

Τροποποιημένη AASHO

Είδαμε την τροποποίηση για το ρ_{si} , που έγινε $\Delta\rho_{si}$.

Είδαμε την εισαγωγής στατιστικών παραμέτρων: όσο πιο αξιόπιστη θέλουμε να είναι η διαστασιολόγησή μας (πχ αύξηση του R από το 90% στο 95%), προφανώς τόσο πιο μεγάλο θα είναι ο υπολογιζόμενος SN του οδοστρώματος.

Αντίστοιχα, όσο πιο 'συνεκτικά' είναι τα στατιστικά δεδομένα των δειγματοληψιών που έχουμε για ανεξάρτητες τις ανεξάρτητες μεταβλητές μας, τόσο θα μικραίνει ο SN. Αν, για παράδειγμα έχουμε ένα ομοιόμορφο έδαφος, χωρίς μεγάλες αποκλίσεις των μηχανικών του ιδιοτήτων από δειγματοληψία σε δειγματοληψία, τότε το s της ανάλυσης θα είναι μικρό. Αν, αντίθετα, αλλού έχει καλή μηχανική συμπεριφορά, αλλού οι δείκτες που την εκφράζουν είναι πολύ διαφορετικοί, θα προκύψει υψηλό s . Όσο υψηλότερο το s , τόσο μεγαλύτερος ο SN.

Αυτό προκύπτει από το πόσο ψηλότερα στην 2^η γραμμή T_L βγαίνουμε.

Οι κφ προκύπτουν πάλι με συνολικούς SA, χωρίς καμιά δέσμευση για τη διάρκεια ζωής.

Η μηχανική συμπεριφορά του εδάφους, προκύπτει πλέον με έναν υπαρκτό δείκτη, τον M_R και όχι με ένα βοηθητικό μέγεθος (το S). Υπάρχει και τύπος που το συνδέει απευθείας με το CBR του εδάφους (άσκηση).

Η επιρροή της υγρασίας αποτιμάται αναλυτικότερα, μέσω των συντελεστών m_i κάθε στρώσης, σε σύγκριση με την τιμή R της αρχικής μεθόδου AASHO.

Στο βασικό νομογράφημα δίνεται και ο αναλυτικός τύπος υπολογισμού του SN στον οποίο κατέληξε η AASHO.

Άσκηση 1^η

Η λωρίδα σχεδιασμού ενός αυτοκινητοδρόμου προβλέπεται να δεχθεί στην περίοδο μελέτης των 20 ετών 15×10^6 ισοδύναμα φορτία μονού τροχού (ESAL).

Η οδός θα θεμελιωθεί σε υπέδαφος με CBR=6.

Η δομή του οδοστρώματος θα απαρτίζεται από τις ακόλουθες στρώσεις:

- . Επιφανειακή ασφαλτική στρώση με $M_r = 340.000$ psi
- . Βάση από θραυστό λίθινο υλικό με CBR=85
- . Αμμοχαλικώδη υπόβαση με CBR=24

Να δοθούν εναλλακτικές λύσεις για το πάχος των στρώσεων, θεωρώντας ότι $\Delta PSI=2$, $m_2=m_3=1,2$ και η αξιοπιστία και τυπική απόκλιση θα έχουν τιμές $R=95\%$ και $S=0,35$ αντίστοιχα.

Λύση

Τα R (αξιοπιστία), s (τυπική απόκλιση) και m (για κάθε στρώση) μας καθοδηγούν στην τροποποιημένη AASHO.

Επιλέγουμε το βασικό νομογράφημα, (το 12.19).

Σημειώνουμε τους ITA.

Αρχίζουμε από R, s . Πρόκειται ακριβώς για την πρότυπη γραμμή.

Πάμε έως τη γραμμή αναφοράς.

Σχολιασμός μεταβολής για πιο αξιόπιστη ανάλυση είτε ανάλυση με μικρότερη τυπική απόκλιση των δεδομένων της.

Μετά σπάμε για τους ITA. Στην άσκηση οι ITA είναι 15 εκ. ενώ η τυποποιημένη γραμμή είναι στα 5 εκ. Συνεπώς, φέρνουμε άλλη γραμμή.

