

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΜΕ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ. Μία εισαγωγική περιγραφή

Οι ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ αποτελούν ένα σύνολο δέκα ευρωπαϊκών κανονισμών για το σχεδιασμό και τη μελέτη έργων Πολιτικού Μηχανικού (σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα, σχεδιασμός σύμμικτων κατασκευών κ.λπ). Με το Γεωτεχνικό σχεδιασμό ασχολείται ο ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ7 (EC7).

Ο EC7 απαιτεί τον έλεγχο δύο οριακών καταστάσεων:

1) Την Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ULS: Ultimate Limit State)

Αποφυγή δημιουργίας «δυσμενών καταστάσεων» που αφορούν υπέρβαση αντοχής κάποιου στοιχείου ή του συνόλου του έργου.

Περιλαμβάνονται περιπτώσεις: α) απώλειας **ισορροπίας** του φορέα ή του εδάφους ως στερεό σώμα (π.χ. ανατροπή τοίχου αντιστήριξης). Συμβολίζεται με τα λατινικά γράμματα EQU που είναι τα τρία πρώτα γράμματα της λέξης: equilibrium=ισορροπία), β) Αστοχία ή υπερβολική παραμόρφωση του φορέα/δομικών στοιχείων (π.χ. αστοχία δομικού στοιχείου). Συμβολίζεται με τα γράμματα STR: structural=κατασκευαστικός, γ) Αστοχία του εδάφους ή υπερβολική παραμόρφωσή του. Συμβολίζεται με τα γράμματα GEO.:geotechnical= γεωτεχνικός, δ) Απώλεια ισορροπίας του φορέα ή του εδάφους από ανύψωση λόγω άνωσης. Συμβολίζεται με τα γράμματα UPL: uplift=ανύψωση και ε) Υδραυλική ανύψωση λόγω διήθησης/διάβρωσης/διασολήνωσης. Συμβολίζεται με τα γράμματα HYD: hydraulic= υδραυλικός.

2) Την Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (SLS:Serviceability Limit State)

Αποφυγή δημιουργίας καταστάσεων που αφορούν υπέρβαση των λειτουργικών απαιτήσεων του έργου, όπως υπερβολική καθίζηση, μετακίνηση, ρηγμάτωση, παραμόρφωση κ.λπ.

Η κατασκευή είναι εξασφαλισμένη όταν ικανοποιούνται και οι δύο έλεγχοι.

Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ULS: Ultimate Limit State)

Στην περίπτωση της Οριακής Κατάστασης Αστοχίας ο EC7 χρησιμοποιεί διαφορετικό τρόπο ελέγχου της ασφάλειας ενός τεχνικού έργου. Αντίθετα με το συνήθη (τον κλασικό τρόπο) σύμφωνα με τον οποίο ο συντελεστής ασφάλειας ορίζεται ως ο λόγος του φορτίου για το οποίο αστοχεί η κατασκευή προς το φορτίο που ασκείται πάνω του (**ενιαίος συντελεστής ασφάλειας**) ο EC7 χρησιμοποιεί περισσότερους, **επιμέρους συντελεστές ασφάλειας**: Επιδιώκεται με τον τρόπο αυτόν όπως η ασφάλεια του έργου **επιμεριστεί** σε όλες τις παραμέτρους που την καθορίζουν ανάλογα με τη σημασία και την επίδραση που έχει η κάθε μία από αυτές στο αποτέλεσμα της ασφάλειας.

Οι επιμέρους συντελεστές ασφάλειας καθορίζονται (με κρίσιμα αντικειμενικά κριτήρια: είδος έργου, είδος φόρτισης, αντιστάσεις του εδάφους, εδαφικές παράμετροι κ.λπ), κατά τρόπο ώστε οι αντιστάσεις έναντι αστοχίας που προβάλλει το έδαφος (φέρουσα ικανότητα) να εισάγονται μειωμένες κατά τον υπολογισμό τους, ενώ αντίθετα τα φορτία που δρουν πάνω στην κατασκευή να προσδιορίζονται (με ανάλογο αντικειμενικό τρόπο) αυξημένα.

Η κατασκευή είναι ασφαλής όταν οι μειωμένες με τους επιμέρους συντελεστές ασφάλειας αντιστάσεις του εδάφους είναι τουλάχιστον ίσες ή μεγαλύτερες από τα αυξημένα, με τους κατάλληλους επιμέρους συντελεστές, φορτία που δρουν πάνω της.

