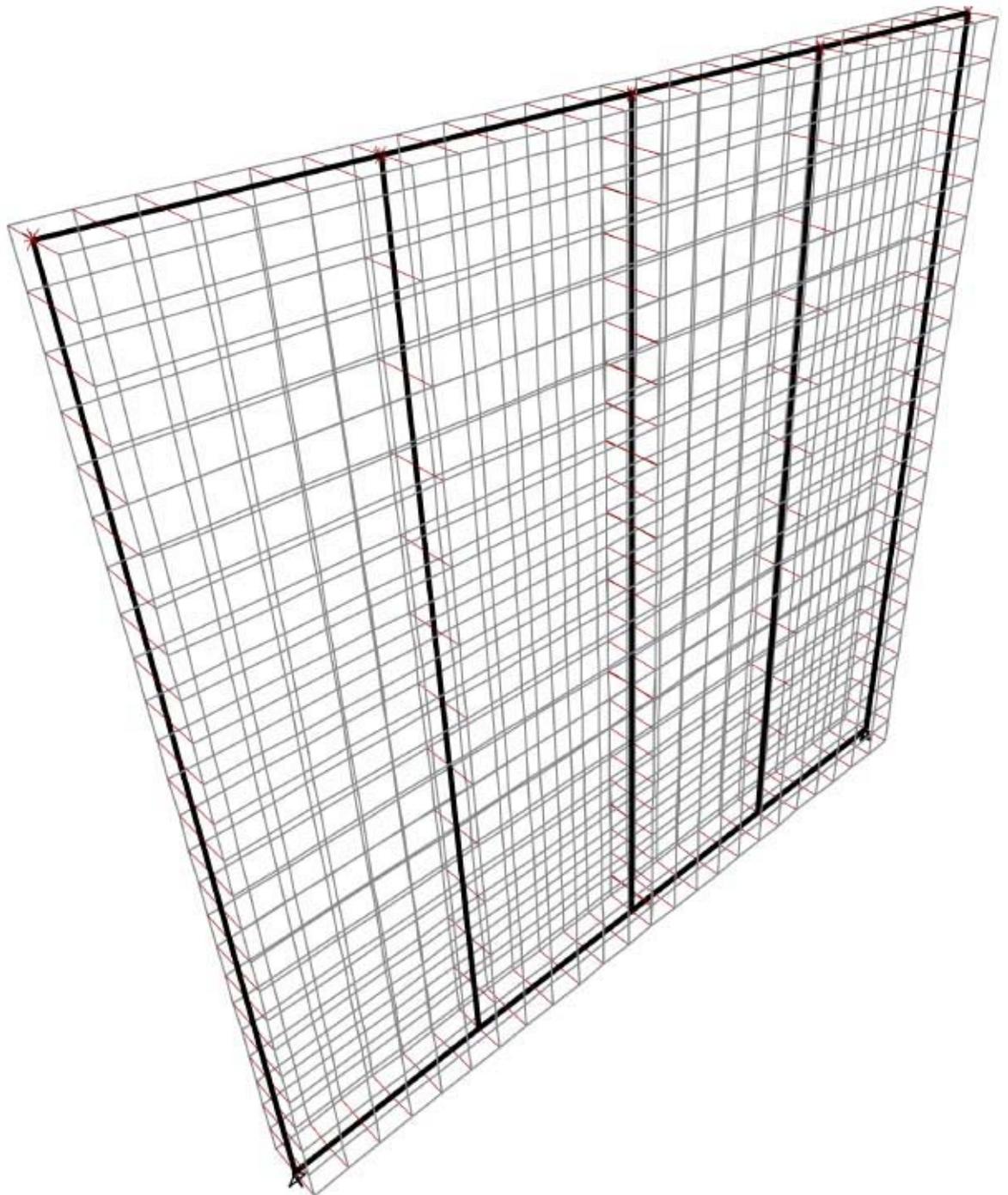


MODELLAZIONE ad ELEMENTI FINITI per il SISTEMA COSTRUTTIVO PLATFORM FRAME

Fabiana Riparbelli

Parte Prima



INDICE

| | |
|--|---------|
| _Abstract | pag. 3 |
| 1. Il Benchmark | pag. 5 |
| 2. Modellazione in SAP2000 | pag. 6 |
| 2.1 La Griglia (GRID) | pag. 7 |
| 2.2 I Materiali | pag. 9 |
| 2.3 Le Sezioni degli Elementi Strutturali | pag. 12 |
| 2.4 Definizione dei Link | pag. 15 |
| 2.5 Generazione della Discretizzazione (FEM) | pag. 17 |
| 3. Esempio di Calcolo: Determinazione della Rigidezza del Pannello | pag. 26 |

ABSTRACT

Questo rapporto ha l'obiettivo di presentare in maniera semplice l'analisi ad elementi finiti di un sistema costruttivo utilizzato negli edifici in legno, ossia il sistema Platform Frame.

L'ambizione palese, che si evince dall'estremo dettaglio di descrizione dell'algoritmo, è quella di consentire ad un qualunque studente della laurea magistrale di Architettura di effettuare con relativa sicurezza le analisi riportate nel rapporto. Prerequisiti essenziali sono che lo studente conosca il software SAP2000 e che abbia concetti basilari della meccanica dei materiali e delle strutture, quali massa volumica, coefficiente elastico, rigidità etc.

Per questo motivo, il tono potrebbe sembrare eccessivamente didascalico; in realtà quanto scritto è lo stretto necessario per rendere il lettore completamente autonomo nel ripercorrere tutti i passi dell'analisi.

1. IL BENCHMARK

Il sistema costruttivo che si sta analizzando è quello del *platform frame*, sistema caratterizzato da una forte prefabbricazione e da una marcata standardizzazione.

