Ντίνης Ορέστης – Θωμάς
Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός

Από τη Χάραξη ως την Κατασκευή των Οδών

> Συνοπτική Θεωρία
> Τυπολόγια
> Λυμένες Ασκήσεις

2η έκδοση βελτιωμένη

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται κατά κύριο λόγο στους φοιτητές/σπουδαστές των Τμημάτων Πολιτικών Μηχανικών και Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών. Προτάσσεται δε η θεωρία με τρόπο συνοπτικό, αλλά πλήρη, για την καλύτερη εμπέδωση της γεωμετρίας, μελέτης, χάραξης και χωματουργικών έργων της οδού. Στη συνέχεια υπάρχουν υποδειγματικά λυμένες πολλές ασκήσεις καλύπτοντας θέματα τόσο της χάραξης όσο και της κατασκευής των οδών.

Η ύλη έχει χωριστεί σε δύο μέρη:

Το *Πρώτο Μέρος* αποτελείται από τα κεφάλαια 1 – 5 με τη συνοπτική θεωρία.

Στο *Δεύτερο Μέρος* βρίσκονται οι λυμένες ασκήσεις που καλύπτουν τη θεωρία του $2^{ου}$ κεφαλαίου (χάραξη οδών) και του $5^{ου}$ κεφαλαίου (κατασκευή οδών).

Πριν από τις λυμένες ασκήσεις υπάρχουν παρατηρήσεις για τη σχεδίαση του διαγράμματος των οριογραμμών, οδηγίες για τη σχεδίαση των διατομών και για τη χρήση του διαγράμματος Bruckner.

Επίσης θα βρείτε και ένα σύντομο τυπολόγιο που βοηθά στον ευκολότερη επίλυση των ασκήσεων που ακολουθούν.

Κρίναμε σκόπιμο για τη διευκόλυνση των αναγνωστών, να συμπεριλάβουμε σε CD όλα τα σχήματα AutoCAD των ασκήσεων του βιβλίου.

Θα είμαι ιδιαίτερα ευχαριστημένος αν το βιβλίο αυτό αποτελέσει ένα βοήθημα για την κατανόηση και επίλυση όσο το δυνατόν περισσότερων προβλημάτων για τους φοιτητές και τους σπουδαστές.

2η έκδοση Σεπτέμβριος 2010 *Ο συγγραφέας*

Περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ασκήσεις 2ου Κεφάλαιου: **Χάραξη οδών**

Εισαγωγή

Η Οδοποιΐα για τους προφανείς λόγους της ενασχόλησης της με τη μελέτη, κατασκευή και συντήρηση των οδών μέσω των οποίων γίνονται οι μετακινήσεις αγαθών και προσώπων αποτελεί μια πολύ σημαντική και χρήσιμη επιστήμη. Στις διάφορες φάσεις της από τη χάραξη ως την υλοποίηση των δρόμων συνεργάζεται με άλλα πεδία όπως Τοπογραφία, Γεωλογία, Εδαφομηχανική, Δομικές Μηχανές κ.ά.

Το πρώτο στάδιο στη δημιουργία μιας οδού είναι ο προσδιορισμός του άξονα αυτής ή αλλιώς η χάραξη της. Η εύρεση της καταλλληλότερης που ικανοποιεί τις γενικές αρχές χάραξης προκύπτει μετά από πολλές προσπάθειες, δοκιμές και επομένως υπομονή. Η παρουσίαση της γίνεται οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Στην πρώτη περίπτωση έχει τη μορφή πολυγωνικής γραμμής με αλληλουχία ευθυγράμμων τμημάτων και οριζοντίων καμπυλών ενώ στη δεύτερη εμφανίζεται με τη μορφή ερυθράς (μηκοτομή εδάφους - οδού) περιλαμβάνοντας τις κατακόρυφες καμπύλες, τις κατά μήκος κλίσεις κ.α.

Όσον αφορά την κατασκευή που είναι το επόμενο βήμα οι σύντομες χαράξεις σαφώς προτιμούνται για λόγους οικονομίας (δαπάνη μεταφοράς αγαθών, συντήρηση οδών, αποφυγή μεγάλων και πολύπλοκων τεχνικών έργων κ.α.). Για την υλοποίηση μιας οδού απαιτούνται χωματουργικές εργασίες (υποδομή) και εργασίες για την κατασκευή του οδοστρώματος (επιδομή). Μια επιπρόσθετη αιτία για αυξημένη προσοχή στην εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών προέρχεται από την εμπειρία που έχει δείξει ότι το 20 - 40 % της ολικής δαπάνης είναι η δαπάνη αυτών (ανύψωση – υποβίβαση επιφάνειας φυσικού εδάφους που πραγματοποιείται με την κατασκευή επιχωμάτων – ορυγμάτων). Για τον υπολογισμό των όγκων των χωματισμών λαμβάνονται διατομές σε χαρακτηριστικές θέσεις του άξονα της οδού. Τέλος στη συνολική δαπάνη των χωματισμών παίζει ρόλο εκτός του όγκου των ορυγμάτων -επιχωμάτων η απόσταση και το μέσο μεταφοράς (χωματοσυλλέκτης, προωθητήρας, αυτοκίνητο).

Συνεπώς συμπεραίνουμε ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε όλα τα στάδια των εργασιών που απαιτούνται για τη δημιουργία μιας οδού καθώς ένα λάθος σε οποιοδήποτε σημείο μπορεί να επηρεάσει αρνητικά όλα τα υπόλοιπα λόγω της εξάρτησης μεταξύ τους. Έτσι πρακτικές εφαρμογές όπως αυτές που υπάρχουν εδώ πιστεύω ότι θα έχουν θετικό ρόλο τόσο στην αφομοίωση των θεωρητικών γνώσεων όσο και στην εξοικείωση με τη σχετική υπολογιστική διαδικασία.

Επεξήγηση Συμβόλων

i) Οριζόντιες καμπύλες

r	γωνία της εφαπτομένης της κλωθοειδούς σε κάποιο σημείο
L	μήκος κλωθοειδών (ΑΩ, Α′Ω′)
R	ακτίνα κυκλικού τόξου
ε	εκτροπή (διαφορά κλωθοειδούς - κυκλικού τόξου)
β	γωνία συναρμογής
e_{max}	μέγιστη επιτρεπόμενη επίκλιση οδοστρώματος
e_o	επίκλιση οδοστρώματος στην ευθυγραμμία
e	μέγιστη εφαρμοζόμενη επίκλιση (πρέπει πάντα να ισχύει: $e < e_{max}$)
b	πλάτος οδού
k	κλίση οριογραμμών
ΑΩ, Α′Ω′	κλωθοειδείς συναρμογής
ΩΩ′	κυκλικό τόξο

ii) Κατακόρυφες καμπύλες

T	απόσταση από την κορυφή της αρχής του κυκλικού τόξου
R	ακτίνα κατακόρυφης συναρμογής
i_1, i_2	κλίσεις πλευρών μηκοτομής
δ	μήκος κορυφής κατακόρυφης συναρμογής από την ερυθρά
x	οριζόντια απόσταση της διατομής από την αρχή του κυκλικού τόξου
y	απόσταση από ερυθρά κάθε διατομής στη μηκοτομή

1 Ορισμοί των Βασικών Στοιχείων μιας Οδού

Με τον όρο οδός αναφέρεται η λωρίδα εδάφους που διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εφικτή πάνω της η κυκλοφορία οχημάτων και ανθρώπων. Επιπλέον στην ίδια έννοια μπορούν να περιληφθούν και όσα έργα εκτελούνται για την υλοποίηση της οδού όπως γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης κ.ά.

