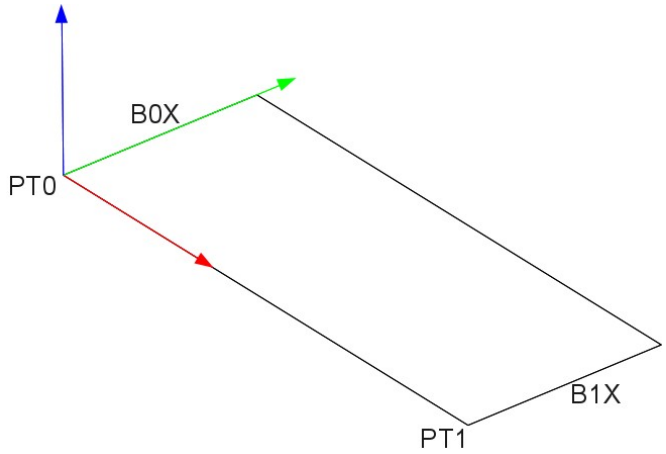
SSNS111 - Flexion d'une dalle en béton armé sous charge répartie

Résumé :
Ce test concerne une dalle en béton armé soumise à une charge répartie uniforme.
Ce problème permet de tester :
- les éléments finis de type DKT multicouches,
- les éléments finis de type GRILLE_EXCENTRE,
- les lois de comportement associées aux études de génie civil : MAZARS, VMIS_CINE,

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Dalle : $5\mathrm{m}\times 3\mathrm{m}$, d'épaisseur $0.25\,m$, sur appuis simples en $B0X$ et $B1X$.
Nappe d'armatures supérieure : $8\phi 12=9.0478\,cm^2$, enrobage de $2.5\,cm$.
Nappe d'armatures inférieure : $8\phi 25=39.27\,cm^2$, enrobage de $2.5\,cm$.

1.2 Propriétés des matériaux

La commande DEFI_MATER_GC est utilisée pour définir le matériau béton :

```
BETON = DEFI_MATER_GC(
    MAZARS=_F(UNITE_LONGUEUR="M",FCJ=51.0E+06,
              EIJ=43.0E+09, FTJ=4.2E+06, AT=0.9 ),
)
```

L'écho de la commande :

```
    == Paramètres de la loi MAZARS [Pa] ==
    Partie élasticité :
      E = 4.3000E+10, NU = 2.000E-01,
    Partie non-linéaire :
      BT = 1.02380952E+04, AC = 1.31859827E+00, SIGM_LIM = 3.0600E+07, AT = 9.000E-01,
      BC = 1.53770784E+03, K = 7.00000000E-01, EPSI_LIM = 3.5000E-03,
      EPSD0 = 9.76744186E-05,
    Pour information :
      FCJ = 5.100E+07, FTJ = 4.200E+06, EPSI_C = 2.29922344E-03,
```

La commande DEFI_MATER_GC est utilisée pour définir le matériau acier :

```
ACIER =DEFI_MATER_GC(
    ACIER=_F(E=2.0E+11, SY=500.0E+06, NU=0.30),
)
```

