

Σύνθεση Ειδικών Κατασκευών Σκυροδέματος

3. Δράσεις Σχεδιασμού Γεφυρών

Τηλέμαχος Παναγιωτάκος

3. Δράσεις Σχεδιασμού Γεφυρών

Στην ενότητα αυτή θα γίνει περιγραφή των βασικών δράσεων σχεδιασμού γεφυρών. Έμφαση θα δοθεί στις δράσεις που ορίζουν οι Ευρωκώδικες περιλαμβανομένου τόσο των φορτίων κυκλοφορίας, ανέμου, χιονιού, θερμοκρασίας, υποχωρήσεων στήριξης, ωθήσεις γαιών, σεισμού όσο και των αυτενταντικών καταστάσεων που είναι πολλές φορές κρίσιμες στις γέφυρες και οφείλονται στον ερπυσμό και τη συστολή ξήρανσης του σκυροδέματος. Για κάθε περίπτωση φόρτισης θα δοθούν παραδείγματα εφαρμογής σε πραγματικές γέφυρες ώστε να εντοπισθεί η επίπτωση της συγκεκριμένης φόρτισης στην καταπόνηση του φέροντος οργανισμού της γέφυρας.

Στόχος της ενότητας είναι ο φοιτητής να γνωρίζει τα φορτία έναντι των οποίων πρέπει να σχεδιαστεί μια γέφυρα και να είναι σε θέση να τα εφαρμόσει.

Δράσεις Σχεδιασμού Γεφυρών

- Κατάταξη των δράσεων ανάλογα με:
 - Διάρκεια:
 - Μόνιμες
 - Μεταβλητές
 - Τυχηματικές
 - Προέλευση:
 - Άμεσες
 - Έμμεσες
 - Χώρο:
 - Σταθερές
 - Ελεύθερες
 - Φύση απόκρισης:
 - Στατικές
 - Δυναμικές
- Μόνιμες Δράσεις (G)
- Μεταβλητές Δράσεις (Q)
 - Φορτία κυκλοφορίας (L)
 - Φορτία ανέμου (W)
 - Θερμικές δράσεις (T)
 - Φορτία χιονιού (S)
- Προένταση (P)
- Τυχηματικές Δράσεις (A)
 - Φορτία πρόσκρουσης
- Σεισμικές Δράσεις (E)

Κανονιστικό πλαίσιο: **ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ**

Ευρωκώδικες & Δράσεις Σχεδιασμού Γεφυρών

- EN 1991: Βάσεις σχεδιασμού και δράσεων στις κατασκευές
 - Μέρος 1-1 (EN 1991-1-1): Πυκνότητα, ίδια βάρη και επιβαλλόμενα φορτία
 - Μέρος 1-2 (EN 1991-1-2): Δράσεις σε φέρουσες κατασκευές εκτιθέμενες σε πυρκαγιά
 - Μέρος 1-3 (EN 1991-1-3): Δράσεις χιονιού
 - Μέρος 1-4 (EN 1991-1-4): Δράσεις του ανέμου
 - Μέρος 1-5 (EN 1991-1-5): Θερμικές δράσεις
 - Μέρος 1-6 (EN 1991-1-6): Δράσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής
 - Μέρος 1-7 (EN 1991-1-7): Τυχηματικές δράσεις
 - Μέρος 2 (EN 1991-2): Φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες
 - Μέρος 3 (EN 1991-3): Δράσεις οφειλόμενες σε γερανούς και μηχανήματα
- EN 1990 : Βάσεις σχεδιασμού
 - Annex A2: Εφαρμογή σε γέφυρες (συνδυασμοί δράσεων)
- EN 1998 : Αντισεισμικός σχεδιασμός

EN1991-1-1: Πυκνότητες, ίδια βάρη, επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια

- Πρόλογος
- Μέρος 1^ο – Γενικά
- Μέρος 2^ο – Κατηγοριοποίηση δράσεων
- Μέρος 3^ο – Καταστάσεις σχεδιασμού
- Μέρος 4^ο – Πυκνότητες υλικών κατασκευής και αποθηκευμένων υλικών
- Μέρος 5^ο – Ίδιον βάρος των κατασκευών
- Μέρος 6^ο – Επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια
- Παράρτημα Α (πληροφοριακό) – Πίνακες ονομαστικής πυκνότητας δομικών υλικών και γωνίες εσωτερικής τριβής
- Παράρτημα Β (πληροφοριακό) – Στηθαία για οχήματα και κιγκλιδώματα για χώρους στάθμευσης αυτοκινήτων

EN1991-1-3: Δράσεις χιονιού

- Πρόλογος
- Μέρος 1^ο – Γενικά
- Μέρος 2^ο – Κατηγοριοποίηση δράσεων
- Μέρος 3^ο – Καταστάσεις σχεδιασμού
- Μέρος 4^ο – Χιόνι επί του εδάφους
- Μέρος 5^ο – Χιόνι επί της στέγης
- Μέρος 6^ο – Τοπική επιρροή
- **Παράρτημα Α (κανονιστικό)** – Καταστάσεις σχεδιασμού και διατάξεις φορτίων προς χρήση σε διάφορες τοποθεσίες
- **Παράρτημα Β (κανονιστικό)** – Συντελεστές σχήματος για περιπτώσεις εξαιρετικής συσσώρευσης (χιονιού)
- **Παράρτημα Γ (πληροφοριακό)** – Ευρωπαϊκός χάρτης φορτίου χιονιού επί του εδάφους
- **Παράρτημα Δ (πληροφοριακό)** – Προσαρμογή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς
- **Παράρτημα Ε (πληροφοριακό)** – Χύδην πυκνότητα του χιονιού

EN1991-1-4: Δράσεις ανέμου

- Πρόλογος
- Μέρος 1^ο – Γενικά
- Μέρος 2^ο – Καταστάσεις σχεδιασμού
- Μέρος 3^ο – Προσομοίωση δράσεων ανέμου
- Μέρος 4^ο – Ταχύτητα και πίεση ανέμου
- Μέρος 5^ο – Δράσεις ανέμου
- Μέρος 6^ο – Δομικός συντελεστής c_{scd}
- Μέρος 7^ο – Συντελεστές πίεσης και δύναμης
- Μέρος 8^ο – Δράσεις ανέμου σε γέφυρες
- Παράρτημα Α (πληροφορικό) – Επίδραση του εδάφους
- Παράρτημα Β (πληροφορικό) – 1^η διαδικασία για τον προσδιορισμό του δομικού συντελεστή c_{scd}
- Παράρτημα Γ (πληροφορικό) – 2^η διαδικασία για τον προσδιορισμό του δομικού συντελεστή c_{scd}
- Παράρτημα Δ (πληροφορικό) – Τιμές του c_{scd} για διάφορους τύπους κατασκευών
- Παράρτημα Ε (πληροφορικό) – Διαχωρισμός τύρβης και αεροελαστικές αστάθειες
- Παράρτημα ΣΤ (πληροφορικό) – Δυναμικά χαρακτηριστικά των κατασκευών

EN 1991-1-5: Θερμικές δράσεις

- Πρόλογος
- Μέρος 1^ο – Γενικά
- Μέρος 2^ο – Κατηγοριοποίηση δράσεων
- Μέρος 3^ο – Καταστάσεις σχεδιασμού
- Μέρος 4^ο – Αναπαράσταση των δράσεων
- Μέρος 5^ο – Μεταβολές θερμοκρασίας σε κτήρια
- Μέρος 6^ο – Μεταβολές θερμοκρασίας σε γέφυρες
- Μέρος 7^ο – Μεταβολές θερμοκρασίας σε βιομηχανικές καμινάδες, αγωγούς, δεξαμενές και πύργους ψύξης
- Παράρτημα Α (πληροφοριακό) – Ισόθερμες (καμπύλες) εθνικών ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών αέρα υπό σκιά
- Παράρτημα Β (κανονιστικό) – Διαφορές θερμοκρασίας για διάφορα πάχη οδοστρωσίας
- Παράρτημα Γ (πληροφοριακό) – Συντελεστές γραμμικής διαστολής
- Παράρτημα Δ (πληροφοριακό) – Διαγράμματα μεταβολών θερμοκρασίας σε κτήρια και άλλες κατασκευές

EN 1991-1-6: Δράσεις κατά την ανέγερση

- **Πρόλογος**
- **Μέρος 1^ο** – Γενικά
- **Μέρος 2^ο** – Κατηγοριοποίηση δράσεων
- **Μέρος 3^ο** – Καταστάσεις σχεδιασμού και οριακές καταστάσεις
- **Παράρτημα A1 (κανονιστικό)** – Συμπληρωματικοί κανόνες για κτήρια
- **Παράρτημα A2 (κανονιστικό)** – Συμπληρωματικοί κανόνες για γέφυρες
- **Παράρτημα B (πληροφοριακό)** – Δράσεις στις κατασκευές κατά την διάρκεια αλλαγής χρήσης, ανακατασκευής ή καθαίρεσης