Συνοπτικά τα στοιχεία που αποτελούν τα συστατικά μέρη μιας οδού είναι:

1.1 Οδόστρωμα

Οδόστρωμα είναι το κομμάτι της οδού που κατασκευάζεται για την κυκλοφορία των οχημάτων. Οι παράγοντες που καθορίζουν ποιος τύπος οδοστρώματος θα εφαρμοστεί κάθε φορά είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος και η σύνθεση του, το αρχικό κόστος κατασκευής, το κόστος συντήρησης και η δυνατότητα εξεύρεσης υλικών. Καλό θεωρείται το οδόστρωμα που προσφέρει άνεση και ασφάλεια στα οχήματα που το χρησιμοποιούν και συγχρόνως δεν υφίσταται εύκολη φθορά Τέλος το πλάτος β ενός οδοστρώματος πρέπει να καλύπτει τις σημερινές αλλά και μελλοντικές ανάγκες από άποψη κυκλοφορίας, να λαμβάνει υπόψη τις αποστάσεις μεταξύ των οχημάτων και της εσωτερικής οριογραμμής των ερεισμάτων και την απόσταση ασφαλείας που πρέπει να υπάρχει ανάμεσα σε δύο οχήματα που κινούνται σε ένα σημείο την ίδια χρονική στιγμή.

1.2 Κατάστρωμα

Κατάστρωμα είναι το άθροισμα των επιφανειών του οδοστρώματος, των ερεισμάτων και των ζωνών καθοδήγησης που υπάρχουν.

1.3 Ζώνες καθοδήγησης (στερεά εγκιβωτισμού)

Ζώνες καθοδήγησης είναι οι περιοχές αριστερά και δεξιά του οδοστρώματος που ορίζουν το τέλος των λωρίδων κυκλοφορίας. Σε κάποιους τύπους οδού δεν

υπάρχουν. Το πλάτος τους είναι από 0.25 m ως 0.50 m αναλόγως του τύπου της οδού. Συνήθως κατασκευάζονται ως το ύψος του οδοστρώματος και όταν πρόκειται να το υπερβούν (αστικές οδοί) χρειάζεται προσοχή λόγω των παρενεργειών που προκαλούν (παρεμπόδιση χρήσης των ερεισμάτων από τα οχήματα όταν χρειάζεται, μείωση πλάτους οδοστρώματος, δυσκολία στην απορροή των νερών της βροχής).

1.4 Ερείσματα

Ερείσματα είναι οι ζώνες αριστερά και δεξιά του οδοστρώματος και μετά τα στερεά εγκιβωτισμού. Στις αστικές οδούς παίρνουν τη μορφή πεζοδρομίων. Το πλάτος των ερεισμάτων είναι από 0.75 m ως 3.75 m αναλόγως του κυκλοφοριακού φόρτου. Χρησιμοποιούνται κυρίως στις εξής περιπτώσεις:

α) Στάθμευση οχημάτων όταν είναι ανάγκη.
β) Μελλοντική διαπλάτυνση της οδού.
γ) Κυκλοφορία πεζών.
δ) Απόθεση υλικών συντήρησης της οδού.

1.5 Τάφροι

Τάφροι είναι οι περιοχές που ανοίγονται στα αριστερά και δεξιά του καταστρώματος της οδού για τη διαφυγή των βρόχινων νερών στο φυσικό έδαφος και στα πρανή. Οι διαστάσεις των τάφρων διαμορφώνονται με βάση τη σύσταση του εδάφους (γαιώδη, βραχώδη) και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής που περνά η οδός. Ως κανονική διατομή τάφρου είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα.

1.6 Πρανή ορύγματος / επιχώματος

Πρανή ορύγματος/επιχώματος είναι οι πλευρικές επικλινείς επιφάνειες των ορυγμάτων/επιχωμάτων που δημιουργούνται από την εκσκαφή/επιχωμάτωση του φυσικού εδάφους. Στα επιχώματα για αισθητική αλλά και ασφάλεια στρογγυλοποιούμε το φρύδι όπως φαίνεται στο σχήμα.

Τα πρανή κατασκευάζονται με κλίση που η τιμή της επηρεάζεται από τη φύση του εδάφους (μεγαλύτερη στα βραχώδη εδάφη) και το ύψος τους. Έτσι στα επιχώματα κυμαίνεται από 2 : 1 ως 3:2 (β : υ) ενώ στα ορύγματα μεταξύ 2 : 1 και 1 : 10 (β : υ). Από κάποιο ύψος και πάνω απαιτείται εδαφοτεχνική μελέτη σύμφωνα με τους κανονισμούς.

1.7 Φρύδι ορύγματος

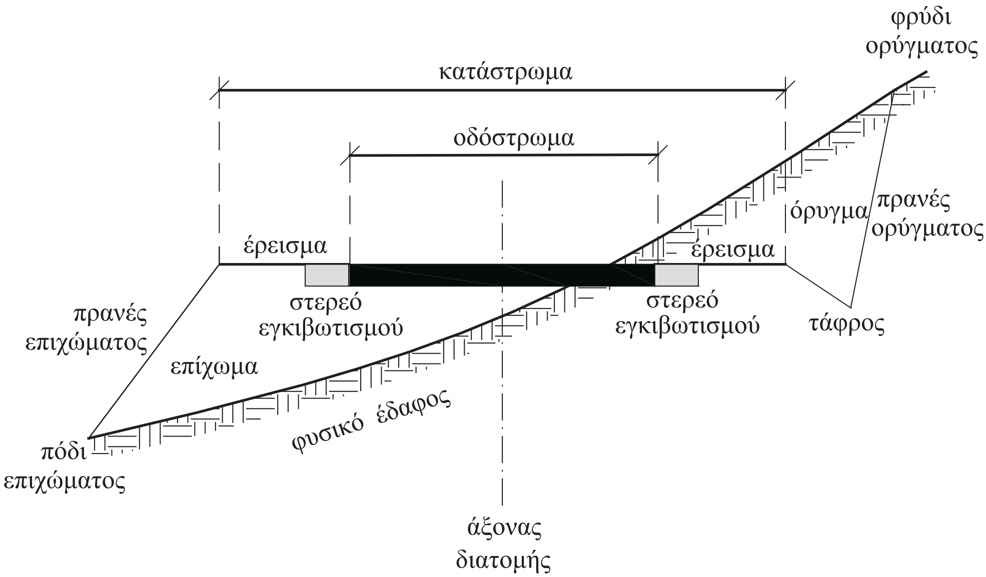
Φρύδι ορύγματος λέγεται η τομή του φυσικού εδάφους με το πρανές του ορύγματος.

1.8 Πόδι επιχώματος

Πόδι επιχώματος λέγεται η τομή του φυσικού εδάφους με το πρανές του επιχώματος.

1.9 Άξονας οδού

Άξονας οδού είναι η μεσαία γραμμή του καταστρώματος.



Διατομή υπεραστικής οδού

Δ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Άσκηση 1

§Α.2.5 και §Α.2.7: Υπολογισμός εκτροπής e, κατά μήκος κλίσης i, επίκλησης, υψομέτων – σχεδίαση Δ.Ο.

Σε οδό ΚΛ πλάτους 6 m κατά μήκους κλίσης i, έχουν μετρηθεί κατά μήκος του άξονα οι αποστάσεις ορισμένων σημείων και τα υψόμετρα στην οριογραμμή της οδού:

Αριθμός σημείων:	Κ 1	Α Ε	Ω Δ	Ω′ Ε′	2Α′Λ		
Απόσταση μεταξύ	40	10	39.4	39.4	36	30	

Υψόμετρα οριογραμμής: $H_1 = 107.96$ m, $H_E = 109.39$ m, $H_\Omega = 111.28$ m, $H_\Delta = 113.25$ m.