L'écho de la commande :

```
     == Paramètres de la loi ECRO_LINE ==
    Partie élasticité :
      E = 2.000E+11, NU = 3.000E-01,
    Partie non-linéaire :
      SY = 5.000E+08, SIGM_LIM = 4.54545E+08, EPSI_LIM = 1.00E-02, D_SIGM_EPSI = 2.00E+07,
    Pour information :
      EPSI_ELAS = 2.5000E-03,
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.3 Conditions de chargements

Ligne $B0X$: blocage des degrés de liberté DX , DZ
Ligne $B1X$: blocage des degrés de liberté DZ
Aux points $PT0$ et $PT1$: blocage des degrés de liberté DY
Charge répartie sur toute la surfaces de la dalle : $P\left[N/m^2\right]$

2 Solution de référence

2.1 Grandeurs et résultats de référence

La solution de référence est déterminé par une vérification de la section de béton armé menée aux états limites. Les caractéristiques des matériaux sont celles issues de l'écho des commandes DEFI_MATER_GC.

Le calcul des contraintes à l'état limite de service est réalisé avec une charge répartie sur toute la surface de la dalle de $P = 80.5\ KN/m^2$. Les contraintes limites obtenues sont :

$$\begin{cases} \sigma_{bc} = 32.3\,MPa \\ \sigma_{sc} = 98.0\,MPa \\ \sigma_{st} = 319.0\,MPa \end{cases}$$

Une des hypothèses du calcul à l'état limite de service est que la résistance en traction du béton est nulle. Lors du calcul aux éléments finis le matériau béton suit une loi de comportement de type MAZARS qui présente une résistance à la traction. Il va donc exister une légère différence entre les résultats issus d'un calcul de type béton armé et un calcul de type élément fini.

Le calcul à l'état limite ultime donne la charge ultime $P = 127.5\ KN/m^2$ (fonctionnement en pivot A). La recherche par calcul aux éléments finis de la charge ultime est assez délicat, car il faut l'augmenter jusqu'à obtenir une asymptote horizontale dans le diagramme effort-déplacement. Cette charge ultime doit être voisine de celle déterminée par l'approche béton armé.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation et du maillage

Le maillage de la dalle est régulier :

- découpage en 40 éléments dans la longueur, et en 24 éléments dans la largeur soit 960 éléments $QUA4$.
- les nappes d'acier sont obtenues par duplication des mailles de béton puis par excentrement :

```
MAILTOT =CREA_MAILLAGE(
   MAILLAGE=MAILL0,
   CREA_GROUP_MA= (
      _F(NOM='ACPLUS',  GROUP_MA='DALLE', PREF_MAILLE='C',),
      _F(NOM='ACMOINS', GROUP_MA='DALLE', PREF_MAILLE='T',),
   ),
)

