

AASHTO

Ημιεμπειρική μέθοδος βάσει του εκτεταμένου πειράματος σε φυσική κλίμακα 1960-65. Από αυτό το πείραμα είχε προκύψει ο δείκτης της παρούσας λειτουργικότητας psi present serviceability index.

$5,03-1,9\log(1+\text{ανομαλότητα})-0,1V(\text{ρωγμές}+\text{φθορές}\%)-1,38(\text{τροχαυλάκωση σε ίντσες})^2$

Αρχική AASHO

Στόχος της μεθόδου είναι ο υπολογισμός του δείκτη δομικής αντοχής (Structural Number, SN) που οφείλει να έχει ένα οδόστρωμα, ανάλογα με:

Την ποιότητα στο πέρας της λειτουργικής ζωής του,

Την κυκλοφορία,

Το έδαφος και

Τις τοπικές συνθήκες

Η ποιότητα στο πέρας της ζωής του είναι συνήθως 3 ή 2,5 ή 2 ή 1,5 (ανάλογα με ...).

Διατίθενται νομογραφήματα για τελική λειτουργικότητα 2 και 2,5 (Σχ 9.18).

Το έδαφος εκφράζεται με τον δείκτη S.

Ανάλογα με το τι δεδομένα έχουμε για την αντοχή του εδάφους, προκύπτει ο δείκτης S, από το Σχ. 9.19, το οποίο λειτουργεί οριζόντια. Έτσι έχοντας CBR πχ 11, προκύπτει δείκτης S=5.

Η κυκλοφορία εκφράζεται είτε ημερησίως, είτε αθροιστικά για όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος.

Η ημερήσια έκφραση αναφέρεται σε διάρκεια ζωής 20 έτη και θα πρέπει να εκτιμηθεί μια μέση ημερήσια καταπόνηση, λαμβάνοντας υπόψη και τον συντελεστή αύξησης της κυκλοφορίας.

Η αθροιστική έκφραση δεν μας περιορίζει στην 20ετία.

Η καταπόνηση γίνεται με μετατροπή (με τον κλασικό κανόνα της 4^{ης} δύναμης) σε καταπόνηση που προκαλείται από διελεύσεις του τυπικού άξονα βάρους 18.000 lb, ή 8.160 κιλών.

Η ευθεία στο Σχ 9.18 μας δίνει τον αριθμό SN. Ο τελικός SN προκύπτει τροποποιούμενος, λαμβάνοντας υπόψη την τιμή του συντελεστή R, ο οποίος εκφράζει την επιρροή των κλιματολογικών συνθηκών. Για τιμή R=1 δεν αλλάζει η τιμή του SN. Όταν οι κλιματολογικές/αποστραγγιστικές συνθήκες είναι δυσμενείς, τότε R>1, οπότε προκύπτει μεγαλύτερο SN, ενώ όταν είναι ευνοϊκές (μη ευπαθή σε παγετό, σε μεταβολές υγρασίας, λίγες βροχές, καλή απορροή/αποστράγγιση) τότε R<1, και προκύπτει μικρότερο SN.

Τέλος ο SN θα πρέπει να αναλυθεί στις επιμέρους στρώσεις κατά τον τύπο:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3,$$

Όπου τα a είναι συντελεστές ισοδυναμίας ανάλογα με το υλικό και D τα πάχη των στρώσεων σε ίντσες.

Εφαρμογή 1η

Να διαστασιολογηθεί οδόστρωμα για 15 χρόνια επαρχιακή οδοποιία με 10 λεωφορεία τη μέρα (5-5), 100 φορτηγά (3-8), 50 βαριά φορτηγά (4-11-9) και 1000 ΙΧ (0,7-0,7). Η κυκλοφορία αναμένεται να αυξάνει 4% ετησίως. Το έδαφος έχει CBR που κυμαίνεται από 6 ως 8 και έχει μέσες προς καλές συνθήκες αποστράγγισης και μέση προς χαμηλή ευπάθεια

στην υγρασία. Τα υλικά του οδοστρώματος θα προέρχονται από παραπλήσιες κοίτες χειμάρρων και τοπικά λατομεία.