Δίνεται η γωνία της πολυγωνικής $\beta = 60^g$ και η ακτίνα της καμπύλης $R = 72\,\text{m}$.

Ζητούνται:

α) Η εκτροπή της καμπύλης ε και η κατά μήκος κλίση i.

β) Η επίκλιση e και η συμπλήρωση των υψομέτρων που λείπουν.

γ) Η σχεδίαση του διαγράμματος των επικλίσεων.

ΛΥΣΗ

α) Από εκφώνηση έχουμε:

$$(\Omega\Omega') = (\Omega\Delta) + (\Delta\Omega') = 39.4 + 39.4 \Rightarrow \boxed{(\Omega\Omega') = 78.8\,\text{m}}$$

Επίσης γνωρίζουμε ότι:

$$(\mathrm{A}\Omega\Omega'\mathrm{A}') = (\mathrm{A}\Omega) + (\Omega\Omega') + (\Omega'\mathrm{A}') = \mathrm{L} + (\Omega\Omega') + \mathrm{L} \Rightarrow$$

$$(\mathrm{A}\Omega\Omega'\mathrm{A}') = 2\mathrm{L} + (\Omega\Omega') \tag{1}$$

Όμως ισχύει και ο τύπος:

$$(\mathrm{A}\Omega\Omega'\mathrm{A}') = \mathrm{R} \cdot \frac{\pi}{200} \cdot (200 - \beta) + \mathrm{L} \tag{2}$$

Άρα, από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε:

$$\mathrm{R} \cdot \frac{\pi}{200} \cdot \left(200^g - \beta\right) + \mathrm{L} = 2\mathrm{L} + (\Omega\Omega') \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathrm{R} \cdot \frac{\pi}{200} \cdot \left(200^g - \beta\right) - (\Omega\Omega') = 2\mathrm{L} - \mathrm{L} = \mathrm{L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathrm{L} = 72 \cdot \frac{\pi}{200} \cdot \left(180^o - 60^o\right) - 78.80 \Rightarrow \boxed{\mathrm{L} = (\mathrm{A}\Omega) = (\mathrm{A}'\Omega') = 72\,\text{m}}$$

Έτσι: $\varepsilon = \frac{L^2}{24R} = \frac{(72\,\text{m})^2}{24 \cdot 72} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 3.0\,\text{m}}$

Ακόμη: $AE = \frac{L}{2} = \frac{72}{2} \Rightarrow \boxed{AE = AE' = 36\,\text{m}}$

Κλίση οδού: $i = \frac{H_\Delta - H_\Omega}{(\Delta\Omega)} = \frac{(113.25 - 111.28)}{39.40} \Rightarrow \boxed{i = 5\%}$

β) Στο κομμάτι (ΕΩ) της οδού το αποτέλεσμα της διαίρεσης ΔΗ/L περιέχει και την κλίση i της οδού και την κλίση k των οριογραμμών (δηλαδή 5% + k).

Έτσι έχουμε:

$$\frac{\Delta H_{E\Omega}}{(E\Omega)} = \frac{1.89}{36} = 0.0525\,.$$

Επομένως, με βάση τα προαναγραφέντα έχουμε:

$$0.0525 = i + k,\ \ i = 0.05 \ \ \text{και τελικά:}\ \ \boxed{k = 0.0025 = \frac{1}{400}}$$

Για την εύρεση της επίκλισης κάνουμε:

$$L = \frac{b \cdot e_{max}}{2k} \Rightarrow e_{max} = \frac{2 \cdot k \cdot L}{b} = \frac{2 \cdot \frac{1}{400} \cdot 72}{6} \Rightarrow \boxed{e_{max} = 6\%}$$

Τέλος βρίσκουμε τις ακόλουθες υψομετρικές διαφορές που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του διαγράμματος οριογραμμών (Δ.Ο.):

$$\Delta h_o = \frac{b \cdot e_o}{2} = \frac{6 \cdot 0.02}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta h_o = 0.06\,\text{m}}$$

$$\Delta H = \frac{b \cdot e_{max}}{2} = \frac{6 \cdot 0.06}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta H = 0.18\,\text{m}}$$

Συμπλήρωση υψομέτρων:

Για το Α:

$$(i + k) = \frac{\Delta H_{A\Omega}}{S_{A\Omega}} = \frac{H_\Omega - H_A}{S_{A\Omega}} \Rightarrow$$

$$H_{A_{op}} = H_{\Omega_{op}} - (i + k) \cdot S_{A\Omega} = 111.28 - 0.0525 \cdot 72 \Rightarrow \boxed{H_{A_{op}} = H_{A_{\alpha\xi}} = 107.50\,\text{m}}$$

Άλλος τρόπος:

$$H_{\Omega_{\alpha\xi}} = H_{\Omega_{op}} - \Delta H = 111.28 - 0.18 \Rightarrow H_{\Omega_{\alpha\xi}} = 111.10\,\text{m}$$

$$i=\frac{H_{\Omega_{\alpha\xi}}-H_{A_{\alpha\xi}}}{(A\Omega)}\Rightarrow H_{A_{\alpha\xi}}=H_{\Omega_{\alpha\xi}}-i\cdot(A\Omega)=111.10-0.05\cdot 72\Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{A_{\alpha\xi}}=H_{A_{o\rho}}=107.50\,\mathrm{m}}$$

Για το Ω' έχουμε:

$$i=\frac{\Delta H_{\Omega\Omega'}}{(\Omega\Omega')}=\frac{H_{\Omega'_{o\rho}}-H_{\Omega_{o\rho}}}{(\Omega\Omega')}\Rightarrow H_{\Omega'_{o\rho}}=H_{\Omega_{o\rho}}+i\cdot(\Omega\Omega')\Rightarrow$$

$$\Rightarrow H'_{\Omega_{o\rho}}=111.28+0.05\cdot 78\cdot 8\Rightarrow \boxed{H'_{\Omega_{o\rho}}=115.22\,\mathrm{m}}$$

Άλλος τρόπος:

$$i=\frac{\Delta H_{\Delta\Omega'}}{(\Delta\Omega')}=\frac{H'_{\Omega_{o\rho}}-H_{\Delta_{o\rho}}}{(\Delta\Omega')}\Rightarrow H'_{\Omega_{o\rho}}=i\cdot(\Delta\Omega')+H_{\Delta_{o\rho}}\Rightarrow$$

$$\Rightarrow H'_{\Omega_{o\rho}}=0.05\cdot 39.4+113.25\Rightarrow \boxed{H'_{\Omega_{o\rho}}=115.22\,\mathrm{m}}$$

Για το σημείο E' έχουμε:

$$(i-k)=\frac{\Delta H_{\Omega'E'}}{(\Omega'E')}=\frac{H_{E'_{o\rho}}-H_{\Omega'_{o\rho}}}{(\Omega'E')}\Rightarrow H_{E'_{o\rho}}=(i-k)\cdot(\Omega'E')+H_{\Omega'_{o\rho}}\Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{E'_{o\rho}}=(0.05-0.0025)\cdot 36+115.22\Rightarrow \boxed{H_{E'_{o\rho}}=116.93\,\mathrm{m}}$$

