

AEF-T.3.3

ELABORAREA MODELELOR PENTRU AEF

CUPRINS
AFF-T.3.3.1 INTRODUCERE
AFF-3.3.2 ETAPELE ÎNTOCMIRII MODELULUI DE FEA

AFF-T.3.3.1 INTRODUCERE

În vederea simulării eficiente și cu acuratețe a comportării sistemelor mecanice sau din elemente ale acestora, cu programe performante care au la bază MEF, se întocmește un model de analiză specific. Modelarea cu elemente finite, în multe situații, pentru analiză în vederea proiectării, consecință a unor particularități legate de configurația geometrică, de comportarea materialului și de fenomenele fizice, nu implică considerarea întregii structuri.

Analiza cu elemente finite (FEA) a modelului unei structuri de rezistență este un *calcul numeric de verificare* ce se realizează pentru o geometrie riguros descrisă, pentru o încărcare dată și în condiții de rezemare bine precizate cu scopul obținerii valorilor deplasărilor, tensiunilor, reacțiunilor în rezeme, frecvențelor vibrațiilor proprii etc. Pentru efectuarea unei AEF se impune elaborarea unui *model pentru AEF* pe baza căruia se vor introduce datele în modulele de procesare ale pachetelor de AEF. În urma rezolvării și analizei rezultatelor obținute se poate finaliza procesul considerând că structura este sigură sau se va elabora un plan de modificare a structurii inițiale (implicit și a modelului de analiză) pentru ca aceasta să răspundă cât mai bine ansamblului cerințelor impuse. Acest proces se poate derula iterativ până la obținerea unei structuri optime neexistând algoritmi generali de modificare pentru diversele cazuri practice. Unele programe de AEF actuale au implementat *proceduri speciale de optimizare* care permit determinarea prin calcul automat a valorilor optime ale unor parametri de proiectare astfel încât să fie satisfăcute una sau mai multe funcții obiectiv și a unui set de condiții impuse. Î

AEF a unei structuri mecanice complexe se poate face pentru întreaga structură, pe subansamble sau pe componente. Frecvent în practică, din considerente de simplificare și/sau de precizia analizei se fac AEF element cu element. În acest caz încărcările, în general, sunt produse de acțiunile elementelor vecine (corpurilor) vecine (presiuni de contact, presiuni cauzate de fluide, dilatarea termică, forțe de inerție)

Modelul de analiză al unui element și/sau al unui subansamblu mecanic, în vederea proiectării cu programe performante care au la bază MEF, presupune cunoașterea de informații legate de comportarea materialului (materialelor), forma geometrică, legăturile cu elementele învecinate, încărcări, comportarea funcțională etc.

Pentru trecerea de la structura reală la modelul pentru AEF nu există algoritmi și metode generale care, care să aproximeze, cu o eroare prestabilită, cunoscută, structura care urmează să se aproximeze. În continuare, se prezintă aspecte particulare privind întocmirea modelelor pentru AEF .

AFF-T.3.3.2 ETAPELE ÎNTOCMIRII MODELULUI DE FEA

Pornind de la desenul de ansamblu al unei structuri care urmează să fie analizată și de la cerințele AEF se identifică elementele vitale care se impune a fi analizate cu elemente finite precum și a elementelor structurii care nu trebuie analizate fiind redus solicitate sau chiar nesolicitate.

Pentru cazul AEF a unei singure piese (element de mașină) se recomandă parcurgerea următoarelor etape:

- **Stabilirea scopului analizei** prin identificarea cu calaritate a tipului analizei, rezultate urmărite, precizia rezultatelor etc. Frecvent, este posibil ca pentru o problemă se elaboreze mai multe modele, toate corecte dar cu performanțe diferite. La stabilirea rezultatelor precizate este nevoie să se țină cont că acestea sunt dependente

de configurația modelului de analiză și de ipotezele care au stat la baza algoritmului de calcul numeric implementat în modulul software disponibil.

