

1 Nozioni di Base di Meccanica delle Strutture

La statica è una particolare branca di quella disciplina più ampia, detta Meccanica, che si occupa dello studio della *quiete* dei corpi. La Meccanica, in generale, si occupa di studiare il moto dei corpi nello spazio qualora essi siano soggetti a particolari azioni esterne. La statica si limita a studiare quel particolare moto che è la quiete.

Nell'ambito della statica delle strutture ci si limita a studiare quei particolari corpi che chiameremo, appunto, "*strutture*". Una struttura, nel senso tecnico del termine, è un insieme di vari elementi strutturali (travi, pilastri, solai, etc.) che interagiscono tra loro in vario modo al fine di assolvere ai compiti per cui la struttura stessa è stata progettata.

Lo scopo fondamentale di questo corso di statica è quello di acquisire le nozioni necessarie per *progettare* strutture architettoniche (edifici, infrastrutture etc.) in modo tale che esse mantengano invariata nel tempo la propria forma, o meglio in modo tale che i cambiamenti di forma che si verificano siano abbastanza piccoli da non inficiare il funzionamento della struttura stessa.

Qualora si sia deciso di progettare una data struttura architettonica bisogna necessariamente utilizzare quella capacità di astrazione di cui siamo dotati per scegliere un modello matematico che ci consenta di descrivere il comportamento della struttura senza che essa esista, e dunque senza poter testare sperimentalmente come essa si comporta, ad esempio, se sollecitata con dei carichi esterni quali possono essere gli agenti atmosferici o i terremoti. In sostanza, abbiamo bisogno di un modello che riesca a descrivere in maniera abbastanza dettagliata il comportamento della nostra struttura in maniera tale che noi riusciamo a prevedere in che modo essa si comporterà nella realtà quando sarà effettivamente costruita. Questa fase preliminare della progettazione della struttura è forse quella più importante e prende il nome di **fase di modellazione**.

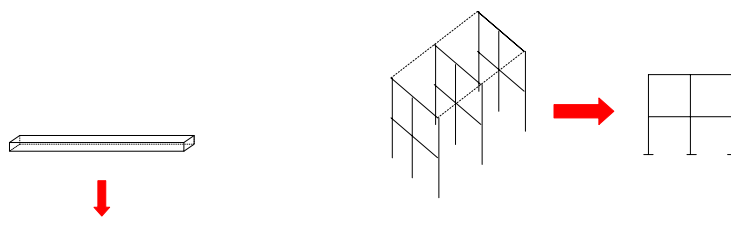
È importante capire che *la scelta di un modello* per descrivere una data struttura dipende da svariati fattori e dunque tale scelta *non è mai univoca*. È compito del progettista scegliere, volta per volta, quale modello utilizzare per la progettazione. Nella realtà, infatti, ci sono così tante informazioni, che il progettista non può in ogni caso tenerle tutte in considerazione nel proprio modello. L'abilità consiste proprio nel saper decidere nelle varie circostanze quali informazioni sono strettamente necessarie e quali invece possono essere ignorate. Facciamo un esempio. Nella realtà qualsiasi materiale ha comunque una tendenza a cambiare di forma qualora su di esso si esercitino delle sollecitazioni abbastanza intense. È esperienza comune che alcuni materiali (come la gomma) cambiano la loro forma più facilmente rispetto ad altri (come il cemento). In ogni caso però se si applica una sollecitazione abbastanza forte si possono misurare delle "deformazioni". Il progettista però può decidere di trascurare le deformazioni della propria struttura se vuole progettare, ad esempio, in cemento ed adottare così un modello semplificato che però non consente di prevedere le deformazioni. Questo stesso modello non potrà essere in alcun modo utilizzato su una struttura costruita con un materiale più deformabile in quanto il modello non sarebbe più predittivo.

Una volta scelto il modello che vogliamo utilizzare per progettare la nostra struttura dobbiamo proseguire con la seconda fase progettuale che è detta **fase di calcolo** e che ci consente di determinare, una volta assegnati i dati del problema, di determinare tutte le incognite presenti all'interno del modello che abbiamo scelto.

Una volta scelto il modello ed effettuati i calcoli non ci sono più incognite nel nostro problema. Quindi sembrerebbe a prima vista che sappiamo prevedere con certezza quale sarà il comportamento della nostra struttura. Purtroppo però non è proprio così in quanto bisogna tenere presenti tutte le semplificazioni che sono state introdotte nel modello e verificare di quanto queste semplificazioni fanno allontanare la predizione del nostro modello dalla situazione reale. Questa fase in cui si cerca di stabilire di quanto il modello che abbiamo scelto si discosta dalla realtà è detta **fase di verifica**.

FASE DI MODELLAZIONE. Vediamo adesso più nel dettaglio quali sono le semplificazioni che adotteremo per costruire un modello che ci consenta di prevedere il comportamento delle strutture a cui siamo interessati.

- La prima approssimazione del nostro modello consiste nel considerare tutti gli elementi strutturali come “*rigidi*”, ovvero che non cambiano la propria forma sotto l’azione delle sollecitazioni esterne assegnate.
- La seconda semplificazione consiste nel considerare nel nostro modello tutti gli elementi strutturali “*snelli*” (cioè quegli elementi in cui una dimensione è prevalente rispetto alle altre) come elementi monodimensionali. Questo significa che travi, pilastri ed altri elementi strutturali di questo tipo sono modellati come linee (vedi fig.a).