Για το σημείο A' ισχύει:

$$(i-k)=\frac{\Delta H_{\Omega'A'}}{(\Omega'A')}=\frac{H_{A'_{o\rho}}-H_{\Omega'_{o\rho}}}{(A'\Omega')}\Rightarrow H_{A'_{o\rho}}=H_{\Omega'_{o\rho}}+(i-k)\cdot(A'\Omega')\Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{A'_{\alpha\xi}}=(0.05-0.025)\cdot 72+115.22\Rightarrow \boxed{H_{A'_{\alpha\xi}}=118.64\,\mathrm{m}}$$

Άλλος τρόπος:

$$H_{\Omega'_{\alpha\xi}}=H_{\Omega'_{o\rho}}-\Delta H=115.22-0.18\Rightarrow \boxed{H_{\Omega'_{\alpha\xi}}=115.04\,\mathrm{m}}$$

$$i=\frac{\Delta H_{\Omega'A'(\alpha\xi)}}{(\Omega'A')}==\frac{H_{A'_{\alpha\xi}}-H_{\Omega'_{\alpha\xi}}}{(\Omega'A')}\Rightarrow H_{A'_{\alpha\xi}}=H_{\Omega'_{\alpha\xi}}+i\cdot(\Omega'A')\Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{A'_{\alpha\xi}} = 115.04 + 0.05 \cdot 72 \Rightarrow \boxed{H_{A'_{\alpha\xi}} = 118.64\,\text{m}}$$

Για το σημείο 2 έχουμε:

Σε L = (Α′Ω′) = 72 m → $e_{max} = 6\%$

(Α′2) = 12 m x = ;

x = 0.01 = 1 %.

Άρα, ισχύει:

$$\Delta h_{\alpha\xi-o\rho(2)} = \frac{b \cdot e_2}{2} = \frac{6 \cdot 0.01}{2} \Rightarrow \Delta h_{\alpha\xi-o\rho(2)} = 0.03\,\text{m}$$

$$i = \frac{\Delta H_{A'2}}{(A'2)} = \frac{H_{A'_{\alpha\xi}} - H_{2_{\alpha\xi}}}{(A'2)} \Rightarrow H_{2_{\alpha\xi}} = H_{A'_{\alpha\xi}} - i \cdot (A'2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{2_{\alpha\xi}} = 118.64 - 0.05 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{H_{2_{\alpha\xi}} = 118.04\,\text{m}}$$

Άρα:

$$H_{2_{o\rho}} = H_{2_{\alpha\xi}} + \Delta h_2 \Rightarrow H_{2_{o\rho}} = 118.04 + 0.03 \Rightarrow \boxed{H_{2_{o\rho}} = 118.07\,\text{m}}$$

Άλλος τρόπος:

$$(i-k) = \frac{\Delta H_{\Omega'2(o\rho)}}{(\Omega'2)} = \frac{H_2 - H_{\Omega'}}{(\Omega'2)} \Rightarrow H_{2_{o\rho}} = (i-k) \cdot (2\Omega') + H_{\Omega'_{o\rho}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{2_{o\rho}} = (0.05 - 0.0025) \cdot (36 + 24) + 115.22 \Rightarrow \boxed{H_{2_{o\rho}} = 118.07\,\text{m}}$$

Για το σημείο Λ έχουμε:

$$i = \frac{\Delta H_{A'\Lambda}}{(A'\Lambda)} = \frac{H_\Lambda - H_{A'}}{(A'\Lambda)} \Rightarrow H_{\Lambda_{\alpha\xi}} = H_{A'_{\alpha\xi}} + i \cdot (\Lambda A') = 118.64 + 0.05 \cdot 30 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{\Lambda_{\alpha\xi}} = 120.14\,\text{m}}$$

Το υψόμετρο του Λ στην οριογραμμή βρίσκεται ως εξής:

$$H_{\Lambda_{o\rho}} = H_{\Lambda_{\alpha\xi}} - \Delta h_o = 120.14 - 0.06 \Rightarrow \boxed{H_{\Lambda_{o\rho}} = 120.08\,\text{m}}$$

Για να προσδιορίσουμε το υψόμετρο του σημείου Λ στην οριογραμμή της οδού λέμε ότι αν υπολογίσουμε το z από τον τύπο (όπως πρέπει):

$$z = \frac{b \cdot e_o}{k} = \frac{6 \cdot 0.02}{\frac{1}{400}} \Rightarrow z = 48\,\text{m},$$

προκύπτει μια τιμή για αυτό, τα 48 m δηλαδή που είναι μεγαλύτερη από τα 30 m που είναι η απόσταση (Α′Λ).

Έτσι ενώ στην αρχή της οδού (ΚΑ) = 50 m χωρά γιατί είναι τα 50 m > 48 m εδώ δε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το z.

Επομένως για την αρχή έχουμε: $z_1 = 48\,\text{m}$, ενώ για το τέλος: $z_2 = 24\,\text{m}$.

Ως το σημείο που είναι 24 m δεξιά του Α′ θα έχουμε το z και ως εκεί, έστω Ρ, θα ισχύει:

$$H_{P_{o\rho}} = H_{P_{\alpha\xi}} - \Delta h_o = 119.84 - 0.06 \Rightarrow \boxed{H_{P_{o\rho}} = 119.78\,\text{m}}$$

Όμως:

$$i = \frac{H_{\Lambda(o\rho)} - H_{P(o\rho)}}{(P\Lambda)} \Rightarrow H_{\Lambda(o\rho)} = i \cdot (P\Lambda) + H_{P_{o\rho}} = 0.05 \cdot 6 + 119.78 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{\Lambda(o\rho)} = 120.08\,\text{m}}$$

Επίσης θα ισχύει:

$$i = \frac{H_P - H_{A'_{\alpha\xi}}}{(PA')} \Rightarrow H_{P_{\alpha\xi}} = H_{A'_{\alpha\xi}} + i \cdot (A'P) = 118.64 + 0.05 \cdot 24 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{P_{\alpha\xi}} = 119.84\,\text{m}}$$

Για την αρχή της οδού έχουμε: το z τελειώνει 48 m αριστερά του Α, έστω στο σημείο Π:

$$i = \frac{H_A - H_{\Pi(\alpha\xi)}}{(\Pi A)} \Rightarrow H_{\Pi(\alpha\xi)} = H_{A(\alpha\xi)} - i \cdot (\Pi A) = 107.50 - 0.05 \cdot 48 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{\Pi(\alpha\xi)} = 105.10\,\text{m}}$$

Άρα: $H_{\Pi(o\rho)} = H_{\Pi(\alpha\xi)} - \Delta h_o = 105.10 - 0.06 \Rightarrow \boxed{H_{\Pi(o\rho)} = 105.04\,\text{m}}$

$$i = \frac{H_\Pi - H_{K(o\rho)}}{(K\Pi)} \Rightarrow H_{K(o\rho)} = H_{\Pi(o\rho)} - i \cdot (K\Pi) = 105.04 - 0.05 \cdot 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{K(o\rho)} = 104.94\,\text{m}}$$

Άλλος τρόπος εύρεσης του υψομέτρου του σημείου Κ στην οριογραμμή της οδού είναι ο ακόλουθος:

$$i = \frac{\Delta H_{AK(\alpha\xi)}}{(AK)} = \frac{H_A - H_{K(\alpha\xi)}}{(AK)} \Rightarrow H_{K(\alpha\xi)} = H_{A(\alpha\xi)} - i \cdot (AK) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_{K(\alpha\xi)} = 107.50 - 0.05 \cdot 50 \Rightarrow \boxed{H_{K(\alpha\xi)} = 105.00\,\text{m}}$$

