Opérateur COMBINAISON_FERRAILLAGE

1 But

Le but de cet opérateur est de calculer les densités de ferraillage dans des éléments coques et plaques en fonction des sollicitations pour plusieurs combinaisons de chargement.

En entrée, cette macro-commande prend un résultat multiple de type mult_elas. Chacun des résultats de mult_elas contient les efforts généralisés, préalablement obtenus par l'option EFGE_ELNO.

La commande enrichit chaque résultat de mult_elas d'un champ de grandeur ferraillage, en appelant plusieurs fois la commande CALC_FERRAILLAGE.

Aussi, la commande ajoute des résultats à la structure de donnée mult_elas.

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

2 Syntaxe

```
resu = COMBINAISON_FERRAILLAGE (

   ♦  reuse        =  resu
   ♦  RESULTAT     =  resu                                  [multi_elas]
   ♦  CODIFICATION =  /  'EC2',                             [DEFAUT]
                      /  'UTILISATEUR',

# Choisir au moins un type de vérification pour un liste de nom_cas
   ♦  COMBINAISON = _F (
         ♦ TYPE =  /  'ELS_CARACTERISTIQUE',
                   /  'ELU_FONDAMENTAL',
                   /  'ELU_ACCIDENTEL',

         ♦  /  NOM_CAS   = l_nomcas                         [l_K]
            /  NUME_ORDRE  = l_numeordre,                   [l_I]
   )

# si CODIFICATION = 'EC2'
    ♦  AFFE = _F(
                ♦ / TOUT          = 'OUI'
                  / GROUP_MA      = l_grma,                [l_gr_maille]
                ♦ TYPE_STRUCTURE = '2D'
                ♦ C_SUP           = enrobs,              [R]
                ♦ C_INF           = enrobs,              [R]
                ◊ FCK             = sigaci,              [R]
                ◊ FYK             = sigbet,              [R]
                ◊ SIGC_ELS        = sigacil,             [R]
                ◊ SIGS_ELS        = sigbetl,             [R]
                ◊ GAMMA_S_FOND    = gs,                  [R]
                ◊ GAMMA_S_ACCI    = gs,                  [R]
                ◊ GAMMA_C_FOND    = gc,                  [R]
                ◊ GAMMA_C_ACCI    = gc,                  [R]
                ◊ ALPHA_E         = alphae,              [R]
                ◊ CLASSE_ACIER    = /'A'
                                    /'B'                 [DEFAUT]
                                    /'C'
                ◊ ALPHA_CC        = /1.0                 [DEFAUT]
                                    /alphacc             [R]
                ◊ E_S             = es                   [R]
              )
```


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

3 Opérandes

3.1 Opérande RESULTAT

♦ RESULTAT = resu

Nom d'un concept résultat de type mult_elas. Il est nécessairement ré-entrant.

3.2 Opérande CODIFICATION

♦ CODIFICATION = /'EC2', [DEFAUT]
/ ' UTILISATEUR',

C'est la codification à utiliser pour les vérifications. : Eurocode 2 (EC2) ou définie par l'utilisateur)

3.3 Opérande COMBINAISON

♦ COMBINAISON = _F(♦ TYPE = / 'ELS_CARACTERISTIQUE',
/'ELU_FONDAMENTAL',
/'ELU_ACCIDENTEL',
♦ / NOM_CAS = l_nomcas
/NUME_ORDRE = l_numeordre,)

Avec cette opérateur répétable on fournit à la commande la liste des cas (résultats de la mult_elas) sur lesquels réaliser le dimensionnement qui correspondent aux vérifications d'état limite de service (la combinaison caractéristique est la seule disponible pour le moment) et ultimes (fondamentaux, accidentelles).

Le choix entre ELU_FONDAMENTAL et ELU_ACCIDENTEL permet de choisir la valeur des coefficients de sécurité GAMMA (voir opérande AFFE , § 3.4).

3.3.1 Mot-clé TYPE

♦ TYPE = / 'ELS_CARACTERISTIQUE',
/'ELU_FONDAMENTAL',
/'ELU_ACCIDENTEL',

Avec ce mot-clé, on choisit le type de vérification à associer à la liste de cas. Pour l'instant les options disponibles sont les états limites ultimes fondamentaux ou accidentels et les états limites de service caractéristiques tels que définis par les Eurocodes.

3.3.2 Mot-clés NUME_ORDRE et NOM_CAS

Ici est fournie la liste des cas associée à la vérification renseignée dans TYPE, soit comme liste des numéro d'ordre des cas soit comme liste des noms des cas (étiquette associée à chaque résultat de la mult_elas).

Remarque

Ici le numéro d'ordre n'indique pas un instant de calcul ou une fréquence comme pour le structures de données résultat mais un numéro de cas (un des résultats contenus par la multi_elas).

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

3.4 Opérande AFFE

Une grande partie des mot-clés renseignées ici sont les mêmes que pour la commande CALC_FERRAILLAGE.

On notera l'ajout du mot-clé TYPE_STRUCTURE qui sert à caractériser le type de structure dont on veut dimensionner le ferraillage. Il faut que les mailles renseignées sous GROUP_MA soient homogènes en termes de modélisation et de type de structure.

