

PROBLEMA DI CONTATTO-PIEDE DI BIELLA

La scorsa volta abbiamo settato il problema di contatto e una volta aggiunti i vincoli di simmetria possiamo lanciare il calcolo. Vediamo che, per come abbiamo settato il problema, questo risulta definito in maniera completa ma rimangono dei g.d.l. che lo rendono non fisico.

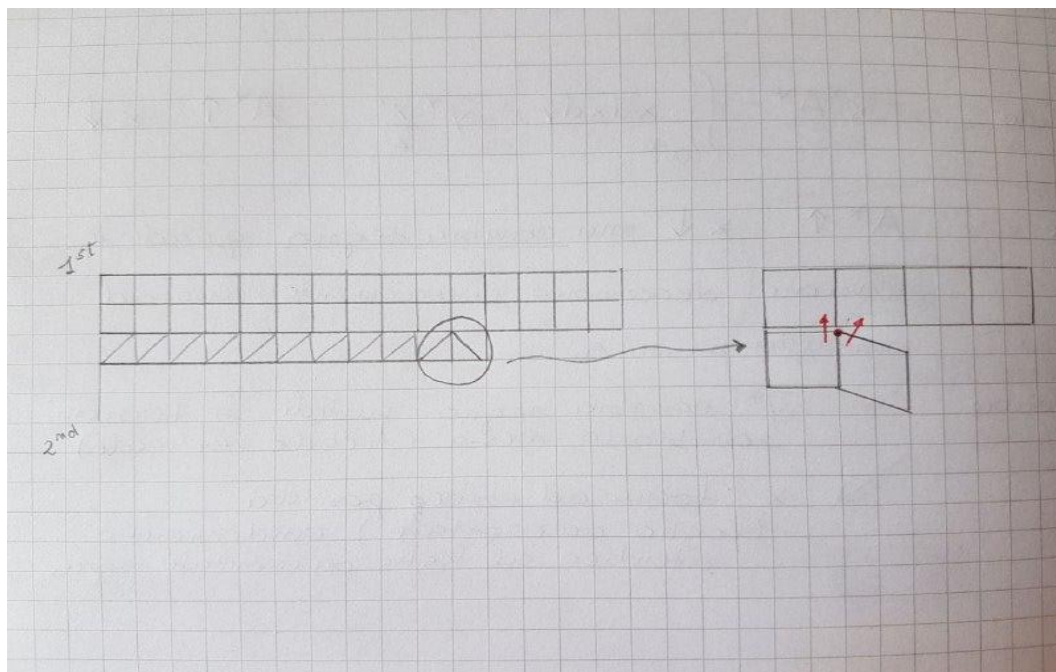
Per valutare la bontà dei risultati relativi ad un problema di contatto è necessario, per prima cosa, osservare le grandezze sui nodi a contatto. Dal punto di vista scalare, per capire subito qual è il macroscopico comportamento del problema di contatto, la grandezza da analizzare è il contact status, che assume valore nullo se non c'è contatto (blu), mentre assume valore unitario se c'è contatto (giallo). Il contact status, essendo una grandezza nodale, identifica i nodi che "sparano" la normale (quindi dal second al first).

Il software calcola una prima soluzione (all'incremento zero) del problema di contatto (assemblando la matrice di rigidezza globale) e la confronta con le forze di contatto: se sono compressive allora il contatto tra i nodi ipotizzato era corretto, se sono trattive allora i nodi, vicinissimi prima dell'applicazione delle forze, tendono ad allontanarsi e quindi devono essere sganciati. In Marc questa operazione di check sulla prima soluzione viene chiamata "separation". Esiste un'altra operazione di check, complementare a "separation", chiamata "penetration": se all'atto dell'applicazione del carico i nodi esterni al first risultano penetrati nel second allora devono essere separati. Nel caso preso in esame, il problema di contatto risulta idoneo per quanto riguarda il primo check ma non per il secondo. Il software allora riporta artificialmente i nodi in superficie e riassume la matrice di rigidezza globale che risulterà diversa rispetto a prima. Questa soluzione viene sottoposta ai due check suddetti: la soluzione è fisica o no? Procedendo in questo modo si arriva a stabilire qual è effettivamente l'area di contatto sotto l'azione della forza di contatto, qual è quindi, il numero di nodi in contatto tale per cui la soluzione del problema è fisica.

In un modello lineare al variare del carico i risultati sono semplicemente scalati del fattore di scalatura del carico e vale inoltre la sovrapposizione degli effetti. In un modello non lineare cercare la soluzione applicando direttamente tutto il carico esterno o cercarla applicando gradualmente il carico esterno, è molto diverso. Il codice fa molta meno fatica nel secondo caso ed inoltre la soluzione risulta migliore. Quindi quando si ha a che fare con modelli non lineari, bisogna sempre preoccuparsi di applicare una tabella al carico esterno in modo da farlo variare gradualmente dal valore nullo ad un valore massimo. La necessità ma anche la forma della tabella è funzione della non linearità. Dal menu SCAN vedo tutti gli incrementi.