Θα πρέπει να βρούμε το CBR=6 του εδάφους σε τι M_r αντιστοιχεί.

Υπάρχει τύπος που συνδέει αυτά τα 2 και είναι ο **$M_r = 1500 \times CBR$** , οπότε $6 \times 1500 = 9000$, τιμή $M_r = 9$.

Με βάση το ότι το $\Delta\rho_{si} = 2$, προκύπτει $SN = 4.7$.

Σχολιασμός του πώς επηρεάζει η τιμή του $\Delta\rho_{si}$ την τιμή του SN.

Τώρα, θα πρέπει, όπως στην απλή μέθοδο AASHO να κατανοηθεί αυτός ο SN στις διάφορες συστατικές στρώσεις με βάση τα χαρακτηριστικά τους που δίνονται στην εκφώνηση.

Η βασική εξίσωση είναι (πλέον) η $SN = a_1 d_1 + a_2 m_2 d_2 + a_3 m_3 d_3$ (άσφαλτος – βάση – υπόβαση).

Θα πρέπει πρώτα να υπολογιστούν τα a και m .

a_1 (σχήμα 1) = 0,38, a_2 (σχήμα 2) = 0,135, και a_3 (σχήμα 3) = 0,1,

Αν εφαρμόσουμε θα έχουμε:

$$4,7 = 0,38d_1 + 0,135 \times 1,2d_2 + 0,1 \times 1,2d_3 \rightarrow 4,7 = 0,38d_1 + 0,168d_2 + 0,12d_3$$

Προσοχή, τα m θα μπορούσαν να δίνονται περιγραφικά, οπότε θα έπρεπε να τα υπολογίσουμε εμείς. Και εδώ πάλι έχουμε ανάλυση με πολλές εναλλακτικές λύσεις και κριτήρια τα ελάχιστα πάχη. Είτε μπορεί να εφαρμοστεί η λογική της προστασίας της υποκείμενης στρώσης της απλής AASHO.

Επίσης προσοχή στις ίντσες.

Ας δούμε 4 ίντσες ασφαλτος και από 8 ίντσες βάση και υπόβαση (που αποτελούν το τυπικό οδόστρωμα) τι δίνουν.

$$4 \times 0,38 + 0,168 \times 8 + 0,12 \times 8 = 3,824. \text{ Υπολειπόμαστε αρκετά.}$$

Οι φόρτοι προδιαθέτουν για σημαντικό δρόμο, διότι είναι μεγάλοι. Άρα πάμε για 3 στρώσεις ασφαλτοτάπητα 15cm δηλαδή 6 ίντσες.

$$6 \times 0,38 + 0,168 \times 8 + 0,12 \times 8 = 4,584. \text{ Υπολειπόμαστε λίγο.}$$

Πλέον δεν θα είμαστε δέσμιοι των πολλαπλασίων των 5 εκ για ασφαλτομίγματα και των 10 για κοκκώδεις στρώσεις των Οδοστρωμάτων I, διότι θα κυριαρχήσει η οικονομία. Θα έχουμε πολλαπλάσια του εκατοστού για τα ασφαλτομίγματα (πχ 5 και 6 εκ) και των 5 εκατοστών για τις κοκκώδεις στρώσεις.

Άρα 16 εκ ασφαλτομίγμα είναι $16/2,54 = 6,3$ ίντσες και εφαρμόζοντας

$$6,3 \times 0,38 + 0,168 \times 8 + 0,12 \times 8 = 4,698. \text{ Είμαστε OK.}$$

Αλλά μια ολοκληρωμένη ανάλυση απαιτεί και κοστολόγηση. Μια ολοκληρωμένη ανάλυση θα έχει ως στόχο να βρεθούμε ακριβώς στο απαιτούμενο SN, αλλά παράλληλα και να ελαχιστοποιήσουμε το κόστος. Συνεπώς, χρειάζονται και στοιχεία κόστους για ασφαλτοτάπητα, βάση και υπόβαση. Έστω ότι είναι c_x τα κόστη. Θα πρέπει να έχουμε ως στόχους:

$$a_1 d_1 + a_2 m_2 d_2 + a_3 m_3 d_3 = 0,99 SN \text{ και ταυτόχρονα ελαχιστοποίηση του } c_1 a_1 d_1 + c_2 a_2 m_2 d_2 + c_3 a_3 m_3 d_3$$

Ένας πολύ αδρομερής κανόνας κόστους, για ίσα πάχη είναι πως ισχύει: υπόβαση/βάση/ασφαλτοτάπητας: 1/1,25/5.