Λύση

Νομιμοποιούμε να αγνοήσω τα IX (αλλά μπορώ και να τα συνυπολογίσω, αν θέλω. Αφού όλα τα διαφορετικά οχήματα έχουν την ίδια ετήσια προσαύξηση, μπορώ να υπολογίσω εξ αρχής την μετατροπή σε SA.

$$10 \times 2 \times (5/8, 16)^4 + 100 \times (3/8, 16)^4 + 100 \times (8/8, 16)^4 + 50 \times (4/8, 16)^4 + 50 \times (11/8, 16)^4 + 50 \times (9/8, 16)^4 = 2,82 + 1,83 + 92,38 + 2,89 + 165,11 + 73,99 = 339,02$$

$339,02 \times 365 \times ((1+0,04)^{15}-1)/0,04 =$ (πάντα ο πολλαπλασιαστής συγκρίνεται με το 15, εδώ προκύπτει 20) = περίπου 2,5 εκατομμύρια SA.

Αν η διακύμανση της αντοχής του εδάφους ήταν μεγαλύτερη και αν είχαμε στοιχεία διανομής του σε μήκη, θα μπορούσαμε να κάνουμε διαφορετικές διαστασιολογήσεις για λόγους οικονομίας.

Τώρα η διακύμανση είναι μικρή και παίρνω τον μικρότερο, το 6 το οποίο δίνει $S = 4$.

Για 4 και 2,5 εκ. έχω $SN = 4$.

Το έδαφος είναι μάλλον καλό, οπότε παίρνω $R=0.75$ και προκύπτει τελικό $SN = 3,7$.

Οι μέσες συνθήκες μας δίνουν το $R=1$. Έμφαση στις άσχημες συνθήκες, γι' αυτό έως 5.

Τώρα πάμε στα υλικά κατασκευής του οδοστρώματος.

Ο ασφαλοτάπητας θα είναι με ασφατικό σκυρόδεμα (0,44), η βάση από θραυστό λατομείου (0,14) και η υπόβαση από αμμοχάλικο ποταμού (0,11).

Συνεπώς:

$$3,7 = 0,44 \times \text{Ασφ} + 0,14 \times \text{Βασ} + 0,11 \times \text{Υπόβ.}$$

Έχουμε ουσιαστικά απειρία λύσεων (ευκαμψία) αρκεί να εφαρμόσουμε τα ελάχιστα πάχη των διαφόρων στρώσεων, που εν προκειμένω είναι (ίντσες) 2 για ασφαλτο και 4 για βάση/υπόβαση.

Μία ένδειξη είναι να δούμε τι SN προκύπτει για τις ελάχιστες τιμές και πόσο ισχυρότερο είναι το οδόστρωμα που μελετάμε.

$$0,44 \times 2 + 0,14 \times 4 + 0,11 \times 4 = 1,88. \text{ Θέλουμε οδόστρωμα 2 φορές πιο ισχυρό.}$$

Ένας ακόμα παράγοντας είναι ότι καλό είναι οι στρώσεις να είναι πολλαπλάσια των 2 και 4 ιντσών.

Έτσι η απειρία λύσεων, ουσιαστικά σημαίνει 3-4 αποδεκτές λύσεις.

Ένα ακόμα κριτήριο είναι για λόγους οικονομίας να μην κάνουμε υπερδιαστασιολόγηση, να είμαστε δηλαδή ιδανικά στο 3,7 ή λίγο πάνω του.

Αν εφαρμόσουμε τις διπλάσιες στρώσεις θα έχουμε

$$0,44 \times 4 + 0,14 \times 8 + 0,11 \times 8 = 3,76, \text{ πολύ ok τιμή.}$$

Και άλλοι συνδυασμοί παχών μπορούν να δίνουν τον απαραίτητο SN, βασικό ρόλο παίζει το κόστος.

Μπορούμε, επίσης, να έχουμε στοιχεία για το CBR της στρώσης υπόβασης και βάσης. Τότε τα πάχη ορίζονται μονοσήμαντα.

Θα μπορούσαμε, για παράδειγμα, να είχαμε, ως δεδομένα, ότι το CBR της υπόβασης είναι 20 και της βάσης 75. Από το Σχήμα 9.19 προκύπτει S υπόβασης 6 και S βάσης 8.

Τώρα πάμε με βάση το $S=8$ στο νομογράφημα και έχουμε μόνο άγνωστο ότι υπέρκειται της βάσης, δηλαδή μόνο τον ασφαλοτάπητα.

