

PCカーテンウォールファスナーの応力解析 (その1 数値計算方法)

正会員 ○清水弘美¹
同 平居孝之²
同 岡成一³

1 序

PC (プレキャストコンクリート) カーテンウォール工法における骨組への取り付け方法は重要な研究課題であり、施工時ならびに使用時の耐力を実験的にかつ理論的に検討する必要がある。本研究では取り付けファスナー部分に生じる応力と変形を静的に解析することを目的とする。その1では解析のための数値計算方法について述べる。

2 解析プログラム

これまで数値計算方法として2次元の境界要素法と有限要素法、3次元の境界要素法を開発しているが^{1,2)}、本研究の対象のように3次元で簡単な形状の物体にせん断力の作用する問題では、現在の数値計算手段としてのハードとソフトのレベルから有限要素法でないと必要な精度と計算速度が得られない。曲面の境界が使え、領域を粗く分割しても誤差の比較的少ない6面体で20節点のアイソパラメトリック(要素の形状と変位を表す関数が同じ)要素を採用した。要素内は均質等方性の線形弾性とし、要素の剛性マトリックスは $3^3 \sim 5^3$ 点のガウスの数値積分で計算し、連立1次方程式の解法は共役傾斜法を用いた。なお計算労力を減らすため要素分割はプログラムを別に作成して計算機に自動的にやらせた。

3 解析精度

図1は純曲げを受ける梁であり理論解が与えられる。この場合のように変位を2次の関数で表せる問題では、理論値に一致する境界条件を与えれば、計算結果に含まれる誤差は有効数字の桁数に影響される程度の値で非常に小さい。

図2は中点曲げ荷重の作用する梁である。モデル1は全領域を32分割して要素を設定している。図3は対称性から左半分の領域を対象に要素を設定したモデル2である。表1と表2に底面中央のたわみと曲げ応力度の計算結果を、2次元平面応

力状態としたときの解析値³⁾と比較して示している。計算値と解析値はよく近似している。ただし

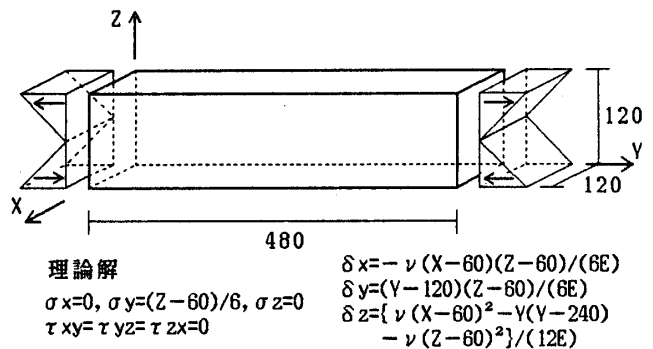


図1

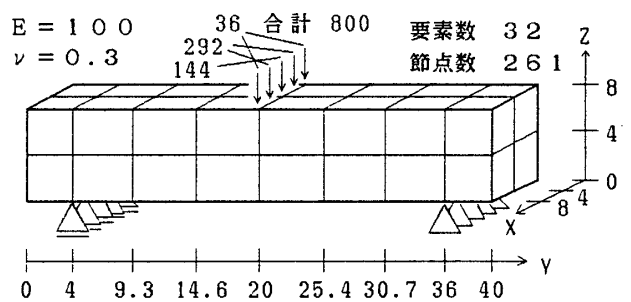


図2 モデル1

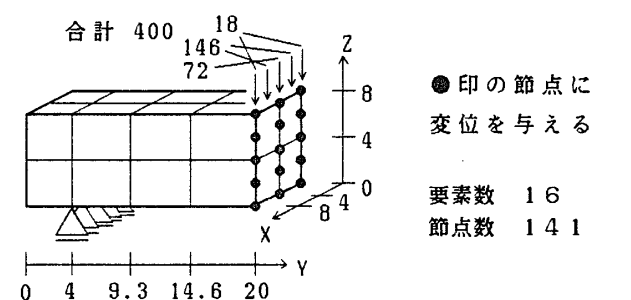


図3 モデル2

表1 底面中央のたわみ

モデル	計算結果	2次元での解析値 ³⁾
モデル1	18.29	18.60
モデル2	18.51	

表2 底面中央の曲げ応力度 (Y方向垂直応力度)

モデル	計算結果	2次元での解析値 ³⁾
モデル1	71.28	71.7
モデル2	72.15	

すべての計算結果の精度がよいのではなく、領域の全体にわたって誤差が生じ、大きいところでは数%の誤差になる。

図4は部分圧縮を受ける円柱であり、対称性より図5のように座標軸を含む3つの面で円柱を切断した1/8の部分について要素数56のモデルを設定した。今回用いた要素の場合は、円柱の側面を精度よい曲面で表せる。図6と図7に計算結果を解析値と比較して示している。全体的に少し誤差を含むが、近似性がよい。なお荷重の作用する上面の中心でのZ方向垂直応力度にかなりの誤差を含んでいるが、これは面に等分布で作用する荷重を節点に集中して作用するように置き換えたときの誤差である。