Άρα: $H_{K(o\rho)} = H_{K_{\alpha\xi}} - \Delta h_o = 105.00 - 0.06 \Rightarrow \boxed{H_{K_{o\rho}} = 104.94\,\text{m}}$

Τέλος για το σημείο 1 που βρίσκεται 10 m αριστερά του Α έχουμε ότι:

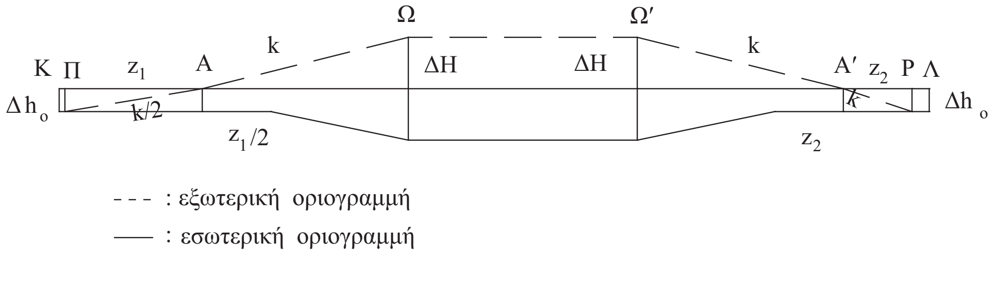
$$i = \frac{\Delta H_{1A(\alpha\xi)}}{(1A)} = \frac{H_A - H_{1(\alpha\xi)}}{(1A)} \Rightarrow H_{1(\alpha\xi)} = H_{A(\alpha\xi)} - i \cdot (1A) = 107.50 - 0.05 \cdot 10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{H_{1(\alpha\xi)} = 107.00\,\text{m}}$$

Όμως: $\Delta H_{\alpha\xi-o\rho(1)} = e_o \cdot (1A) = 0.02 \cdot 10 \Rightarrow \Delta H_{\alpha\xi-o\rho(1)} = 0.2\,\text{m}$

Συνεπώς: $H_{1(o\rho)} = H_{1(\alpha\xi)} - \Delta H_{\alpha\xi-o\rho(1)} = 107\,\text{m} - 0.2\,\text{m} \Rightarrow \boxed{H_{1(o\rho.)} = 105\,\text{m}}$

γ)



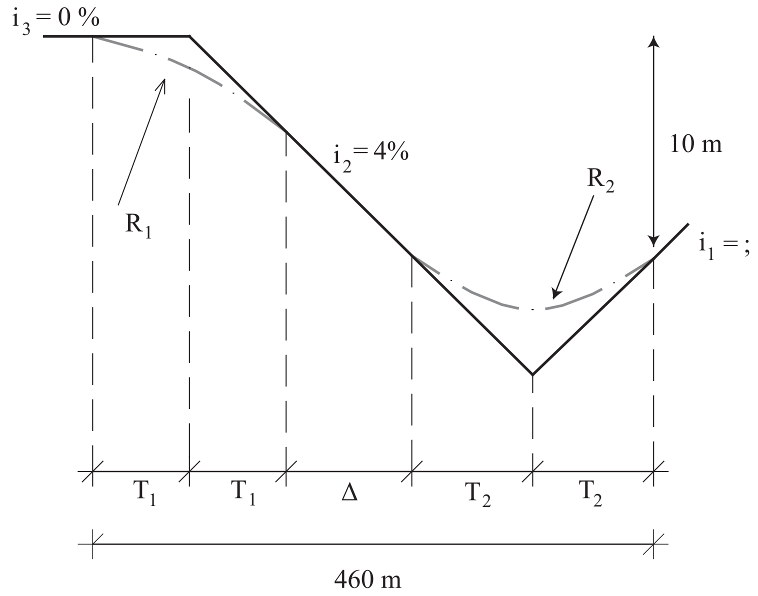
Διάγραμμα οριογραμμών

Άσκηση 2

§A.2.5: Υπολογισμός κλίσης κατακόρυφης καμπύλης

Σε ένα υπερυψωμένο πλάτωμα στη μια πλώρη αυτοκινητόδρομου πρόκειται να κατασκευαστεί σταθμός αυτοκινήτων. Η οδός προσπέλασης προς το πλάτωμα έχει μήκος 460 m και κλίση 4%, ενώ η διαφορά ύψους μεταξύ του αυτοκινητόδρομου και του υπερυψωμένου πλατώματος είναι Δh = 10 m. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ακτίνες των κυρτών και κοίλων συναρμογών είναι $R_1 = R_2 = 3650$ m ζητείται η κλίση στο τμήμα της εξόδου από τον αυτοκινητόδρομο προς το σταθμό.

Δίνεται: Δ = 113.25 m.



Μηκοτομή οδού

ΛΥΣΗ

Με βάση το σχήμα έχουμε:

$$2\cdot T_1 + 2\cdot T_2 + \Delta = 460 \text{ m} \tag{1}$$

Επίσης ισχύει:

$$T_1 = \frac{R_1}{2}\cdot(i_3 + i_2) = \frac{3650}{2}\cdot(0 + 0.04) \Rightarrow T_1 = 73 \text{ m} \tag{*}$$

$$T_2 = \frac{R_2}{2}\cdot(i_1 + i_2) = \frac{3650}{2}\cdot(0.04 + i_1) \Rightarrow T_2 = 1825\cdot(0.04 + i_1) \tag{**}$$

Μία δεύτερη σχέση που θα βοηθήσει στην εύρεση της ζητούμενης κλίσης προκύπτει από τη γνωστή υψομετρική διαφορά, δηλαδή τα 10 m, μεταξύ του αυτοκινητόδρομου και του υπερυψωμένου πλατώματος. Έτσι έχουμε:

$$(T_1 + \Delta + T_2)\cdot i_2 - T_2\cdot i_1 = 10 \text{ m} \tag{2}$$

Η (1) μέσω των (*), (**) γίνεται:

$$2\cdot 73 + \Delta + 2\cdot 1825\cdot(0.04 + i_1) = 460 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta + 3650\cdot(0.04 + i_1) = 314 \Rightarrow \Delta + 2\cdot T_2 = 314 \tag{3}$$

Η (2) μέσω των (*), (**) γίνεται:

$$\left(73 + \Delta + T_2\right)\cdot 0.04 - T_2\cdot i_1 = 10 \Rightarrow 0.04\cdot\Delta + 0.04\cdot T_2 - T_2\cdot i_1 = 7.08 \tag{4}$$

Λύνοντας το σύστημα των (3), (4) καταλήγουμε στον υπολογισμό της κλίσης:

$$\left.\begin{array}{l} 2\cdot T_2+\Delta=314 \\ 0.04\cdot\Delta+0.04\cdot T_2-T_2\cdot i_1=7.08 \end{array}\right\}\Rightarrow i_1=0.015\Rightarrow \boxed{i_1=1.5\%}$$

Άσκηση 3

§Α.2.7: Σχεδίαση Δ.Ο

Σε γωνία πολυγωνικής 120^o να εγγραφεί συμμετρική συναρμογή αποτελούμενη από μεσαίο κυκλικό τόξο μήκους 20 m και εκατέρωθεν κλωθοειδείς καμπύλες μήκους 100 m η κάθε μία. Εάν το πλάτος της οδού δύο λωρίδων είναι 8 m και η μέγιστη επίκλιση 8% να σχεδιαστεί το διάγραμμα των επικλίσεων (περιστροφή περί τον άξονα της οδού με κλίμακα σχεδίασης μηκών 1 cm = 20 m και υψών 1 cm = 20 cm).