- **Stabilirea ipotezelor** de analiză legate de geometrie (linie, suprafață, volum) , proprietățile materialelor (liniar, plastic, hiperelastic etc.), regimul de funcționare (static, dinamic), modul de aplicare a sarcinilor, tipul reazemelor, tipul elementelor finite, finețea de discretizare, domeniile limită ale parametrilor necunoscuți etc.
- **Modelarea materialului** prin identificarea tipului comportării și a valorilor parametrilor caracteristici conform unor modelelor specifice.
- **Modelarea geometrică** presupune adoptarea formei sau formelor geometrice (linii, suprafețe sau volume) corelat cu tipurile elementelor finite folosite pentru discretizare.
- **Modelarea sarcinilor** implică adoptarea modalităților de aplicare a sarcinilor (forțe, momente concentrate și/sau distribuite, deplasări, accelerații, presiuni, temperaturi etc.) și descrierea riguroasă a valorilor, direcțiilor și coordonatelor punctelor de aplicație; se pot stabili mai multe cazuri de încărcare.
- **Modelarea constrângerilor** implică identificarea tipurilor și numerelor gradelor de libertate geometrică asociate unor puncte, linii, suprafețe volume și/sau elemente finite ce urmează să li se asocieze deplasări nule sau finite pentru a se evita depășirea generală de rigid; modelarea contactelor; se pot stabili mai multe cazuri de rezemare

La elaborarea modelelor pentru AEF se are în vedere o multitudine de aspecte, dintre care cel mai importante sunt [Sorohan, 1996]:

- **Scopul analizei** ce impune ca pentru obținerea de rezultate neechivoce pentru analize diferite (statică, de stabilitate, modală etc.) să se conceapă și dezvolte modele pentru AEF diferite (de ex. pentru analizele statice liniare se impune discretizări fine în zonele concentratorilor, pentru analizele statice neliniare cu deplasări mari se impune, în plus, descrierea variațiilor sarcinilor în timpul procesului de deformare); în practică se va elabora un model pentru una din analize (de ex., pentru cea statică) care apoi va fi modificat și/sau extins pentru celelalte.
- **Simplitatea** modelului de AEF, frecvent, bazată pe structuri virtuale simplificate care conduc la rezultate cu precizii pe cât posibil acceptabile. Modelele simpliste, sumare, în multe situații pot conduce la rezultate eronate. În practică pentru o eficacitate mărită, se recomandă, elaborarea de modele pentru AEF cu nivele de complexitate diferite (la început simple și spre final mai complexe).
- **Rezultate acoperitoare** care asigură coeficienți de siguranță rezonabili în acest fel compensându-se erorile de modelare și rezolvare.
- **Corelarea preciziilor datelor de intrare cu ale rezultatelor preconizate** pentru evitarea dezvoltării de modele pentru AEF laborioase și costisitoare în cazurile în care datele de intrare sunt cu incertitudini sau cu erori mari.

Performanța unui model pentru analiza cu elemente finite a unei structuri este dependentă, deseori, și de experiența anterioară a analistului FEA

AFF-T.3.3.3 MODELE DE ANALIZĂ SIMPLIFICATE BAZATE PE PARTICULARIZĂRI GEOMETRICE

Simplificarea modelelor de analiză, fără sacrificarea preciziei parametrilor urmăriți, se poate realiza prin particularizarea configurației geometrice prin forme inferioare (structura 3D la una 2D sau 1D, structura 2D la una 1D), prin considerarea pentru modelare a zonei din domeniul problemei în care variațiile parametrilor fizici necunoscuți sunt semnificative și/sau prin folosirea simetriei.

Prin particularizarea configurației geometrice a structurii de analizat, gradul de conformitate cu realitatea a modelului de analiză scade diferit atât cât ce privește valorile cât și variațiile parametrilor cunoscuți și/sau necunoscuți. De exemplu, structura 3D a unui arbore cilindric se poate reduce la un model 1D, astfel scade acuratețea parametrilor de încărcare și a parametrilor necunoscuți din zonele de rezemare și concentrare (salturi dimensionale și canale de pană). Prin intermediul acestei particularizări dimensiunea modelului cu elemente finite (numărul de noduri) scade puternic și luând în considerare simplitatea modelului în corelație cu rezultatele obținute se consideră că acesta, uneori, este eficient pentru verificarea arborilor transmisiilor obișnuite. În cazul transmisiilor speciale pentru verificări cu precizie mărită se întocmește un model complex (3D) de analiză a întregii structuri a arborelui.

