

Esercitazione 07:

Progettazione di strutture meccaniche

Indice

1	Progettazione e dimensionamento di strutture meccaniche	1
1.1	Verifica e dimensionamento	1
1.2	Progettazione e dimensionamento	2
1.3	Utilizzo di valori tabulati di proprietà di sezione	3
2	Dimensionamento di un asse sollecitato a fatica	6

1 Progettazione e dimensionamento di strutture meccaniche

La progettazione di strutture meccaniche consiste nell'individuare una configurazione in grado di sostenere il carico a cui la struttura è sottoposta ed evitare il verificarsi di cedimenti di ogni tipo.

Le modalità di cedimento, analizzate in precedenza, sono:

- rottura statica, raggiungimento del limite di rottura o anche soltanto del limite di snervamento;
- instabilità elastica, la soluzione elastica non è stabile, la struttura si deforma notevolmente causando quindi una rottura;
- rottura per fatica, in una zona della struttura (tipicamente in corrispondenza di concentrazione di tensioni) la sollecitazione ciclica, ripetuta per un numero molto elevato di volte (dell'ordine di 10^6), genera una sezione di frattura sul componente.
- altre forme di cedimento.

1.1 Verifica e dimensionamento

Nelle esercitazioni precedenti le modalità di cedimento appena elencate erano già state presentate. In particolare era stata svolta la *verifica*. La configurazione geometrica, le dimensioni, e le condizioni di carico erano date e quindi era necessario individuare la sezione critica e verificare che il coefficiente di sicurezza fosse maggiore dell'unità.

Il *dimensionamento* consiste, invece, nel trovare le dimensioni della struttura, data la configurazione geometrica e i carichi. Un modo di dimensionamento è quello di fare delle verifiche partendo da dimensioni di ‘tentativo’ e iterativamente trovare la condizione di coefficiente di sicurezza maggiore dell’unità. La linea guida per il metodo di dimensionamento iterativo è che: maggiore è la dimensione della sezione e maggiore è anche la sua capacità di sostenere il carico. In alcuni casi è tuttavia possibile risolvere il problema del dimensionamento in modo diretto, piuttosto che iterativamente. In questi casi semplici, infatti, è possibile imporre la condizione di coefficiente di sicurezza pari all’unità e determinare per formula inversa la dimensione della sezione che soddisfi tale condizione. Ovviamente è poi necessario considerare una dimensione maggiore in modo da avere un certo margine di sicurezza.

In Fig.1 si mostra una travatura reticolare, che sostiene un carico all’estremità. Dimensionare la sezione delle aste (ipotizzando di realizzare tutte le aste con lo stesso diametro).

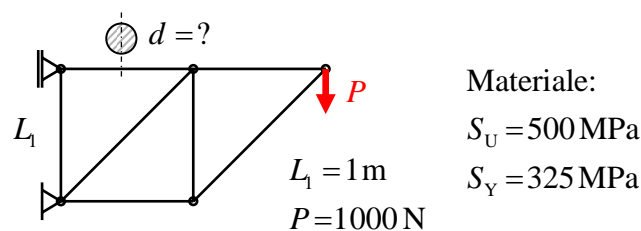


Figura 1: Dimensionamento di una travatura reticolare.

Suggerimento:

Notare che le modalità di rottura sono: il superamento del limite elastico delle travi, ma anche la perdita di stabilità delle travi in compressione.



Soluzione:

Diametro minimo, per il quale coefficiente di sicurezza è pari all’unità:

$$d^* = 13.0 \text{ mm}$$

Applicando una maggiorazione cautelativa:

$$d = 15.0 \text{ mm}$$

1.2 Progettazione e dimensionamento

Talvolta i termini ‘dimensionamento’ e ‘progettazione’ vengono considerati come sinonimi. Tuttavia, è bene puntualizzare che per dimensionamento si intende la determinazione delle dimensioni di una struttura meccanica al fine di sostenere una certo livello di carico (ad esempio l’esercizio precedente), mentre per progettazione si intende, in modo più ampio, pensare una configurazione della struttura migliore, ai fini della resistenza, e quindi successivamente farne il dimensionamento.

