

Fig. 13.36 - Ricerca del poligono più prossimo all'asse dell'arco.

dove  $e_1, e_2, \dots, e_n$  sono le eccentricità misurate in un numero prefissato di sezioni e dove il simbolo  $\Sigma$  sta ad indicare la somma delle quantità in gioco. Elevando al quadrato i termini della somma si evita infatti che si compensino termini positivi e termini negativi.

In pratica occorrerà fare qualche tentativo trasladando verticalmente il poligono funicolare, misurando in ogni posizione le eccentricità nelle sezioni stabilite, quadrando e sommando: tre tentativi sono sufficienti per collocare in modo abbastanza preciso il poligono funicolare che risolve il problema.

Il procedimento può essere notevolmente accelerato se si traccia sulla sagoma dell'arco un nuovo arco, tutto contenuto in quello originario, ottenuto congiungendo i punti di nocciolo delle sue sezioni.

Per sezioni rettangolari, che sono le più diffuse, si tratta di un arco che ha lo stesso asse, ma con una altezza dei conci pari ad  $h/3$ .

Ciò fatto si ricerca, se esiste, un poligono funicolare tutto interno a questo arco più sottile (fig.

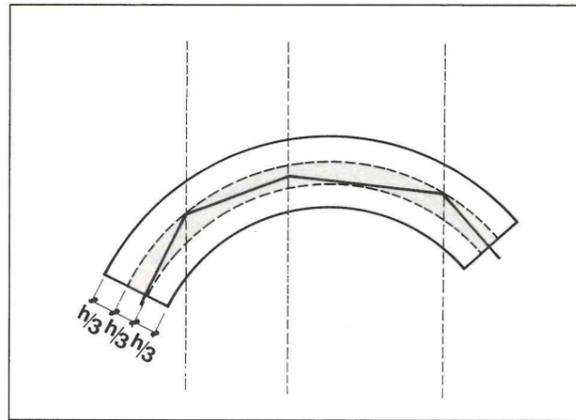


Fig. 13.37 - Poligono interno al terzo medio dell'arco.

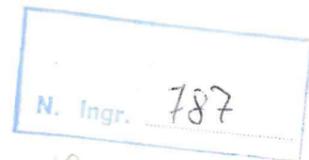
13.37) e più vicino all'asse della struttura.

Nota la posizione di  $p_i$  si conosce lo stato di sollecitazione di ogni sezione: il fatto che  $p_i$  deve essere interno alla sagoma dell'arco assicura che in ogni sezione esiste una distribuzione di tensioni normali in grado di equilibrare la sollecitazione locale.

Il procedimento ora esposto costituisce un metodo di progetto, un metodo cioè per mezzo del quale è possibile scegliere, in funzione della distribuzione dei carichi esterni, la forma di arco più idonea, quella che ottimizza il problema.

Notiamo però che possono esistere archi di forme diverse, pur sottoposti alle medesime condizioni di carico; per la verifica di tali strutture si adotta usualmente un procedimento grafico dovuto al Méry,<sup>3</sup> detto appunto *metodo del Méry*, che verrà illustrato e dotato di esempi applicativi nel successivo volume di questo Corso.

<sup>3</sup> E. Méry, *Sur l'équilibre des voûtes en berceau*, in «Annales des Ponts et Chaussées», 1840.