Εφαρμόζοντας έχουμε $SN = 2$.

Τώρα όμως μόνο $0,44X_{\text{Ασφ}} = 2$ άρα πάχος ασφάλτου = 4,55 ίντσες, το οποίο είναι και το αναγκαίο για να προστατέψει την υποκείμενη βάση. Αν υποθέσουμε ότι ο ασφαλοτάπητας είναι σε πολλαπλάσια των 2 ιντσών, τότε θα έχουμε 6 ίντσες εφαρμογή.

Τώρα εφαρμόζουμε το βασικό νομογράφημα θεωρώντας ως έδαφος την υπόβαση ($S=6$), οπότε προκύπτει $SN = 2,5$.

Αλλά ήδη η άσφαλτος μας δίνει $0,44X_6=2,64$.

Άρα δεν χρειάζεται καθόλου βάση. Τα 15 εκ ασφάλτου θα πατάν πάνω στο αμμοχάλικο ποταμού της υπόβασης, το οποίο θα πρέπει να προσδίνει $SN = 3,7-2,64 = 1,06$.

$1,06 = 0,11X_{\text{Υποβ}} =$ άρα, πάχος υπόβασης = 9,63, δηλαδή 25 εκατοστά υπόβασης (σχόλιο)

Εφαρμογή 2^η

Σε ένα οδόστρωμα οι οριακά αποδεκτές τιμές χαρακτηρισμού ποιότητας της επιφάνειάς του είναι: συνολική ανομαλότητα ως 3000mm/km, ως 30 ρηγματώσεις και βάθος τροχαυλάκωσης ως 2,5cm. Η κυκλοφοριακή φόρτιση είναι η ίδια με πριν. Η οδός έχει μήκος 10 χλμ και διέρχεται από έδαφος μέσης στράγγισης με $CBR=6$ ως 7, εκτός συνεχόμενης περιοχής ευπαθούς κορεσμένης ιλύος με CBR κυμαινόμενο από 2,8 ως 3,5 σε περιοχή με μήκος 2χλμ. Σε όλα τα 10 χλμ του δρόμου δεν υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης φυσικού αμμοχάλικου, διότι ισχύουν πολύ αυστηροί όροι που απαγορεύουν τις αμμοληψίες. Να διαστασιοποιηθεί το οδόστρωμα.

Για να βρούμε το rt θα εφαρμόζαμε τον τύπο.

$5,03-1,9\log(1+\text{ανομαλότητα})-0,1\sqrt{(\text{ρωγμές}+\text{φθορές}\%)-1,38(\text{τροχαυλάκωση σε ίντσες})^2}$

Προσοχή στις μονάδες

$5,03-1,9\log(1+3)-0,1\sqrt{(30)-1,38X_1}=1,96$ κοντά στο 2, $rt = 2$.

Το ότι δουλεύουμε με βάση την τιμή rt μας οδηγεί στην απλή μέθοδο AASHO.

Η οδός περνάει πάνω από 2 είδη εδαφών με σημαντικά διαφορετική φέρουσα ικανότητα.

Επειδή και τα μήκη τους είναι μεγάλα θα κάνω 2 αυτοτελείς διαστασιολογήσεις, μία την ιλύ (20% του δρόμου, 2 χλμ), όπου θα πάρω το ασθενέστερο έδαφος των 2,8 και μία για τα υπόλοιπα 8 χλμ, όπου θα πάρω πάλι το ασθενέστερο έδαφος του $CBR 6$.

Για το 2,8 έχω $S=3$, ενώ για το 6 έχω $S=4$.

Η φόρτιση είναι περίπου 2,5 εκατομμύρια SA.

Για το ισχυρό οδόστρωμα έχω: SN αρχικό = 4, και για $R = 1$ προκύπτει και τελικό $SN = 4$.

Για την περιοχή του ιλυώδους εδάφους έχουμε SN αρχικό = 4,5, και για $R = 5$ προκύπτει και τελικό $SN = 6$.

Και στα 2 οδοστρώματα η εκφώνηση μας καθοδηγεί ότι δεν έχουμε φυσικό αδρανές, άρα: $4,5=0,44X_{\text{Ασφ}}+0,14X_{\text{Βασ}}$

και

$6=0,44X_{\text{Ασφ}}+0,14X_{\text{Βασ}}$.