Individuare una configurazione di maggiore resistenza al fine di sostenere il carico della Fig.1.



Soluzione:

Dato che la modalità di cedimento più critica è l'instabilità (a carico di punta) si può suggerire di considerare la configurazione speculare, nella quale i versi delle forze si invertono (punti diventano tiranti e viceversa). In questo modo si ottiene come diametro minimo:

$$d^* = 11.9 \text{ mm}$$

Applicando una maggiorazione cautelativa:

$$d = 13.0 \text{ mm}$$

quindi il diametro richiesto è (leggermente) minore.

1.3 Utilizzo di valori tabulati di proprietà di sezione

Molto spesso vengono utilizzate sezioni standardizzate, per le quali sono disponibili i valori tabulati delle proprietà di sezione. In questo caso, il dimensionamento mediante formula inversa non è fattibile, mentre è immediato il procedimento di dimensionamento iterativo.

Si consideri la struttura di Fig.2, in cui una traversa, caricata da un peso che grava sopra, è sostenuta da 3 pilastri allineati.

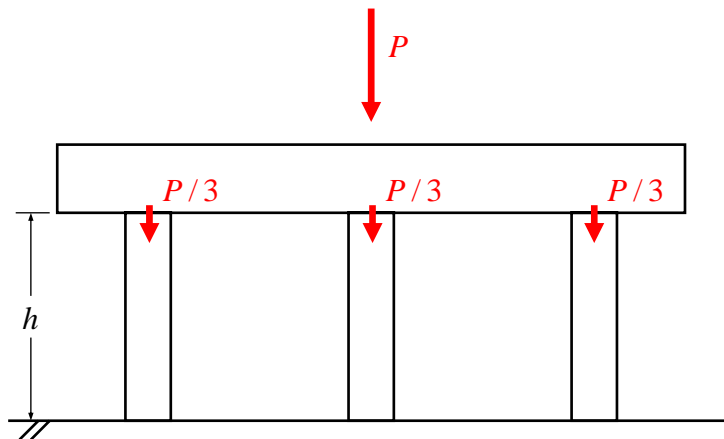


Figura 2: Traversa sostenuta da 3 pilastri.

In Fig.3 si mostrano i due possibili modi di cedimento, per instabilità elastica, che ammette la struttura.

In particolare il secondo modo, Fig.3(b), ammette un carico critico più basso di 4 volte, dato che nel senso laterale la struttura ha una lunghezza di libera inflessione (da punto di flesso a punto di flesso) doppia. Tuttavia, non è detto che la sezione sia isotropa (stesso momento d'inerzia I nelle due direzioni).

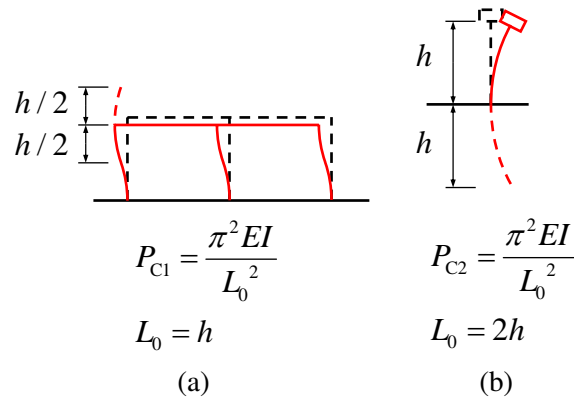


Figura 3: Modi di cedimento della struttura per instabilità elastica.

Il *progetto* della struttura, in questo caso, consiste nel decidere di utilizzare una sezione con anisotropia (momenti d'inerzia diversi, ad esempio $I_x > I_y$), in modo da compensare la disparità di carico critico in una direzione. Scegliendo di utilizzare una trave a 'doppio T', la configurazione più favorevole è quella mostrata in Fig.4.