EN 1991-1-7: Τυχηματικές δράσεις

- Πρόλογος
- Μέρος 1^ο – Γενικά
- Μέρος 2^ο – Κατηγοριοποίηση δράσεων
- Μέρος 3^ο – Καταστάσεις σχεδιασμού
- Μέρος 4^ο – Πρόσκρουση
- Μέρος 5^ο – Εσωτερικές εκρήξεις
- **Παράρτημα Α (πληροφοριακό)** – «Στερρότητα / Ευρωστία» (διατήρηση ακεραιότητας κατά την υπέρβαση της στάθμης σχεδιασμού) κτηρίων – Σχεδιασμός έναντι των συνεπειών τοπικής αστοχίας από μη αναμενόμενο αίτιο
- **Παράρτημα Β (πληροφοριακό)** – Οδηγός για ανάλυση επικινδυνότητας
- **Παράρτημα Γ (πληροφοριακό)** – Προωθήμενος σχεδιασμός έναντι πρόσκρουσης
- **Παράρτημα Δ (πληροφοριακό)** – Εσωτερικές εκρήξεις

EN 1991-2: Φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες

- Πρόλογος
- Μέρος 1^ο – Γενικά
- Μέρος 2^ο – Κατηγοριοποίηση δράσεων
- Μέρος 3^ο – Καταστάσεις σχεδιασμού
- Μέρος 4^ο – Δράσεις από οδική κυκλοφορία και άλλες δράσεις ειδικά για οδογέφυρες
- Μέρος 5^ο – Δράσεις σε πεζοδρόμια, ποδηλατοδρόμους και πεζογέφυρες
- Μέρος 6^ο – Δράσεις από σιδηροδρομική κυκλοφορία και άλλες δράσεις ειδικά για σιδηροδρομικές γέφυρες
- Παράρτημα Α (πληροφοριακό) – Προσομοιώματα ειδικών οχημάτων για οδογέφυρες
- Παράρτημα Β (πληροφοριακό) – Εκτίμηση της διάρκειας ζωής έναντι κόπωσης για οδογέφυρες – Μέθοδος εκτίμησης βασισμένη σε καταγραφές κυκλοφορίας

EN 1991-2: Φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες

- **Παράρτημα Χ (πληροφοριακό)** – Δυναμικά προσομοιώματα φορτίων πεζών
- **Παράρτημα Γ (κανονιστικό)** – Δυναμικοί συντελεστές $1+\phi$ για πραγματικά τραίνα
- **Παράρτημα Δ (κανονιστικό)** – Βάση για την εκτίμηση της κόπωσης των σιδηροδρομικών έργων
- **Παράρτημα Ε (πληροφοριακό)** – Κριτήρια προς ικανοποίηση όταν δεν χρειάζεται δυναμική ανάλυση
- **Παράρτημα ΣΤ (πληροφοριακό)** – Μέθοδος προσδιορισμού της συνδυασμένης απόκρισης μιας κατασκευής και της γραμμής σε μεταβλητές δράσεις
- **Παράρτημα Η (πληροφοριακό)** – Προσομοιώματα φορτίσεων για σιδηροδρομικά φορτία σε παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού

Μερικοί Συντελεστές Δράσεων

- EN 1990, Annex A2, Table A2.1: γ -factors for road bridges

Action	Symbol	ψ_0	ψ_1	ψ_2	
Traffic loads (see EN 1991-2, Table 4.4)	gr1a (LM1+pedestrian or cycle-track loads) ¹⁾	TS	0,75	0,75	0
		UDL	0,40	0,40	0
		Pedestrian+cycle-track loads ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (Single axle)		0	0,75	0
	gr2 (Horizontal forces)		0	0	0
	gr3 (Pedestrian loads)		0	0	0
	gr4 (LM4 – Crowd loading)) gr5 (LM3 – Special vehicles))		0	0,75	0
Wind forces	F_{Wk}				
	- Persistent design situations	0,6	0,2	0	
	- Execution	0,8	-	0	
	F_W^*	1,0	-	-	
Thermal actions	T_k	0,6 ³⁾	0,6	0,5	
Snow loads	$Q_{Sv,k}$ (during execution)	0,8	-	-	
Construction loads	Q_c	1,0	-	1,0	

Μερικοί Συντελεστές Δράσεων

- BS EN 1990, Table A2.4(A): partial factors (EQU)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

Table A2.4(A) - Design values of actions (EQU) (Set A)

Persistent and transient design situation	Permanent actions		Prestress	Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)	
	Unfavourable	Favourable			Main (if any)	Others
(Eq. 6.10)	$\gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(*) Variable actions are those considered in Tables A2.1 to A2.3.

NOTE 1 The γ values for the persistent and transient design situations may be set by the National Annex.

For persistent design situations, the recommended set of values for γ are:

$\gamma_{G,sup} = 1,05$
 $\gamma_{G,inf} = 0,95^{(1)}$
 $\gamma_Q = 1,35$ for road and pedestrian traffic actions, where unfavourable (0 where favourable)
 $\gamma_Q = 1,45$ for rail traffic actions, where unfavourable (0 where favourable)
 $\gamma_Q = 1,50$ for all other variable actions for persistent design situations, where unfavourable (0 where favourable).
 γ_P = recommended values defined in the relevant design Eurocode.

Μερικοί Συντελεστές Δράσεων

- EN 1990, Table A2.4(B): partial factors (STR/GEO)

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

Ⓜ

Table A2.4(B) - Design values of actions (STR/GEO) (Set B)

Persistent and transient design situation	Permanent actions		Prestress	Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)		Persistent and transient design situation	Permanent actions	
	Unfavourable	Favourable			Main (if any)	Others		Unfavourable	Favourable
(Eq. 6.10)	$\gamma_{G,sup} G_{k,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,inf}$	γ_P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(Eq. 6.10a)	$\gamma_{G,sup} G_{k,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,inf}$
							(Eq. 6.10b)	$\xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,inf}$

(*) Variable actions are those considered in Tables A2.1 to A2.3.

NOTE 1 The choice between 6.10, or 6.10a and 6.10b will be in the National Annex. In the case of 6.10a and 6.10b, the National Annex may in only.

NOTE 2 The γ and ξ values may be set by the National Annex. The following values for γ and ξ are recommended when using expressions 6.10, or

$\gamma_{G,sup} = 1,35^{31}$

$\gamma_{G,inf} = 1,00$

$\gamma_Q = 1,35$ when Q represents unfavourable actions due to road or pedestrian traffic (0 when favourable)

$\gamma_Q = 1,45$ when Q represents unfavourable actions due to rail traffic, for groups of loads 11 to 31 (except 16, 17, 26³¹ and 27³¹), load mode considered as individual leading traffic actions (0 when favourable)

$\gamma_Q = 1,20$ when Q represents unfavourable actions due to rail traffic, for groups of loads 16 and 17 and SW/2 (0 when favourable)