L'analisi che verrà di seguito impostata fa riferimento alla tipologia di pannello utilizzato nella competizione *Solar Decathlon Europe 2012*, composto di traversi e montanti in legno lamellare chiusi da due fogli di OSB; l'unione tra i fogli di OSB e la struttura interna è realizzata mediante cambrette a sezione rettangolare in acciaio, applicate tramite una macchina a controllo numerico.

Per l'analisi numerica si utilizzerà il software di calcolo SAP2000. Per svolgere correttamente un'analisi numerica è assolutamente necessaria la corretta modellazione geometrica; decidiamo di modellare un sistema costruttivo composto di due pannelli, come riportato nella figura sottostante:

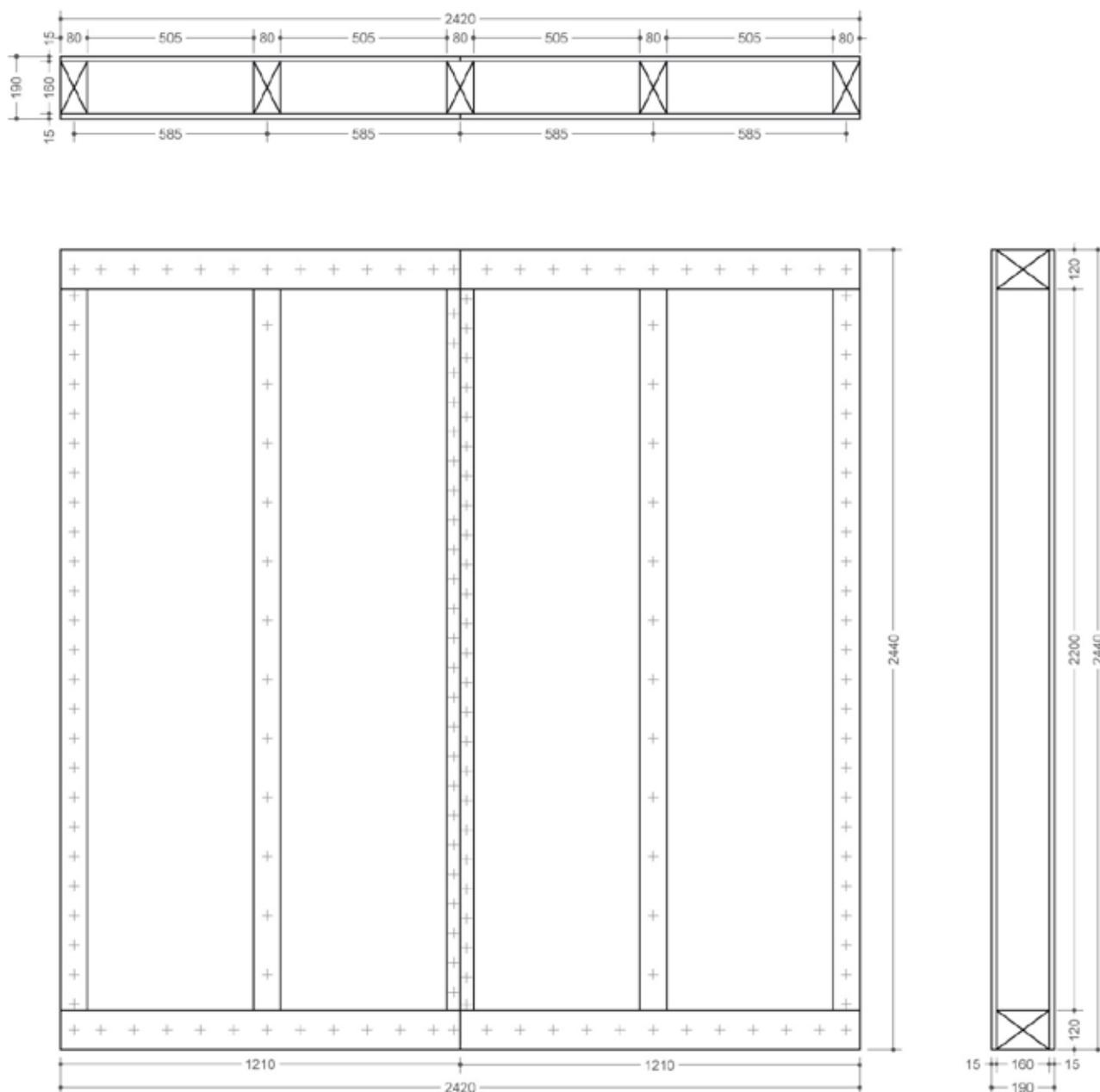


Fig.1

2. MODELLAZIONE IN SAP2000

Per poter impostare correttamente un'analisi è necessario che la modellazione degli elementi strutturali tenga conto del codice di calcolo sul quale si basa il software che si sta utilizzando. SAP2000 è un software di analisi strutturale che utilizza il modello di Eulero-Bernoulli ed il metodo degli elementi finiti (FEM); un elemento trave viene rappresentato dal suo asse centrale, mentre un elemento superficie si rappresenta mediante la sua superficie mediana.

Nel nostro caso abbiamo deciso di modellare traversi e montanti come elementi *Frame*, i pannelli OSB come elementi *Area* ed abbiamo reso la loro unione inserendo dei *Link* che simulassero il comportamento reale delle cambrette.

