

I-623

非軸対称荷重下における軸対称不連続面の
定式化とその挙動に関する考察

金沢大学 学生員 ○堀 一夫
金沢大学 正会員 近田康夫
金沢大学 正会員 小堀為雄

1. まえがき

非軸対称荷重を受ける軸対称体の有限要素解析は土木工学の分野では、杭-地盤系や柱-スラブ系等を対象とした場合にしばしば見られる。その場合、たとえば、杭と地盤の間に不連続面を想定してより現実に近いモデル化を行おうとすれば、ジョイント要素と呼ばれる接合要素を用いるのが一般的である。非軸対称荷重下の軸対称体の有限要素解析には、その形状特性を考慮して、フーリエ (Fourier) 級数の直交性を利用した半解析的手法が採用されることが多い。この手法を採用することにより、有限要素分割は円筒座標系における一子午面内での2次元分割のみでよく、記憶容量の節約と計算時間の短縮が計れる。一方、ジョイント要素は、Goodmann らが提案したものを母体として個々の問題に適した拡張モデルが提案されているが、上述の半解析的手法に適用可能な軸対称ジョイント要素はほとんど見当たらない。そのため近田¹⁾はすでに子午面内における回転を考慮することにより、より実際に近い不連続面の挙動を表現できる一モデルを提案している。

本報告は、先に近田¹⁾が提案した半解析的手法に適用可能な軸対称ジョイント要素の特性を調べることを目的に、回転モードの有無とジョイント要素の標本点の設定が、解析結果に及ぼす影響を検討したものである。

2. 解析手法

本報告では、標本点が1点で回転を考慮しないモデル、回転を考慮するモデルに加え、標本点を2点とし、(a) 対をなす節点、及び (b) ガウス積分点に標本点を置く2通りのモデルを開発した。標本点が2点の場合には変形モードに回転が考慮されているものとし、合計4種類のモデルについて検討する。これらのモデルを用いて、要素分割の粗さの異なる3タイプの柱-スラブモデル(曲げ荷重型、水平荷重型)と地盤-フーチングモデルを解析し、比較、検討を行った。ここでは、柱-スラブモデル(水平荷重型)を例にとり考察を行い、結論を導くことにする。

3. 柱-スラブモデル(水平荷重型)に関して

$\theta = 0, \pi$ 断面における変位図を図2,3に示し、 σ_r

の分布を図4,5に示す。図2,4はメッシュ分割が最も粗いモデル、図3,5はメッシュ分割が最も細かいモデルの結果を示す。この荷重状態では、 $\theta = 0$ 断面の接合部において、スラブ側には上端部に近づくほど大きな圧縮力が生じる。また柱側にはこのような圧縮力とともに接合部における最上部において、スラブの上端部が柱との間のせん断力によって内側に引き込まれることによって、柱側に引っ張り力が生じるため、接合部における柱側最上部には圧縮力の減少が現れるはずである。また、この現象はジョイント要素の摩擦条件によって、表現される程度が異なるものと思われる。

図- σ_r において、最も細かいメッシュの場合(図5)、最も粗いメッシュの場合に比べ、(図4)圧縮力の最大値が接合部における最上部より少し下に見

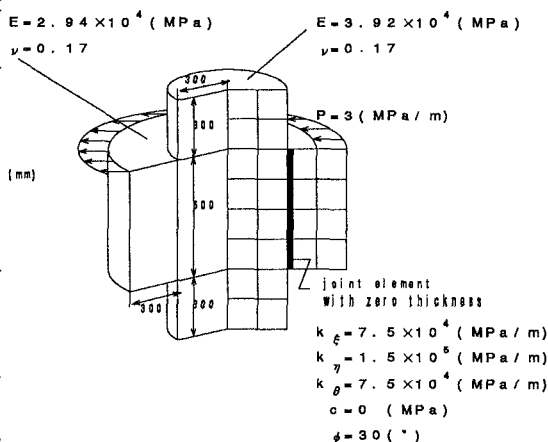


図1 柱-スラブモデルと水平荷重状態

られ、この状態がうまく表現できているといえる。

また、剥離、滑動の様子に注目すると、最も細かいメッシュのモデル（図3）の剥離、滑動共になしの領域が、最も粗いメッシュのモデルのそれに比べ、小さくなっており剥離、滑動状態の特定能力が優れていると言える。