N. Inv. 769

## INDICE

Prefazione	V	<i>Esercizio 2.11</i>	33
		<i>Esercizio 2.12</i>	34
	4.1	Scomposizione di coppie	34
<b>1. LE COSTRUZIONI - LA STATICA</b>	<b>1</b>	5. Il poligono funicolare	37
1. Concetti generali	1	5.1 Una proprietà notevole dei poligoni funicolari: il teorema di K. Culmann	37
2. Gli elementi strutturali e le strutture	2	<i>Esercizio 2.13</i>	39
3. Le forze e gli spostamenti	4	<i>Esercizio 2.14</i>	39
4. I vincoli	6	5.2 Il poligono dei successivi risultanti. Casi particolari	41
5. Gli elementi strutturali ed i loro vincoli	7	5.2.1 Sistema di vettori con risultante nulla	41
6. La statica	9	5.2.2 Sistema di vettori con risultante e momento risultante nulli	42
7. Le costruzioni e la legislazione relativa	10	<i>Esercizio 2.15</i>	42
7.1 Le norme tecniche: riferimenti generali	10	<i>Esercizio 2.16</i>	42
7.2 Il Sistema Internazionale di unità di misura (S.I.)	11	5.3 Composizione di un vettore con una coppia	44
		<i>Esercizio 2.17</i>	45
		5.4 I vettori paralleli	46
		5.4.1 Il caso di più vettori paralleli	46
		5.4.2 Il caso di due vettori paralleli	47
<b>2. I VETTORI</b>	<b>13</b>	<i>Esercizio 2.18</i>	50
1. Rappresentazione di vettori	13	<i>Esercizio 2.19</i>	51
2. Somma e differenza di vettori	15	<i>Esercizio 2.20</i>	51
2.1 Composizione di vettori convergenti in un punto	15	5.5 Il poligono funicolare per la determinazione del momento di un sistema di vettori	52
<i>Esercizio 2.1</i>	19	5.6 Scomposizione di un vettore o di un sistema di vettori con il poligono funicolare	53
<i>Esercizio 2.2</i>	20	<i>Esercizio 2.21</i>	55
<i>Esercizio 2.3</i>	21	6. Riduzione di un sistema di vettori ad un punto	56
2.2 Caso dei vettori non convergenti nello stesso punto	22	7. I vettori nello spazio: cenni	57
<i>Esercizio 2.4</i>	22	8. Le macchine funicolari	58
2.3 Un caso notevole: la coppia	23	<i>Esperimento 1</i>	59
<i>Esercizio 2.5</i>	25	<i>Esperimento 2</i>	59
<i>Esercizio 2.6</i>	26	<i>Esperimento 3</i>	60
3. Momento di un vettore rispetto ad un punto o polo P	26	<i>Esperimento 4</i>	61
3.1 Momento di una coppia	27	<i>Esperimento 5</i>	62
<i>Esercizio 2.7</i>	28	<i>Esperimento 6</i>	63
<i>Esercizio 2.8</i>	28	<i>Esercizi di riepilogo</i>	65
3.2 Momento di un sistema di vettori rispetto ad un polo P. Teorema di Varignon	29		
<i>Esercizio 2.9</i>	30	<b>3. GEOMETRIA DELLE MASSE</b>	<b>69</b>
<i>Esercizio 2.10</i>	31	1. Generalità	69
4. Scomposizione di vettori	31	2. Baricentri	70