4 まとめ

計算結果の反力の釣合の精度は非常によいが、その分布状態に誤差を含み、また要素間で変位の連続性はあるがなめらかでなく、従って応力度は

要素間で連続にならない。このため全体にわたって誤差を含む。これは有限要素法の特徴であり、ここで採用した6面体20節点のアイソパラメトリック要素は他の要素と比べて誤差は少なく、また要素分割を細かくするほど誤差は減少するが、それでもこれまでの計算事例から判断して付近の最大値の数%以内の誤差を含んでいると考えなければならない。また応力度が無限大に発散するような特異な部分では、さらに大きな誤差を含む可能性に注意しなければならない。

<謝辞>メインの解析プログラムは、九州工業大学助教授工学博士寺崎俊夫氏と平居が共同で作成した。ここに記して感謝の意を表す。

<文献>1) 平居孝之、弾性解析プログラムとその使い方、理工図書(1984)、2) 平居孝之、有限要素法と境界要素法、共立出版(1988)、3) S.P.Timoshenko, J.N.Goodier共著、弾性論、コロナ社(1973)、4) 齊藤英雄、短円柱及び円盤の軸対称変形、日本機械学会論文集、18、68(1952)

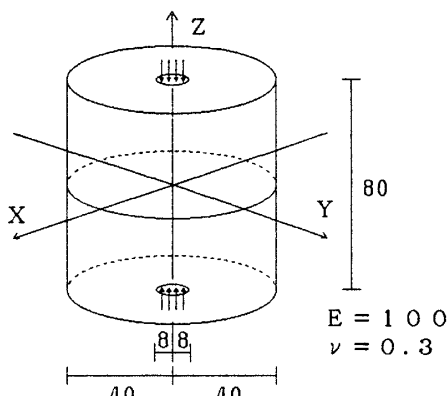


図4 部分圧縮を受ける円柱

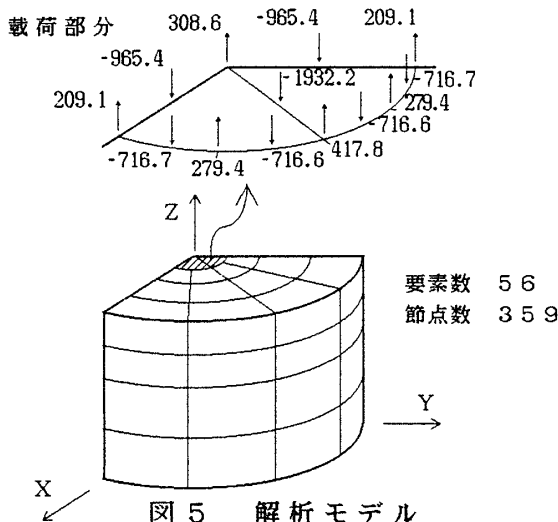


図5 解析モデル

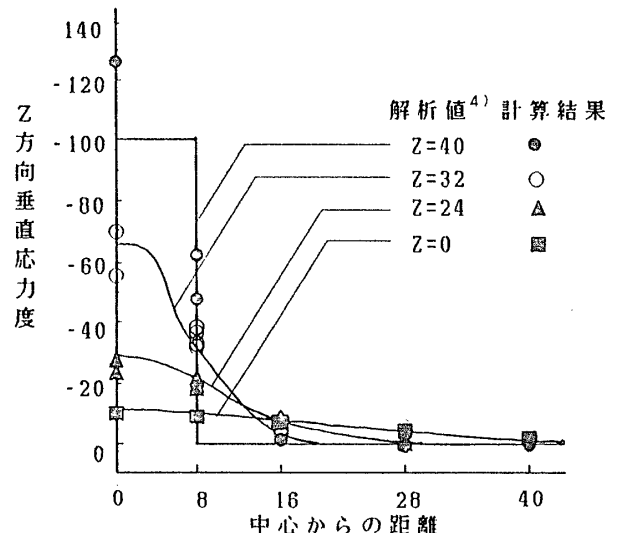


図6 Z方向垂直応力度

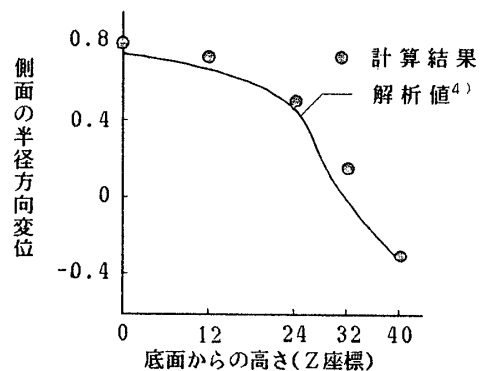


図7 側面の半径方向変位

* 1 大分大学大学院生 * 2 大分大学教授 工博 * 3 特殊コンクリート工業(株)社長 工博