

1. 構造力学・構造工学一般

とりまとめ：岩崎英治（長岡技術科学大学）

論文題目：“一自由度振動系を設置した浮屋根による円筒タンクのスロッシング波高の低減”

著者：高西照彦，水田洋司，川口周作
掲載：Vol. 55A, pp. 1-10, 2009年3月

◆討議 [末武義崇（足利工業大学）]

完全流体を仮定しておられるが，流体の粘性の影響は大きなファクターにならないのでしょうか？

◆回答：内容液として用いた水の粘性は小さいとは言え，その影響を無視することはできませんので，当然，理論式中で考慮すべきですが，粘性を考慮した場合の理論式を厳密に理論解析することは極めて難しいことから，本論では内容液を理想流体として取り扱いました．しかし，数値計算の段階で，理想流体として導いた理論式中に粘性の影響及び壁面摩擦等の影響を減衰項として取り入れることによってこれらの影響を考慮しました．

論文題目：“空間柔ケーブルによる非抗圧膜構造モデルの有限変位解析”

著者：井嶋克志・帯屋洋之・川崎徳明
掲載：Vol. 55A, pp. 11-22, 2009年3月

◆討議 [三木優彰（東京大学）]

ポアソン比 ν が0.3のときと0.4のときで異なるメソッドを選択する理由を詳しく教えてください．

◆回答：正三角形に近い形状の定ひずみ三角形要素をひずみエネルギー等価な非抗圧ケーブルユニットに置換したとき，補助点は要素内部に位置し，副材の伸び剛度は膜材ポアソン比が1/3より大きいとき正值，1/3より小さいとき負値となります．伸び剛度が正值であれば膜構造を柔ケーブルのみによって表すことができ，論文での3次元ネット解析と同様にどのような外荷重による大変位現象でも力学的なニュートン・ラブソン法により安定な収束計算により解を得ることができます．しかし，伸び剛度が負値のときは副材が伸びるほど大きな圧縮軸力が発生することになり，ケーブルユニットによる膜要素は完全に非抗圧性は維持しながらも膜構造は通常の柔ケーブルと軸圧縮力部材により置換されたことと同様となります．軸圧縮力材により構成される構造は周知のように座屈・分岐現象を伴うため，ニュートン・ラブソン法では解を得ることは困難で動的緩和法が多用されています．

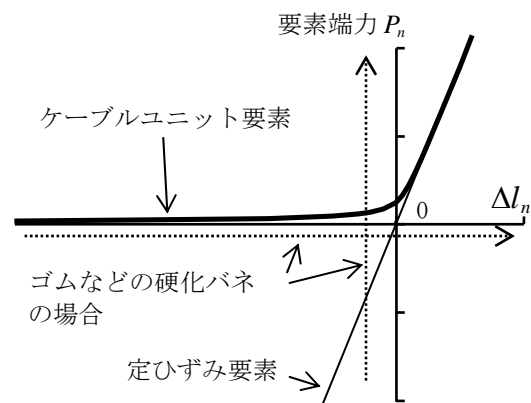
同様に負値剛性材が含まれる膜モデルの解析も動的緩和法を使用する必要が生じました．ただし，初期不整などを必要とせず，また，ポアソン比が1/3を超える解形状と常に同様な解を得ますので，座屈・分岐現象は伴わず解は唯一でないかと推測しています．負値剛性材を含む膜モデルのエネルギー曲面は極値には至らない凹凸曲面のためにニュートン・ラブソン法による解の算出が困難と考えております．なお，副材は主としてユニット要素の面内変形に関わるものであるため，主材のみによる計算後，副材を付加する2段階のニュートン・ラブソン法を用いれば少ない反復計算により解を得ることができると思っております．

◆討議 [浅井光輝（九州大学）]

骨組のユニットにより圧縮時の剛性がゼロ（または負）になる仕組みを教えてください．

◆回答：ユニット要素の辺方向端力 P_n と要素変形 Δl_n 間の剛性はゼロまたは負となることはなく，下図のように常に正值をとります．端力は Δl_n が負（圧縮時）でも常に張力として作用し要素3頂点が1点に収束するとき端力がゼロになるようにユニットを構成する線材を設定します．線材に主として用いている弾性カテナリーケーブルの端力とケーブル弦長変形量の関係も図のような P_n と Δl_n の関係と定性的に近いものとなります．このため，ケーブルユニット端力は圧縮力となることはなく，要素3頂点が1点に収束するまで常に張力の非抗圧性を維持します．

なお，膜材ポアソン比と要素形状によっては全部材柔ケーブルによって構成されるユニットばかりではなく，常に圧縮軸力となる線材や負の伸び剛度を有する線材を含むユニットとなる場合がありますが，ユニット全体としての力学的性質は非抗圧性を維持することができます．



要素端力と要素変形の一例

◆討議 [浅井光輝 (九州大学)]

膜材の材料非線形性が今後導入可能でしょうか。

◆回答：複雑な材料非線形性は困難と思いますが、ゴムなどのように硬化バネ特性のような場合、硬化状態の線形に近い剛性を用いたケーブルユニットの置換は可能と考えます。例えば、重力場において無応力寸法の状態で支持張力を $\Delta I_n = 0$ の要素端力とすれば、図のように縦軸と横軸の平行移動により ΔI_n が正の硬化前における非弾性特性を表すことができます。この場合、 ΔI_n が負の状態の要素端力は図よりもゼロに漸近する曲線となります。

論文題目：“損傷を有する石造アーチ橋の力学的挙動特性の検討”

著者：山尾敏孝，山本健次郎，小石剛之，工藤輝彦
掲載：Vol. 55A, pp. 23-33, 2009年3月

◆討議 [富山 潤 (琉球大学)]

損傷を有するとありますが、石材自身の損傷は考慮していないのでしょうか。

◆回答：今回の提案した解析手法では石材自身の損傷の影響は可能と考えていますが、本解析の結果は、石材の損傷を考慮していません。

◆討議 [富山 潤 (琉球大学)]

三次元的な実験に対して、二次元の平面解析との整合性はどのようになっていますか。

◆回答：本研究での提案解析法は二次元の平面解析です。実験での石アーチ部分の橋軸直角方向は、石材の組み方が種々あります。そこで、三次元挙動を二次元挙動により解析するため、代表的な石材の組み方を選んで石材間の圧縮試験とせん断試験を行い、ばね係数を求めました。これを用いて平面解析を実施しております。ただし、この対応は作用荷重が鉛直(面内)方向のみで有効であり整合性があると考えています。なお、面外方向の挙動については、今後検討が必要だと思います。