ΛΥΣΗ

Από εκφώνηση έχουμε:

$\beta = 120^o$, $(\Omega\Omega') = 20$ m, $L = (A\Omega) = (A'\Omega') = 100$ m, $b = 8$ m, $e_{max} = 8\%$.

Με βάση τον τύπο έχουμε:

$$L=\frac{b\cdot e_{max}}{2\cdot k}\Rightarrow k=\frac{b\cdot e_{max}}{2\cdot L}\Rightarrow k=\frac{8\cdot 0.08}{2\cdot 100}\Rightarrow \boxed{k=\frac{1}{312.5}}$$

Επίσης ισχύει:

$$(A\Omega\Omega'A') = (A\Omega) + (\Omega\Omega') + (\Omega'A') = 100 + 20 + 100 \Rightarrow \boxed{(A\Omega\Omega'A') = 220 \text{ m}}$$

Όμως:

$$\left(A'\Omega\Omega'A'\right)=R\cdot\frac{\pi}{200}\cdot\left(200^g-\beta\right)+L\Rightarrow (A\Omega\Omega'A')=R\cdot\frac{\pi}{180}\cdot(180^o-\beta)+L\Rightarrow$$

$$\Rightarrow 220=R\cdot\frac{\pi}{200}\cdot(180^o-120^o)+100\Rightarrow \boxed{R = 114.60 \text{ m}}$$

Οπότε:

$$\varepsilon=\frac{L^2}{24\cdot R}=\frac{100^2}{24\cdot 114.60}\Rightarrow \varepsilon=3.64\text{m}$$

Έτσι:

$$KA=(R+\varepsilon)\cdot\cot\frac{\beta}{2}+\frac{L}{2}=(114.60+3.64)\cdot\cot 60^o+50\Rightarrow \boxed{KA = 118.27 \text{ m}}$$

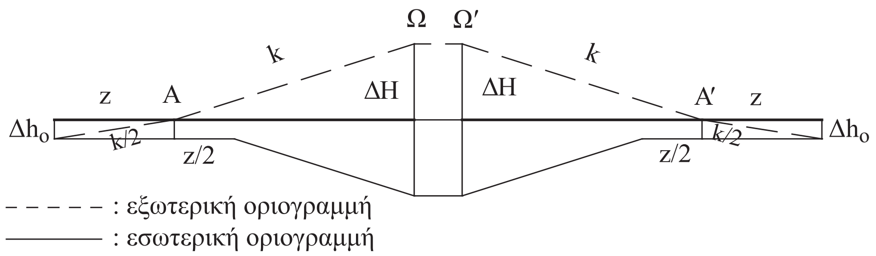
Τέλος αφού δεν υπάρχει λόγος για χρήση των μισών z δηλαδή αυτών που υπολογίζονται με 2k στον παρονομαστή, γιατί δεν αναφέρεται σε κανένα σημείο της εκφώνησης «ελάχιστο ευθύγραμμο τμήμα μεταξύ των συναρμογών», βρίσκουμε το z που πρέπει:

$$z = \frac{b \cdot e_o}{k} = \frac{8 \cdot 0.02}{\frac{1}{312.5}} \Rightarrow \boxed{z = 50\ m}$$

Χρήσιμα στοιχεία για την κατασκευή του διαγράμματος των επικλίσεων είναι τα παρακάτω:

$$\Delta h_o = \frac{b \cdot e_o}{2} = \frac{8 \cdot 0.02}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta h_o = 0.08\ m}$$

$$\Delta H = \frac{b \cdot e_{max}}{2} = \frac{8 \cdot 0.08}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta H = 0.32\ m}$$

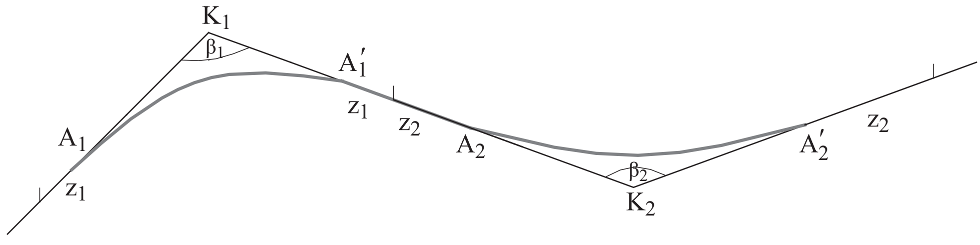


Διάγραμμα οριογραμμών

Άσκηση 4

§Α.2.7: Σχεδίαση Δ.Ο. και ευθυγραμμιών - καμπυλών

Δίνεται η πολυγωνική του σχήματος. Στην κορυφή K_1 εγγράφεται αμφικλωθοειδής κορυφής ενώ στην κορυφή K_2 αμφικλωθοειδής με στοιχεία $R = 72$ m και $\varepsilon = 3.0$ m. Μεταξύ των δύο καμπύλων υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα μήκους $A_1'A_2 = 40$ m.



Οριζοντιογραφία

Ζητούνται:

α) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα ευθυγραμμιών – καμπυλών με κλίμακα $1:2000$ για τα μήκη και κατάλληλη για τα ύψη.

β) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα επικλίσεων με κλίμακα $1:2000$ για τα μήκη και κατάλληλη για τα ύψη.

Δίνονται επίσης: $K_1K_2 = 206.63$ m, $b = 8$ m, $e_{max} = 8$ %, $\beta_1 = 120^o$, $\beta_2 = 90^o$.

ΛΥΣΗ

Κορυφή K_1

Αφού αναφέρεται στην εκφώνηση ότι στην κορυφή K_1 εγγράφεται αμφικλωθοειδής κορυφής αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει μεσαίο κυκλικό τόξο δηλαδή το μήκος του είναι: $(\Omega_1\Omega_1') = 0$.

Κορυφή K_2

Από τον τύπο που ακολουθεί βρίσκεται το μήκος της κλωθοειδούς L:

$$\varepsilon = \frac{L^2}{24\cdot R} \Rightarrow L_2 = \sqrt{24\cdot\varepsilon\cdot R} = \sqrt{24\cdot 3\cdot 72} \Rightarrow \boxed{L_2 = 72\text{ m}}$$

Επίσης:

$$K_2A_2 = K_2A_2' = (R+\varepsilon)\cdot\cot\frac{\beta_2}{2} + \frac{L_2}{2} = (72+3)\cdot\cot\frac{90^0}{2} + \frac{72}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{K_2A_2 = K_2A_2' = 111\text{ m}}$$

Ακόμη:

$$L_2 = \frac{b\cdot e_{max}}{2\cdot k_2} \Rightarrow k_2 = \frac{b\cdot e_{max}}{2\cdot L_2} = \frac{8\cdot 0.08}{2\cdot 72} \Rightarrow k_2 = \frac{1}{225}$$

Αφού δεν αναφέρεται στην εκφώνηση τίποτα για ελάχιστο ευθύγραμμο τμήμα $A_1'A_2$ υπολογίζουμε το z με k στον παρονομαστή.