$\gamma_Q = 1,50$ for other traffic actions and other variable actions ²⁾

Μόνιμες Δράσεις σε γέφυρες

- Ίδια βάρη βάση του EN1991-1

Table A.6 - Bridge materials

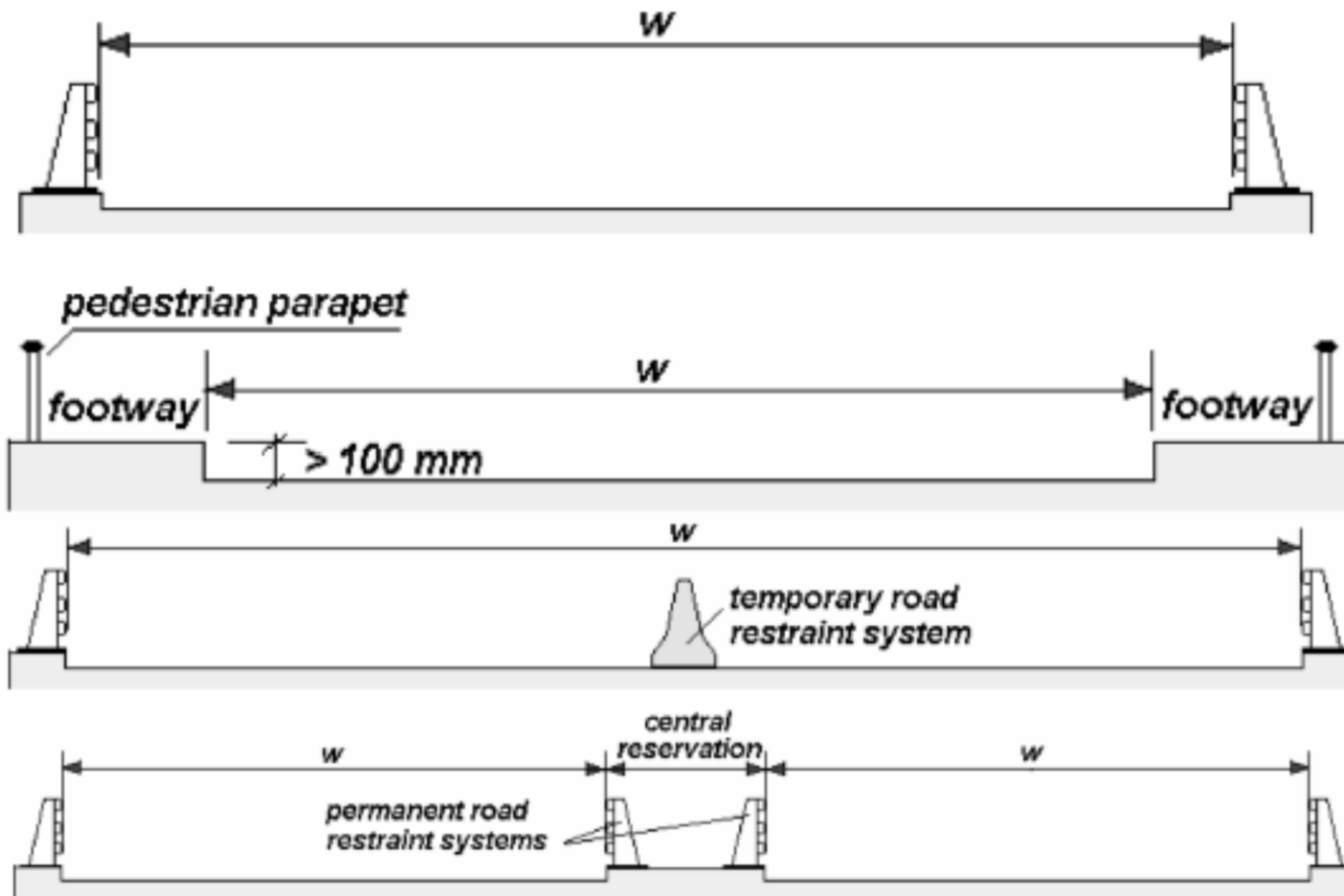
Materials	Density γ [kN/m ³]
pavement of road bridges	
gussasphalt and asphaltic concrete	24,0 to 25,0
mastic asphalt	18,0 to 22,0
hot rolled asphalt	23,0

- Υποχώρηση στήριξης (Δs) με τη δυσμενέστερη θεώρηση
 - Δυνατή (π.χ. $\Delta s_k = 1 \text{ cm}$)
 - Πιθανή (π.χ. $\Delta s_m = 1 \text{ cm}$)

Φορτία κυκλοφορίας σε γέφυρες

- Το EN1991-2 καλύπτει γέφυρες μέχρι 200m
- Ο προσδιορισμός γίνεται ως ακολούθως
 - Προσδιορισμός Μοντέλου Φόρτισης
 - Κατακόρυφα φορτία: LM1, LM2, LM3, LM4 ή LM71, SW/0, SW/2
 - Οριζόντια φορτία: επιτάχυνσης, τροχοπέδησης, φυγόκετρης δράσης κλπ
 - Προσδιορισμός ομάδας φορτίων
 - gr1a, gr1b, gr2, gr3, gr4, gr5
 - Προσδιορισμού συνδυασμού δράσεων με άλλες δράσεις

Ορισμός πλάτους κυκλοφορίας



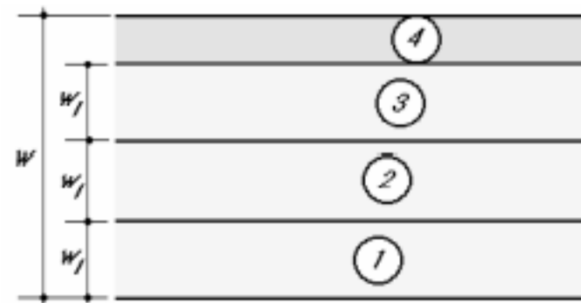
Οδικές Γέφυρες

Ορισμός Λωρίδων Κυκλοφορίας

Carriageway width w	Number of notional lanes	Width of a notional lane w_l	Width of the remaining area
$w < 5,4$ m	$n_l = 1$	3 m	$w - 3$ m
$5,4$ m $\leq w < 6$ m	$n_l = 2$	$\frac{w}{2}$	0
6 m $\leq w$	$n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_l$

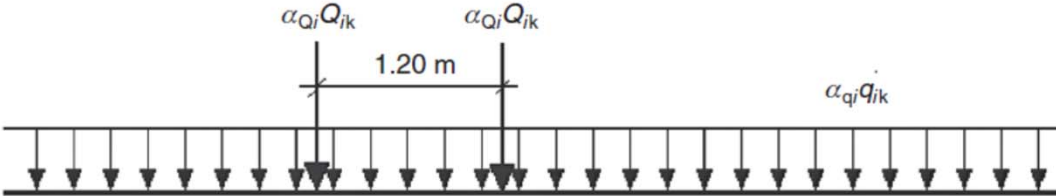
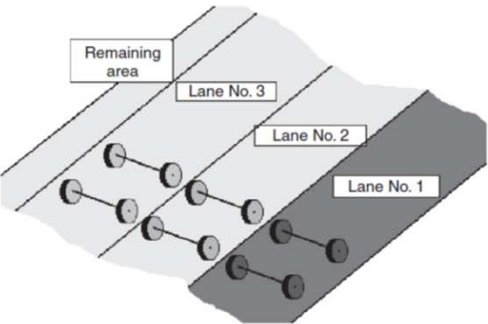
NOTE For example, for a carriageway width equal to 11m, $n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$, and the width of the remaining area is $11 - 3 \times 3 = 2$ m.

- Παράδειγμα για $w=11$ m:

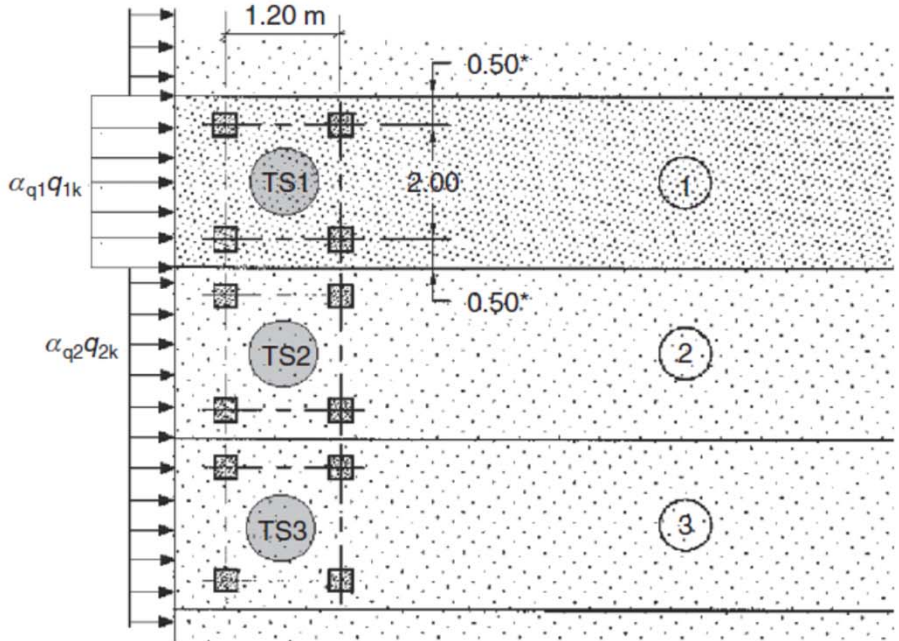


- 1 – Lane Nr. 1 (3m)
- 2 – Lane Nr. 2 (3m)
- 3 – Lane Nr. 3 (3m)
- 4 – Remaining area
Οδικές Γέφυρες

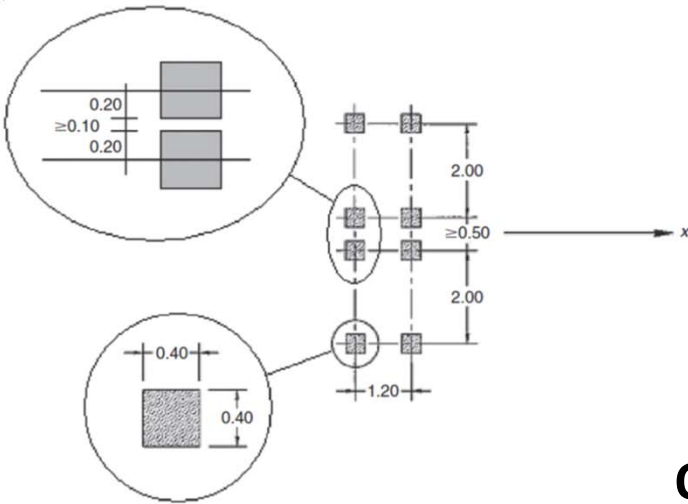
Μοντέλο Φόρτισης 1



(a)