LACAR=AFFE_CARA_ELEM(
   MODELE=LEMOD,
   COQUE=_F(GROUP_MA=('DALLE',), EPAIS= 25.0E-02, COQUE_NCOU= 5,
            ANGL_REP=(0.0,0.0,),),
   GRILLE= (
      _F(GROUP_MA='ACPLUS',  SECTION=  9.0478E-04, ANGL_REP=(0,0,),
         EXCENTREMENT= 0.10,),
      _F(GROUP_MA='ACMOINS', SECTION= 39.2700E-04, ANGL_REP=(0,0,),
         EXCENTREMENT=-0.10,),
   ),
)
```

La charge est répartie sur toute la surface de la dalle:

Instants	Charge répartie
Instant 1	$80.5\ KN/m^2$
Instant 2	$127.5\ KN/m^2$
Instant 3	$132.0\ KN/m^2$

3.2 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs de type contrainte sont testées avec CRITERE='ABSOLU'. TOLE_MACHINE est donc modifiée en conséquence (VALE_REFE * 1.0E-06), pour que CRITERE='ABSOLU' soit correctement pris en compte.

Les grandeurs testées et analysées à l'état limite de service sont :

- la valeur minimale des contraintes pour le béton en compression,
- la contrainte maximale pour les aciers en traction,
- la contrainte minimale pour les aciers en compression.
- la variable SIGM_LIM pour le béton, les aciers.

ELS (Instant 1)	Valeurs		Tolérance
Contrainte	Béton comprimé	-33.10E+06	0.02%
	Acier comprimé	-102.88E+06	0.01%
	Acier tendu	313.0E+06	0.5%
SIGM_LIM	Béton comprimé	-1.08800	0.20%
	Acier comprimé	-0.22634	0.20%
	Acier tendu	0.15650	0.5%

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

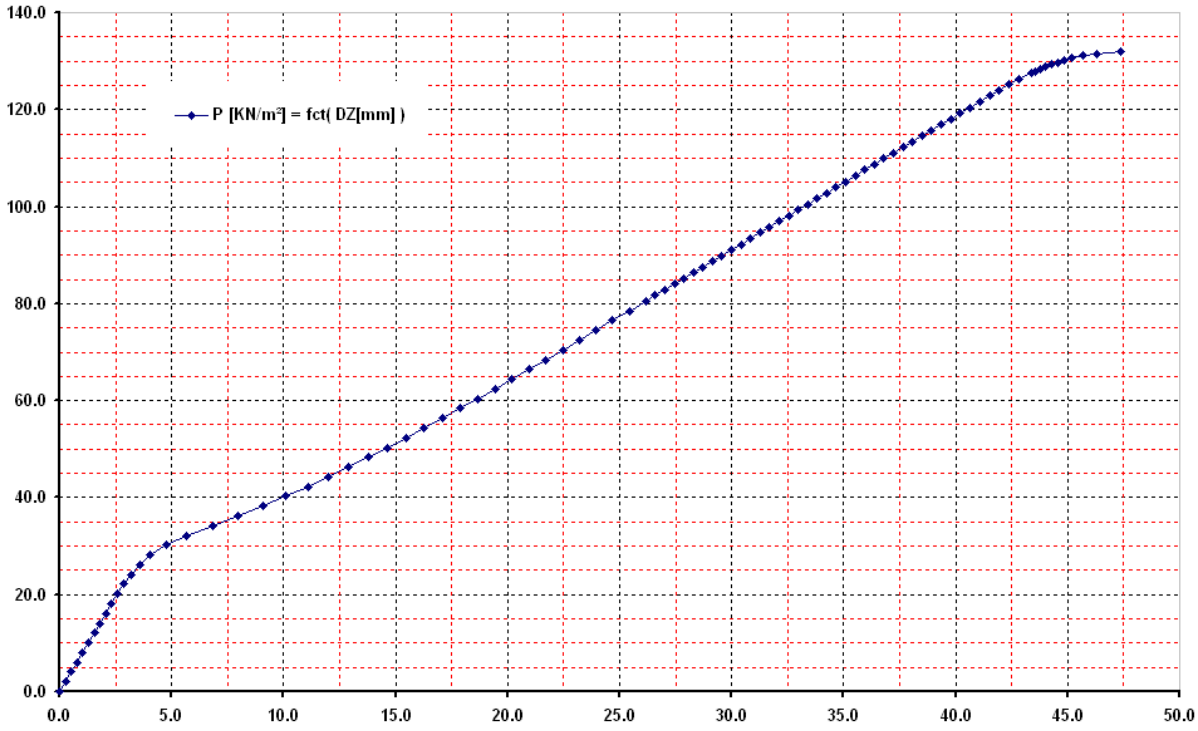
Les grandeurs testées et analysées à l'état limite ultime sont :
- la valeur minimale des contraintes pour le béton en compression,
- la contrainte maximale pour les aciers en traction,
- la contrainte minimale pour les aciers en compression.
- la variable EPSI_LIM pour le béton, les aciers

ELU (Instant 2)	Valeurs		Tolérance
Contrainte	Béton comprimé	-48.13E+06	0.01%
	Acier comprimé	-169.64E+06	0.10%
	Acier tendu	500.00E+06	0.01%
EPSI_LIM	Béton comprimé	-0.38357	0.20%
	Acier comprimé	-0.08482	0.30%
	Acier tendu	0.2686	1.%

La grandeur testée, correspondant au début de l'asymptote sur la courbe charge répartie en fonction du déplacement vertical maximal, et correspond à la variable EPSI_LIM des aciers tendus.

Instant 3	Valeurs		Tolérance
EPSI_LIM	Acier tendu	0.45935	1.5%

La courbe ci-dessous, charge répartie en fonction du déplacement maximum, montre que l'on a atteint l'asymptote lorsque la charge répartie est voisine de $132.0\,KN/m^2$ (instant 3).



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Ce cas test montre la bonne correspondance entre les calculs aux éléments finis et une approche réglementaire.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)