Η εφαρμογή των επιμέρους συντελεστών ασφάλειας προστατεύει την κατασκευή από δυσμενείς συνέπειες (από αστοχίες ή αντίθετα από υπερδιαστασιολογήσεις) που θα συνέβαιναν λόγω αποκλίσεων (από το πραγματικό μέγεθος) των τιμών όλων των παραμέτρων (της κάθε μιας χωριστά) που υπεισέρχονται στη γεωτεχνική ευστάθειά του: Για αποκλίσεις από το πραγματικό μέγεθος των εντάσεων που δρουν στην

κατασκευή (αλλά και για πρόσθετες επιρροές πάνω σε αυτές, όπως σταθεροποιητική δράση κ.λπ), για αποκλίσεις των τιμών των εδαφικών παραμέτρων (πηγή πληροφοριών) και για αποκλίσεις των ικανοτήτων (των αντιστάσεων) του εδάφους να αντιμετωπίσει με επάρκεια τα φορτία που δρουν πάνω του (για αποκλίσεις της φέρουσας ικανότητάς του).

Η ανάγκη εφαρμογής και των δύο παραπάνω ελέγχων οριακών καταστάσεων (ULS και SLS) προστατεύει το έργο από υπερδιαστασιολογήσεις αλλά και από αστοχίες κυρίως όσον αφορά θέματα παραμορφώσεων.

Σημείωση: Σημαντικό ρόλο κατά τον ορισμό των επιμέρους συντελεστών ασφάλειας παίζουν πρόσθετες επιρροές όπως μεταξύ άλλων το είδος της θεμελίωσης, ο τρόπος δράσης του φορτίου, εάν δηλαδή το φορτίο δρα σταθεροποιητικά ή αποσταθεροποιητικά (βλ. Πίνακες παρακάτω), η προέλευση των διαθέσιμων πληροφοριών εάν δηλαδή οι πληροφορίες προέρχονται από γεωτεχνικά προφίλ εργαστηριακών δοκιμών μέσω των χαρακτηριστικών τιμών των εδαφικών παραμέτρων ή από επιτόπου δοκιμές στο πεδίο (π.χ. δοκιμαστικές φορτίσεις σε πραγματικούς πασσάλους), μέσω της χαρακτηριστικής τιμής των αντιστάσεων (συντελεστής προσομοίωσης γ_m).

Ο ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 7 περιλαμβάνει τρεις εναλλακτικούς τρόπους σχεδιασμού γεωτεχνικών έργων με διαφορετικούς επιμέρους συντελεστές ασφάλειας. Ο τρόπος σχεδιασμού που εφαρμόζει κάθε χώρα επιλέγεται από την ίδια. Στην Ελλάδα έχει επιλεγεί ο τρόπος σχεδιασμού DA-2* για το σύνολο σχεδόν των μελετών (θεμελιώσεις, αντιστηρίξεις, κ.λπ) ενώ για μελέτες ολικής ευστάθειας έχει επιλεγεί ο τρόπος DA-3.

Στον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 7 χρησιμοποιούνται ειδική ορολογία, νέα σύμβολα και νέες έννοιες οι οποίες είναι οι εξής:

Δόκιμοι όροι. Σύμβολα. Ορισμοί και Έννοιες

α) Δράσεις (actions)

Πρόκειται για εντάσεις οι οποίες προέρχονται από την **ανωδομή και από άλλες επιπονήσεις**. Συμβολίζονται με **F** (**V= μόνιμο φορτίο, Q=κινητό φορτίο**) και για **γεωτεχνικές δράσεις (geotechnical actions)** οι οποίες προέρχονται από το έδαφος και συμβολίζονται με **G**.

Ένταση: Το σύνολο των παραπάνω δύο δράσεων συμβολίζεται με **E: E= F+ G**.

β) Εδαφικές παράμετροι

Συμβολίζονται με **X: φ, c, γ**

γ) Αντιστάσεις (Resistances)

Προέρχονται από το έδαφος και συμβολίζονται με **R**: φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης, αντίσταση αιχμής πασσάλου, κ.λπ.

δ) Χαρακτηριστικές τιμές

Η χαρακτηριστική τιμή ενός μεγέθους αποτελεί την κύρια **αντιπροσωπευτική** τιμή του.

Διακρίνουμε:

Χαρακτηριστικές τιμές δράσεων ανωδομής. Συμβολίζονται με **F_k**.