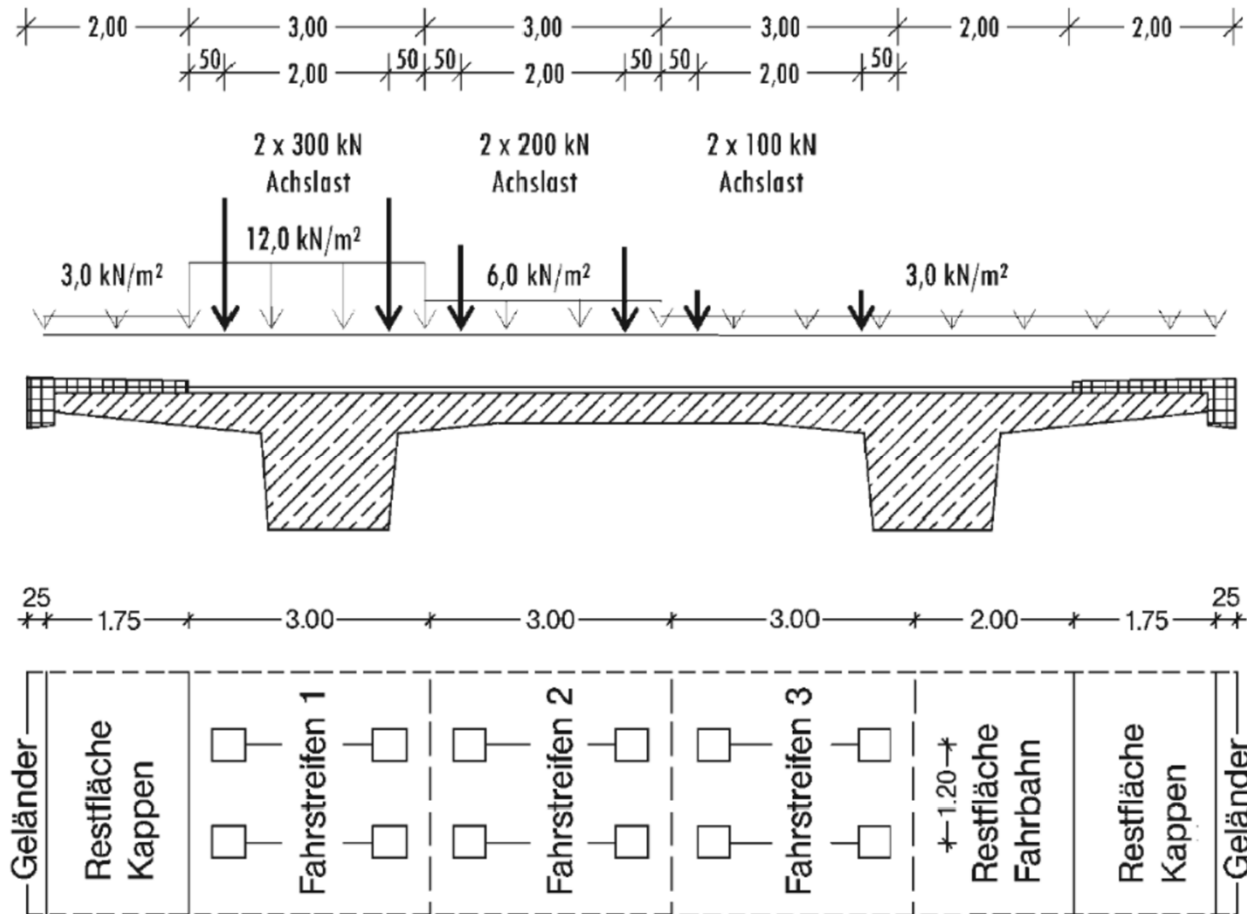


Location	Tandem system (TS) Axle loads, Q_{ik} (kN)	UDL system q_{ik} (or q_{rk}) (kN/m ²)
Lane No. 1	300	9
Lane No. 2	200	2.5
Lane No. 3	100	2.5
Other lanes	0	2.5
Remaining area (q_{rk})	0	2.5



Οδικές Γέφυρες

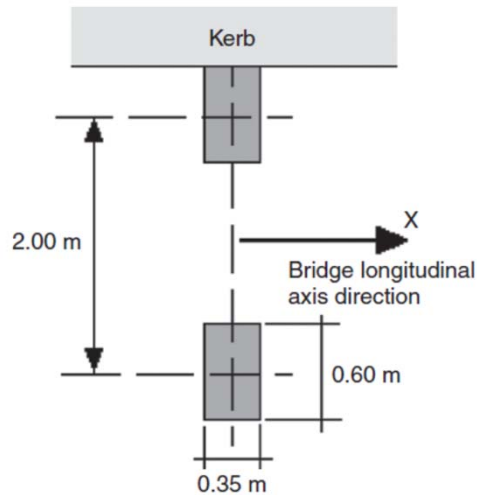
Μοντέλο Φόρτισης 1



Οδικές Γέφυρες

Μοντέλο Φόρτισης 2

Φορτίο Άξονα: 400kN



«Συμπληρωματική» φόρτιση του LM1

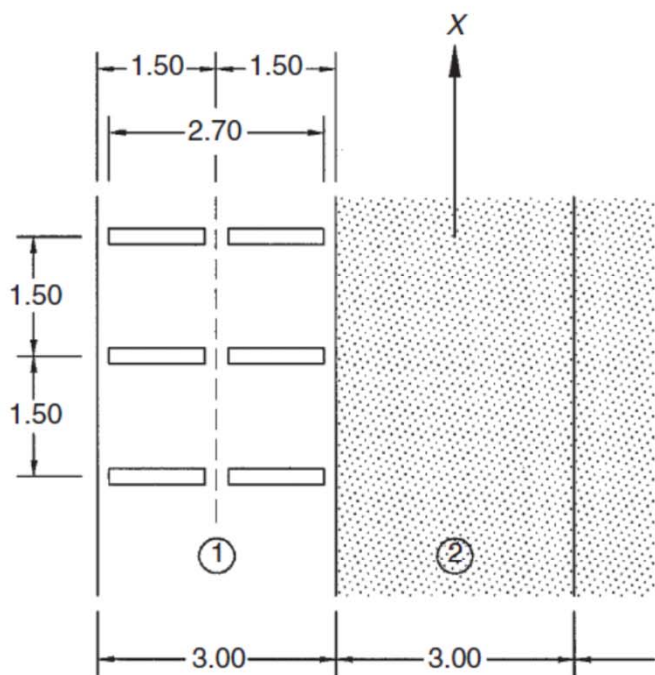
Μοντέλο Φόρτισης 3

Total weight (kN)	Composition	Notation
600	4 axle-lines of 150 kN	600/150
900	6 axle-lines of 150 kN	
1200	8 axle-lines of 150 kN or 6 axle-lines of 200 kN	1200/150 1200/200
1500	10 axle-lines of 150 kN or 7 axle-lines of 200 kN + 1 axle-line of 100 kN	1500/150 1500/200
1800	12 axle-lines of 150 kN or 9 axle-lines of 200 kN	
2400	12 axle-lines of 200 kN or 10 axle-lines of 240 kN or 6 axle-lines of 200 kN (spacing 12 m) + 6 axle-lines of 200 kN	2400/200 2400/240 2400/200/200
3000	15 axle-lines of 200 kN or 12 axle-lines of 240 kN + 1 axle-line of 120 kN or 8 axle-lines of 200 kN (spacing 12 m) + 7 axle-lines of 200 kN	
3600	18 axle-lines of 200 kN or 15 axle-lines of 240 kN or 9 axle-lines of 200 kN (spacing 12 m) + 9 axle-lines of 200 kN	3600/200 3600/240 3600/200/200