Spesso, in un problema di contatto, si guarda il plot vettoriale delle pressioni di contatto. Quindi:

MORE, VECTOR PLOT, tra questi attivo "Contact normal stress". Le pressioni di contatto devono essere normali alla superficie esterna dello spinotto. Tutte le possibili soluzioni non fisiche che il codice può trovare le dobbiamo prevedere noi ed escluderle. Per il codice la superficie esterna dello spinotto comprende lo smusso finale e abbiamo il 50% di possibilità che il contatto venga male. Infatti in quella zona le pressioni di contatto non risultano ortogonali.



Quindi apriamo il vecchio file Piede_3D, lo rinominiamo Piede_3D_ok e cerchiamo di risolvere questo problema. Il codice non può sapere quali sono effettivamente le superfici di contatto dal settaggio dei menu precedenti che abbiamo effettuato. Abbiamo definito, infatti, come CONTACT BODIES delle nuvole di elementi che si affacciano al contatto e questi elementi hanno nodi e superfici che effettivamente possono gestire il contatto ma hanno anche nodi e superfici che si trovano all'interno dei componenti e il codice non sa che noi non vogliamo che vadano a gestire il contatto.

Nel menu **CONTACT** ci sono due settaggi complementari che limitano gli errori che il codice può commettere cercando le soluzioni del problema di contatto:

- CONTACT AREAS che sono una serie di nodi che noi vogliamo sparino la normale quindi devono essere indicate sui CONTACT BODIES che abbiamo sancito sparino le normali nelle CONTACT TABLES. Per quanto riguarda la biella, i nodi che devono gestire il contatto sono quelli sulla superficie interna del piede.

CONTACT AREA, NEW, POTENTIAL CONTACT, CONTACT BODY biella. Settiamo una sotto area, appartenente alla superficie esterna del corpo di contatto, su cui vogliamo potenzialmente cercare il contatto. Selezioniamo la superficie del contact body:

SELECT, VISIBILITY e rendiamo visibile solo la biella.

SELECT, METHOD, FACE FLOOD, LIMIT ANGLE 20

SELECT, NODES, seleziono la superficie interna del piede

Fatto ciò, aggiungiamo i nodi selezionati al POTENTIAL CONTACT della biella.

Facciamo la stessa identica cosa con la superficie interna del pistone.

Passiamo adesso al secondo settaggio complementare attraverso il quale dobbiamo escludere le facce su non vogliamo venga sparata la normale.

- EXCLUDE SEGMENTS, NEW, CONTACT BODY spinotto

SELECT, SELECT BY, CONTACT BODY, spinotto, MAKE VISIBLE

SELECT, METHOD, SINGLE

SELECT, FACES e seleziono tutte le facce della superficie interna con una finestra (selezione box). In questo modo seleziono solo le facce esterne, quindi escludo le facce verticali tra un elemento e l'altro.

A queste facce selezionate devo togliere quelle su cui voglio venga sparata la normale.

SELECT, METHOD, FACE FLOOD

SELECT MODE, EXCEPT e seleziono le facce della superficie esterna dello spinotto

EXCLUDE SEGMENTS, FACES, ALL SELECTED

La fase di pre-processing è conclusa.

Controlliamo che le CONTACT AREAS e gli EXCLUDE SEGMENTS siano caricati in **LOADCASES**, PROPERTIES, CONTACT e impostiamo 4 STEPS.

Nella gestione di un modello non lineare è necessario verificare il test di convergenza. I possibili test di convergenza sono due, uno sugli spostamenti e l'altro sui residui. Per modelli costituiti da materiali abbastanza rigidi, in genere si raggiunge la convergenza sugli spostamenti. Il codice si attiva di default con la convergenza sui residui. È molto meglio passare alla convergenza sugli spostamenti a meno dell'1%:

LOADCASES, PROPERTIES, CONVERGENCE TESTING, RELATIVE DISPLACEMENT TOLERANCE 0.01

JOBS, PROPERTIES, carichiamo l'unico LOADCASE disponibile. Poi apriamo:

- CONTACT CONTROL. In FRICTION selezioniamo COULOMB, BILINERAR (DISPLACEMENT) perché è quello più stabile, attiviamo INITIAL CONTACT caricando le contact areas, gli exclude segments e le contact tables.
- JOBS RESUTS selezioniamo STRESS, VON MISES e dopo avere attivato CUSTOM selezioniamo external force, reaction force e tutte le variabili che gestiscono il contatto.

CONSIDERAZIONI

La direzione delle forze di contatto ce l'aspetteremmo radiale quindi guardando il modello lungo l'asse, essendo le mesh tutte generatrici, dovremmo vedere le forze di contatto per ogni generatrice sovrapposte. Così non è, seppur di poco, perché la direzione delle forze di contatto non è quella radiale ma quella normale alla faccia dell'elemento. Macroscopicamente le forze di contatto risultano comunque radiali. Meshando i componenti si perdono informazioni sulla reale geometria, per cui i componenti risulteranno delimitati da superfici poligonali.

