

Progetto di un raccordo a raggio variabile – la clotoide

Pagina 29 del testo

B.1 Esempio dell'inserimento di una clotoide nel tracciato stradale

Si ipotizza di dover realizzare una curva tra i due rettili AV e VB (Fig. B.1), di dover prevedere una sezione tipo C1 con un intervallo di velocità di progetto compreso tra 60 e 100 km/h e si stabilisce che, in relazione alle condizioni di contorno si possa utilizzare un raggio pari a 400 m.

Si determina, quindi, la pendenza trasversale da applicare alla curva, per poi calcolare la velocità massima di percorrenza, che, nel caso in esame, risulta pari al 7% (vedi relazione 3.4, Capitolo 3). Ciò porta a una velocità di progetto di circa:

$$V_{\text{curva}} \approx 96,53 \text{ km/h}$$

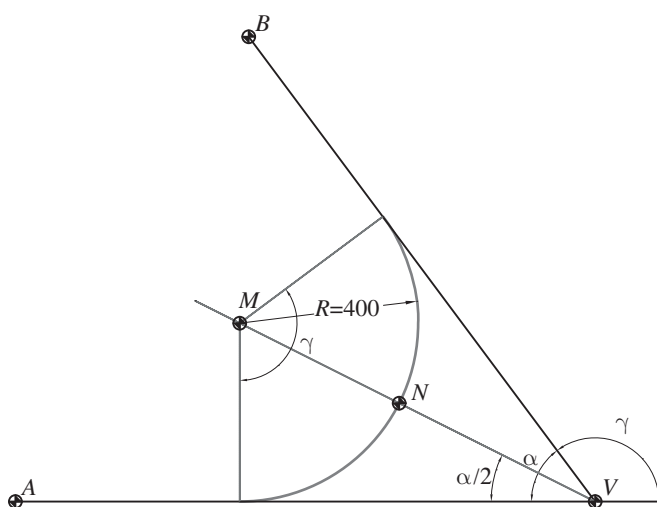


Figura B.1
Raccordo con curva circolare.

Si procede, quindi, al tracciamento della curva circolare “di origine”. Successivamente si deve determinare il valore del parametro minimo della clotoide secondo i tre criteri esposti in precedenza.

Nota il valore del parametro e del raggio, si ottiene il valore:

$$r \geq \frac{R}{A}, \quad r \geq \frac{400}{320} = 1,25$$

che permette di ottenere, dalla Tabella B.1, i valori numerici dei vari elementi, semplicemente moltiplicando i valori di tabella per il parametro A .

I valori ottenuti dalla tabella per $r = 1,25$ risultano quindi i seguenti:

- s = ascissa curvilinea = $0,80 \cdot 320 = 256,00$ m;
- τ_f = angolo di deviazione = $20^\circ, 371833$
- X_f = ascissa punto finale = $0,791847 \cdot 320 = 253,391$ m;
- Y_f = ordinata punto finale = $0,084711 \cdot 320 = 27,107$ m;
- X_M = ascissa centro curva circolare = $0,398639 \cdot 320 = 127,565$ m;
- Y_M = ordinata centro curva circolare = $1,271255 \cdot 320 = 406,802$ m;
- Δ_R = scostamento = $0,021255 \cdot 320 = 6,802$ m;
- T_L = tangente lunga = $0,536222 \cdot 320 = 171,591$ m;
- T_K = tangente corta = $0,269295 \cdot 320 = 86,174$ m;
- σ_c = angolo di direzione = $6^\circ, 784710$;
- l_c = corda = $0,796365 \cdot 320 = 254,837$ m.

I vari elementi possono essere visualizzati graficamente nella Figura B.3, dove non è indicata la quantità s , che rappresenta lo sviluppo della clotoide.

Dopo aver ottenuto i valori caratteristici della clotoide, si procede al suo tracciamento a partire dalla curva circolare originaria, imponendo un sistema cartesiano avente origine in O , determinato dalle entità X_M e Δ_R .

