

사용자정의 지반재료 모델 기본개념

사용자 정의 지반 재료 모델을 FORTRAN으로 구현하여, DLL로 빌드하면 GTS NX에서 사용할 수 있습니다..

사용자 정의 지반 재료 모델은 이전 스텝의 수렴된 응력과 상태 변수 및 현재 스텝의 변형률/시간 증분을 입력받아 현재 스텝의 응력과 상태 변수를 계산해야 합니다.

```
Subroutine User_Mod (JOB, MODEL, UNDRAINED, STEPNUMBER, ITERNUMBER, ELEMNUMBER,
                    INTEGNUMBER, X, Y, Z, T0, DT, USRVAL, SIG0, PP0,
                    USRSTA0, DEPS, SE, BULKWATER, SIG, PP, USRSTA, PLASTICSTATUS, NUS,
                    NONSYM, STRESSDEP, TIMEDEP, TANGENT,
                    PROJECTDIRECTORY, PROJECTLENGTH, ERROR);
```

매개변수	내용
JOB(정수, 입력)	Job 번호 1 = 상태 변수 초기화 2 = 유효 응력 계산 3 = 유효 재료 강성 행렬 계산 4 = 상태 변수 개수 반환 5 = 행렬 특성 반환(NONSYM, STRESSDEP, TIMEDEP, TANGENT)
MODEL(정수, 입력)	사용자가 정의한 지반 재료 번호
UNDRAINED(정수, 입력)	배수 조건(UNDRAINED = 0), 비배수 조건(UNDRAINED = 1)
STEPNUMBER(정수, 입력)	현재 계산 스텝 번호
ITERNUMBER(정수, 입력)	현재 이터레이션 번호
ELEMNUMBER(정수, 입력)	현재 요소 번호
INTEGNUMBER(정수, 입력)	더미 변수
X, Y, Z(실수, 입력)	현재 적분점의 글로벌 좌표
T0(실수, 입력)	현재 스텝 시작 시간
DT(실수, 입력)	현재 스텝의 증분 시간
USRVAL(실수 배열, 입력)	사용자 정의 재료의 파라미터 배열(1-50)
SIG0(실수 배열, 입력)	현재 적분점에서 이전 스텝에 수렴한 유효 응력 및 다른 값. $\sigma_{xx}^{'0}, \sigma_{yy}^{'0}, \sigma_{zz}^{'0}, \sigma_{xy}^{'0}, \sigma_{yz}^{'0}, \sigma_{zx}^{'0}, p_{steady}$ 2D인 경우, yz, zx 성분은 0

PP0(실수, 입력)	더미 변수
USRSTA0(실수 배열, 입력/출력)	현재 적분점에서 이전 스텝에 수렴한 상태 변수 배열(1-NUS) JobID가 1인 경우에만 출력 그 이외에는 입력
DEPS(실수 배열, 입력)	현재 적분점에서 현재 스텝의 변형률 증분량 및 이전 스텝에 수렴한 변형률 $\Delta\epsilon_{xx}, \Delta\epsilon_{yy}, \Delta\epsilon_{zz}, \Delta\gamma_{xy}, \Delta\gamma_{yz}, \Delta\gamma_{zx}, \epsilon_{xx}^0, \epsilon_{yy}^0, \epsilon_{zz}^0, \gamma_{xy}^0, \gamma_{yz}^0, \gamma_{zx}^0$ 2D인 경우, yz, zx 성분은 0
SE(실수 배열, 출력)	현재 적분점에서 유효 재료 강성 행렬
BULKWATER(실수, 입력)	더미 변수
SIG(실수 배열, 출력)	현재 적분점에서 유효 응력 $\sigma'_{xx}, \sigma'_{yy}, \sigma'_{zz}, \sigma'_{xy}, \sigma'_{yz}, \sigma'_{zx}$ 2D인 경우, yz, zx 성분은 0
PP(실수, 출력)	더미 변수
USRSTA(실수 배열, 입력)	현재 적분점에서 계산된 상태 변수 배열(1-NUS)
PLASTICSTATUS(정수, 출력)	소성 지표 0 = 소성 아님 1 = Mohr-Coulomb 2 = 인장 cut-off 3 = 캡 하드닝 4 = 캡 프리క్ష 5 = 프리క్ష 하드닝
NUS(정수, 출력)	상태 변수 개수
NONSYM(정수, 출력)	재료 강성 행렬이 비대칭(NONSYM = 1) 대칭(NONSYM = 0)
STRESSDEP(정수, 출력)	더미 변수. 재료 강성 행렬이 항상 응력에 의존적이라고 가정한다.
TIMEDEP(정수, 출력)	더미 변수. 재료 강성 행렬이 항상 시간에 의존적이라고 가정한다.
TANGENT(정수, 출력)	더미 변수. 재료 강성 행렬이 항상 뉴튼-랩슨 법에서 사용되는 접선 강성이라고 가정한다.
PROJECTDIRECTORY(정수 배열, 입력)	더미 변수
PROJECTLENGTH(정수, 입력)	더미 변수
ERROR(정수, 출력)	사용자 정의 모델에서 계산이 실패한 경우(ERROR=1)