Συνεπώς:

$$z = \frac{b\cdot e_0}{k_2} = \frac{8\cdot 0.02}{\frac{1}{225}} \Rightarrow \boxed{z_2 = 36\text{ m}}$$

Οπότε επειδή έχουμε τις παρακάτω τρεις σχέσεις προσδιορίζουμε το z_1.

$$\left.\begin{array}{l} A_1'\ A_2 = z_1 + z_2 \\ A_1'\ A_2 = 40\text{m} \\ z_2 = 36\text{m} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{z_1 = 4\text{ m}}$$

Όμως:

$$\left.\begin{array}{l} K_1K_2 = K_1A_1' + z_1 + z_2 + K_2A_2 \\ K_1K_2 = 206.63\text{ m} \\ z_2 = 36\text{ m},\ \ z_1 = 4\text{ m} \\ K_2A_2 = 111\text{ m} \end{array}\right\} \Rightarrow K_1A_1' = K_1K_2 - z_1 - z_2 - K_2A_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{K_1A_1' = 55.63\text{ m}}$$

Επίσης επειδή:

$$\left.\begin{array}{l} z_1 = 4\text{m} \\ z_1 = \dfrac{b\cdot e_0}{k_1} \end{array}\right\} \Rightarrow k_1 = \frac{b\cdot e_0}{z_1} = \frac{8\cdot 0.02}{4} \Rightarrow k_1 = \frac{1}{25}$$

Άρα:

$$L_1 = \frac{b\cdot e_{max}}{2\cdot k_1} = \frac{8\cdot 0.08}{2\cdot \dfrac{1}{25}} \Rightarrow \boxed{L_1 = 8\text{ m}}$$

Όμως:

$$A_1A_1' = A_1\Omega_1 + \Omega_1\Omega_1' + \Omega_1' A_1' = 2\cdot L_1 \Rightarrow \boxed{A_1A_1' = 16\text{ m}}$$

Το μήκος του κυκλικού τόξου $(\Omega_2\Omega_2')$ βρίσκεται ως εξής:

$$(A_2\Omega_2\Omega_2' A_2') = R\cdot\frac{\pi}{200}\cdot(200-\beta) + L = 72\cdot\frac{\pi}{200}\cdot(200-100^g) + 72 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{(A_2\Omega_2\Omega_2'A_2') = 185.10\text{ m}}$$

$$(\Omega_2\Omega_2') = (A_2\Omega_2\Omega_2'A_2') - 2\cdot L_2 = 185.10 - 2\cdot 72 \Rightarrow \boxed{(\Omega_1\Omega_1') = 41.10\text{ m}}$$

Η ακτίνα R_1 υπολογίζεται ως εξής:

$$\beta_1 + 2\cdot r_1 = \pi \Rightarrow r_1 = \frac{\pi-\beta_1}{2} = \frac{\pi - \dfrac{2\pi}{3}}{2} = \frac{\pi}{6} \Rightarrow r_1 = 0.524^{rad}$$

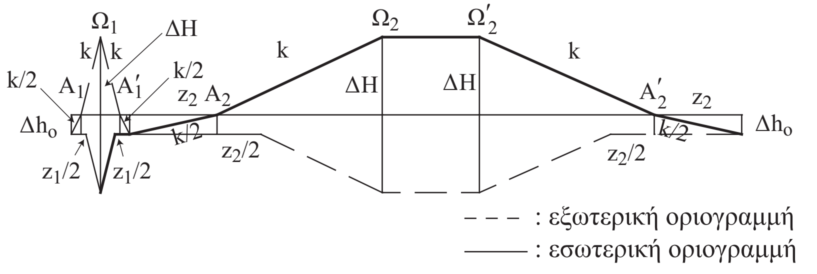
$$r_1 = \frac{L_1}{2\cdot R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{L_1}{2\cdot r_1} = \frac{8}{2\cdot 0.524} \Rightarrow \boxed{R_1 = 7.63\text{ m}}$$

Τέλος για το διάγραμμα οριογραμμών έχουμε:

$$\Delta h_0 = \frac{b\cdot e_0}{2} = \frac{8\cdot 0.02}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta h_o = 0.08\text{ m}}$$

$$\Delta H = \frac{b\cdot e_{max}}{2} = \frac{8\cdot 0.08}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta H = 0.32\text{ m}}$$

α)



Διάγραμμα οριογραμμών

β) 

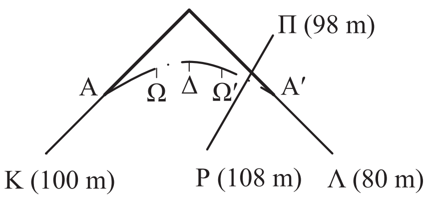
K_1	**K_2**
$\beta_1 = 120^o$	$\beta_2 = 90^o$
$R_1 = 15.3$ m	$R_2 = 72$ m

Διάγραμμα ευθυγραμμιών - καμπυλών

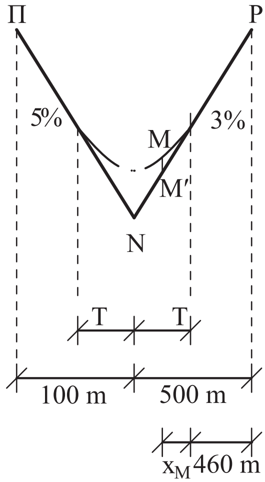
Άσκηση 5

§Α.2.5: Εύρεση απόστασης σε μηκοτομή

Η οδός ΚΛ κατέρχεται από το Κ προς το Λ με ενιαία κατά μήκος κλίση i και διασταυρώνεται ανισόπεδα στο σημείο Μ με την οδό ΠΡ. Η οδός ΠΡ περνά πάνω από την ΚΛ. Επίσης η οδός ΠΡ κατέρχεται από το Π με κλίση 5% και από το Ρ με κλίση 3%. Η ακτίνα συναρμογής στη μηκοτομή είναι R = 2000 m. Το ύψος της ανισόπεδης διάβασης είναι 4.6 m (από ερυθρά σε ερυθρά). Αν η εκτροπή της κλωθοειδούς είναι ε = 3.0 m και η ακτίνα της καμπύλης είναι R = 72 m, να βρεθεί η απόσταση του Μ από το σημείο Κ.



Οριζοντιογραφία



Μηκοτομή

Δίνονται ακόμη: $H_K = 100$ m, $H_\Lambda = 80$ m, $H_\Pi = 98$ m, $H_P = 108$ m.
(ΚΑ) = 116.90 m, (Α′Λ) = 200.00 m, (ΠΜ) = 140.00 m,
(ΜΡ) = 460.00 m, γωνία πολυγωνικής: $\beta = 90^0$.

ΛΥΣΗ

Αφού η οδός ΠΡ κατέρχεται από το Π με κλίση 5% και από το Ρ με κλίση 3% κατασκευάζουμε το ανάλογο σχήμα. Ισχύει:

$$T = \frac{R}{2} \cdot (i_1 + i_2) = \frac{2000}{2} \cdot (0.05 + 0.03) \Rightarrow \boxed{T = 80\text{ m}}$$

Για να βρούμε την απόσταση του σημείου Μ από το σημείο Κ έχουμε:

$$ΚΛ = ΚΜ + ΜΛ \Rightarrow ΚΜ = ΚΛ - ΛΜ$$

Την απόσταση ΚΛ τη βρίσκουμε από το άθροισμα που ακολουθεί:

ΚΛ = ΚΑ + ΑΑ′ + Α′Λ, όπου άγνωστο είναι το ΑΑ′.