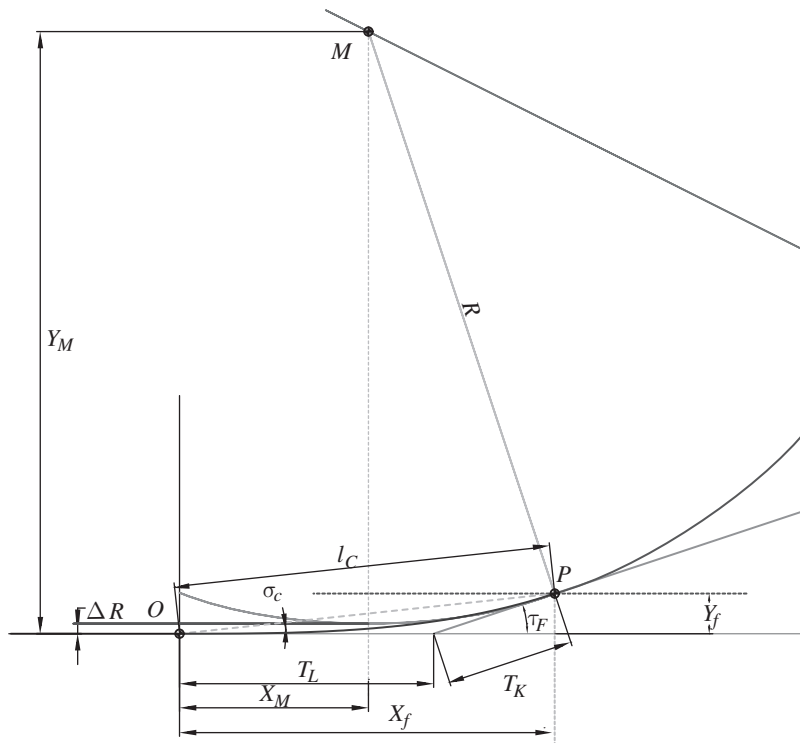


Figura B.3
Elementi
della clotoide.

Tabella B.1
Tabelle clotoide
unitaria per $A = 1$
(Agostinacchio,
Ciampa, Olita -
Appendice A).

Dall'origine O si può ricavare, con i dati a disposizione, la posizione del punto P (inizio curva circolare) tramite le quantità X_f e Y_f , come si può vedere nella seguente Figura B.4.

