I-61　平面棒材の有限変位解析の精度に関する数値的検証

日立造船株式会社　正　員　山下　時治
名古屋工業大学　正　員　後藤　芳顯
名古屋工業大学　学生員　春日井俊博
名古屋工業大学　正　員　松浦　聖

1．まえがき：有限変位解析における剛体変位除去の手法（ＳＲＢＤ法）は全ラグランジェの手法に比べ、離散化解析の定式化が比較的容易で、しかも大きな変位挙動まで追跡しうるので実用的な解析では最も多く用いられる。物理的近似に基づく、剛体変位除去の手法の理論的根拠については[1~3)]、すでに平面、立体骨組を対象に、明らかにされている。しかしながら、実用上重要と考えられる実際の数値計算に基づく精度の検討に関しては、剛体変位除去の手法の要素分割無限小での収束解に対応する厳密解が軸線不伸張の場合以外には利用できないため、収束解に即した十分な検討はなされていない。本報告では、その後著者らによって誘導された収束解に対応した厳密解[4)]と見なしうる各種楕円積分解をもとに、先の理論的検討結果[1)]の検証を主たる目的として、剛体変位除去の手法の精度を数値計算により検討したものである。

2．検討項目：剛体変位除去の手法では要素の剛体変位除去の方法、局所座標系での支配方程式、また剛体回転除去後の回転角の評価式の差により各種定式化がある。ここではTable 1 に示す、剛体回転除去後の局所座標系での４種類の支配方程式、Fig.1 に示す２種類の局所座標系[1)]、さらにTable 2 に示す３種類の剛体回転除去後の回転角評価法[1)]について、それぞれの差が数値解析精度に及ぼす影響について調べた。　なお、Table 1 の支配方程式のうち、c)Linear Beam-Columnとは通常の b)Beam-Column の軸力変位関係式において、いわゆる Bowingの効果を無視したものでありd)の式は文献1)で収束解が有限ひずみの式の解と一致する最低次の非線形の式として示されているものである。

Table 2　Evaluation of Rotational Angle after Separation of Rigid Body Rotation

	Eq. for Evaluation
1)	$\hat{v}_0' = \hat{\alpha}$
2)	$\hat{v}_0' = \sin\hat{\alpha}$
3)	$\hat{v}_0' = \tan\hat{\alpha}$

3．数値的検討結果：厳密解である楕円積分解の数値が容易に得られる数種類の構造について検討したが、代表的な

Table 1　Governing Equations for Local Coordinate

Theories	Equilibrium Equations	Stress Resultants vs. Displacements
a) Small Displacements	$M''=0$ $N'=0$	$M=-EI\hat{v}_0''$ $N=EA\hat{w}_0'$
b) Beam-Column	$(N\hat{v}_0'+M')'=0$ $N'=0$	$M=-EI\hat{v}_0''$ $N=EA(\hat{w}_0'+\frac{1}{2}\hat{v}_0'^2)$
c) Linear Beam-Column	$(N\hat{v}_0'+M')'=0$ $N'=0$	$M=-EI\hat{v}_0''$ $N=EA\hat{w}_0'$
d) Eq. given by Ref.1)	$\left(\frac{M}{1+\hat{w}_0'}\right)'=0$ $N'=0$	$M=-EI\hat{v}_0''$ $N=EA\hat{w}_0'$

E=Young's Modulus,A=Cross Sectional Area,
I=Moment of Inertia,N=Axial Force,
M=Bending Moment

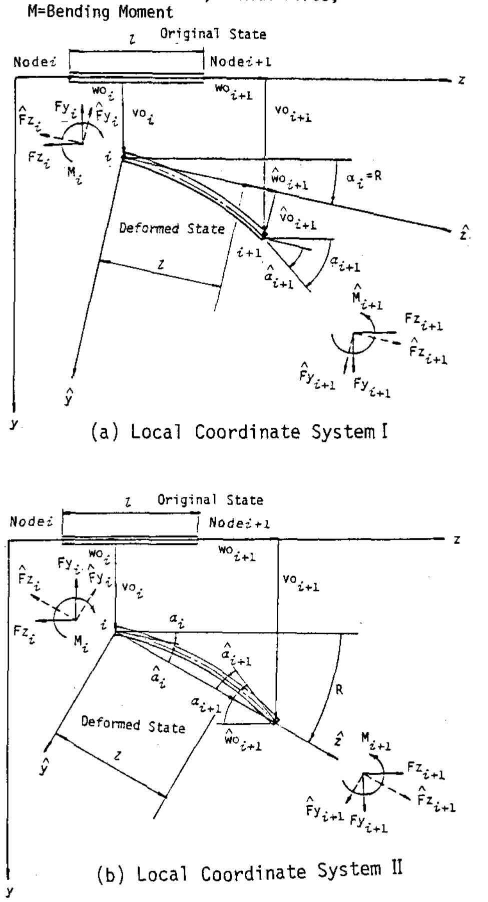
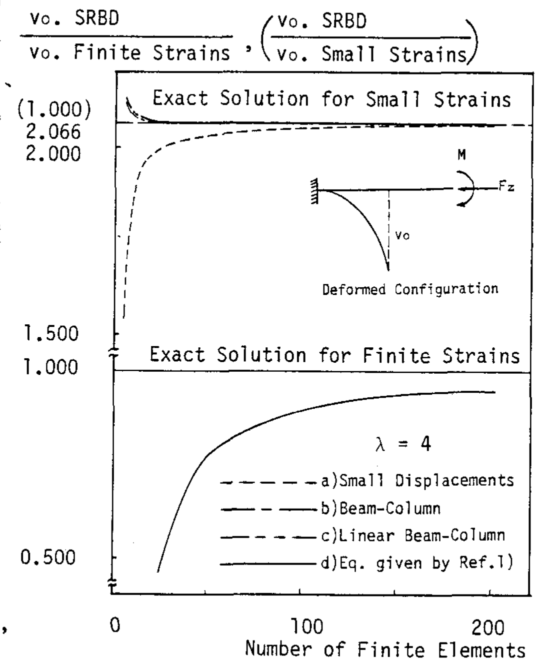