Τηρούμαι το πολλαπλάσιο του 2 για την ασφαλική στρώση και του 4 για τις κοκκώδεις.

Η διαφορά ισχύος των 2 οδοστρωμάτων ($6-4=2$) είναι σημαντική. Αν καλύπτονταν μόνο με βάση θα απαιτούσε $2/0,14 = 14,3''$ παχύτερη βάση. Αν καλύπτονταν μόνο από

ασφαλοτάπητα θα απαιτούσε $2/0,44=4,5''$ παχύτερο τάπητα. Αν η διαφορά των 2

οδοστρωμάτων ήταν μικρή θα ήταν αποδεκτό να έχουν αμφότερα ίδιου πάχους

ασφαλοτάπητα και η διαφοροποίηση να συνέβαινε μόνο στη βάση. Εδώ όχι, θεωρούμε

δεδομένο ότι το ασθενές οδόστρωμα θα έχει και ασφαλοτάπητα και βάση παχύτερα. Οι 2''

ασφαλοτάπητα και οι 4'' βάσης, μας δίνουν $2X_0,44+4X_0,14=1,44$ μονάδες SN , μικρότερη

από την απαίτηση διαφοράς ισχύος των οδοστρωμάτων. Οι 2'' τάπητα και οι 8'' βάσης

δίνουν $2Χ0,44+8Χ0,14=2$ όση ακριβώς και η απαιτούμενη διαφορά ισχύος των οδοστρωμάτων.

Με αυτούς τους συλλογισμούς έχουμε για το ισχνό οδόστρωμα δοκιμή με 10 εκ ασφαλτοτάπητα και 30 εκ βάση, δηλαδή στον τύπο (σε ίντσες) 4 και 12:

$4Χ0,44+12Χ0,14=3,44$ ασθενές. Δοκιμάζουμε με 10 εκ ασφαλτοτάπητα και 40 εκ βάση:
 $4Χ0,44+16Χ0,14=4$.

Δοκιμάζω και το οδόστρωμα επί του ασθενούς εδάφους, κατά τα προαναφερθέντα:
 $6Χ0,44+24Χ0,14=6$.

Συνεπώς, ελλείπει φυσικού αδρανούς για υπόβαση, το ισχυρό οδόστρωμα στο ιλυώδες έδαφος θα αποτελείται από 60 εκ βάσης και 15 εκ ασφαλτοτάπητα, ενώ το ασθενέστερο Από 40 εκ βάσης και 10 εκ ασφαλτοτάπητα.

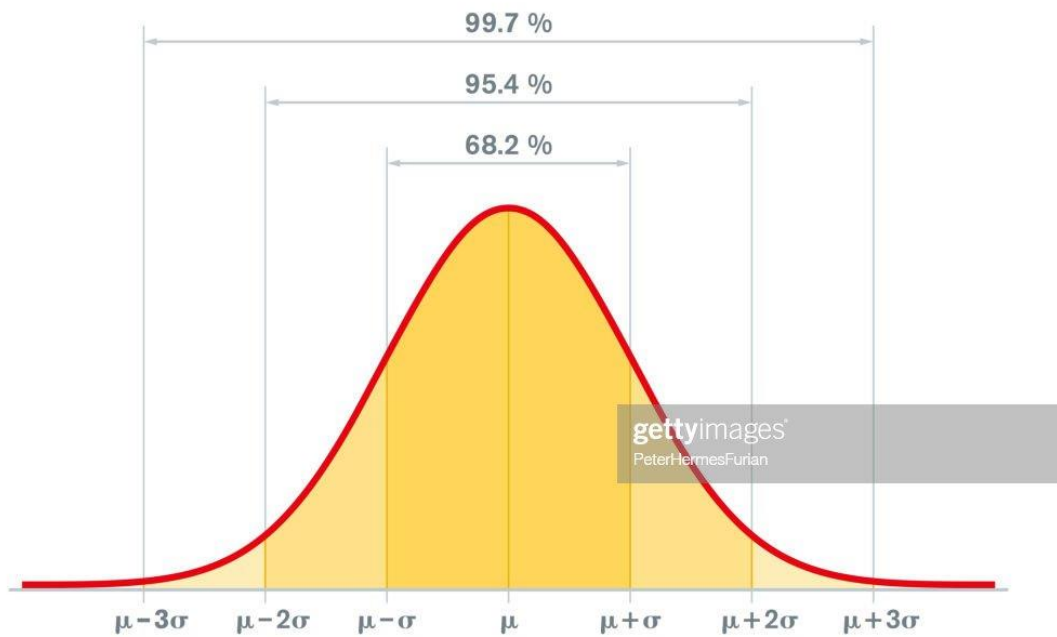
Η μέθοδος AASHO έχει δύο μειονεκτήματα.