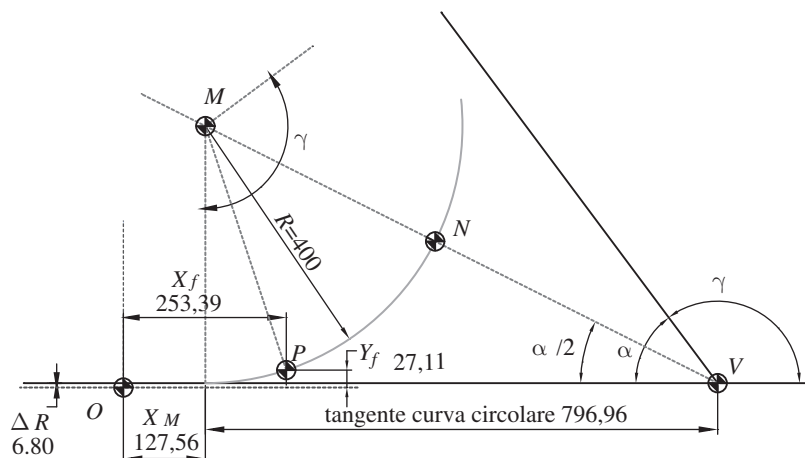
s	τ_F	X_f	Y_f	X_M	Y_M	ΔR	T_L	T_k	r	σ_c	l_c
0,695	15,375163	0,690957	0,055718	0,046825	1,452807	0,013958	0,464757	0,232961	1,438849	5,122520	0,693200
0,700	15,597184	0,695810	0,056922	0,049301	1,448832	0,014261	0,468142	0,234676	1,428571	5,196416	0,698134
0,705	15,820797	0,700658	0,058143	0,051776	1,433008	0,014568	0,471529	0,236391	1,418440	5,270838	0,703067
0,710	16,046001	0,705503	0,059382	0,054250	1,423330	0,014879	0,474918	0,238108	1,408451	5,345789	0,707997
0,715	16,272797	0,710342	0,060637	0,056723	1,413796	0,015195	0,478308	0,239826	1,398301	5,421261	0,712926
0,720	16,501184	0,715178	0,061910	0,059195	1,404404	0,015515	0,481700	0,241546	1,388889	5,497261	0,717852
0,725	16,731163	0,720008	0,063200	0,061667	1,395149	0,015839	0,485094	0,243268	1,379310	5,573788	0,722777
0,730	16,962734	0,724834	0,064508	0,064138	1,386031	0,016168	0,488489	0,244991	1,369863	5,650840	0,727699
0,735	17,195896	0,729655	0,065833	0,066608	1,377046	0,016501	0,491886	0,246715	1,360511	5,728419	0,732619
0,740	17,430649	0,734472	0,067177	0,069077	1,368191	0,016839	0,495285	0,248441	1,351351	5,806522	0,737537
0,745	17,666994	0,739283	0,068537	0,071546	1,359463	0,017182	0,498685	0,250169	1,342282	5,885152	0,742453
0,750	17,904931	0,744089	0,069916	0,074013	1,350862	0,017529	0,502088	0,251899	1,333333	5,964306	0,747367
0,755	18,144459	0,748890	0,071313	0,076480	1,342383	0,017880	0,505492	0,253630	1,324503	6,043986	0,752278
0,760	18,385579	0,753686	0,072728	0,078946	1,334026	0,018236	0,508898	0,255363	1,315789	6,124190	0,757186
0,765	18,628290	0,758476	0,074161	0,081411	1,325787	0,018597	0,512306	0,257098	1,307190	6,204920	0,762093
0,770	18,872593	0,763261	0,075616	0,083875	1,317664	0,018963	0,515716	0,258835	1,298701	6,286174	0,766997
0,775	19,118488	0,768040	0,077082	0,086338	1,309655	0,019333	0,519129	0,260573	1,290323	6,367953	0,771898
0,780	19,365973	0,772813	0,078571	0,088800	1,301759	0,019708	0,522543	0,262313	1,282051	6,450256	0,776797
0,785	19,615051	0,777580	0,080078	0,091261	1,293973	0,020087	0,525960	0,264056	1,273885	6,533084	0,781693
0,790	19,865720	0,782342	0,081603	0,093721	1,286295	0,020472	0,529378	0,265800	1,265823	6,616435	0,786586
0,795	20,117981	0,787097	0,083148	0,096180	1,278723	0,020861	0,532799	0,267547	1,257862	6,700310	0,791477
0,800	20,371833	0,791847	0,084711	0,098639	1,271255	0,021255	0,536222	0,269295	1,250000	6,784710	0,796365
0,805	20,627276	0,796590	0,086294	0,101096	1,263891	0,021655	0,539648	0,271046	1,242236	6,869632	0,801250

Il tracciamento dei punti intermedi compresi tra l'origine O e il punto finale P , si effettua suddividendo lo sviluppo della clotoide in N parti, in funzione del grado di precisione necessario, e calcolando l'incremento unitario di ascissa curvilinea ΔS . In seguito si fa riferimento alle tabelle per determinare i valori x_n e y_n per ognuno dei punti considerati.

Nel caso in esame si considera di suddividere lo sviluppo in 8 parti uguali aventi:

$$\Delta S = \frac{L}{8} = \frac{256,00}{8} = 32,00 \text{ m}$$

Figura B.4
Tracciamento della
clotoide, fase 1.



Si continua con l'adimensionalizzare l'intervallo ΔS , dividendo la quantità per il parametro, e si ottiene il valore s . Tale valore viene utilizzato nelle tabelle della clotoide unitaria per determinare i valori delle coordinate di ogni singolo punto:

$$s = \frac{\Delta S}{A} = \frac{32,00}{320} = 0,10$$

Nome punto	ΔS (m)	s
1	32,00	0,10
2	64,00	0,20
3	96,00	0,30
4	128,00	0,40
5	160,00	0,50
6	192,00	0,60
7	224,00	0,70
P	256,00	0,80

Tabella B.2
Valori di tracciamento riferiti alla clotoide unitaria.