Από τον τύπο που ακολουθεί βρίσκουμε το μήκος της κλωθοειδούς L:

$$\varepsilon = \frac{L^2}{24 \cdot R} \Rightarrow L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \varepsilon} = \sqrt{24 \cdot 72 \cdot 3} \Rightarrow \boxed{L = 72\ m}$$

Έτσι:

$$AA' = R \cdot \frac{\pi}{200} \cdot (200 - \beta) + L = 72 \cdot \frac{\pi}{200} \cdot (200 - 100) + 72 \Rightarrow \boxed{AA' = 185.10\ m}$$

Άρα:

$$ΚΛ = ΚΑ + ΑΑ' + Α'Λ = 116.90 + 185.10 + 200 \Rightarrow \boxed{ΚΛ = 502\ m}$$

Η κλίση της οδού ΚΛ η οποία κατέρχεται από το Κ μέχρι το Λ με ενιαία κατά μήκος κλίση που είναι:

$$i = \frac{H_K - H_\Lambda}{(K\Lambda)} = \frac{100 - 80}{502} \Rightarrow i = 0.04 \Rightarrow \boxed{i = 4\%}$$

Για να βρω που γίνεται η αλλαγή κλίσης της οδού ΠΡ επιλύω το παρακάτω σύστημα:

$$\left.\begin{aligned} 0.05 &= \frac{H_\Pi - H_N}{(\Pi N)} = \frac{H_\Pi - H_N}{x} \\ 0.03 &= \frac{H_P - H_N}{(PN)} = \frac{H_P - H_N}{600 - x} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{H_N = 93\ m,\ \ x = 100\ m}$$

Ακολούθως βρίσκω το υψόμετρο του σημείου Μ στη μηκοτομή:

$$i_2 = \frac{H_P - H_{M'}}{(PM')} \Rightarrow 0.03 = \frac{108 - H_{M'}}{460} \Rightarrow \boxed{H_{M'} = 94.20\, m}$$

Στη συναρμογή το υψόμετρο του σημείου Μ θα είναι:

$$H_{M(K\Lambda)} = H_{M'} + y_{M'} = 94.20 + \frac{x_M^2}{2R} = 94.20 + \frac{(T - MN)^2}{2R} =$$

$$= 94.20 + \frac{[T - (PN - MP)]^2}{2R} = 94.20 + \frac{(80 - 40)^2}{2R} \Rightarrow \boxed{H_M = 94.60\ m}$$

Επειδή η ΠΡ περνά πάνω από την ΚΛ κατά 4.60 m το H_M στην ΚΛ είναι:

$$H_{M(K\Lambda)} = H_{M(\Pi P)} - 4.60 = 94.60 - 4.60 \Rightarrow \boxed{H_{M(K\Lambda)} = 90.00\ m}$$

Έτσι:

$$i_{K\Lambda} = \frac{H_M - H_\Lambda}{(M\Lambda)} \Rightarrow (M\Lambda) = \frac{H_M - H_\Lambda}{i_{K\Lambda}} = \frac{90.00 - 80.00}{0.04} \Rightarrow \boxed{(M\Lambda) = 250\ m}$$

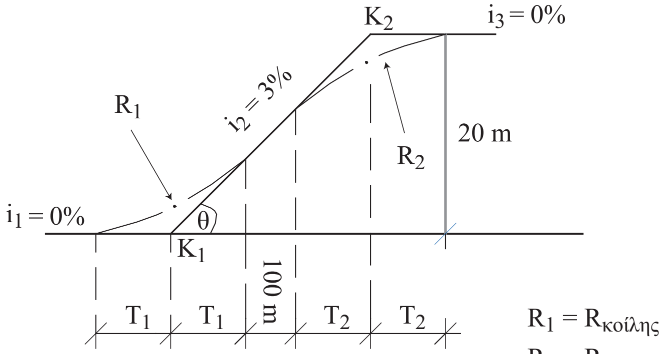
Οπότε τελικά:

$$KM = K\Lambda - \Lambda M = 502 - 250 \Rightarrow \boxed{KM = 252\ m}$$

Άσκηση 6

§Α.2.5: Υπολογισμός στοιχείων μηκοτομής

Δίνεται η μηκοτομή του σχήματος και ζητείται να υπολογισθούν τα στοιχεία των κατακόρυφων συναρμογών όταν μεταξύ αυτών υπάρχει ευθύγραμμο τμήμα μήκους 100 m και ισχύει: $\dfrac{R_{κυρτής}}{R_{κοίλης}} = 1.5$.



Μηκοτομή

ΛΥΣΗ

Ισχύει:

$$T_1 = \frac{R_1}{2} \cdot (0 + i_2) = \frac{R_1}{2} \cdot (0 + 0.03) \Rightarrow T_1 = 0.015 \cdot R_1 \quad (1)$$

$$T_1 = \frac{R_2}{2} \cdot (i_2 + 0) = \frac{R_2}{2} \cdot (0.03 + 0) \Rightarrow T_2 = 0.015 \cdot R_2 \quad (2)$$

Επίσης έχουμε ως δεδομένο:

$$\frac{R_{κυρτ.}}{R_{κοιλ.}} = 1.5 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1.5 \Rightarrow R_2 = 1.5 \cdot R_1 \quad (3)$$

Επίσης:

$$i_2 = \frac{\Delta H}{T_1 + 100 + T_2} \Rightarrow 0.03 = \frac{20}{T_1 + 100 + T_2} \quad (4)$$

Η (2) μέσω της (3) γίνεται :

$$\left.\begin{array}{l} T_2 = 0.015 \cdot R_2 \\ R_2 = 1.5 \cdot R_1 \end{array}\right\} \Rightarrow T_2 = 0.0225 \cdot R_1 \qquad (5)$$

Έτσι η (4) μέσω της (1) και της (5) γίνεται :

$$0.03 = \frac{20}{0.015 \cdot R_1 + 0.0225 \cdot R_1 + 100} \Rightarrow \boxed{R_1 = 15111.11 \text{ m}}$$

Επομένως από την (3) προκύπτει:

$$\boxed{R_2 = 22666.66 \text{ m}}$$

Ακόμη από την (1) και (2) έχουμε:

$$\boxed{T_1 = 226.66 \text{ m}} \quad \text{και} \quad \boxed{T_2 = 340 \text{ m}}$$

Τέλος:

$$\delta_1^2 = \frac{T_1^2}{2 \cdot R_1} \Rightarrow \boxed{\delta_1 = 1.70 \text{ m}}$$

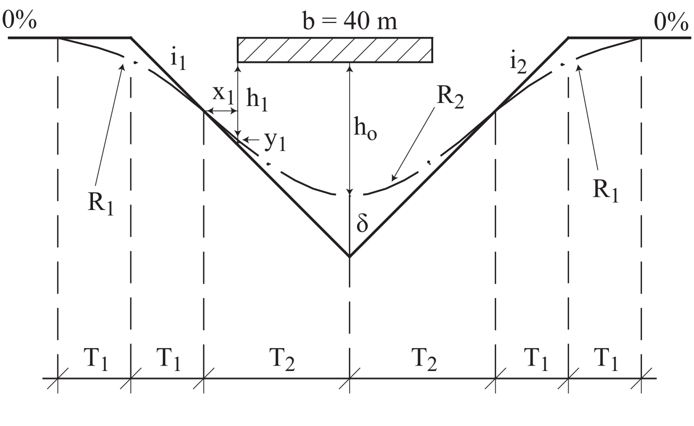
$$\delta_2^2 = \frac{T_2^2}{2 \cdot R_2} \Rightarrow \boxed{\delta_2 = 2.55 \text{ m}}$$

Άσκηση 7

§Α.2.5: Υπολογισμός σημείου αλλαγής κλίσης και απόστασης

Οδός διέρχεται κάτω από σιδηροδρομική γέφυρα όπως φαίνεται στο σχήμα.

Να βρείτε που γίνεται η αλλαγή κλίσης και την απόσταση του άκρου της γέφυρας από την κατά μήκος συναρμογή.



Δίνονται: $R_1 = R_2 = 1500$ m, $h_o = 4.50$ m, b = 40 m, $i_1 = i_2 = i$.