2.1	Baricentri di figure piane <i>Esercizio 3.1</i>	71 73	<b>4. LE FORZE - I VINCOLI - LE REAZIONI VINCOLARI</b>	123
3.	Il momento statico	73	1. Generalità	123
4.	Ricerca del baricentro <i>Esercizio 3.2</i>	75 76	2. L'analisi dei carichi	123
4.1	Applicazioni	77	3. Equilibrio delle forze	126
4.1.1	Baricentro di una spezzata	77	4. L'equilibrio dei corpi	128
4.1.2	Baricentro di un arco circolare	78	5. I tipi di vincolo	129
4.1.3	Baricentro di un triangolo	80	6. I tipi di struttura	133
4.1.4	Baricentro di un quadrilatero irregolare	80	7. Le strutture isostatiche	134
4.1.5	Baricentro di un trapezio	80	7.1 Il computo dei vincoli	137
4.1.6	Baricentro di un settore circolare	83	8. La ricerca delle reazioni vincolari	140
4.1.7	Baricentri di figure piane scomponibili in rettangoli <i>Esercizio 3.3</i> <i>Esercizio 3.4</i> <i>Esercizio 3.5</i> <i>Esercizio 3.6</i>	83 85 86 86 87	8.1 La trave appoggiata soggetta a carichi concentrati <i>Esercizio 4.1</i> <i>Esercizio 4.2</i> <i>Esercizio 4.3</i>	140 145 146 147
5.	I momenti del secondo ordine: il momento d'inerzia assiale	89	8.2 La trave appoggiata soggetta a carichi distribuiti <i>Esercizio 4.4</i> <i>Esercizio 4.5</i>	148 151 152
5.1	Determinazione grafica del momento d'inerzia: la costruzione di Culmann	89	8.3 La trave appoggiata con sbalzi <i>Esercizio 4.6</i>	153 155
5.2	Determinazione grafica del momento d'inerzia: la costruzione di Mohr	90	8.4 La trave appoggiata ad asse inclinato <i>Esercizio 4.7</i>	157 158
5.3	Il momento d'inerzia polare	91	8.5 Strutture di forma generica vincolate al suolo con un carrello e con una cerniera <i>Esercizio 4.8</i>	158 159
5.4	Il momento centrifugo	92	8.6 Travi a mensola <i>Esercizio 4.9</i> <i>Esercizio 4.10</i>	160 161 162
5.5	Il teorema di trasposizione <i>Esercizio 3.7</i> <i>Esercizio 3.8</i>	92 93 94	9. Particolari strutture isostatiche: l'arco a tre cerniere e la trave Gerber. Le equazioni ausiliarie	163
6.	Il baricentro dei momenti statici o centro relativo	95	9.1 L'arco a tre cerniere <i>Esercizio 4.11</i> <i>Esercizio 4.12</i> <i>Esercizio 4.13</i>	164 166 167 168
7.	L'ellisse centrale d'inerzia <i>Esercizio 3.9</i> <i>Esercizio 3.10</i>	96 98 99	9.2 La trave Gerber <i>Esercizio 4.14</i> <i>Esercizio 4.15</i>	169 171 172
8.	I sistemi continui	100	<i>Esercizi di riepilogo</i>	173
8.1	Momenti d'inerzia di figure piane	100	<b>5. LE TRAVI RETICOLARI</b>	179
8.2	L'ellisse ed il nocciolo centrale d'inerzia di figure piane	100	1. Premessa	179
8.3	Applicazioni	102	2. Genesi delle travi reticolari. Le ipotesi semplificative	179
8.3.1	Rettangolo	102	3. Il calcolo delle forze interne	183
8.3.2	Triangolo	105	3.1 L'equilibrio dei nodi	184
8.3.3	Cerchio	106		
8.3.4	Figure scomponibili in rettangoli <i>Esercizio 3.11</i> <i>Esercizio 3.12</i> <i>Esercizio 3.13</i> <i>Esercizio 3.14</i>	107 110 111 113 113		
9.	Determinazione grafica dei momenti d'inerzia delle figure piane <i>Esercizi di riepilogo</i>	115 116		

3.1.1	Le equazioni di equilibrio dei nodi	184	4.	L'arco a tre cerniere <i>Esercizio 6.17</i> <i>Esercizio 6.18</i>  <i>Esercizi di riepilogo</i>	269 273 274  275
3.1.2	I poligoni di equilibrio dei nodi	186			
3.1.3	Il diagramma reciproco <i>Esercizio 5.1</i> <i>Esercizio 5.2</i> <i>Esercizio 5.3</i> <i>Esercizio 5.4</i> <i>Esercizio 5.5</i>	190 192 194 194 195 196	<b>7. LA RESISTENZA DEI MATERIALI</b>	285	
3.2	L'equilibrio attraverso le sezioni	197	1.	Premessa	285
3.2.1	Il metodo di Ritter	198	2.	Considerazioni introduttive alle prove sui materiali da costruzione	286
3.2.2	Il metodo di Culmann <i>Esercizio 5.6</i> <i>Esercizio 5.7</i>  <i>Esercizi di riepilogo</i>	200 200 202  204	3.	Le prove sui materiali da costruzione	293
			3.1	La prova di trazione sull'acciaio	295
			3.2	La prova di compressione sul calcestruzzo	297
			4.	I diagrammi $\sigma$ - $\epsilon$ : la legge di Hooke <i>Esercizio 7.1</i>	297 301
			5.	La verifica di resistenza	301
<b>6. LE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE</b>		207	<b>8. I CASI ELEMENTARI DI SOLLECITAZIONE - LE TENSIONI INTERNE</b>	305	
1.	Generalità	207	1.	Premessa	305
2.	Le caratteristiche di sollecitazione	212	2.	La forza normale <i>Esercizio 8.1</i> <i>Esercizio 8.2</i> <i>Esercizio 8.3</i>	305 309 310 310
2.1	I diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione	215	3.	La flessione semplice <i>Esercizio 8.4</i> <i>Esercizio 8.5</i> <i>Esercizio 8.6</i> <i>Esercizio 8.7</i>	311 317 318 318 319
3.	Travi ad asse rettilineo	216	3.1	Considerazioni sulle sezioni inflesse: il caso del materiale omogeneo <i>Esercizio 8.8</i> <i>Esercizio 8.9</i>	320 321 323
3.1	Il metodo grafico: il poligono funicolare come diagramma del momento flettente	222	3.2	Il caso delle sezioni non omogenee <i>Esercizio 8.10</i>	323 326
3.2	La trave appoggiata soggetta a carichi concentrati <i>Esercizio 6.1</i> <i>Esercizio 6.2</i> <i>Esercizio 6.3</i>	223 229 230 231	4.	La flessione deviata <i>Esercizio 8.11</i> <i>Esercizio 8.12</i>	328 331 332
3.3	La trave appoggiata soggetta a carichi distribuiti <i>Esercizio 6.4</i> <i>Esercizio 6.5</i> <i>Esercizio 6.6</i>	233 242 243 244	5.	La sollecitazione di taglio nella flessione <i>Esercizio 8.13</i> <i>Esercizio 8.14</i> <i>Esercizio 8.15</i>	333 340 340 341
3.4	La trave appoggiata con sbalzi <i>Esercizio 6.7</i>	246 247	6.	La torsione <i>Esercizio 8.16</i>	342 344
3.5	La trave appoggiata ad asse inclinato <i>Esercizio 6.8</i>	248 249	<i>Esercizi di riepilogo</i>	346	
3.6	La trave a mensola <i>Esercizio 6.9</i> <i>Esercizio 6.10</i> <i>Esercizio 6.11</i> <i>Esercizio 6.12</i> <i>Esercizio 6.13</i>	251 254 255 256 257 258			
3.7	Telai isostatici per vincoli esterni <i>Esercizio 6.14</i>	260 262			
3.8	Le strutture isostatiche per vincoli interni: la trave Gerber ed il telaio a tre cerniere <i>Esercizio 6.15</i> <i>Esercizio 6.16</i>	264 266 268			