In altre parole, denominando i successivi punti di passaggio con numeri progressivi da 1 a 7, si ottengono i valori nella Tabella B.2.

Andando a leggere sulle tabelle, in corrispondenza di ogni valore s ottenuto, nella colonna “ s ”, le quantità X_f e Y_f e moltiplicandole per il parametro $A = 320$, si ottengono le coordinate cartesiane (x_n e y_n) rispetto all'origine O di ogni punto (Tab. B.3, Fig. B.5).

Nome punto	s	X_f	$x_n(m)$	Y_f	$y_n(m)$
1	0,10	0,100000	32,000	0,000167	0,053
2	0,20	0,199992	63,997	0,001333	0,427
3	0,30	0,299939	95,980	0,004499	1,440
4	0,40	0,399744	127,918	0,010662	3,412
5	0,50	0,499219	159,750	0,020810	6,659
6	0,60	0,598059	191,379	0,035917	11,493
7	0,70	0,695810	222,659	0,056922	18,215
P	0,80	0,791847	253,391	0,084711	27,107

Tabella B.3
Coordinate cartesiane punti di tracciamento.

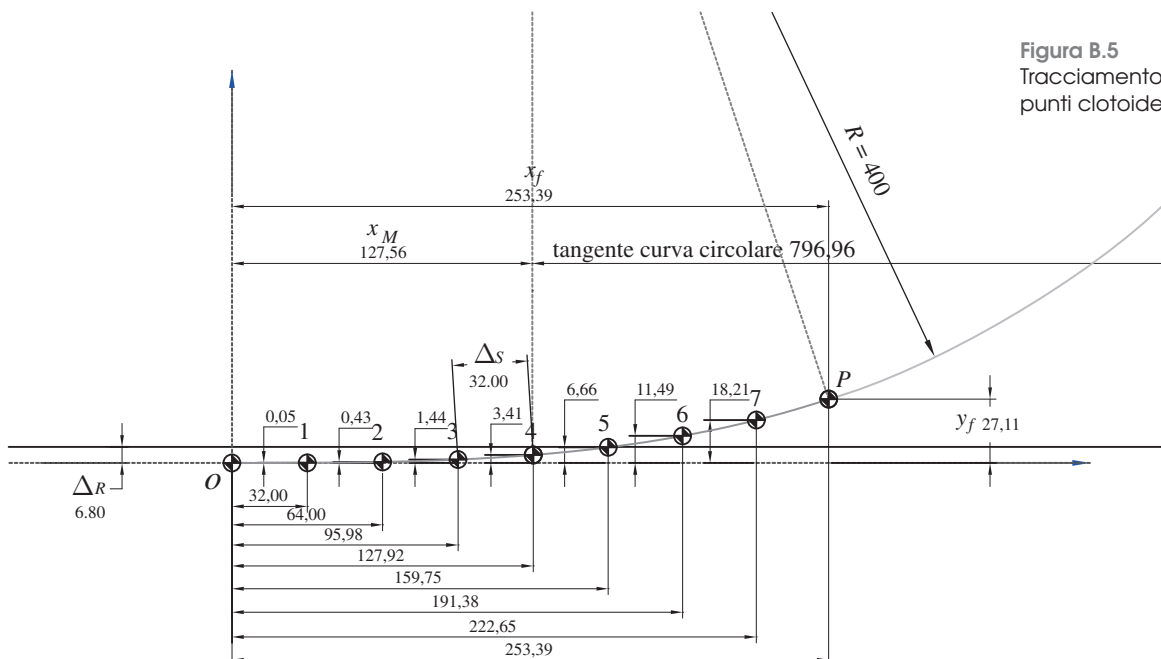


Figura B.5
Tracciamento per punti clotoide.

