ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE I SESSIONE 2013

Per poter eseguire quanto richiesto dall'esercizio, prendiamo innanzi tutto il DM 5/11/2001 in modo da averlo a portata di mano per poter consultare le tabelle e le formule durante l'esecuzione/geometrizzazione.

Insieme al DM è utile avere a portata di mano anche un testo tecnico, la cui consultazione è permessa nel corso della prova.
Un testo che personalmente consiglio è "STRADE FERROVIE AEROPORTI" di Michele Agostinacchio, Donato Ciampa e Saverio Olita. EPC libri editore. (Consiglio, se la trovate ancora in commercio o nella biblioteca del vostro ateneo, l'edizione del 2005 (copertina azzurra), giacchè le altre contengono qua e là alcuni piccoli errori nelle formule).

PREMESSA

L'esercizio proposto viene risolto seguendo letteralmente l'ordine suggerito dal testo: inserimento delle clotoidi, geometrizzazione completa degli elementi del tracciato, verifica di rispondenza alla norma e diagramma delle velocità.

1) INSERIMENTO DELLE CLOTOIDI:

Seguendo l'ordine fornito per punti dal testo stesso dell'esercizio, procediamo prima di tutto ad inserire le quattro clotoidi: due per la prima curva circolare e due per la seconda.

Assegnati i raggi delle due curve circolari e gli scostamenti, calcolare il parametro A delle clotoidi si rivela una operazione semplice. Occorre infatti utilizzare una formula che riporta ogni testo tecnico in commercio, tratta dallo sviluppo in serie di McLaurin della clotoide arrestato al primo termine:

$A = [24\ R^3 \cdot \Delta R \cdot (1 + 3/14 \cdot \Delta R/R)]^{0,25}$

Nel nostro caso:

$R_1 = 190$ m
$\Delta R_1 = 1,16$ m

$R_1 = 190$ m
$\Delta R_2 = 0,53$ m

$R_2 = 500$ m
$\Delta R_3 = 1,61$ m

$R_2 = 500$ m
$\Delta R_4 = 1,55$ m

Quindi otteniamo:

$A_1 = 117,59$
$A_2 = 96,66$
$A_3 = 263,67$
$A_4 = 261,177$

Calcoliamone adesso gli altri parametri, che ci saranno utili per il tracciamento delle clotoidi:

$R \times L = A^2 \rightarrow L = A^2/R$
$L_1 = 72,77$ m
$L_2 = 49,17$ m
$L_3 = 139,043$ m
$L_4 = 136,426$ m

$\tau = L/2R$
$\tau_1 = 0,1915$
$\tau_2 = 0,1293$
$\tau_3 = 0,1390$
$\tau_4 = 0,1364$

Volendo è possibile calcolare, oltre a questi, anche altri parametri per ciascuna delle quattro clotoidi:
1) coordinate del punto finale della clotoide (X_F, Y_F);
2) coordinate del centro della curva circolare rispetto al punto iniziale della clotoide (X_M, Y_M);
3) tangente lunga e tangente corta: T_L, T_K.

Si trascura il calcolo di tali parametri, essendo tutto sommato inessenziale al fine del posizionamento di questi elementi nel tracciato.

Ciò che occorre sempre ricordare è però che, nelle formule approssimate, appare che $X_M = L/2$, e cioè che la clotoide si dispone per metà sul rettifilo e per metà sulla curva circolare.

2) GEOMETRIZZAZIONE COMPLETA DEGLI ELEMENTI DEL TRACCIATO

Calcoliamo adesso la lunghezza delle curve e dei rettifili.
Cominciamo dalle curve circolari.

$L_{c1} = \alpha \times R_1$
$L_{c2} = \beta \times R_2$

Dove:

α = angolo al centro "totale" fornito dal testo – $(\tau_1 + \tau_2)$
β = angolo al centro "totale" fornito dal testo – $(\tau_3 + \tau_4)$

I valori di τ sono stati calcoli in precedenza, a proposito dell'inserimento delle quattro clotoidi.