Χαρακτηριστικές τιμές γεωτεχνικών δράσεων. Συμβολίζονται με **G_k** και συνήθως προσδιορίζονται μέσω των χαρακτηριστικών τιμών που τις επηρεάζουν, αποτελούν δηλαδή συναρτήσεις τους: **G_k=G(X_k)**.

Χαρακτηριστικές τιμές συνολικών δράσεων. Συμβολίζονται με **E_k** και συνήθως προσδιορίζονται μέσω των χαρακτηριστικών τιμών που τις επηρεάζουν και αποτελούν συναρτήσεις τους: **E_k=E(F_k, G_k, X_k)**.

Χαρακτηριστικές τιμές αντιστάσεων. Συμβολίζονται με R_k και προσδιορίζονται: α) Μέσω των εργαστηριακών κυρίως χαρακτηριστικών τιμών που τις επηρεάζουν: $R_k=R(X_k)$. β) Εναλλακτικά μέσω ενός γεωτεχνικού προφίλ γεωτρήσεων και επιτόπου δοκιμών (δοκιμές SPT κ.λπ) ή μέσω ενός γεωτεχνικού προφίλ δοκιμαστικών φορτίσεων μεγάλης κλίμακας.

Στην πρώτη περίπτωση οι τιμές R_k είναι κατά 30% περίπου μεγαλύτερες από ότι στη δεύτερη και για αυτόν το λόγο διαιρούνται με ένα **συντελεστή προσομοίωσης**, $\gamma_m=1,3$.

Χαρακτηριστικές τιμές εδαφικών παραμέτρων. Συμβολίζονται με X_k ($tg\phi_k$, c_k , γ_k). Καθορίζονται βάσει στατιστικής, μέσω εργαστηριακών εδαφοτεχνικών προφίλ ή και μέσω εμπειρικών συσχετίσεων μεταξύ των εργαστηριακών παραμέτρων και γεωτεχνικών προφίλ επιτόπου δοκιμών (π.χ δοκιμές SPT ή δοκιμές στατικού πενετρομέτρου).

ε) Τιμές σχεδιασμού

Η τιμή σχεδιασμού ενός μεγέθους προκύπτει από την κατάλληλη **τροποποίηση** της χαρακτηριστικής τιμής του με τον **επιμέρους συντελεστή ασφάλειας**, γ . Οι τιμές σχεδιασμού συμβολίζονται με το δείκτη d (σε αντιδιαστολή με το δείκτη k που αναφέρεται στη χαρακτηριστική τιμή): F_d , G_d , κ.λπ.

Διακρίνουμε:

Τιμές σχεδιασμού δράσεων: F_d , G_d , E_d

$F_d = \psi \times \gamma_F \times F_k$ ($\gamma_F \geq 1$. Ψ =Συντελεστής συνδυασμού δράσεων: $\psi \leq 1$)

$G_d = \psi \times \gamma_F \times G_k$ ή εναλλακτικά, $G_d = \psi \times \gamma_F \times G(c_k, tg\phi_k)$

$E_d = \sum F_d + \sum G_d$

Παράδειγμα:

$F_d = \psi (\gamma_v \times V_k + \gamma_Q \times Q_k) = \psi (1,35 \times V_k + 1,50 \times Q_k)$

V = μόνιμο φορτίο

Q = κινητό φορτίο

γ_v = επιμέρους συντελεστής ασφάλειας για μόνιμο φορτίο, $\gamma_v = 1,35$

γ_Q = επιμέρους συντελεστής ασφάλειας για κινητό φορτίο, $\gamma_Q = 1,50$

ψ = συντελεστής συνδυασμού δράσεων: $\psi \leq 1$

Τιμές σχεδιασμού αντιστάσεων, R_d

Προσδιορίζονται με τις σχέσεις

$R_d = \gamma_m \times R(X_k) / \gamma_R$ ή $R_d = R(X_d) \times \gamma_m$, ή εναλλακτικά: $R_d = 1 / \gamma_R \times R$ ($\gamma_R \geq 1$)

Παράδειγμα: Πασσάλωθμελίωση, $R_d = 1 / \gamma_R \times R$

$R_d = \psi (R_{bk} / \gamma_R + R_{sk} / \gamma_R)$

R_{bk} = αντίσταση αιχμής

R_{sk} = αντίσταση τριβής

$\Psi = 0,77$, $\gamma_R = 1,1$, $\gamma_m = 1/1,3$

$R_d = \psi \times (R_{bk} / \gamma_R + R_{sk} / \gamma_R) = 0,77 (R_{bk} / 1,1 + R_{sk} / 1,1)$

Τιμές σχεδιασμού εδαφικών παραμέτρων

Προσδιορίζονται με τις σχέσεις:

$X_d = X_k / \gamma_M$ ($\gamma_M \geq 1$): $\gamma_M = 1,0$ για ανάλυση DA-2*, $\gamma_M = 1,4$ για ανάλυση DA-3.

c_k / γ_M , ϕ_k / γ_M , γ_k / γ_M .