Structurile elementelor sistemelor mecanice de analizat cu elemente finite pot avea simetrie geometrică, de material, de încărcare și/sau a condițiilor limită față de un plan, două plane ortogonale, trei plane ortogonale sau chiar în raport cu mai multe plane.

Pentru întocmirea modelului pentru analiză al unei structuri mecanice, ținând cont de simetrie, este necesar să aibă *simetrie comună* privind geometria, caracteristicile materialului și condițiile limită impuse. Din punct de vedere al încărcării este posibil să se întocmească modele, consecință a simetriei complete (fig. 1,b), când încărcarea are aceeași simetrie cu geometria și condițiile limită (fig.1,a), sau modele (fig. 2,b) generate de simetria geometrică și a condițiilor limită și antisimetria de încărcare (fig. 2,a).

Stabilirea condițiilor limită în cazul modelărilor care țin cont de simetrie se face urmărind simularea cu acuratețe a proceselor de deformare din structura inițială. De exemplu, pentru structura de tip bară din fig. 2,a, simetrică complet în raport cu un plan paralel cu YZ, se anulează deplasarea după X (TX) și rotațiile după axele X și Y (RX, RY) sau pentru aceeași structură (fig 2,a) dar cu încărcare antisimetrică, se anulează translațiile după axele X și Y (TX, TY).

Analiza modelului cu încărcare asimetrică din fig. 3,a, în cazul structurii cu simetrie geometrică și cu comportare liniară, se poate face rezolvând modelul de analiză asociat jumătății domeniului geometric pentru două seturi de încărcări și condiții limită, corespunzătoare simetriei complete (fig. 3,b) și antisimetriei încărcării (fig. 3,c). Starea finală, corespunzătoare structurii inițiale, se obține prin însumarea rezultatelor obținute pentru cele două seturi.

Problema întocmirii modelului pentru analiză cu elemente finite optim este complexă depinzând de tipul fenomenelor fizice, cerințele urmărite și performanțele programului folosit. În capitolul 3 se prezintă, pentru diverse situații practice, modul de întocmire al modelelor de analiză cu elemente finite, urmărind cu precădere justificarea adoptării acestora și identificarea etapelor de lucru.

În cazul simetriei structurii de analizat față de un plan, două plane sau trei plane modelul de analiza se reduce la o jumătate, un sfert sau, respectiv, o optime din domeniul geometric.

Simetria completă față de o axă, în cazul oarecare, nereductibil la cel axial-simetric (fig. 5,a), implică modelarea unui sector unghiular (fig. 5,b) sau când problema este de tip axial-simetric conduce la un model plan determinat de semisecțiunea axială prin structură.

AFF-T.3.3.4 MODELE PENTRU ANALIZĂ LOCALE

Practica AEF a structurilor complexe a evidențiat că este posibil să nu rezulte informații despre vârfurile unor parametrii (mai ales ale tensiunii) în zonele cu discontinuități geometrice, reazeme, gradienti mari ai tensiunilor (concentratori), joncțiuni, suduri etc. În aceste situații *modelele de AEF generale* în subdomenii geometrice cu dimensiuni relativ reduse comparativ cu dimensiunile întregii structuri sunt, de obicei, cu neclarități semnificative (discretizări necorespunzătoare) la nivel local.