Abbiamo ottenuto con questa mesh un buon risultato, ma la mesh risulta vincolante in quanto il numero di suddivisioni in direzione circonferenziale per ogni componente è identico. Se provassimo ad tirar fuori lo spinotto e cercassimo di riposizionarlo dopo averlo ruotato di mezzo elemento, non ci riusciremmo. Questo perché, come detto prima, la meshatura ci fa perdere informazioni sulla reale geometria dei componenti. Nel nostro caso il numero di suddivisioni di spinotto e pistone è identico quindi riusciremmo a trovare una posizione angolare tale da permetterci di riposizionare lo spinotto ruotato e quindi calcolare un problema di contatto che è fisico. Nel caso in cui però, il numero di suddivisioni è diverso nei due componenti, non riesco a mettere i due componenti a contatto senza creare interferenza numeriche. Nel contatto sfera su piano non abbiamo nessun problema numerico introdotto dalla gestione del contatto che invece si presenta nei casi di cilindro dentro cilindro, sfera dentro cavità sferica, ossia di contatto conforme.

Esiste il modo di dire al codice di non considerare le superfici discretizzate ma di prendere i nodi su tali superfici e appoggiarci sopra un lenzuolo analitico che vada a ricostruire la geometria. Il lenzuolo analitico è una spline continua fino alla terza o quarta derivata. Questa operazione va fatta solo sul componente che riceve le normali.

CONTACT, CONTACT BODIES, spinotto

PROPERTIES, BOUNDARY DESCRIPTION, ANALYTHICAL (di default è DISCRETE)

Affinché la geometria ottenuta grazie a questo metodo sia più possibile vicina all'originale è necessario utilizzare non una ma più spline.

SETTINGS, METHOD, AUTOMATIC

THRESHOLD ANGLE, 60

Il codice cambia lenzuolo ogni volta che trova un angolo di 60° fra due facce della mesh. Potrebbe andarci bene, per saperlo facciamo

SELECT, SELECT BY, CONTACT BODY, spinotto, MAKE VISIBLE con SELECT MODE, AND

PLOT, ELEMENTS, SETTING, DRAW EDGES, OUTLINE, REDRAW

con OUTLINE ANGLE 60

Manca la linea di bordo dello smusso quindi modifichiamo THRESHOLD ANGLE, 30

Oppure:

SETTINGS, METHOD, MANUAL

EDGES, ADD, OUTLINE

Questo è il settaggio più completo del problema di contatto che possiamo fare. La gestione di un problema di contatto è la causa più comune di non convergenza di un modello numerico agli elementi finiti non lineare.

CALCOLO ELASTO-PLASTICO

Consideriamo un tubo in materiale metallico appoggiato su due appoggi cilindrici e caricato da una forza centrale e lo deformiamo fino a farlo plasticizzare. L'energia assorbita da un componente è l'area sottesa dalla curva che descrive l'andamento della forza in funzione dello spostamento, ossia il lavoro fatto dalla forza che è uguale all'energia assorbita per deformarsi e parte di questa energia viene restituita dal materiale grazie al ritorno elastico.

MESH GENERATION, NODES, ADD inserisco i punti (0,0,0) e (0,11.5,0) creiamo gli elementi shell sul middle layer

EXPAND, ROTATION ANGLES 0 0 5, REPETITIONS 36, NODES seleziono (0,0,0)

EXPAND, TRASLATIONS 0 0 1, repetition 250, ELEMENTS, ALL EXIST.

SWEEP, REMOUVE UNUSED, NODES per rimuovere i nodi non utili

MESH GENERATION, POINTS, ADD (0,62.5,0), (0,-62.5,225) che sono le coordinate dei due centri degli appoggi cilindrici

CURVES TYPE, CIRCLE, CENTER (0,62.5,0), RADIUS 50

MOVE, ROTATION ANGLES 0 90 0 in modo da ruotarle sul piano y-z

EXPAND, TRASLATIONS 50 0 0, CURVES, ALL VISIB.

GEOMETRIC PROPERTIES, STRUCTURAL, 3D, SHELL

PROPERTIES, THICKNESS 2, ELEMENTS, ALL VISIB.

MATERIAL PROPERTIES, NEW, STANDARD e inseriamo i valori di densità, modulo di Young e coefficiente di Poisson dell'acciaio. ELEMENTS, ADD, ALL EXIST.

BOUNDARY CONDITIONS, NEW, STRUCTURAL, FIXED DISPLACEMENT

- Simmetria y-z, blocchiamo spostamento in x e rotazioni in y e z
- Simmetria x-y, blocchiamo spostamento in z e rotazioni in x e y