예제 의사 코드

1. 상태 변수 초기화

```
USRSTA0(1) = (SIG0(1) + SIG0(2) + SIG0(3))/3.D0
```

2. 유효 응력 계산

```
DO I = 1, 6  
  DO J = 1, 6  
    SIG(I) = SIG(I) + SE(I, J) * DEPS(J)  
  ENDDO  
ENDDO
```

3. 유효 재료 강성 행렬 계산

```
E = USRVAL(1)  
V = USRVAL(2)  
G = E/2/(1.0+V)  
FAC = 2*G/(1.0-2*V)  
VAL1 = FAC*(1-V)  
VAL2 = FAC*V
```

```
SE = 0.0  
SE(1,1) = VAL1  
SE(1,2) = VAL2  
SE(1,3) = VAL2  
SE(2,1) = VAL2  
SE(2,2) = VAL1  
SE(2,3) = VAL2  
SE(3,1) = VAL2  
SE(3,2) = VAL2  
SE(3,3) = VAL1  
SE(4,4) = G  
SE(5,5) = G  
SE(6,6) = G
```

4. 상태 변수 개수 반환

```
NUS = 1
```

5. 행렬 특성 반환(NONSYM, STRESSDEP, TIMEDEP, TANGENT)

NONSYM = 1
STRESSDEP = 1
TIMEDEP = 1
TANGENT = 1

보조 서브루틴

dll 파일에 포함된 모델의 개수/이름과 파라미터 개수/이름/단위를 가져오는 함수.

```
SUBROUTINE GETMODELCOUNT( NMODEL )
  IMPLICIT NONE
  INTEGER (KIND=4) NMODEL
  !DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT, STDCALL, REFERENCE ::GETMODELCOUNT

  NMODEL = 1
  RETURN
END ! GETMODELCOUNT

SUBROUTINE GETMODELNAME( MODEL , MODELNAME )
  IMPLICIT NONE
  INTEGER, INTENT(IN) :: MODEL
  CHARACTER (LEN= * ) MODELNAME
  CHARACTER (LEN=255) TNAME
  INTEGER LT
  !DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT, STDCALL, REFERENCE :: GETMODELNAME

  SELECT CASE (MODEL)
  CASE(1)
    TNAME = 'ELASTIC'
    LT = LEN_TRIM(TNAME)
    MODELNAME= CHAR(LT) // TNAME(1:LT)
  END SELECT ! MODEL
  RETURN
END ! GETMODELNAME

SUBROUTINE GETPARAMCOUNT( MODEL , NVAL )
  IMPLICIT NONE
  INTEGER  MODEL, NVAL
  !DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT, STDCALL, REFERENCE :: GETPARAMCOUNT
  NVAL = 2
END ! GETPARAMCOUNT
```

```

SUBROUTINE GETPARAMNAME( MODEL, PARAM, PARAMNAME )
  IMPLICIT NONE
  INTEGER, INTENT(IN) :: MODEL
  INTEGER, INTENT(IN) :: PARAM
  CHARACTER (LEN= * ) PARAMNAME
  CHARACTER (LEN=255) TNAME
  INTEGER LT
  !DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT, STDCALL, REFERENCE ::  GETPARAMNAME

  SELECT CASE (MODEL)
  CASE(1)
    SELECT CASE (PARAM)
    CASE (1)
      TNAME = 'E'
    CASE (2)
      TNAME = 'NU'
    END SELECT ! PARAM
  END SELECT ! MODEL

  LT = LEN_TRIM(TNAME)
  PARAMNAME= CHAR(LT) // TNAME(1:LT)
  RETURN
END ! GETPARAMNAME

```

```

SUBROUTINE GETPARAMUNIT( MODEL, PARAM, PARAMUNIT )
  IMPLICIT NONE
  INTEGER, INTENT(IN) :: MODEL
  INTEGER, INTENT(IN) :: PARAM
  CHARACTER (LEN= * ) PARAMUNIT
  CHARACTER (LEN=255) TNAME
  INTEGER LT
  !DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT, STDCALL, REFERENCE ::  GETPARAMUNIT

  SELECT CASE (MODEL)
  CASE(1)
    SELECT CASE (PARAM)
    CASE (1)
      TNAME = 'F/L^2#'

```

```
CASE (2)
  TNAME = "
END SELECT ! PARAM
END SELECT ! MODEL

LT = LEN_TRIM(TNAME)
PARAMUNIT= CHAR(LT) // TNAME(1:LT)
RETURN
END ! GETPARAMUNIT
```

How to compile

GTS NX USSR과 같음