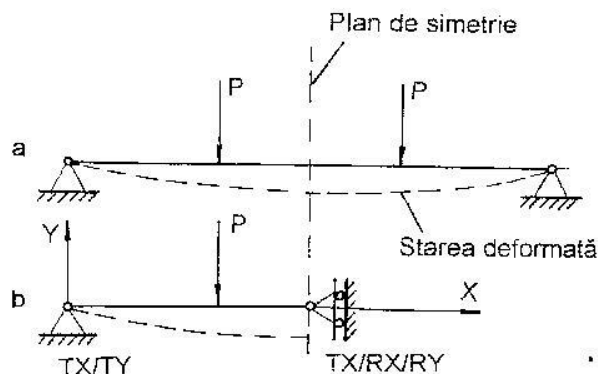


Fig. 1

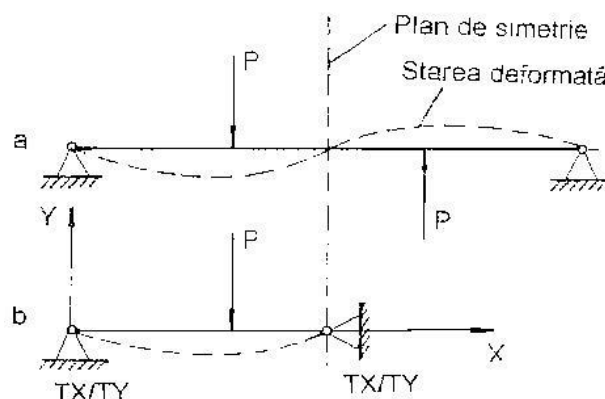


Fig. 2

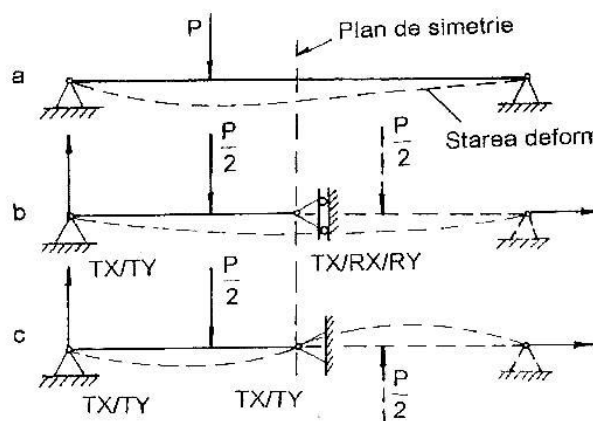


Fig. 3

Pentru rezolvarea problemele locale ale structurilor mecanice nu există abordări generale, modelarea și rezolvarea acestora fiind, de mare dificultate, și pentru fiecare situație concretă se impune realizarea unei modelări distincte.

Discontinuitățile geometrice sunt generate de condiții de funcționare impuse și/sau de tehnologiile de execuție (turnare, așchiere etc.).

Joncțiunile, apar ca zone de trecere dintre straturile materialelor compozite și/sau din materiale diferite. În cazul materialelor diferite se impune considerarea de geometrii diferite și, uzual, într-un punct sau pe o linie se întesectează mai multe elemente finite din plane diferite, fapt ce poate fi nesatisfăcător pentru determinarea precisă a parametrilor în zona joncțiunilor.

Concentratori de tensiuni de tip gaură, îngustare, canal etc., de obicei, în cazul structurilor mari, în modelele de AEF generale discretizările din jurul acestora "scapă" valorile maxime ale tensiunilor deoarece finețea de discretizare este necorespunzătoare (numărul de noduri din aceste zone este edus). Din aceste motive analiza concentratorilor de tensiuni se face într-o etapă secundară, de AEF locală, cel mai des, utilizând *tehnica submodelării* care poate fi cu deplasări impuse sau cu forțe impuse pe frontiera submodelului. Tehnica modelării cu forțe impuse conduce în general la rezultate superioare [Sorohan,] deoarece se păstrează echilibrul static al submodelului

Sudurile induc stări de tensiune este spațiale și pot fi modelate corespunzător cu elemente de volum (brick, tetraedre).