Συνεπώς, η λύση 16/20/20 είναι ακριβή διότι κοστίζει: $16 \times 5 + 20 \times 1,25 + 20 \times 1 = 125$ μονάδες κόστους.

Είναι ακριβή, διότι δώσαμε έμφαση στο να προσεγγίσουμε το $SN=4,7$ μέσω του ευκολότερου δρόμου, της αύξησης του πάχους της ισχυρότερης στρώσης, του ασφαλτοτάπητα.

Η σχέση κόστους ασφαλτοτάπητας προς βάση είναι $5/1,25=4$, ενώ η απόδοσή τους ως προς την αντοχή (και τη συνεισφορά τους στο χτίσιμο της τιμής του SN) είναι $0,38/0,168=2,26$, άρα δεν συμφέρει. Η σχέση κόστους βάσης/υπόβασης είναι 1,25 και αντοχής τους $0,168/0,12=1,4$. Άρα συμφέρει να 'δώσω' αντοχή στο οδόστρωμα μέσω της βάσης, Κρατώ τα στάνταρ πάχη για ασφαλτοτάπητα και υπόβαση (για να μη μου προκύψει ανισορροπία στο οδόστρωμα), σε εκατοστά 10 και 20, σε ίντσες 4 και 8 και επιλύω ως προς το πάχος της βάσης.

Δηλαδή: $4 \times 0,38 + 8 \times 0,12 = 2,48$. Χρειάζομαι ακόμα $4,7 - 2,48 = 2,22 SN$, αυτό θα το δώσω όλο στη φθηνότερη (αναλογικά με την δομική της απόδοση βάση) $2,22/0,168 = 13,2$ ίντσες = 33 εκατοστά βάση.

Ένα οδόστρωμα 10 εκ ασφαλτοτάπητα, 33 εκ βάσης και 20 εκ υπόβασης κοστίζει: $10 \times 5 + 33 \times 1,25 + 20 \times 1 = 111,25$ μονάδες κόστους 13% φθηνότερο από πριν (125 μονάδες κόστους).

Άσκηση 2^η

Αυτοκινητόδρομος 2X2 εκτιμάται ότι θα έχει αρχική ΕΜΗΚ (και για τις 2 κατευθύνσεις): 10.000 ΙΧ, 1000 διαξονικά φορτηγά κατά μ.ο. 8-12 και 500 τριαξονικά φορτηγά 6/12/10. Τα φορτηγά προβλέπεται να αυξάνονται 3% ετησίως.

Η οδός θα θεμελιωθεί σε υπέδαφος με CBR που κυμαίνεται από 4 ως 4,5.

Η δομή του οδοστρώματος θα απαρτίζεται από τις ακόλουθες στρώσεις:

- . Επιφανειακή ασφαλτική στρώση με $M_r = 410.000$ psi
- . Βάση από θραυστό λίθινο υλικό με $CBR = 100$
- . Αμμοχαλικώδη υπόβαση με $CBR = 40$

Και στις δύο στρώσεις, το νερό απομακρύνεται σε μια μέρα και βρίσκονται σε κορεσμό κατά μ.ο. μια μέρα κάθε μήνα.

Να εκτιμήστε εσείς τα R και s.

Με που το κατασκευάζεται ο αυτοκινητόδρομος έχει ανομαλότητα 0,5m/km, καθόλου ρωγμές και τροχαυλακώσεις. Ως οριακά αποδεκτή ποιότητα θεωρούμε όταν θα έχει ανομαλότητα 3m/km, 10% ρωγμές και την τροχαυλάκωση αστοχίας.

Αν υπάρχει περιορισμός ως προς το ύψος της κατασκευής και το συνολικό πάχος του οδοστρώματος

δεν μπορεί να υπερβαίνει τις 22 in, προτείνετε λύση.