以上より、このケースにおいては、標本点の増加による効果はあまり見られず、メッシュの細分化が最も効果的であるといえる。

4. 結論

本研究における解析結果より、不連続面の解析を行うにあたって、応力伝達や変位の状態を表現する能力の向上をはかるのに、モデルの応力、剥離、回転ひずみの状態によって、それぞれ効果的な方法があることが明らかになった。

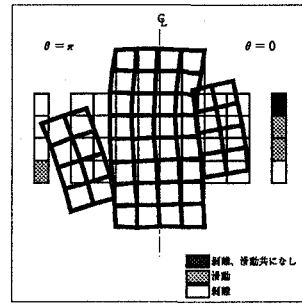
すなわち、ジョイント壁面に生ずる回転角（回転ひずみ）が大きく、特定点に応力の集中が生じていて、不連続面中の大部分が剥離している場合は（柱－スラブモデル、曲げ荷重型）では標本点を増す方法が適切である。ジョイント壁面に生ずる回転角（回転ひずみ）が比較的小さく（もしくは、大きな回転ひずみを生ずる部分が不連続面中の限られた部分にすぎなく）、特定点に応力の集中が生じている場合（柱－スラブモデル、水平荷重型）では、回転モードの考慮や標本点の増加よりもメッシュの細分化の方が効果的である。また、ジョイント壁面に生ずる回転角が小さく、伝達される応力が広く分布しており、剥離部分が少ない場合（地盤－フーチングモデル型）では標本点が各要素につき1点しかなくても回転モードを加えることで伝達垂直応力の表現を十分に行うことができる。

このようにそれぞれのケースによってメッシュの細分化、回転モードの考慮、標本点の増加のうち、表現力の向上に有効に働くものがあり、またどのモデルについてもメッシュの細分化は、有効に働くといえる。

ここまで本研究の決して多いとはいえない解析から以上のような結果が得られた。さらに今後、ジョイント要素の剛性、摩擦条件を変えて解析を行うことによって、様々な結果が得られると思われる。

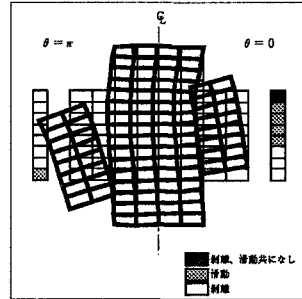
参考文献

- 1) 近田康夫、田中恵一、小堀為雄；子午面での回転を考慮した非軸対称荷重下の軸対称ジョイント要素、構造工学論文集 Vol34A, pp25-30, 1988.



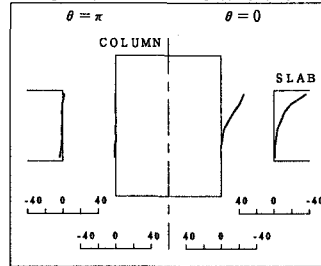
ジョイントタイプ:中心点で計算（回転考慮）

図2 水平荷重による変位図（×200）



ジョイントタイプ:中心点で計算（回転考慮）

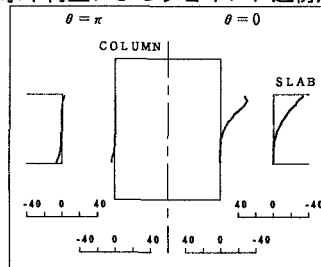
図3 水平荷重による変位図（×200）



σ_r (MPa)

ジョイントタイプ:ガウス積分点で計算

図4 水平荷重によるジョイント近傍応力分布



σ_r (MPa)

ジョイントタイプ:ガウス積分点で計算

図5 水平荷重によるジョイント近傍応力分布