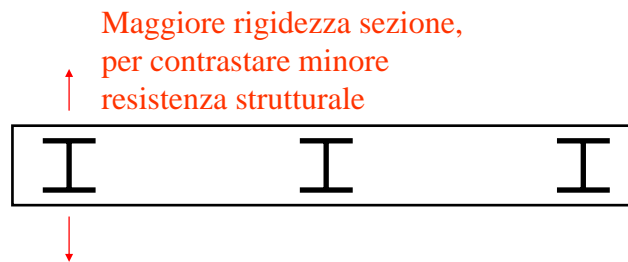
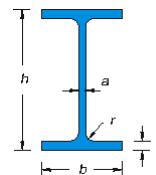


Figura 4: Disposizione migliore di sezione a doppio T.

A questo punto si può procedere con il *dimensionamento* della sezione.

In Fig.5 vengono riportate le proprietà di sezione di profilati IPE, fra cui scegliere quale usare, sfruttando la configurazione favorevole di Fig.4.

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							J _x cm ⁴	J _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12
500	200	10,2	16,0	21	90,7	115,5	48.200	2.142	1.928	214,2	20,43	4,31
550	210	11,1	17,2	24	106	134,4	67.120	2.668	2.441	254,1	22,35	4,45
600	220	12,0	19,0	24	122	156,0	92.080	3.387	3.069	307,9	24,30	4,66



(a)

(b)

Figura 5: Profilati IPE.

Scegliere la sezione IPE più piccola, in grado di garantire resistenza ad entrambi i tipi di cedimento elastico.



Soluzione:

Essendo $J_x > 4J_y$ per tutte le sezioni, sfruttando la configurazione di Fig.4, il tipo di cedimento più pericoloso è quello di Fig.3(a).

La sezione più piccola in grado di sostenere il carico è la IPE 220 (altezza della sezione: 220 mm). Con tale sezione si ha:

$$P_{C1} = 41 \text{ kN} > \frac{P}{3} = 33 \text{ kN}$$

2 Dimensionamento di un asse sollecitato a fatica

In Fig.6 si mostra un asse, sostenuto da cuscinetti radiali, alla cui estremità è collocata una puleggia su cui si avvolge una cinghia precaricata.

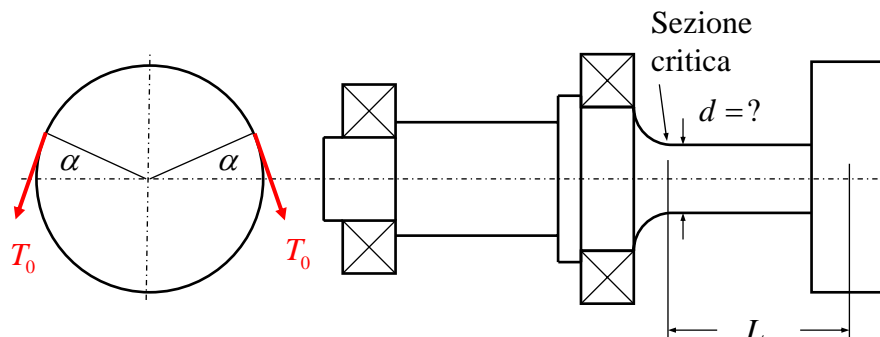


Figura 6: Puleggia folle. Sollecitazione sull'asse e sui supporti, generato dal precarico della cinghia.

Essendo i rami delle cinghie sollecitate dal precarico, tale sollecitazione si scarica sull'asse e quindi sui cuscinetti (o supporti). In corrispondenza della sezione critica (momento massimo, sezione minima) si ha flessione rotante, e concentrazione di tensione k_t , dovuta ad una variazione di sezione, anche se mitigata da un evidente raggio di raccordo.

Determinare il diametro d tale che l'asse sia in grado di sostenere la sollecitazione di flessione rotante.

Dati:

$$S_U = 900 \text{ MPa}$$

$$S_Y = 800 \text{ MPa}$$

$$k_t = 2.0$$

$$L = 370 \text{ mm}$$

$$T_0 = 1200 \text{ N}$$

$$\alpha = 30^\circ$$



Soluzione:

Il diametro che garantisce un coefficiente di sicurezza unitario è pari a: $d^* = 36.8 \text{ mm}$.

Tuttavia, nella fatica è particolarmente importante sovradimensionare. Un valore affidabile di diametro è pertanto: $d = 50 \text{ mm}$, a cui corrisponde un coefficiente di sicurezza pari a 2.5.