Λύση

Πρώτα τα κυκλοφοριακά

Νομιμοποιούμαι να αγνοήσω τα IX, διότι συνεισφέρουν ελάχιστα στην καταπόνηση.

Τα 1000 διαξονικά και τα 500 τριαξονικά δίνουν SA: $1000X[(8/8,16)^4 + (12/8,16)^4] + 500X[(6/8,16)^4 + (12/8,16)^4 + (10/8,16)^4] = 1000X(0,924 + 4,677) + 500X(0,292 + 4,677 + 2,255) = 5601 + 3612 = 9213$ SA.

Προσοχή θα πρέπει να πάρω ανά κατεύθυνση και την αναλογία για την πλέον επιβαρυμένη λωρίδα. Θεωρώ ότι, αφού πρόκειται για φορτηγά το 95% θα κυκλοφορεί σε αυτήν.

$9213X0,5X0,95=4376$ η ημερήσια καταπόνηση σε SA στην βραδεία λωρίδα.

Τώρα πρέπει να εκτιμήσω τον χρόνο για τον οποίο θα πρέπει να θεωρήσω ότι θα διαρκέσει το οδόστρωμα. Παίρνω την τυπική περίοδο των 20 ετών.

Θα βρω τον συνολικό αριθμό SA στην 20ετία:

$4376 \times 365 \times ((1,03)^{20}-1)/0,03 = 4376 \times 365 \times 26,87 = 43$ περίπου εκατομμύρια

Θα πρέπει τώρα να εκτιμήσω τα R και s. Προσοχή η άσκηση μας λέει για τα R, s, άρα μας καθοδηγεί για την τροποποιημένη AASHO.

Πρόκειται για αυτοκινητόδρομο, μάλιστα με σημαντικούς φόρτους (43 εκ έναντι μέγιστου αριθμού στο νομογράφημα 50). Άρα χρειαζόμαστε υψηλή αξιοπιστία, έστω 98%.

Τα εδαφικά στοιχεία (CBR) μας δείχνου σταθερότητα ποιότητας (έστω κι αν πρόκειται για χαμηλή ποιότητα), συνεπώς εκτιμώ ότι $s=0,25$.

Τραβώ τη γραμμή ως το πρώτο TL.

Κατόπιν, για 43 εκατομμύρια SA, τη γραμμή ως το δεύτερο TL.

Τώρα θα πρέπει να σκεφθώ το $\Delta\psi_i$.

Θα πρέπει να υπολογίσω το αρχικό και το τελικό ψ_i

Για να βρούμε το ρ_a θα εφαρμόζαμε τον τύπο.

$5,03-1,9\log(1+\text{ανομαλότητα})-0,1\sqrt{(\rho\omega\gamma\mu\acute{\epsilon}\varsigma+\text{φθορές}\%)}-1,38(\text{τροχαυλάκωση σε ίντσες})^2$

Προσοχή στις μονάδες

$5,03-1,9\log(1+0,5)-0,1\sqrt{(0)}-1,38X0=4,7$

Θα βρούμε και το ρ_t .

Ποια είναι η τροχαυλάκωση αστοχίας; Αυτή που αίρει τη λειτουργία της επίκλισης (απορροή νερού), δηλαδή η βάθους 2,5 εκ = 1 ίντσας

$5,03-1,9\log(1+3)-0,1\sqrt{(10)}-1,38X1= 5,03-1,14-0,316-1,38=2,2$

Άρα $\Delta\psi_i = 4,7-2,2 = 2,5$.

Σχετικά με το έδαφος, θα πάρουμε, προφανώς το μικρότερο, το 4.

$M_r = 1500 \times \text{CBR} = 1500X4=6000$, 6 στο νομογράφημα.

Από το νομογράφημα προκύπτει ότι $SN=4,5$.

Τώρα πάμε από την άλλη πλευρά

$SN = a_1d_1 + a_2m_2d_2 + a_3m_3d_3$

Πρέπει να υπολογίσω τα a, m.

