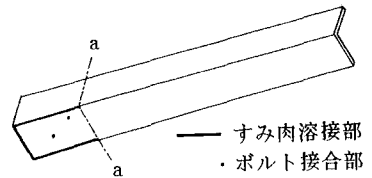


図-1 解析対象 斜材(L-130×130×9)

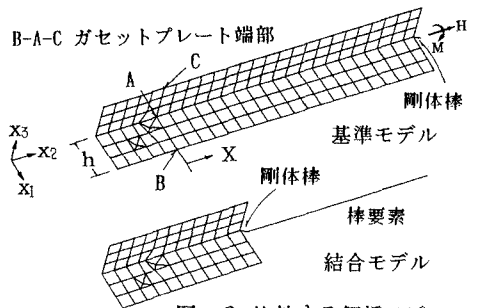


図-2 比較する解析モデル

3. 提案するモデル化

薄板要素と棒要素の結合は、結合される断面が平面保持することと仮定して剛体棒を配置する。結合は部材に偏心曲げを生じないように結合位置の断面の重心で行う。結合位置の部材断面の重心が部材上にないときは、重心と結合断面に配置する剛体棒とを剛体棒で結ぶ。剛体棒は円形断面としパラメトリック解析に基づいて十分大きなヤング率を設定した。図-2は図-1におけるガセットプレート端部に相当するa-a断面上の着目節点の応力に及ぼす結合位置の影響を調べるための解析モデルである。上段に示す標準モデルは薄板要素でモデル化した解析モデルの部材端に剛体棒を配置する。荷重は部材端の部材軸直角断面の重心位置に載荷する。

4. 平面保持の仮定に基づく結合位置の選定

・断面内応力分布の軸方向の変化

棒要素の結合位置は、その断面内の軸方向直応力が線形に変化するような断面を選ぶのが妥当と考えられる。棒要素を結合する位置を選定するために、解析モデルの部材軸直角断面上の軸方向直応力分布の最小2

乗法によって求められた回帰平面からのずれの度合を表わす次のノルムを定義し解析モデルの断内の応力分布の線形分布度を調べた。

ノルム $E = [\sum_{i=1}^N (Y_i - y_i)^2 / \sum_{i=1}^N Y_i^2]^{1/2}$, ここで y_i は軸方向直応力解析値, Y_i は回帰平面から算出される軸方向直応力値, N は着目断面の節点数である。ノルム E の値は 0 に近いほど軸方向直応力が線形分布に近いことを示している。

基準モデルで引張荷重を x_3 方向に、曲げモーメントを x_2 軸に平行な中立軸に関してマイナス x_2 軸回りに載荷した時の断面位置(ガセットプレート端部からの距離を x とする)とノルム E との関係を図-3に示す。横軸は $X = x/h$ であり、部材の突出幅 h で無次元化してある。 $1.5 < X (< 5)$ でほぼ一定となっている。

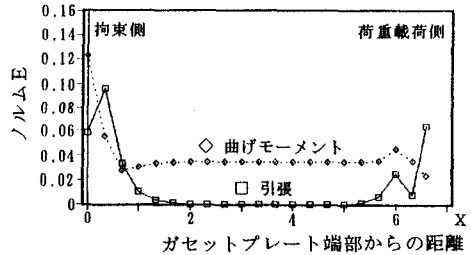


図-3 部材軸に沿うノルム E の変化

・結合位置が解析誤差に及ぼす影響

部材軸に沿うノルム E の変化を念頭において $X = 0.67, 1.00, 1.33, 1.67, 2.00, 3.00$ の各々の断面で棒要素を結合した結合モデル6種を基準モデルと同じ条件で解析し応力分布を比較した。引張載荷及び曲げモーメント載荷のそれぞれの載荷に対して拘束側の着目断面上の節点A,B,Cにおける部材軸方向直応力値を基準モデルによる解析値と比較した結果を図-4に示す。縦軸は基準モデルによる結果に対する各結合モデルによる結果の比である。

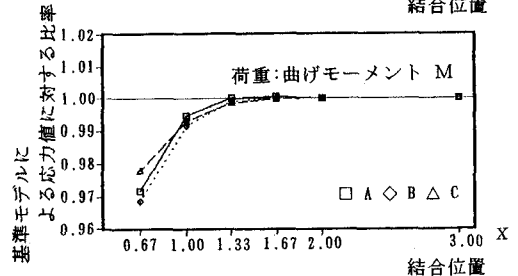
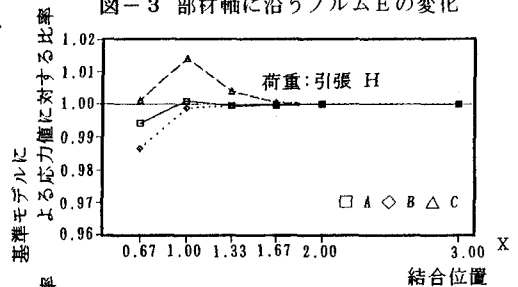


図-4 着目節点の直応力値に及ぼす結合位置の影響

棒要素結合位置が $X \geq 2$ の場合、各節点の直応力の値は基準モデルによるそれらとほぼ一致する。棒要素結合位置が着目断面に近くなるほど部材の拘束による影響と結合断面に剛体棒を配置したために軸方向の断面変形が拘束される影響で各節点の直応力の値は乱れてくる。

・計算効率

本研究で用いた結合モデルの計算量を基準モデルと比較した結果を図-5に示す。縦軸は基準モデルに対する各モデルのcpu時間及び剛性行列の大きさ(スカイライン法での記憶容量)の比である。結合モデル化により計算の効率化ができています。

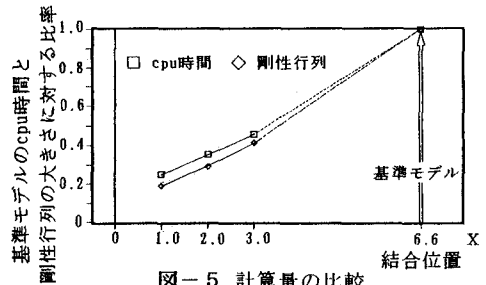


図-5 計算量の比較

4. おわりに

局部応力解析²⁾を行なう際に薄板要素と棒要素との結合を合理的に行う方法を提案した。L部材の場合、結合位置をガセットプレート端部から部材の突出幅 h の2倍以上にガセットプレート端部から離すことによりL部材全体を薄板要素でモデル化した場合とほぼ同一の結果が得られる。また、このときの計算量は約30%に低減する。

【参考文献】1) 吉田裕・雨宮栄一郎・増田陳紀:立体構造解析のための薄板有限要素,土木学会論文報告集,第211号, pp.19-29,1973年3月 2) 増田陳紀・赤井紀文・中本啓介:主桁・対傾構構合部の局部応力解析のためのモデル化に関する研究,構造工学における数値解析法シンポジウム論文集,1992年7月(掲載予定)