(a) modellazione elementi snelli

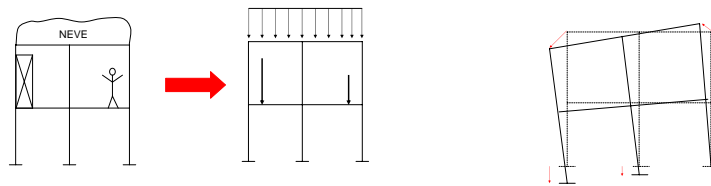
(b) modellazione bidimensionale

- La terza semplificazione è quella di studiare *strutture piane* anziché strutture tridimensionali. Nella realtà ogni oggetto ha un’estensione tridimensionale. Per studiare un certo numero di problemi, però, possiamo decidere in prima approssimazione di limitarci allo studio del caso bidimensionale. Ad esempio se una struttura è costituita da una successione di sezioni

tutte uguali (vedi fig.b), possiamo pensare di studiare un'unica sezione e poi riprodurre i risultati ottenuti per tutte le altre.

Le ultime due operazioni di astrazione dalla realtà al modello sono unicamente semplificazioni della geometria della struttura. Ciò vuol dire che decidiamo di semplificare lo studio della forma reale della struttura, limitandoci a considerare solo le caratteristiche geometriche fondamentali della struttura stessa. Esistono però altre semplificazioni che possiamo apportare al nostro modello. Queste semplificazioni hanno a che fare, con la modellazione delle azioni che l'ambiente esterno esercita sulla nostra struttura e con gli spostamenti della struttura che derivano da tali azioni esterne.

- Qualsiasi azione che l'ambiente esterno esercita sulla struttura che stiamo esaminando prende il nome di *forza esterna*. Torneremo ad approfondire il concetto di forza nel seguito. Per il momento ci soffermiamo su come modellare le forze esterne che agiscono sul sistema. Abbiamo detto che una forza esterna è una qualsiasi azione che l'ambiente esterno alla struttura che stiamo considerando esercita sulla struttura stessa. Esempi di forze esterne sono il peso della neve sul tetto di una casa, il peso di un armadio sul pavimento, l'azione del vento sulle pareti di una struttura, il peso di un uomo, etc.. Nella realtà tutte queste forze sono delle *forze distribuite*, cioè esse agiscono su una porzione più o meno estesa della struttura. In alcuni casi però l'area su cui agiscono è così limitata (come nel caso dell'armadio e dell'uomo) che si può pensare di approssimarle come un'unica forza applicata in un solo punto. Queste forze che si immaginano applicate in un solo punto sono dette *forze concentrate*. In ogni caso, tutte queste forze possono essere modellate per mezzo di quello strumento matematico che è il *vettore*: le forze concentrate sono rappresentate da un vettore applicato in un punto e le forze distribuite sono rappresentate da una distribuzione continua di vettori (vedi figura c). Lo studio dell'equilibrio della struttura sotto assegnate forze esterne viene detto "**problema statico**".



(c) modellazione delle forze

(d) modellazione degli spostamenti

- Al problema statico si affianca il cosiddetto “**problema cinematico**” che consiste nello studiare gli spostamenti della struttura. Chiaramente il problema statico e quello cinematico sono intimamente interconnessi (gli spostamenti della struttura sono infatti necessariamente dovuti all’applicazione delle forze esterne), ma si decide di studiarli separatamente. In ogni caso, anche gli spostamenti della struttura vengono modellati mediante il medesimo strumento matematico utilizzato per modellare le forze e cioè il *vet-tore*. *È possibile modellare diversi fenomeni fisici con lo stesso modello matematico.*

FASE DI CALCOLO. La fase di calcolo consiste nel determinare le incognite del problema statico e del problema cinematico. Diamo adesso soltanto un’idea delle procedure utilizzate in quanto saranno oggetto di approfondimento nel seguito.

- Abbiamo accennato che nel problema statico ci si propone di studiare l’equilibrio di una struttura sotto l’azione di assegnate forze esterne. questo vuol dire che, assegnato il sistema di forze esterne agenti sulla struttura, ci si propone di determinare le reazioni vincolari incognite che equilibrano quelle forze.
- Nel problema cinematico, invece, ci si propone, assegnato lo spostamento di un punto della struttura, di determinare gli spostamenti incogniti di tutti gli altri punti della struttura stessa.

FASE DI VERIFICA. Nella fase di verifica del problema statico il progettista deve assicurarsi che tutte le forze che agiscono sulla struttura, sia esterne che interne, non superino quella che si chiama *resistenza* del materiale di cui è costituita la struttura. Infatti ogni materiale può sostenere senza deformazioni eccessive e senza rompersi fino ad una certa forza di soglia. Se le forze che calcoliamo risultano più alte di quella soglia vuol dire che bisogna ricominciare da capo il progetto, in quanto la struttura non potrà reggere le sollecitazioni che si verrebbero a creare.

Per quanto riguarda la fase di verifica cinematica vale un ragionamento equivalente. Poiché abbiamo assunto che i vari elementi strutturali sono rigidi, vuol dire che la nostra struttura può sostenere soltanto degli spostamenti infinitesimi. Pertanto esiste (per ogni punto della struttura) uno spostamento (infinitesimo) massimo ammissibile superato il quale i vari elementi strutturali non possono resistere senza cambiare di forma. Pertanto se dopo la fase di calcolo ci si accorge che questo spostamento di soglia è stato superato bisogna ricominciare da capo. Lo stesso ragionamento vale nel caso in cui assumiamo un modello di organi strutturali deformabili. Infatti esisterà in questo caso uno spostamento massimo ammissibile, compatibile con la deformazione, superato il quale o la struttura si deforma troppo e dunque non può assolvere alle funzioni per cui è stata progettata, oppure la struttura si deforma di quanto basta per provocare la rottura del materiale.