Fig.1　Local Coordinate Systems of a Beam Element

ものとして、ここでは片持はりの自由端に微小な初期モーメント $Ml^2/EI = 0.01$ と軸圧縮力 F_z が作用した構造の結果を示す。軸圧縮力としては、要素分割数を増加させたとき、解の収束が最も遅くなる場合ということで Euler座屈強度近傍の値 $F_z l^2/EI = 3.05$ を作用させた。また構造の諸元としては、Table 1 の各式による精度の検討には、収束解を明確にする意味から、[4]微小ひずみの解と有限ひずみの解の差が明確に現れる場合として細長比 $\lambda = 4$ を、又他の場合は一般的な $\lambda = 100$ を用いた。以上の構造モデルに対して局所系の支配方程式の差、座標系の差、さらに回転角の評価法の差が精度に及ぼす影響をそれぞれ Fig. 2,3,4 に示す。Fig.2 より Table 1の a)b)c)の式は微小ひずみの解へまた d)は有限ひずみの解へ収束していく傾向が確認できるとともに、a)b)の式を用いた場合の精度が良いことも確認できる。Fig.3 からは、局所座標系IIの方がIより精度が良いことがわかる。さらにFig.4 から、回転角の評価の差が精度に及ぼす影響は、小さい。

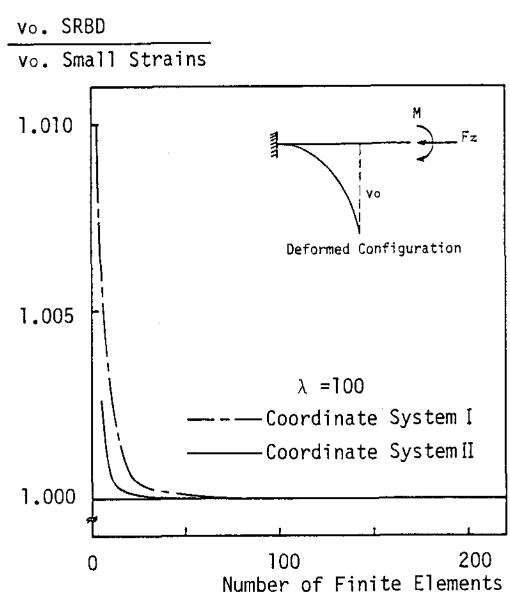


with Coordinate System I and $\hat{v}_o = \hat{\alpha}$

Fig.2 Effect of Governing Equation for Local Coordinate

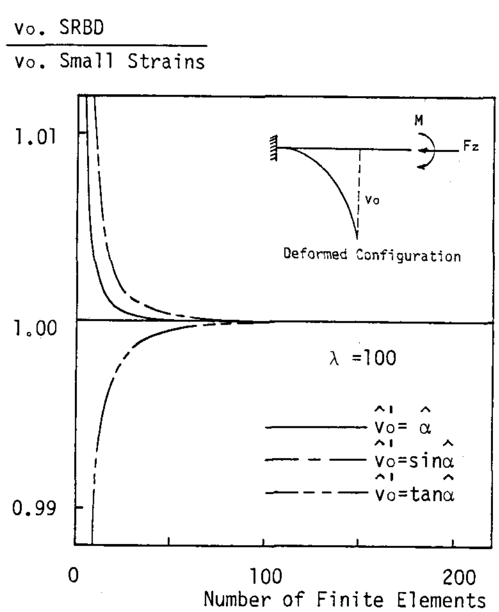
参考文献

1)後藤,長谷川,西野，土木学会論文報告集 No.331,1983,
2)後藤,長谷川,西野，土木学会論文集 No.344,1984,
3)後藤,長谷川,西野，土木学会論文集 No.356,1985,
4)後藤,山下，松浦，構造工学論文集 No.32A,1986



with b)Beam-Column and $\hat{v}_o = \hat{\alpha}$

Fig.3 Effect of Coordinate System



with b)Beam-Column and Coordinate System I

Fig.4 Effect of Evaluation of Rotational Angle after Separation of Rigid Body Rotation