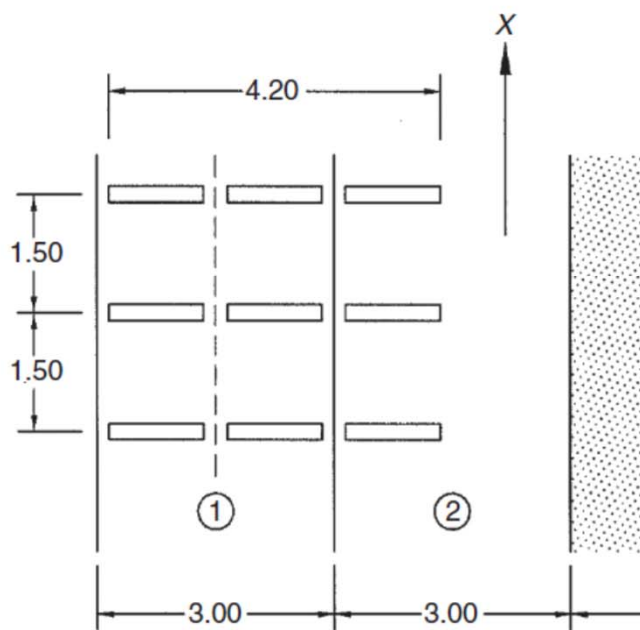
Ειδικό Όχημα

Οδικές Γέφυρες

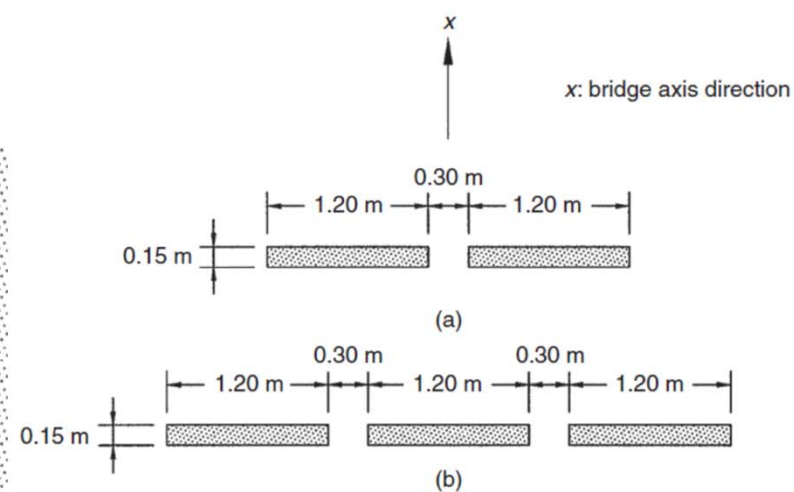
Μοντέλο Φόρτισης 3



Axle-lines of 150 or 200 kN ($b = 2.70$ m)
 X: bridge axis direction
 (1) Lane 1
 (2) Lane 2



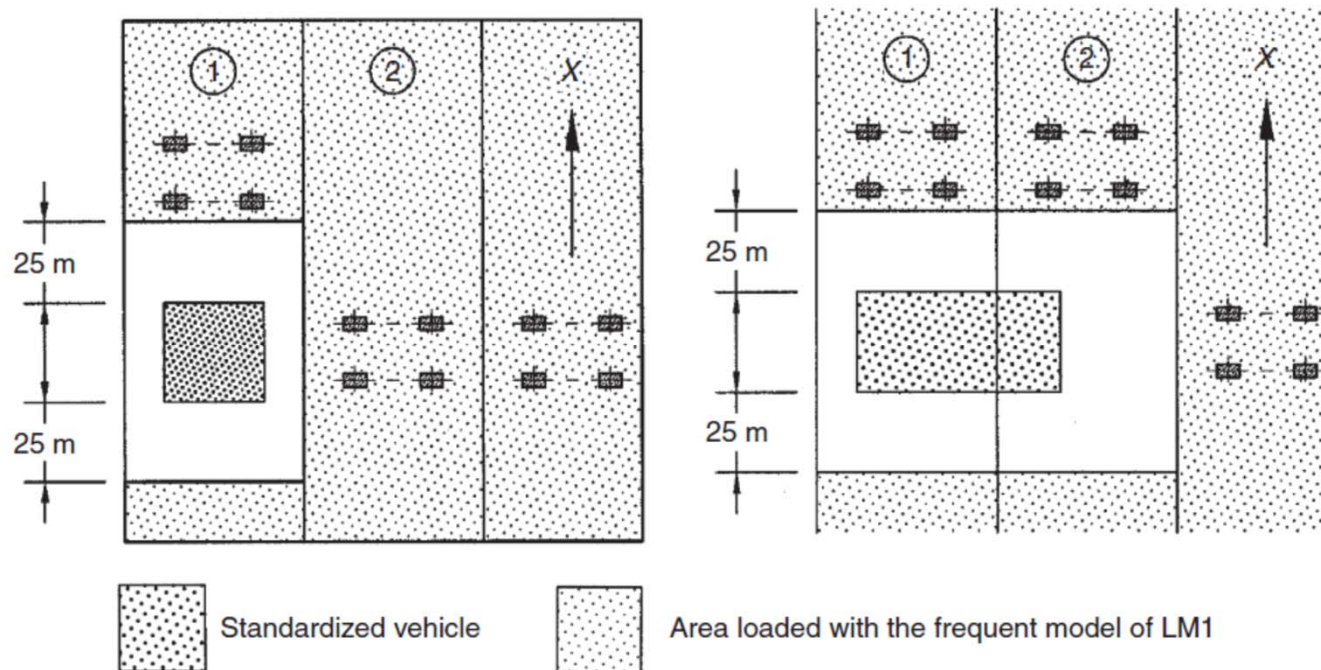
Axle-lines of 240 kN ($b = 4.20$ m)
 X: bridge axis direction
 (1) Lane 1
 (2) Lane 2



Οδικές Γέφυρες

Μοντέλο Φόρτισης 3

- Ταυτόχρονη εφαρμογή LM3 & LM1



Μοντέλο Φόρτισης 4

Ανθρωποσυνοστισμός:

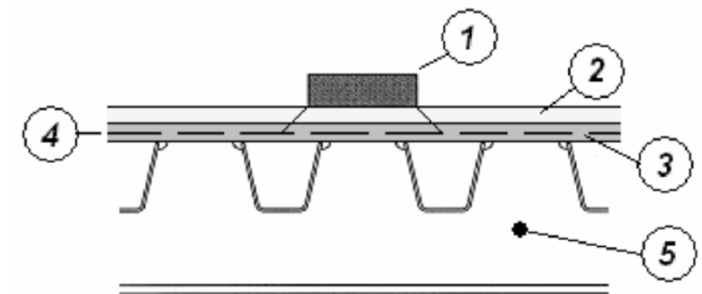
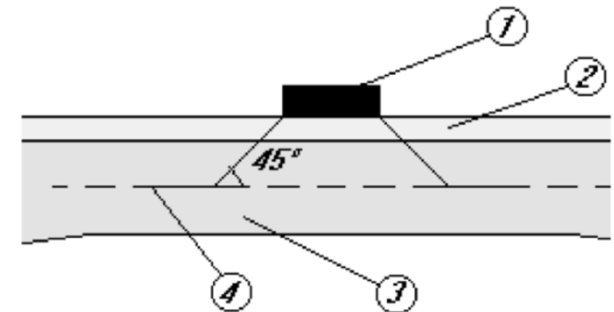
- 5kN/m^2



Οδικές Γέφυρες

Κατανομή κατακόρυφων φορτίων στο φορέα

1. Τροχός-Κατανεμημένο φορτίο
2. Οδόστρωμα
3. Πλάκα Σκυροδέματος
4. Μέσο Επίπεδο Πλάκας Σκυροδέματος
5. Εγκάρσιο στοιχείο



Οδικές Γέφυρες

Οριζόντια φορτία Επιτάχυνσης & Πέδησης

- Ποσοστό του κατακόρυφου φορτίου LM1 μόνο της λωρίδας 1, όπου w_1 το πλάτος της λωρίδας αυτής.

$$Q_{ck} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{q1}q_{1k}w_1L \quad 180\alpha_{Q1}kN \leq Q_{ck} \leq 900 kN$$

- Για τη λωρίδα 1 με $\alpha=1$ και $w_1=3$: $Q_{1k}=360+2.7L$ όπου L =μήκος φορέα

Οριζόντια φορτία Φυγόκεντρης Δύναμης

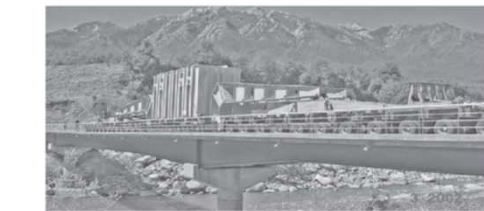
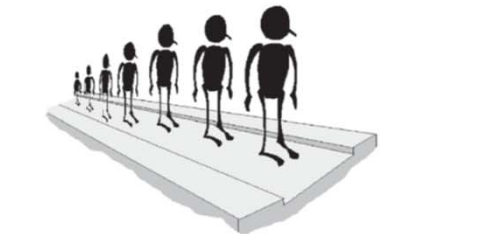
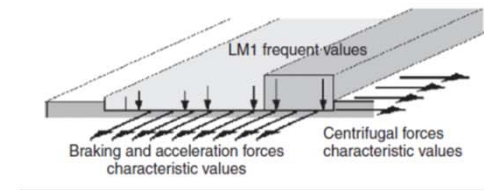
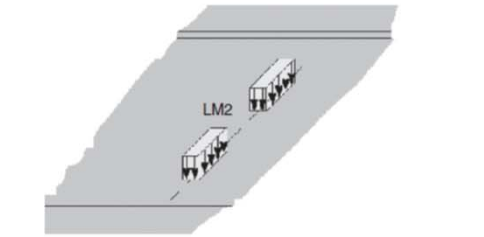
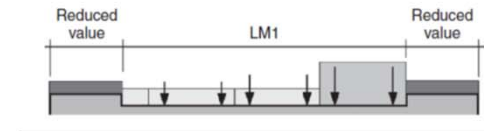
- Η χαρακτηριστική τιμή της φυγόκεντρης δύναμης Q_{tk} είναι:

$Q_{tk} = 0,2Q_v$ (kN)	if $r < 200$ m
$Q_{tk} = 40Q_v / r$ (kN)	if $200 \leq r \leq 1500$ m
$Q_{tk} = 0$	if $r > 1500$ m

- r : ακτίνα σε οριζοντιογραφία του άξονα της γέφυρας
- Q_v : Το άθροισμα των συγκεντρωμένων φορτίων του LM1

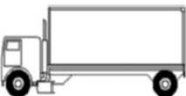






Ομάδες Φορτίων

		CARRIAGEWAY						FOOTWAYS AND CYCLE TRACKS
Load type		Vertical forces				Horizontal forces		Vertical forces only
Reference		4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2-(1)
Load system		LM1 (TS and UDL systems)	LM2 (Single axle)	LM3 (Special vehicles)	LM4 (Crowd loading)	Braking and acceleration forces	Centrifugal and transverse forces	Uniformly Distributed load
Groups of Loads	gr1a	Characteristic values				^a	^a	Combination value ^b
	gr1b		Characteristic value					
	gr2	Frequent values ^b				Characteristic value	Characteristic value	
	gr3 ^d							Characteristic value ^c
	Gr4				Characteristic value			Characteristic value ^b
	Gr5	See annex A		Characteristic value				
		Dominant component action (designated as component associated with the group)						
		^a May be defined in the National Annex. ^b May be defined in the National Annex. The recommended value is 3 kN/m ² . ^c See 5.3.2.1-(2). One footway only should be considered to be loaded if the effect is more unfavourable than the effect of two loaded footways. ^d This group is irrelevant if gr4 is considered.						



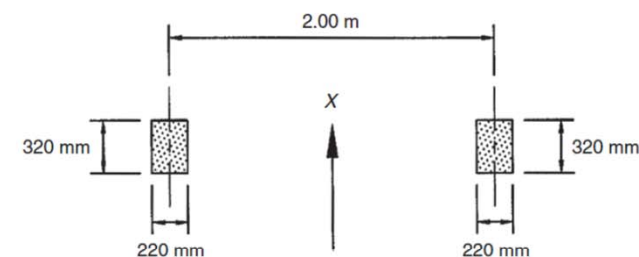
Οδικές Γέφυρες

Μοντέλο Φόρτισης Κόπωσης 2

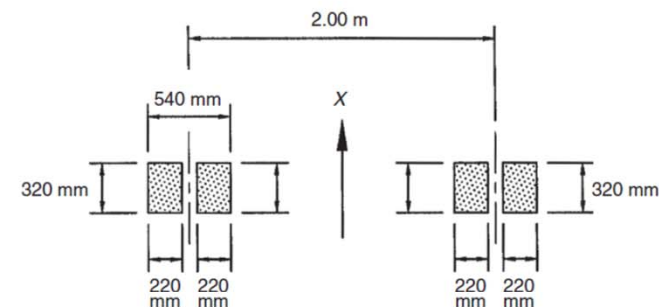
1 Lorry silhouette	2 Axle spacing (m)	3 Frequent axle loads (kN)	4 Wheel type (see Table 4.11)
	4.5	90 190	A B
	3.20	90	A
	5.20	180	B
	1.30	120	C
	1.30	120	C
	4.80	90	A
	3.60	180	B
	4.40	120	C
	1.30	110	C
		110	C

Wheel/axle type Geometrical definition

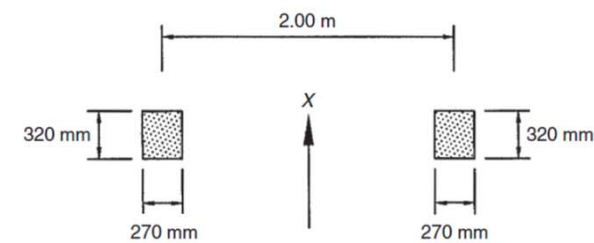
A



B



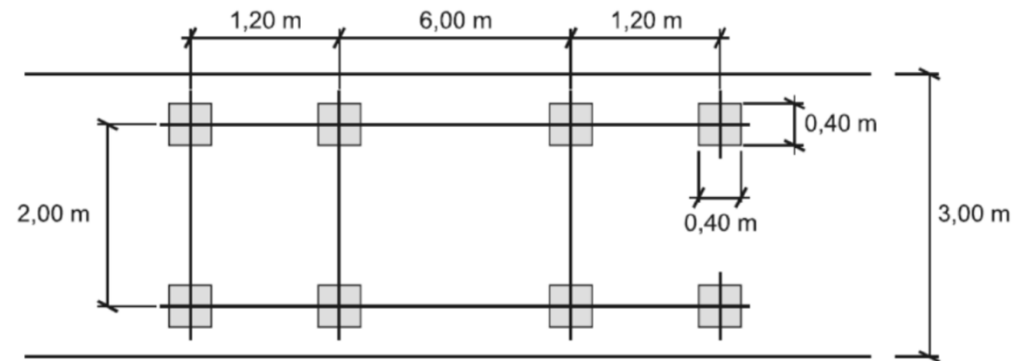
C



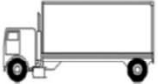

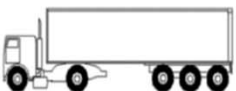
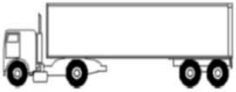

Οδικές Γέφυρες

Μοντέλο Φόρτισης Κόπωσης 3

- Το φορτίο του κάθε άξονα είναι 12tn (120kN)

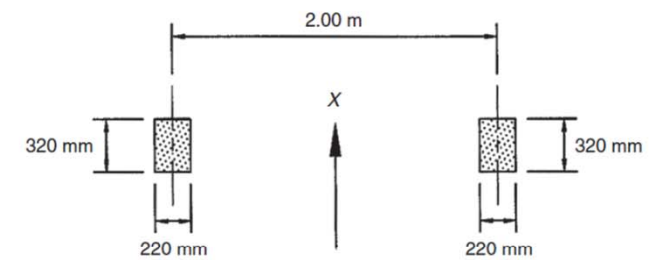


Μοντέλο Φόρτισης Κόπωσης 4

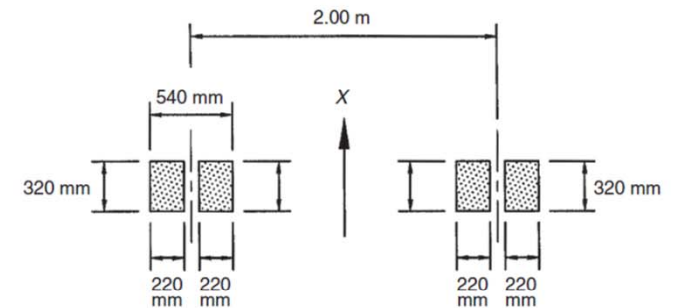
Vehicle type	Traffic type					
	2	3	4	5	6	7
Lorry	Axle spacing (m)	Equivalent axle loads (kN)	Long distance Lorry percentage	Medium distance Lorry percentage	Local traffic Lorry percentage	Wheel type
	4.5	70 130	20.0	40.0	80.0	A B
						
