**<Preliminary>**

Manifold

Cosserat surface

Skew-symmetric matrix : 에서 

**<Simo & Fox>**

SO(3) : group of orthogonal transformation



Tangent space to  at identity is  or  which is skew-symmetric tensor



If vector  satisfy .

By the vectors



Tangent space to  at any is 



정리하면

 : rotation vector

 : transformation opertor by finite rotation

 : variation operator by infinitesimal rotation

 : variation operator

Exponential map (Rodrigues)

 or

, where  and  is skew-symmetric

**PROPOSITION** : Director  and arbitrary vector 에 대하여

를 만족하는 transformation은

 이다.

\* kinematics

Shell is described by  ()

Configuration of shell is , where 

Reference configuration is 

자주 사용되는 notation은 다음과 같다.



\*linear theory

Normal field 

Orthogonal transformation

: transform -> (flat element coordinate -> local Cartesian coordinate)

Local Cartesian coordinate  is developed by transformation  from 

Jacobian



Strain definition in local cartesian coordinate

, , 

, , 

, 

Strain definition in natural coordinate

, 

Director variation

 (element coordinate->director coordinate)

B matrix (local Cartesian strain)

, , 







, , , 

B matrix (natural strain)

, 





, , , 

의 유도는 다음과 같다. (nonlinear formulation)

Current state의 에서

Spatial description : ,  (current director의 회전)

Material description : ,  (explicitly two parameter), 

자유도 관계를 알아내기 위해 bending part를 살펴보자.

, 

, 

결국 자유도는 에 숨겨져 있다. 또한  이므로 자유도는 이다.

를 간단하게 계산하는 방법은 다음과 같다 (geometrically not exact?)

,  : 이 방법이 훨씬 간단한 것 같다.

Transformation matrix 를 계산하는 방법은 다음과 같다.



만약  라면(flat geometry)  이다.

Director field의 interpolation과 미분값

 (interpolation 후 normalize)



<natural strain>



, 









transverse shear 

 이므로



<assumed stress>

Quad4 – ans – 16 beta(5+11) (5x4=20, 20-6=14)

 seems to be best

Tria3 – ans – 12 beta(3+9) (5x3=15, 15-6=9)

 seems to be best

QuadR – 18 beta(7+11) (6x4=24, 24-6=18)



QuadR with shear free at center of edge for in-plane – 11 beta(6+8) (6x4=24, 12-3=9)

seem to be best , apply opposite edge



TriaR – 14 beta(5+9) (6x3=18, 18-6=12)



Quad8 – ANS – 37 beta(13+24) (5x8=40, 40-6=34)



  나머지 4개로 조절?

Transformation matrix

, , 

<ANS formulation>



Quad4

C:\Documents and Settings\shpark\바탕 화면\그림1.emf





Tria3

C:\Documents and Settings\shpark\바탕 화면\그림1.emf





Quad8

C:\Documents and Settings\shpark\바탕 화면\그림1.emf

, 

Tria6

MITC-6b type – simple

<drilling rotation>

Sze의 방법







34개





<geometric stiffness>

, , 







여기서







대입하면





정리하면



Inplane spin은 을 대입하면







Abaqus 와 같다.

Generalize !

, 



를 대입하면



를 대입하면



Curvature는 다음과 같다.

, 





여기서 , 



를 대입하면



정리하면



를 대입하면 (inplane spin)



Asymmetric term을 symmetrize 하면







Generalize!







를 대입하면



를 대입하면



Transverse shear 는 다음과 같다.









를 대입하면





Asymmetric 부분을 symmetrize 하면





Generalize !!!









총정리를 하자!!!







몇가지 필요한 tensor를 다시 정의하면 (spin, deformation)

, 

, 

, 















다시 해보자.