Το πρώτο ότι αναφέρεται σε συγκεκριμένες τελικές τιμές psi. Το καλύτερο θα ήταν αν έμπαινε στους υπολογισμούς παραμετρικά το Δpsi δηλαδή, το πόσο πέφτει το psi κατά τη διάρκεια της ζωής του οδοστρώματος. Έτσι, για παράδειγμα, αν ένα οδόστρωμα με το που παραδίνονταν στην κυκλοφορία είχε $psi = 4,8$ και η τελική αποδεκτή τιμή του ήταν 2,5, θα συνέβαινε Δpsi κατά τη διάρκεια της ζωής του $4,8-2,5=2,3$. Αυτό μας δίνει πολύ μεγαλύτερη ευκαμψία από το να είχαμε 2 μόνο νομογραφήματα για δύο μόνο τελικές τιμές psi.

Το δεύτερο είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη τις μεγάλες αβεβαιότητες της ανάλυσης. Στη διαστασιολόγηση οδοστρωμάτων υπεισέρχονται αβεβαιότητες πρώτα και κύρια λόγω του εκτεταμένου του έργου και της συνακόλουθης αποτίμησης της μηχανικής συμπεριφοράς όλου της υποκείμενης εδαφικής λωρίδας.

Επίσης, υπεισέρχονται αβεβαιότητες σχετικές με τον υπολογισμό των φ.κ., αλλά ακόμα και κάποιες σχετικά με την ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών του οδοστρώματος. Σε κάθε ανάλυση με αβεβαιότητες, θα πρέπει να γνωρίσουμε ποια είναι η αξιοπιστία των υπολογισμών και των εκτιμήσεων που κάνουμε και ποια είναι το σφάλμα (εκφράζεται στη μέθοδο ως τυπική απόκλιση). Αν θέλουμε υψηλή αξιοπιστία, ουσιαστικά θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερους συντελεστές ασφαλείας. Η αξιοπιστία εκφράζεται % της βεβαιότητας ότι δεν έχουν υπεισέλθει λάθη. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη η αξιοπιστία τόσο ισχυρότερο το οδόστρωμα. Μια τυπική τιμή αξιοπιστίας είναι η 95%, αλλά για αυτοκινητοδρόμους μπορεί να χρησιμοποιηθεί το 99% και για επαρχιακή οδοποιία το 90%.

Αντίστοιχης φύσης είναι και η τυπική απόκλιση. Εντός εύρους μιας τυπικής απόκλισης από τη μέση τιμή βρίσκεται το 68% των δειγμάτων, εντός εύρους 2 τυπικών αποκλίσεων το 95,5% και εντός 3 το 99,8.



1213863214

Η τυπική απόκλιση θα πρέπει να σχετικοποιηθεί, δηλαδή μας ενδιαφέρει το πηλίκο της σε σχέση με την μέση τιμή. Έτσι μια τέτοια τιμή 0,4 σημαίνει ότι έχουμε ικανό αριθμό δειγμάτων κοντά στη μέση τιμή, ώστε η τυπική απόκλιση δια τη μέση τιμή να είναι 0,4. Αν τα δεδομένα είχαν μεγαλύτερη διασπορά ως προς τη μέση τιμή, τότε θα αύξανε η τυπική απόκλιση πχ θα είχαμε 0,6.

Η αρχική μέθοδος AASHO έχει καταλήξει στην τροποποιημένη AASHO (αλλιώς AASHTO) στην οποία λαμβάνονται υπόψη οι 2 παραπάνω παράμετροι. Τροποποιούνται και κάποια ακόμα στοιχεία της ανάλυσης, όπως θα φανεί παρακάτω.

Η αρχική AASHO είναι γνωστή και ως μέθοδος του 1972, ενώ η τροποποιημένη του 1986.