$50° = 0{,}8726$ rad
$12° = 0{,}2094$ rad

$\alpha = 0{,}8726 - (0{,}1915 + 0{,}1293) = 0{,}5518$ rad
$\beta = 0{,}2094 - (0{,}1390 + 0{,}1364) = -0{,}066$ rad

Quindi:

$L_{C1} = \alpha \times R_1 = 0{,}6051 \times 190 = 104{,}842$ m

Il calcolo della lunghezza della seconda curva circolare non è invece possibile, in quanto il valore dell'angolo al centro risulta essere negativo. Andrà dunque corretto una volta effettuate le opportune verifiche sul tracciato stradale.

Per il calcolo delle lunghezze dei rettifili è possibile seguire due strade.
Nota infatti la scala di riduzione applicata, possiamo, una volta inserite le clotoidi, andare a calcolare la lunghezza dei rettifili direttamente sul disegno.
Questo metodo è certamente molto veloce, ma può talvolta comportare, specie se il disegno è molto piccolo, errori ed imprecisioni.

In alternativa, possiamo calcolare la lunghezza dei rettifili attraverso considerazioni di carattere geometrico.
Occorre innanzi tutto fare qualche considerazione aggiuntiva e semplificatrice.
Chiamiamo A,B, C e D gli "spigoli" della poligonale assegnata, procedendo da sinistra verso destra.
Chiamiamo invece 1,2,3 e 4 i punti dove i raggi dei due cerchi, perpendicolari ai rettifili, incontrano questi ultimi, come mostrato nel disegno.

Gli scostamenti delle due curve circolari dai rettifili sono tra loro differenti. Questo significa che se da B e da C tracciamo un segmento diretto verso i centri M' e M" delle due curve, tali segmenti non saranno bisettori degli angoli al centro delle due circonferenze, e il calcolo dei segmenti B1, B2, C3 e C4 risulterà un po' più complesso.
Data però la scarsa differenza tra il primo e il secondo scostamento, e tra il terzo e il quarto, possiamo comunque attuare questa ipotesi semplificatrice: che i segmenti BM' e CM" siano comunque bisettori dei due angoli.
L'errore commesso risulta comunque minimo.
Fatta questa ipotesi calcoliamo le lunghezze dei tre rettifili come segue.

Primo rettifilo.

$B1/(R+ \Delta R) = tg\ (50°/2) = 0{,}466$
$B1 = 0{,}466 \times (R+ \Delta R) = 0{,}466 \times (190+ 1{,}16) = 89{,}08$ m

$L_{R1} = 190 - B1 - L/2 = 190 - 89{,}08 - 72{,}77/2 = 64{,}535$ m

Esisterà una piccola differenza tra la misura calcolata attraverso questo metodo e quella calcolata tramite misurazione sul disegno, in virtù anche dell'ipotesi semplificatrice attuata.

Secondo rettifilo.

$B2/(R+\Delta R) = tg\ (50°/2) = 0,466$
$B2 = 0,466 \times (R+\Delta R) = 0,466 \times (190 + 0,53) = 88,786$ m

$C3/(R+\Delta R) = tg\ (12°/2) = 0,1051$
$C3 = 0,1051 \times (R+\Delta R) = 0,1051 \times (500+ 1,61) = 52,719$ m

$L_{R2} = 342 - C3 - B2 - L_2/2 - L_3/2 = 342 - 52,719 - 88,786 - 49,17/2 - 139,043/2 = 342 - 52,719 - 88,786 - 24,585 - 69,5215 =$ 106,3885 m

Esisterà una piccola differenza tra la misura calcolata attraverso questo metodo e quella calcolata tramite misurazione sul disegno, in virtù anche dell'ipotesi semplificatrice attuata.

Terzo rettifilo.

$C4/(R+\Delta R) = tg\ (12/2) = 0,1051$
$C4 = 0,1051 \times (R+\Delta R) = 0,1051 \times (500+ 1,55) = 52,712$ m

$L_{R3} = 230 - C4 - L_4/2 = 230 - 52,712 - 68,213 =$ 109,075 m

Esisterà una piccola differenza tra la misura calcolata attraverso questo metodo e quella calcolata tramite misurazione sul disegno, in virtù anche dell'ipotesi semplificatrice attuata.