στ) Τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφάλειας

Τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφάλειας δράσεων, γ_F

Επιφανειακή θεμελίωση

Παράμετρος		Σύμβολο		Συντελεστής ασφάλειας
μόνιμη δράση	δυσμενής	γ_F, γ_E	$\gamma_{F,v,dst}$	1,35
	ευνοϊκή		$\gamma_{F,v,stab}$	1,00
μεταβλητή δράση	δυσμενής		$\gamma_{F,Q,dst}$	1,50
	ευνοϊκή		$\gamma_{F,Q,stab}$	0,00

dst= destabilize= δυσμενής δράση, αποσταθεροποιητική. stab=stabilize= ευνοϊκή δράση, σταθεροποιητική

Βαθιά θεμελίωση (φρεατοπάσσαλοι)

Παράμετρος		Σύμβολο		Συντελεστής ασφάλειας
μόνιμη δράση	δυσμενής	γ_F, γ_E	$\gamma_{F,v}$	1,35
	ευνοϊκή		$\gamma_{F,v}$	1,00
μεταβλητή δράση	δυσμενής		$\gamma_{F,Q}$	1,50
	ευνοϊκή		$\gamma_{F,Q}$	0,00

Τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφάλειας αντιστάσεων R, γ_R

Επιφανειακή θεμελίωση

Παράμετρος		Σύμβολο		Συντελεστής ασφάλειας
φέρουσα ικανότητα θεμελίου		γ_R	$\gamma_{R,v}$	1,40
αντίσταση σε ολίσθηση θεμελίου			$\gamma_{R,h}$	1,10

Βαθιά θεμελίωση (φρεατοπάσσαλοι)

Παράμετρος		Σύμβολο		Συντελεστής ασφάλειας
αντίσταση αιχμής		γ_R	$\gamma_{R,b}$	1,10
αντίσταση τριβής			$\gamma_{R,s}$	1,10
ολική αντίσταση			$\gamma_{R,t}$	1,10
αντίσταση τριβής σε εφελκυσμό			$\gamma_{R,s,t}$	1,15

Τιμές των επιμέρους συντελεστών ασφάλειας εδαφοτεχνικών παραμέτρων, γ_M

Επιφανειακή θεμελίωση

Παράμετρος	Σύμβολο	Συντελεστής ασφάλειας
ενεργός γωνία τριβής	γ_ϕ'	1,0
ενεργός συνοχή	γ_c'	1,0
αστράγγιστη διατμητική αντοχή	γ_{cu}	1,0

Ο συντελεστής ασφάλειας γ εφαρμόζεται επί της $t_{\phi\phi}$

Βαθιά θεμελίωση

Παράμετρος	Σύμβολο	Συντελεστής ασφάλειας
ενεργός γωνία τριβής	γ_ϕ'	1,0
ενεργός συνοχή	γ_c'	1,0
αστράγγιστη διατμητική αντοχή	γ_{cu}	1,0
αντοχή απλής θλίψης	γ_{qu}	1,0
φανόμενο βάρος	γ_γ	1,0

Ο συντελεστής ασφάλειας γ εφαρμόζεται επί της $t_{\phi\phi}$

ζ) Έλεγχος επάρκειας

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d / R_d \leq 1$$

Η τιμή σχεδιασμού της έντασης E_d δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης αντίστασης, R_d .

Στον έλεγχο της οριακής κατάστασης αστοχίας εφαρμόζεται το σύνολο των επιπονήσεων που δέχεται ο φορέας: στατικά φορτία, σεισμικά κλπ (βλ. σχετική αναφορά στο κείμενο της παρούσας εργασίας που εμφανίζεται με πλάγια γραφή: «Προσδιορισμός της επιτρεπόμενης τάσης για το σύνολο των εντατικών μεγεθών που μεταφέρονται στη βάση του θεμελίου», εφαρμογή της μεθόδου Hansen).