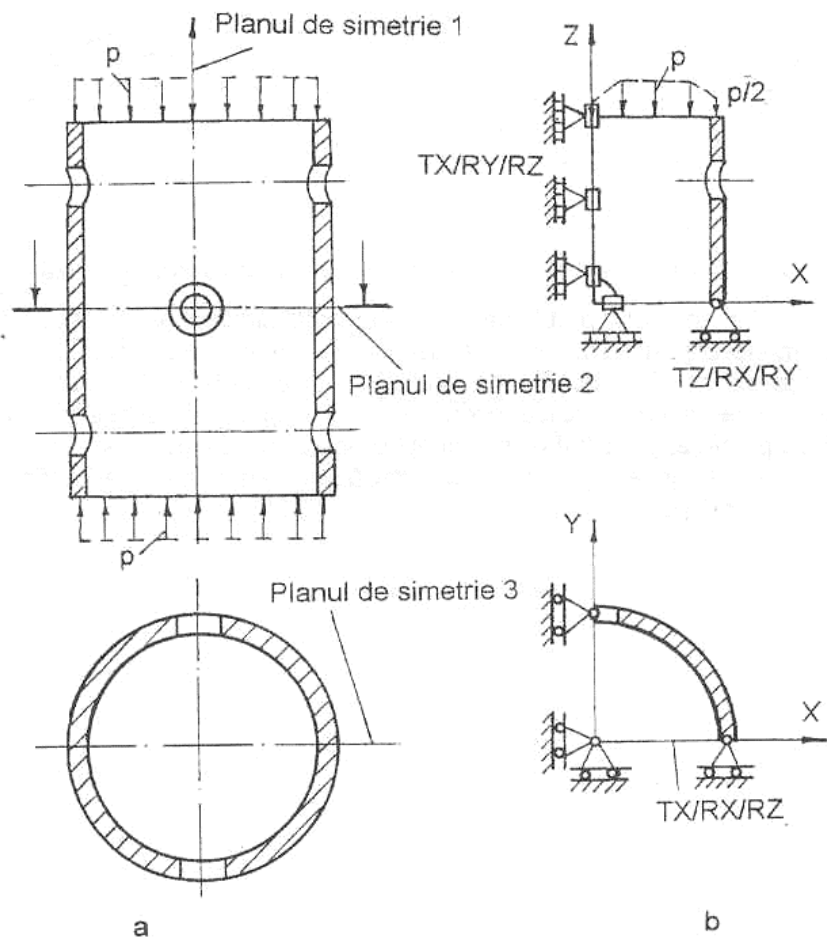


Fig. 4

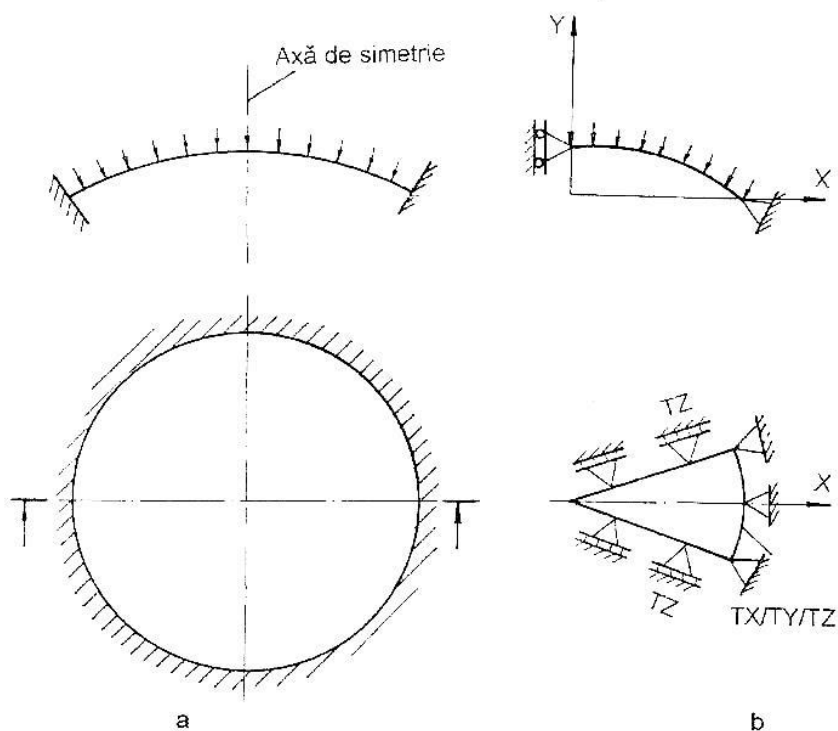


Fig. 5