. Επιφανειακή ασφατική στρώση με $M_r= 410.000 \text{ psi} \rightarrow 0,42$

. Βάση από θραυστό λίθινο υλικό με $\text{CBR}=100 \rightarrow 0,14$

. Αμμοχαλικώδη υπόβαση με $\text{CBR}=40 \rightarrow 0,12$

Και στις δύο στρώσεις, το νερό απομακρύνεται σε μια μέρα και βρίσκονται σε κορεσμό κατά μ.ο. μια μέρα κάθε μήνα. Μία μέρα κάθε μήνα σημαίνει $1/30 = 3\%$ του χρόνου.

$\rightarrow 1,2$

Συνεπώς: $4,5 = 0,42d_1 + 0,14X1,2d_2 + 0,12X1,2d_3 \rightarrow 4,5 = 0,42d_1 + 0,168d_2 + 0,144d_3$

Μπορώ να υπολογίσω για τα ελάχιστα πάχη, για να έχω έναν οδηγό.

Επιλέγω να υπολογίσω για τυπικό οδόστρωμα 10-20-20 εκατοστών, ήτοι 4-8-8 ιντσών $0,42X4+0,168X8+0,144X8=4,18$.

Αρκετά κοντά, οπότε κοιτώ την πιο οικονομική ελάχιστη (με βάση τα πολλαπλάσια) αύξηση του πάχους. Τι είναι πιο οικονομικό, οι ασφαλικές στρώσεις να γίνουν 6 ίντσες, ή η υπόβαση 12 ίντσες. Είναι πολύ οικονομικότερο το 2°.

Συνεπώς: $0,42 \times 4 + 0,168 \times 8 + 0,144 \times 12 = 4,75$.

Με στόχο τα 4,5 έχουμε λίγο αντισοικονομική λύση, που δεν μας χαλάει αν εργοδότης μας είναι κάποια Δημόσια Υπηρεσία.

Τώρα έρχεται η εκφώνηση και λέει ότι το μέγιστο πάχος οδοστρώματος θα είναι το 22 ίντσες, δηλ $22 \times 2,5 = 55$ εκ.

Εμείς έχουμε $(4+8+12) \times 2,5 = 60$ εκ.

Άρα θα πρέπει να κατευθυνθούμε προς χαμηλότερο οδόστρωμα.

Η προφανής λύση είναι αντί για 12 ίντσες υπόβασης να παραμείνουμε στις 8 και να πάμε στις 6 ίντσες ασφαλτοτάπητα. Τότε το συνολικό πάχος θα είναι ακριβώς 55 εκ.

Ο SN θα είναι: $0,42 \times 6 + 0,168 \times 8 + 0,144 \times 8 = 5,02$.

Έχουμε σημαντική υπερδιαστασιολόγηση (5,02 ενώ θέλουμε 4,5)

Επιπρόσθετα τα 15 εκ ασφαλτοτάπητα είναι ακριβά.

Ας δοκιμάσουμε με 10 – 30 – 10 (αντί του τυπικού 10-20-20)

$0,42 \times 4 + 0,168 \times 12 + 0,144 \times 8 = 4,85$.

Μικρότερη υπερδιαστασιολόγηση, αλλά και φθηνότερο οδόστρωμα διότι τα 10 εκ βάσης είναι φθηνότερα των 5 εκ ασφαλτοτάπητα.

Ένας πολύ αδρομερής κανόνας κόστους, για ίσα πάχη είναι πως ισχύει: υπόβαση/βάση/ασφαλτοτάπητας: 1/1,25/5.

Αν δεν εφαρμόσουμε τον υποβοηθητικό κανόνα του πολλαπλασίου του 5 σε εκατοστά για τις ασφαλτοστρώσεις και του 10 για τις ασύνδετες στρώσεις (πρακτικά, αν έχουμε εργοδότη για την διαστασιολόγηση Εργολάβο), τότε μπορούμε να πάμε και εγγύτερα στον στόχο SN=4,5 (να μην το υπερβούμε καθόλου).

Κάντε το, ως εργασία, να δείτε ποιο είναι το φθηνότερο οδόστρωμα που προκύπτει, το οποίο να έχει SN=4,5, και ολικό πάχος έως 55εκ, με βάση την παραπάνω αναλογία κόστους.

Αυτό είναι το πραγματικό πρόβλημα διαστασιολόγησης που θα μας προκύψει στο ελεύθερο επάγγελμα.