	3.20 5.20 1.30 1.30	70 150 90 90	50.0	30.0	5.0	A B C C
						
	4.80 3.60 4.40 1.30	70 130 90 80	10.0	5.0	5.0	A B C C

Wheel/axle type Geometrical definition

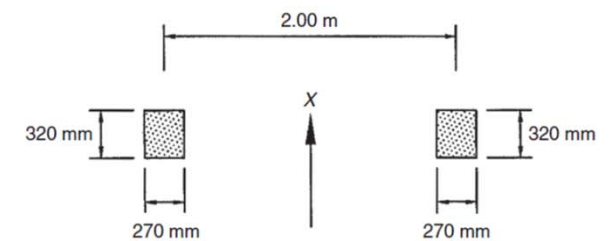
A



B

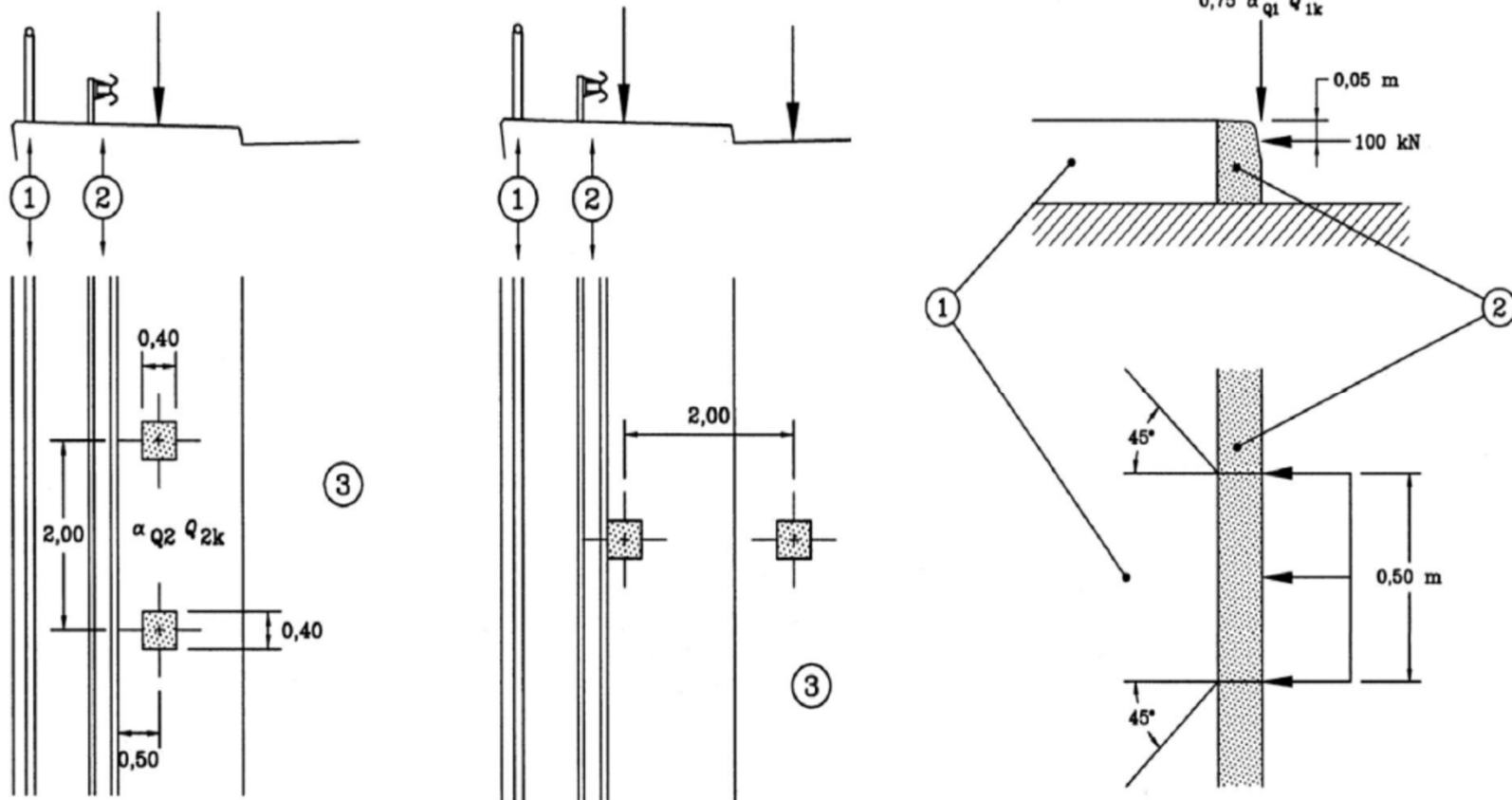


C



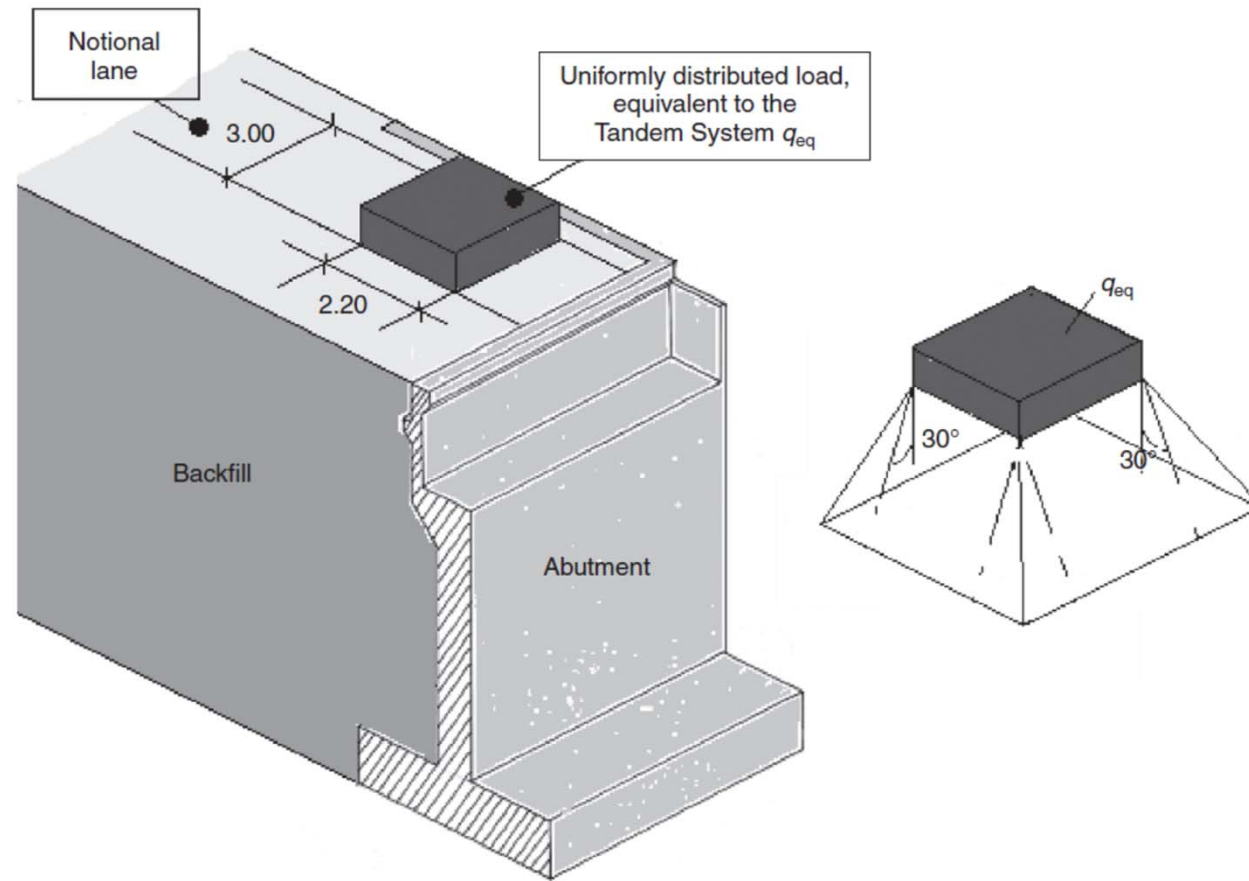
Οδικές Γέφυρες

Φορτία Πρόσκρουσης επί του Φορέα



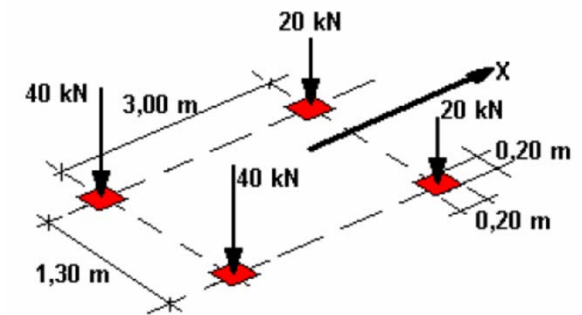
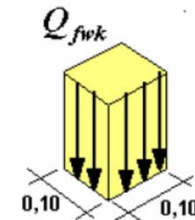
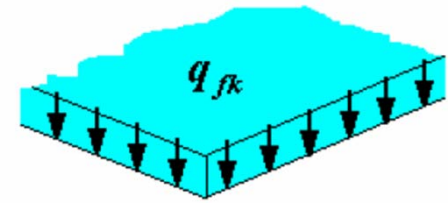
Οδικές Γέφυρες