♦ TYPE_STRUCTURE = ’2D’
♦ / TOUT = 'OUI'
/GROUP_MA = l_grma

Une autre différence avec les mot-clés de CALC_FERRAILLAGE consiste dans le choix des coefficients de sécurité :

◊ GAMMA_S_FOND = gs , [R]
◊ GAMMA_S_ACCI = gs , [R]
◊ GAMMA_C_FOND = gc, [R]
◊ GAMMA_C_ACCI = gc, [R]

On choisira les valeurs renseignées sous GAMMA_S_FOND et GAMMA_C_FOND pour alimenter CALC_FERRAILLAGE si l'utilisateur a choisi l'option ELU_FONDAMENTAL de l'opérande COMBINAISON (§3.3) pour un certain cas de charge. Pour ELU_ACCIDENTEL, les valeurs de GAMMA_S_ACCI et GAMMA_C_ACCI seront sélectionnées.

3.5 Composition du champ produit

Le résultat de chaque cas de nom NOM_CAS est enrichi par un nouveau champ (nommé 'FERRAILLAGE' dans la structure de données) dont les composantes (pour éléments de structure 2D) sont :

- une densité de ferraillage longitudinal dans le sens X de l'élément pour la face inférieure de l'élément ($DNSXI$) - en $\frac{m^2}{m}$;
- l'équivalent pour la face supérieure ($DNSXS$) en $\frac{m^2}{m}$;
- une densité de ferraillage longitudinal dans le sens Y de l'élément pour la face inférieure de l'élément ($DNSYI$) - en $\frac{m^2}{m}$;
- l'équivalent pour la face supérieure ($DNSYS$) - en $\frac{m^2}{m}$;
- la densité de ferraillage transversal ($DNST$) - en $\frac{m^2}{m}$
- la contrainte dans le béton comprimé $SIGMBE$;
- la déformation dans le béton comprimé $EPSIBE$.

Le champ de ferraillage est calculé pour le seul instant existant pour chaque cas. Un des buts principaux de la commande COMBINAISON_FERRAILLAGE est de calculer, pour chaque type d’armature (longitudinale, transversale…), la combinaison dimensionnante, c’est à dire celle qui maximise le type d’armature considérée.

Ainsi, l’algorithme de la commande COMBINAISON_FERRAILLAGE appelle la commande CALC_FERRAILLAGE pour chaque cas (numéro d’ordre de mult_elas) en choisissant le type de

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

vérification renseignée par TYPE_COMB. Ensuite, les densités d'armature (pour chaque type d'armature) sont comparées entre elles, celle qui donne lieu à l'armature la plus importante est la combinaison dimensionnante. Cette comparaison est faite à chaque appel de la COMBINAISON_FERRAILLAGE, donc sur chaque nœud des groupes de mailles sélectionnés.

Il y aura donc autant de combinaisons dimensionnantes que de types d'armatures.

On crée dans la structure donnée multi_elas deux nouveaux cas :

- COMB_DIME_ACIER → Sous ce nom de cas sont renseignés les armatures maximales pour chaque élément fini et type d'armature
- COMB_DIME_ORDRE → Sous ce nom de cas sont renseignés les numéro d'ordre des cas qui fournissent les armatures maximales (cas dimensionnants) pour chaque élément fini et type d'armature.

3.6 Erreurs et alarmes

3.6.1 Erreurs causées par une incohérence des paramètres d'entrée

Une vérification de la cohérence des paramètres d'entrée est réalisée au début de l'exécution de la commande COMBINAISON_FERRAILLAGE . Le calcul peut être stoppé par une erreur fatale dans les cas suivants :

- Si l'utilisateur demande un calcul sur poutres ou poteaux alors que le dimensionnement de ces éléments de structure n'est pas encore prévue par c ode_ a ster (commande CALC_FERRAILLAGE)
- Si aucune occurrence de l'opérande COMBINAISON ou AFFE n'est renseignée.

3.6.2 Alarmes émises lors du calcul des aciers

Le calcul à l'ELU dans CALC_FERRAILLAGE des aciers de flexion (ELS ou ELU) peut émettre une ou plusieurs alarmes dans les cas suivants :

- Si au moins une facette est trop comprimée en pivot B
- Si au moins une facette est en pivot C seul (sans être trop comprimée) et qu'aucune autre facette n'est en pivot C trop comprimé
- Si au moins une facette est en pivot C trop comprimé

Le calcul des aciers transversaux peut émettre une ou plusieurs alarmes si le béton est trop cisaillé.

Dans tous ces cas la densité de ferraillage est fixée à -1 pour l'élément.

Dans COMBINAISON_FERRAILLAGE , dès qu'un de ces alarmes est émise pour une des combinaison de chargement, la densité de ferraillage de la (des) combinaison(s) dimensionnante(s) est fixée à -1 et la combinaison dimensionnante est aussi fixée à -1 .

3.6.3 Erreurs émise lors du calcul des aciers de flexion

Une erreur fatale est émise lors du calcul des aciers de flexion à l'ELS (CALC_FERRAILLAGE) si la contrainte de compression du béton dépasse sa valeur maximale (définie par SIGM_BETON pour la codification EC2). Cette erreur est soulevée et transmise à l'utilisateur par le biais de COMBINAISON_FERRAILLAGE.

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

4 Exemples d'utilisation

Pour des exemples d'utilisation on peut se référer aux cas-tests *SSLS145 et SSLS146.*

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