Σημείωση: Ο EC7 εφαρμόζεται αφού προηγουμένως έχει γίνει -με οποιαδήποτε μέθοδο- ο προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης.

Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (SLS:Serviceability Limit State)

Θα πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$E_d \leq C_d$$

E_d = υπολογιστική καθίζηση, στροφή κ.λπ

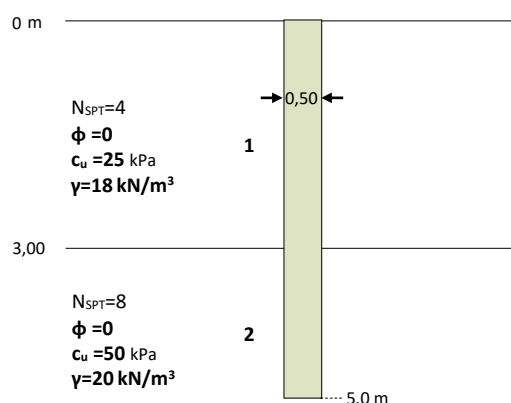
C_d =μέγιστη επιτρεπόμενη καθίζηση, στροφή κ.λπ

Στον έλεγχο της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας εφαρμόζονται μόνο τα στατικά φορτία (μόνιμα και κινητά και οι εκκεντρότητές τους με τις ενεργές διαστάσεις των θεμελίων B', L').

Παράδειγμα εφαρμογής ελέγχου GEO

A. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας μεμονωμένου πασσάλου με τον ενιαίο συντελεστή ασφάλειας: ASD=Allowable Stress Design

Εξετάζεται ο μεμονωμένος πάσσαλος στο εδαφικό προφίλ του παρακάτω Σχήματος.



Η φέρουσα ικανότητα του μεμονωμένου πασσάλου, $R_{t,k}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_{t,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$$

$R_{b,k}$ = Χαρακτηριστική τιμή αντίστασης αιχμής (kN)

$R_{s,k}$ = Χαρακτηριστική τιμή αντίστασης τριβής (kN)

$R_{t,k}$ = Χαρακτηριστική τιμή ολικής αντίστασης (kN)

Η αντίσταση αιχμής υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$R_{b,k} = (\pi \times D^2 / 4) \times q_{b,k}$$

D = η διάμετρος του πασσάλου

$q_{b,k}$ = η οριακή μοναδιαία αντίσταση αιχμής του πασσάλου

Για συνεκτικό έδαφος: $q_{b,k} = 9 \times c_{u,b,k}$

$c_{u,b,k}$ = η αστράγγιστη διατμητική αντοχή στο βάθος της αιχμής του πασσάλου

Στο βάθος της αιχμής του πασσάλου η τιμή της συνοχής είναι $c_{u,b,k} = 50$ kPa

$$q_{b,k} = 9 \times 50 = 450,0 \text{ kPa}$$

Η αντίσταση αιχμής υπολογίζεται:

$$R_{b,k} = (\pi \times D^2 / 4) \times q_{b,k} = (3,14 \times 0,5^2 / 4) \times 450,0 = 88,3 \text{ kN}$$

Η αντίσταση τριβής του πασσάλου δίνεται από τη σχέση: $R_{s,k} = \pi \times D \times \sum_i^n (H_i \times f_{s,k,i})$

Στρώση 1 (0,0-3,0m)

Για συνεκτικά εδάφη η οριακή μοναδιαία αντίσταση τριβής της στρώσης i είναι: $f_{s,i} = \alpha_i \times c_{u,i}$

α = εμπειρικός συντελεστής πρόσφυσης, $\alpha_i = 0,21 + 26/c_{u,i} \geq 1$

$c_{u,k,i}$ = η αστράγγιστη διατμητική αντοχή της στρώσης i

$$\alpha_1 = 0,21 + 26/c_{u,1} \geq 1 \rightarrow \alpha_1 = 0,21 + 26/25,0 = 1,25 \geq 1 \rightarrow \alpha_1 = 1,0$$

$$f_{s,k,1} = \alpha_1 \times c_{u,1} = 1,0 \times 25,0 = 25,0 \text{ kPa}$$

$$R_{(1)s,k} = \pi \times D \times (H_{0,0-3,0} \times f_{s,k,1}) = 3,14 \times 0,50 \times (3,0 \times 25,0) = 117,8 \text{ kN}$$