Ciò premesso vediamo come si procede alla modellazione del pannello *platform frame*; come prima cosa scegliamo di creare un nuovo modello, *New Model*, e scegliamo il pacchetto di unità di misura tra quelli presenti di default nel software. Nel nostro caso si è scelto di lavorare con KN, m, e C:

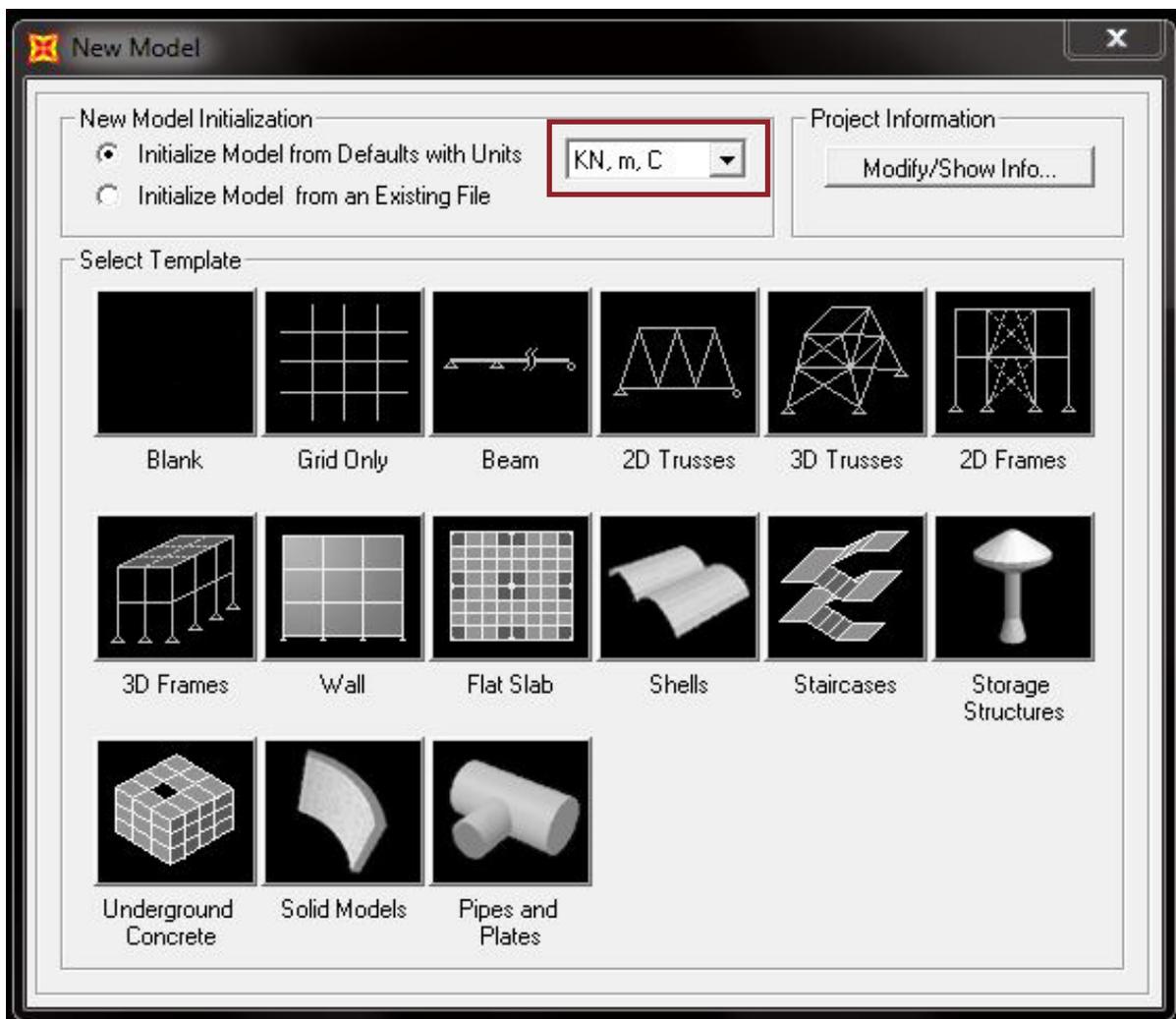


Fig. 2

2.1 LA GRIGLIA (GRID)

SAP2000 ci da la possibilità di utilizzare alcuni modelli pre-impostati, *template*, per disegnare la struttura; non rientrando in una tipologia strutturale ordinaria, scegliamo di modellare il pannello a partire da una semplice griglia di riferimento, utilizzando il *template Grid Only*. Una volta selezionato il *template* si aprirà la seguente finestra:

| Section | Direction | Value |
|--------------------------|-------------|--------|
| Number of Grid Lines | X direction | 5 |
| | Y direction | 3 |
| | Z direction | 2 |
| Grid Spacing | X direction | 0,605 |
| | Y direction | 0,0875 |
| | Z direction | 2,440 |
| First Grid Line Location | X direction | 0, |
| | Y direction | 0, |
| | Z direction | 0, |

Fig. 3

nella quale si ha la possibilità di impostare la griglia. I valori riportati in figura derivano dalle dimensioni del pannello descritto in Fig. 1 e sono espressi in metri, in accordo con il pacchetto di unità di misura precedentemente selezionato.

Una volta impostati i valori di *Number of Grid Lines* e di *Grid Spacing* si può cominciare a lavorare nello spazio modello di SAP. I valori impostati corrispondono alla griglia tridimensionale riportata in Fig. 4:

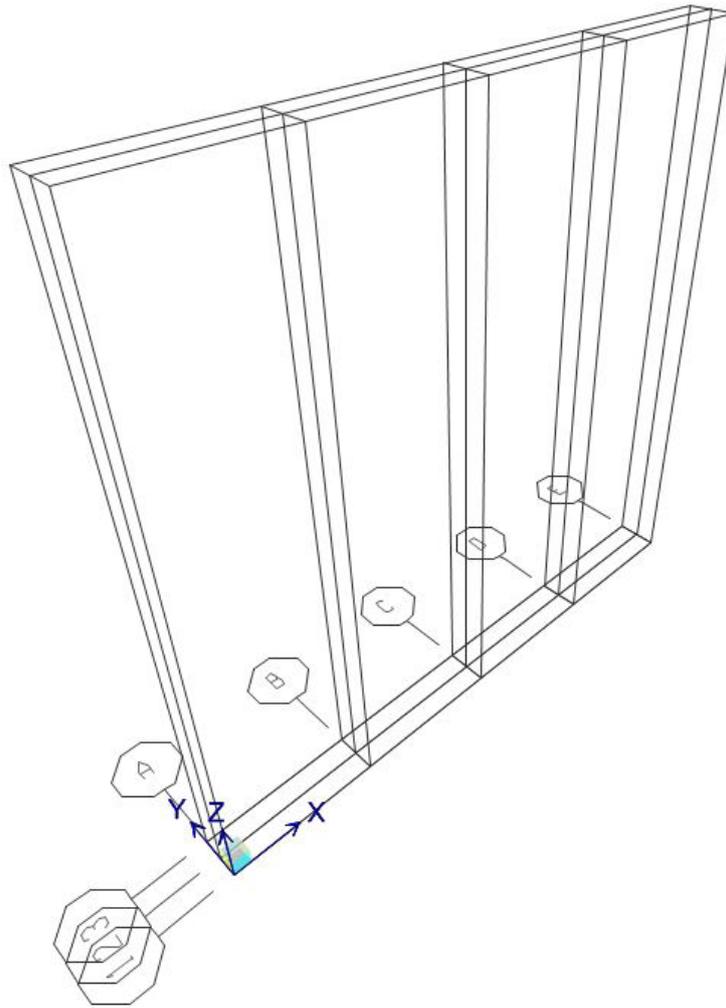


Fig. 4

Utilizzando i comandi rapidi nella barra degli strumenti di SAP2000 è possibile cambiare la modalità di visualizzazione, da tridimensionale a bidimensionale, e scegliere il piano in cui sarà visualizzato il modello:



Fig. 5

Nel caso di strutture tridimensionali la possibilità di lavorare su piani diversi semplifica il processo di modellazione.

2.2 I MATERIALI

Prima di disegnare gli elementi strutturali che comporranno il pannello andiamo a definirne i materiali. Utilizziamo il comando *Define* e successivamente *Materials* e scegliamo la voce *Add New Material*:

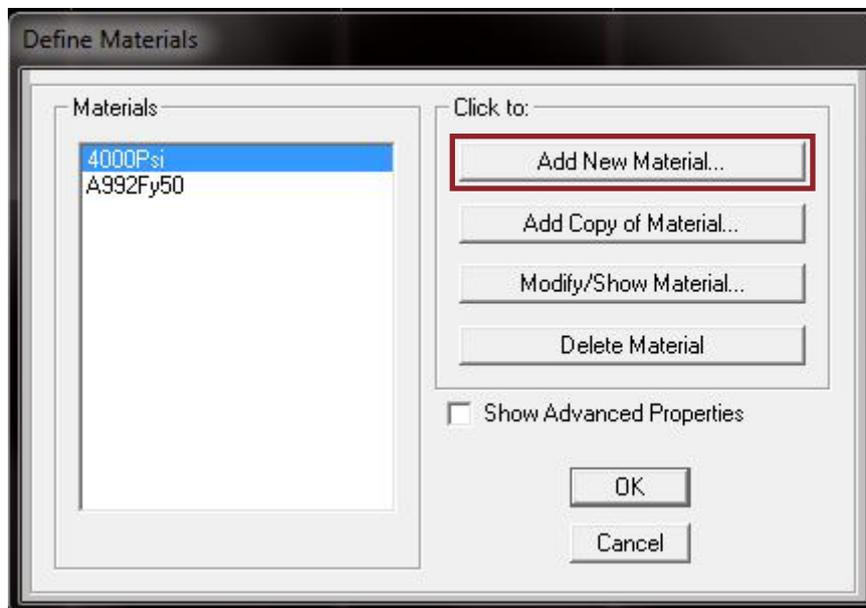


Fig. 6

Si aprirà la finestra riportata in Fig.7. Nel database di SAP2000 sono presenti due soli materiali predefiniti, acciaio e cemento armato; dovendo utilizzare il legno lamellare e l'OSB bisogna creare almeno due nuove voci. Selezioniamo come *Material Type* la voce *Other*, che ci consente di definire un materiale diverso da quelli già presenti nel software:

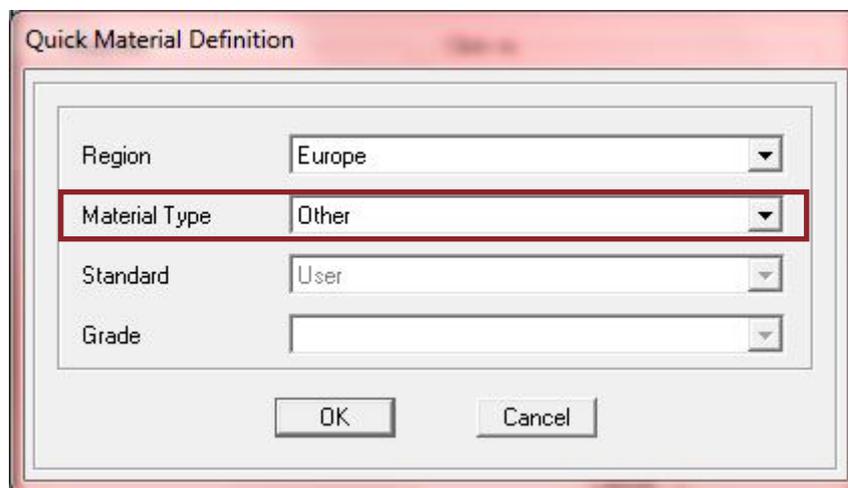


Fig. 7

Dando l'ok si ha subito la possibilità di inserire i dati relativi al materiale che si sta definendo; tuttavia, in questo caso specifico dobbiamo definire un materiale non isotropo per il quale sono necessari dei settaggi specifici. Scegliamo allora la voce *Switch to Advanced Property Display*, come illustrato in Fig.8:

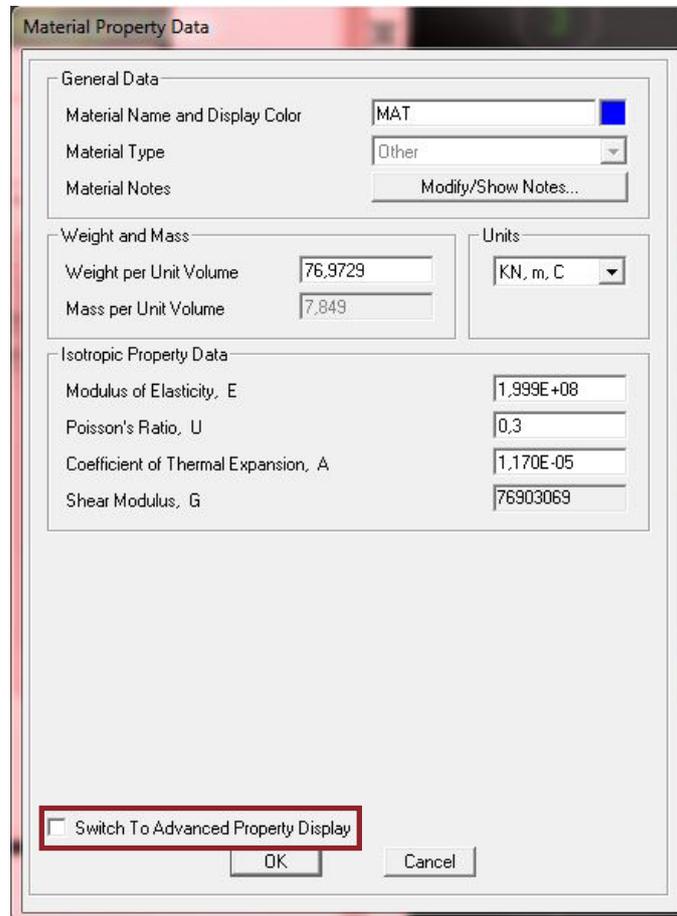


Fig. 8

A questo punto impostiamo il nome del materiale e scegliamo come *Directional Symmetry Type* la voce *Orthotropic*. Infine andiamo a definire le proprietà del materiale, quali peso, modulo elastico, etc., selezionando la casella *Modify/Show Material Properties*:

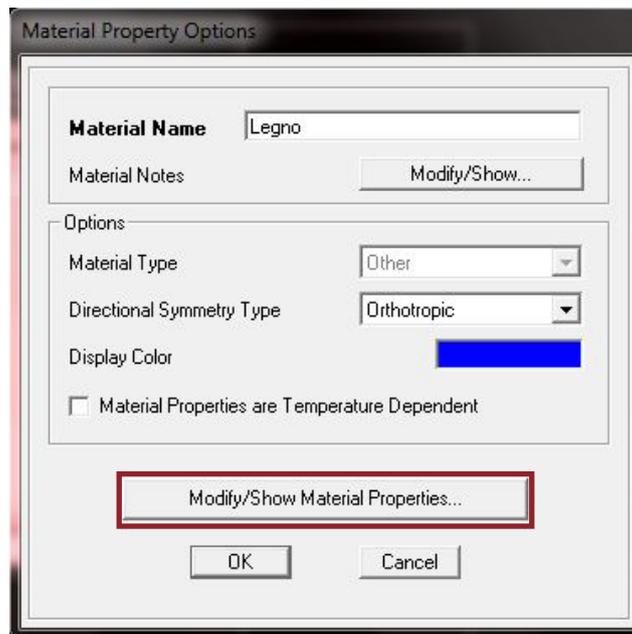


Fig. 9

In Fig. 10 sono riportati i valori utilizzati per definire il materiale “LEGNO”, i quali dipendono esclusivamente dalle caratteristiche meccaniche della tipologia di legno che si è scelto di utilizzare:

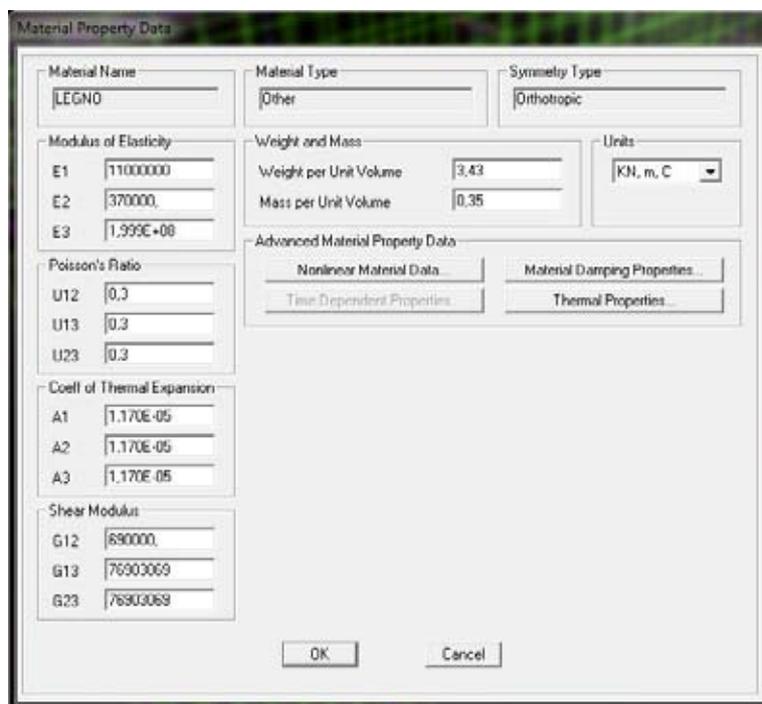


Fig. 10

Con lo stesso procedimento definiamo il materiale da applicare ai pannelli di OSB. Anche in questo caso si tratta di un materiale ortotropo, ed i valori utilizzati sono riportati nella Fig. 11:



Fig. 11

2.3 LE SEZIONI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Definiti i materiali dobbiamo definire le sezioni degli elementi strutturali. Dal menù *Define* selezioniamo *Section Properties* e poi *Frame Section* e scegliamo *Add New Property*:

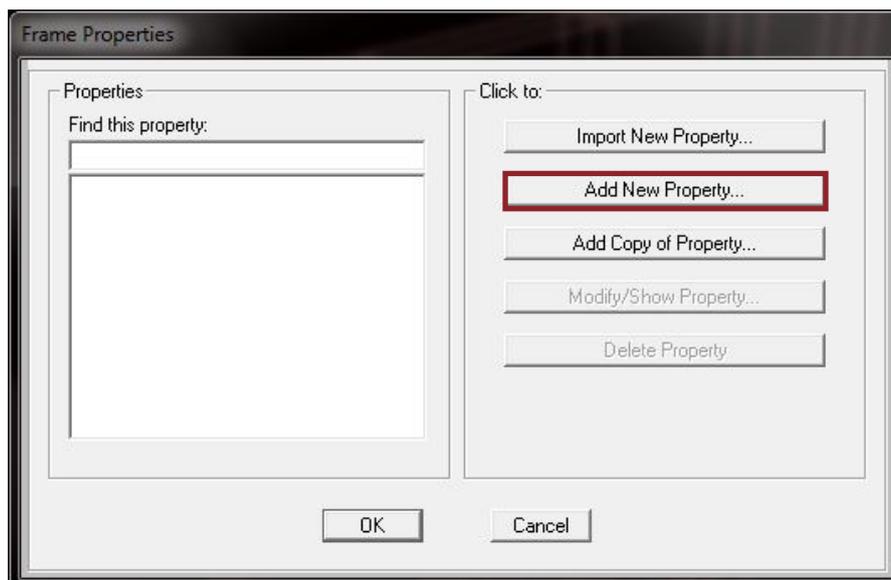


Fig.12

Abbiamo la possibilità di scegliere tra alcuni modelli di sezioni già presenti in SAP2000. Dovendo definire la dimensione dei montanti rettangolari, scegliamo *Rectangular* tra le sezioni di default del *Concrete*:

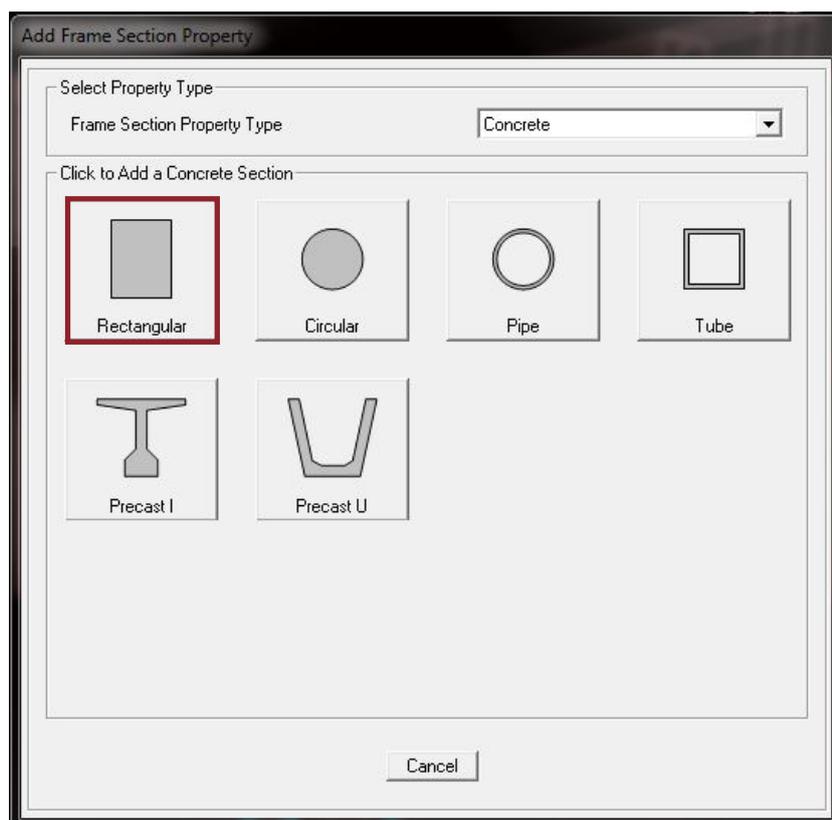


Fig. 13

Il fatto che la sezione faccia parte del pacchetto di sezioni default del cemento non ha importanza, poiché il materiale verrà assegnato a posteriori; mediante il passaggio descritto in Fig. 13 abbiamo scelto unicamente la geometria. Nella finestra *Rectangular Section* impostiamo quindi nome della sezione, materiale e dimensioni dei “TRAVERSI”:

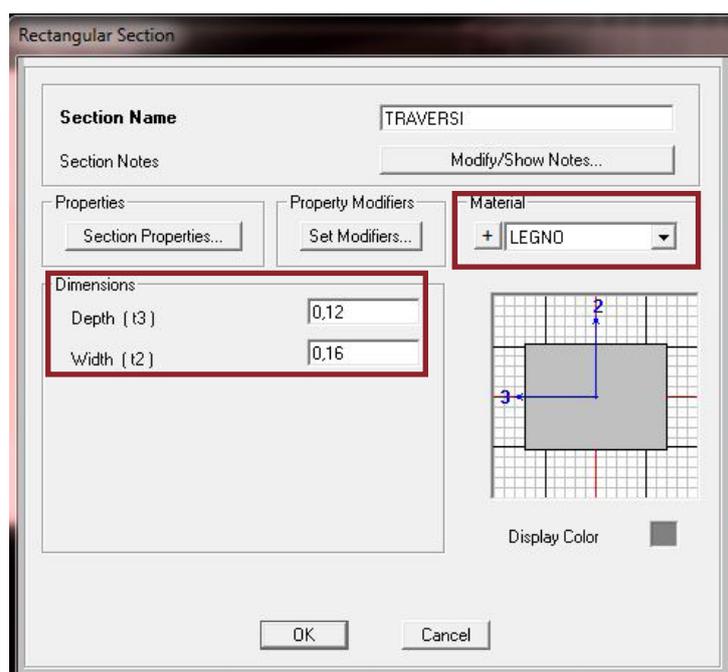


Fig. 14

Analogamente definiamo sezione e materiale dei “MONTANTI”, come riportato in Fig. 15:

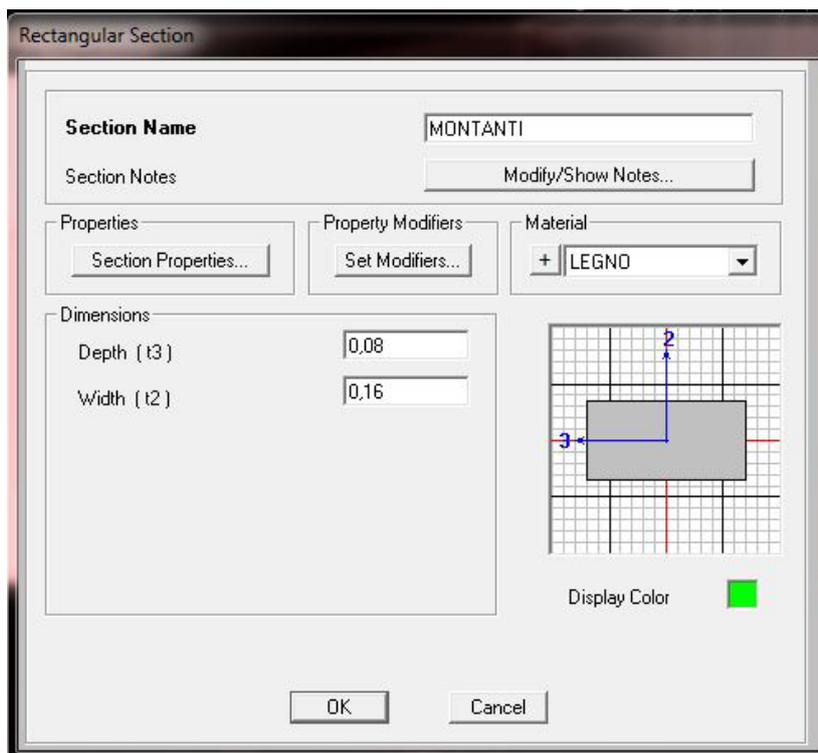


Fig. 15

Per definire invece lo spessore del pannello OSB torniamo al menù *Define, Section Properties* e scegliamo la voce *Area Section*. Selezioniamo come *Type to Add* la voce *Shell*, ed andiamo ad aggiungere una nuova sezione:

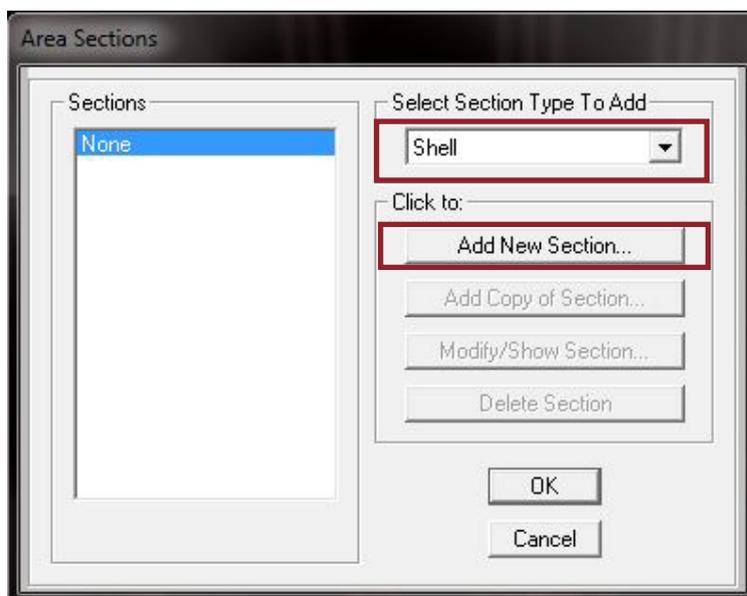


Fig. 16

Dalla finestra, riportata in Fig. 17, è possibile sia definire sezione e tipologia di shell, sia assegnarvi un materiale:

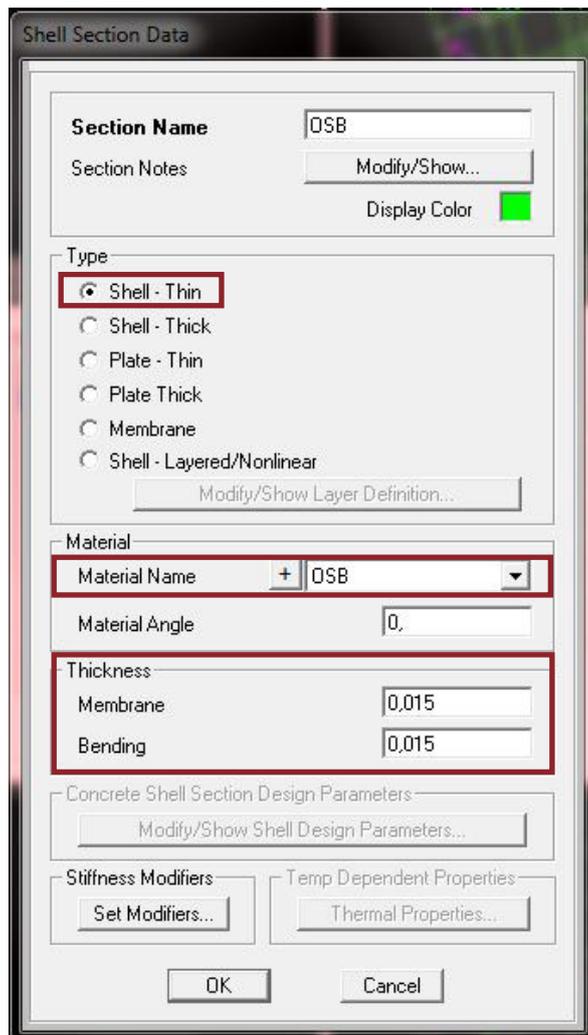


Fig.17

2.4 DEFINIZIONE DEI LINK

L'ultimo passo prima di procedere alla modellazione è quello di definire le proprietà dei link che garantiranno il corretto comportamento dell'unione. Torniamo al menù *Define*, *Section Properties* e scegliamo *Link/Support Properties*:

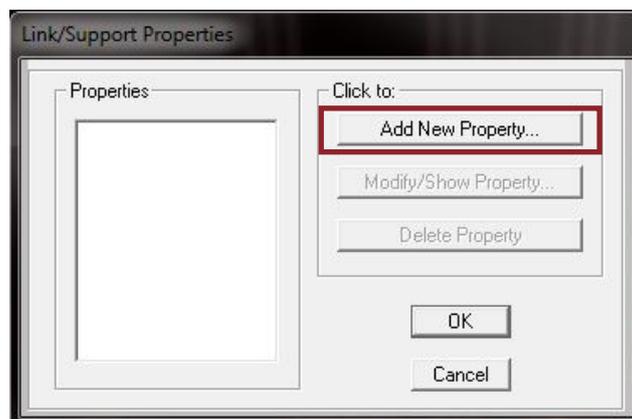


Fig. 18

Anzitutto definiamo nome e tipologia del *Link*. Per una prima modellazione assegniamo il *Link/Support Type Linear*, ovvero andiamo a definire solo il comportamento lineare delle cambrette. Stabiliamo quindi le *Directional Properties*, ovvero quali sono gli spostamenti e rotazioni consentiti ed in quali direzioni. Quello che ci interessa analizzare è il comportamento in piano del *Link*; secondo gli assi locali assegnati in automatico da SAP2000: il piano definito dagli assi 2 e 3 corrisponde al piano di taglio dell'elemento, mentre l'asse 1 corrisponde al suo asse centrale. Impostiamo quindi le *directional properties* impedendo lo spostamento *U1* (*Fixed*), ovvero lo spostamento fuori dal piano, e consentiamo tutti gli altri spostamenti e rotazioni:

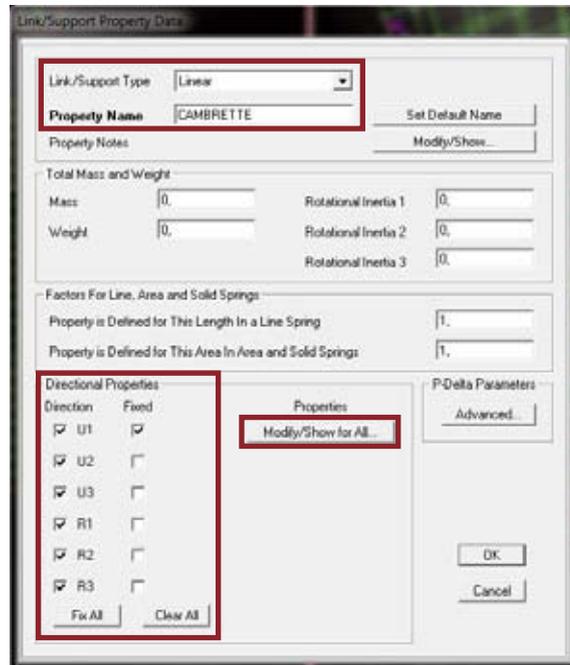


Fig. 19

Il valore della rigidezza dell'unione deriva da calcoli di normativa ed è stato assunto pari a 250 kN/m; questo va assegnato unicamente agli spostamenti *U2* ed *U3*, ovvero nelle direzioni lungo le quali le cambrette oppongono resistenza. La rigidezza delle rotazioni deve essere invece pari a zero, poiché le cambrette devono essere libere di ruotare in tutte le direzioni:

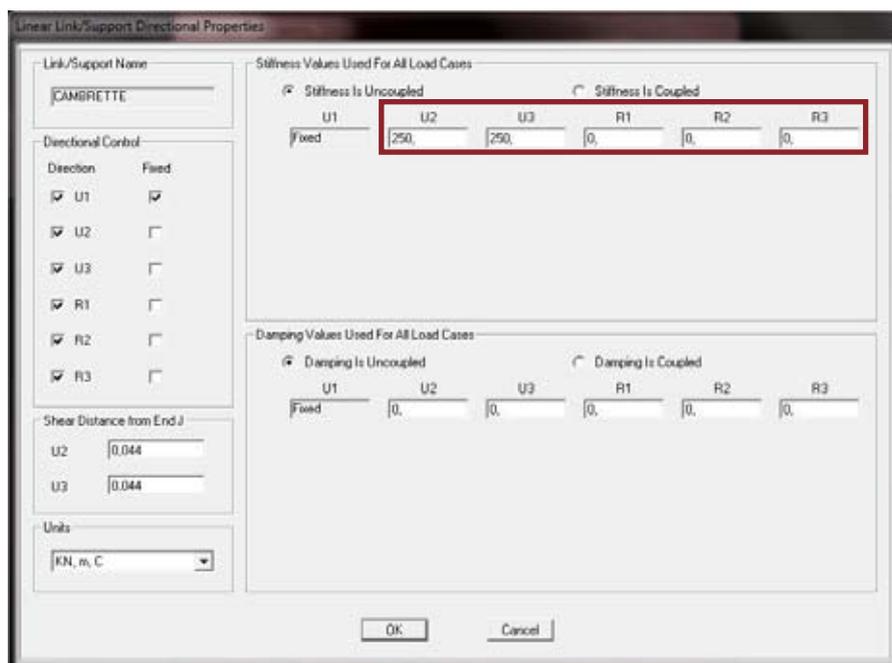


Fig. 20