<b>9. PRESSO E TENSO - FLESSIONE</b>	349	3.1	La trave a mensola	382
1. La presso-flessione e la tenso-flessione	349		<i>Esercizio 11.2</i>	387
<i>Esercizio 9.1</i>	354	3.2	La trave appoggiata	388
<i>Esercizio 9.2</i>	355		<i>Esercizio 11.3</i>	395
2. Il nocciolo centrale di inerzia	357	<b>12. LE STRUTTURE IPERSTATICHE -</b>		
3. La presso-flessione nei solidi non resi-		<b>LE TRAVI CONTINUE</b>		
stenti a trazione	358			397
<i>Esercizio 9.3</i>	358	1.	Premessa	397
<i>Esercizi di riepilogo</i>	360	2.	Le strutture staticamente indeterminate	397
		3.	Le equazioni di elasticità	399
<b>10. L'INSTABILITÀ ELASTICA</b>	361	4.	Le travi iperstatiche ad una campata	401
1. I solidi caricati di punta. La formula di			<i>Esercizio 12.1</i>	409
Eulero	361	5.	Le travi iperstatiche su più appoggi	411
2. Il metodo $\omega$	366	5.1	Le travi continue	413
<i>Esercizio 10.1</i>	367		<i>Esercizio 12.2</i>	419
<i>Esercizio 10.2</i>	369	6.	Il telaio semplice	421
<i>Esercizi di riepilogo</i>	371		<i>Esercizio 12.3</i>	424
		<b>13. I SOLIDI NON RESISTENTI A TRA-</b>		
<b>11. LA DEFORMAZIONE DEGLI ELE-</b>		<b>ZIONE - IL PROBLEMA DELLE MURA-</b>		
<b>MENTI STRUTTURALI</b>	373	<b>TURE</b>		
1. Premessa	373	1.	Osservazioni generali	427
2. La deformazione per forza normale	373	2.	Il pilastro pressoinflesso	429
<i>Esercizio 11.1</i>	379		<i>Esercizio 13.1</i>	434
3. La deformazione per flessione	380		<i>Esercizio 13.2</i>	436
		3.	Le travi pressoinflesse	437
		4.	Gli archi	441

STAMPATO A FIRENZE  
 NEGLI STABILIMENTI TIPOLITOGRAFICI  
 «E. ARIANI» E «L'ARTE DELLA STAMPA»  
 DELLA S. P. A. ARMANDO PAOLETTI