Στρώση 2 (3,0-5,0m)

$$\alpha_2 = 0,21 + 26/c_{u,2} \geq 1 \rightarrow \alpha_2 = 0,21 + 26/50,0 = 0,73 < 1 \rightarrow \alpha_2 = 0,73$$

$$f_{s,k,2} = \alpha_2 \times c_{u,2} = 0,73 \times 50,0 = 36,5 \text{ kPa}$$

$$R_{(2)s,k} = \pi \times D \times (H_{3,0-5,0} \times f_{s,k,2}) = 3,14 \times 0,50 \times (2,0 \times 36,5) = 114,6 \text{ kN}$$

Συνεπώς η αντίσταση τριβής του μεμονωμένου πασσάλου είναι:

$$R_{s,k} = R_{(1)s,k} + R_{(2)s,k} = 117,8 + 114,6 = 232,4 \text{ kN}$$

Η φέρουσα ικανότητα του μεμονωμένου πασσάλου υπολογίζεται:

$$R_{t,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 88,3 + 232,4 = 320,7 \text{ kN}$$

Το επιτρεπόμενο φορτίο κατά ASD, $R_{t,d}$ για τον έλεγχο επάρκειας της φέρουσας ικανότητας του μεμονωμένου πασσάλου υπολογίζεται ως εξής:

$$R_{t,d} = R_{b,k} / 3 + R_{s,k} / 2 = 88,3 / 3 + 232,4 / 2 = 29,4 + 116,2 = 145,6 \text{ kN}$$

Το κατακόρυφο φορτίο, F_k που δρα στον πάσσαλο είναι:

$$F_k = V + Q = 50 + 20 = 70 \text{ kN}$$

V = μόνιμο φορτίο

Q = κινητό φορτίο

Έλεγχος επάρκειας:

Πρέπει $R_{t,d} \geq F_k \rightarrow 145,6 \geq 70 \rightarrow$ ο έλεγχος ικανοποιείται

Ο συντελεστής ασφάλειας, **F.S.** έναντι φέρουσας ικανότητας είναι:

$$F.S. = \frac{320,7}{70} = 4,6 > 2,0 \rightarrow$$
 ο συντελεστής ασφάλειας είναι επαρκής

B. Έλεγχος φέρουσας ικανότητας μεμονωμένου

Πασσάλου με τον Ευρωκώδικα 7 (EC7)

Η αντίσταση αιχμής του πασσάλου υπολογίστηκε: $R_{b,k} = 88,3$ kN

Η αντίσταση τριβής του πασσάλου υπολογίστηκε: $R_{s,k} = 232,4$ kN

Η φέρουσα ικανότητα του πασσάλου υπολογίστηκε:

$$R_{t,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 88,3 + 232,4 = 320,7 \text{ kN}$$

Η φέρουσα ικανότητα σχεδιασμού του πασσάλου είναι:

$$R_{t,d} = (R_{b,k}/\gamma_{R,b} + R_{s,k}/\gamma_{R,s})/\gamma_m = (88,3/1,1 + 232,4/1,1)/1,3 = 224,3 \text{ kN}$$

$\gamma_{R,b}, \gamma_{R,s}$ = επιμέρους συντελεστές ασφάλειας

γ_m = συντελεστής προσομοίωσης $\gamma_m = 1,3$

Το κατακόρυφο φορτίο σχεδιασμού, F_d του πασσάλου είναι:

$$F_d = \gamma_{F,v} \times V + \gamma_{F,Q} \times Q = 1,35 \times 50,0 + 1,50 \times 20,0 = 67,5 + 30,0 = 97,5 \text{ kN}$$

$\gamma_{F,v}$ = συντελεστής ασφάλειας για μόνιμα φορτία, $\gamma_{F,v} = 1,35$

$\gamma_{F,Q}$ = συντελεστής ασφάλειας για κινητά φορτία, $\gamma_{F,Q} = 1,50$

Έλεγχος επάρκειας: Πρέπει $R_{t,d} \geq F_d \rightarrow 224,3 \geq 97,5 \rightarrow$

\rightarrow Διαθέσιμη υπερασφάλεια: $224,3/97,5 = 2,3 > 1$, μεγαλύτερη κατά δύομισι περίπου φορές από αυτήν που προδιαγράφεται από τον EC7 (=1) .

καθ. Χρήστος Μαραγκός

Απρίλιος 2024