Φορτίσεις επί ακροβάθρων λόγω κυκλοφορίας



Φορτία Πεζογεφυρών

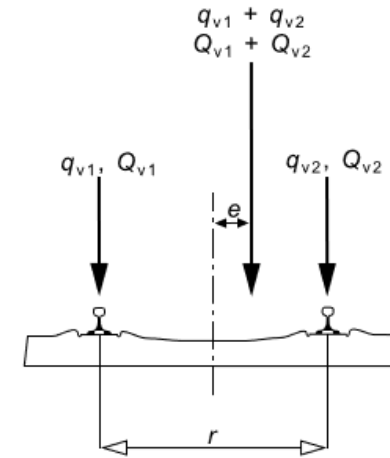
- Κατακόρυφα Φορτία
 - Ανθρωποσυνοστισμός: $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$.
- Συγκεντρωμένο Φορτίο
 - Σε επιφάνεια $0.10 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}$ φορτίο $Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$
- Όχημα Συντήρησης 12 t ($4 \text{ t} + 8 \text{ t}$)



Γέφυρες Πεζών

Φορτία Κυκλοφορίας Σιδηροδρομικών Γεφυρών

- Μοντέλο Φόρτισης LM71
- Μοντέλο Φόρτισης LMSW/0
- Μοντέλο Φόρτισης LMSW/2
- Μοντέλο Φόρτισης HSLM



$$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2} = (1)$$

$$q_{v1} + q_{v2} + Q_{v1} + Q_{v2} = (2)$$

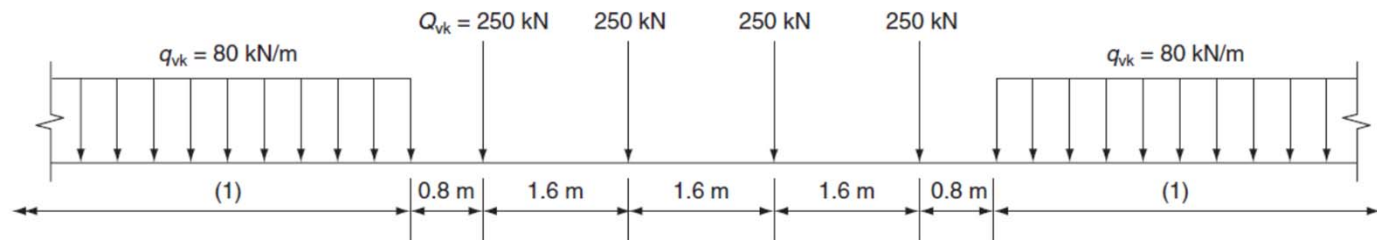
$$\frac{q_{v2}, Q_{v2}}{q_{v1}, Q_{v1}} \leq 1.25$$

$$e \leq \frac{r}{18}$$

$$r = (3)$$

Key

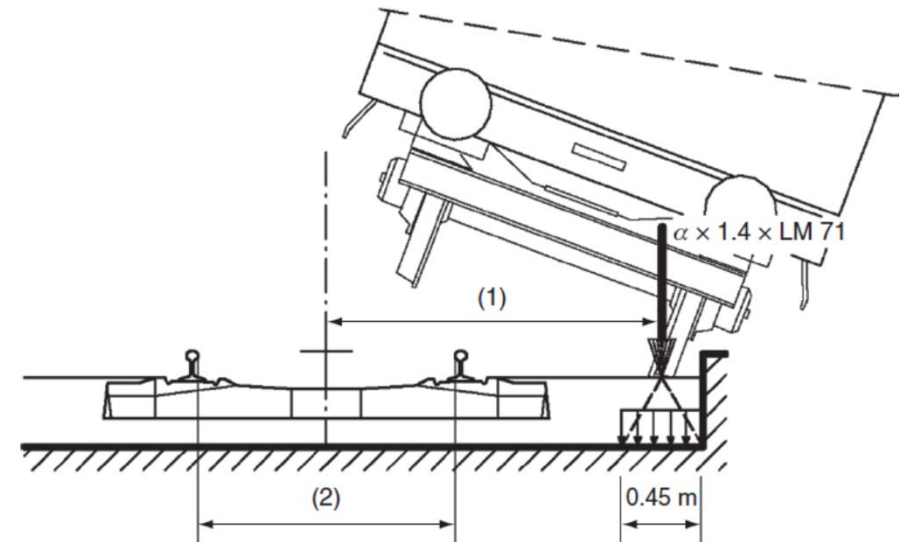
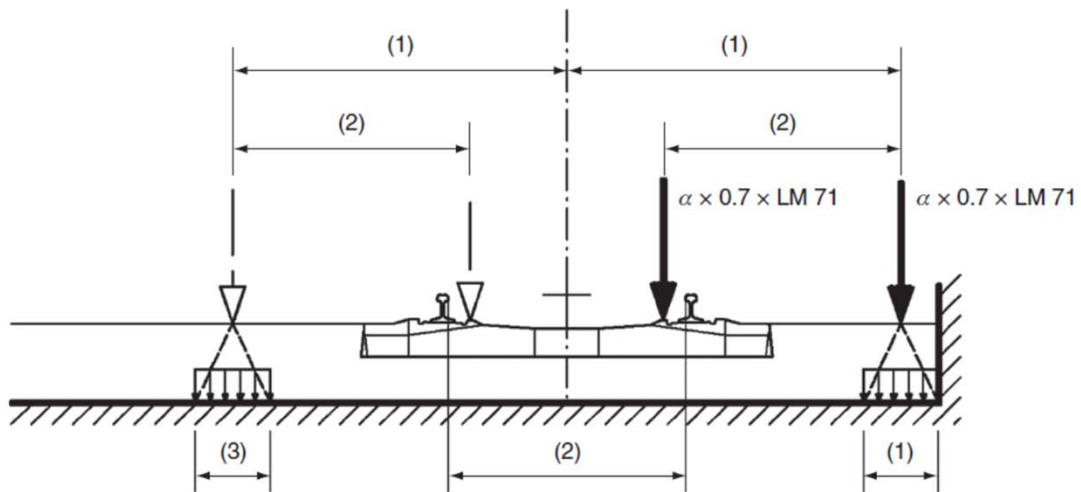
- (1) Uniformly distributed load and point loads on each rail as appropriate
- (2) LM 71 (and SW/0 where required)
- (3) Transverse distance between wheel loads



LM71

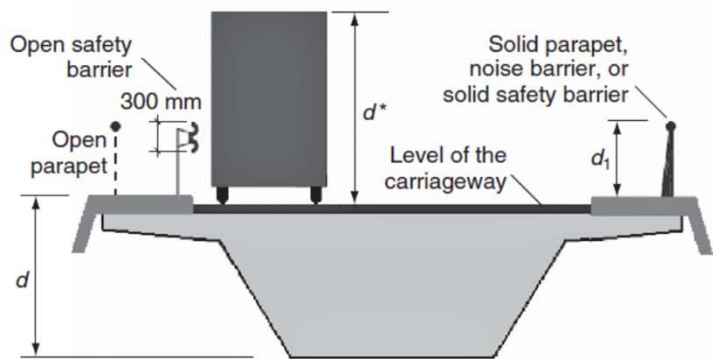
Σιδηροδρομικές Γέφυρες

Φορτία Εκτροχιασμού

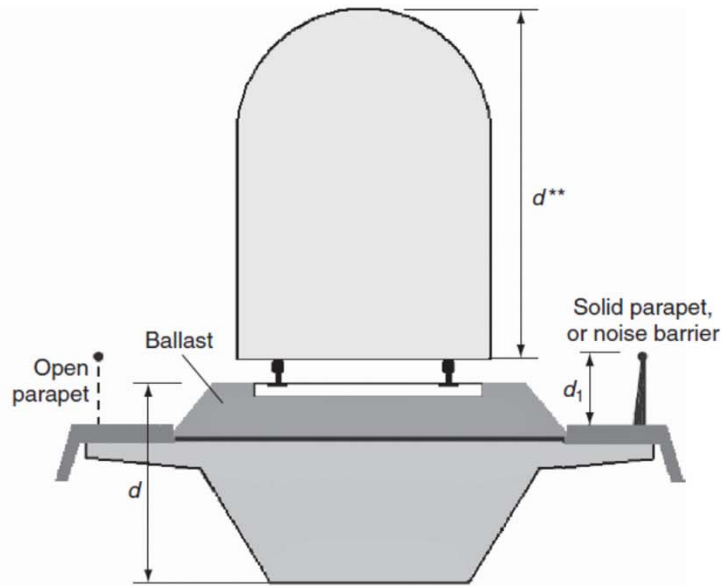


Σιδηροδρομικές Γέφυρες

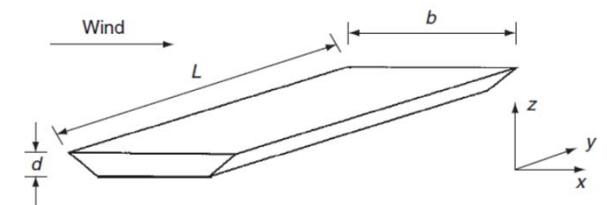
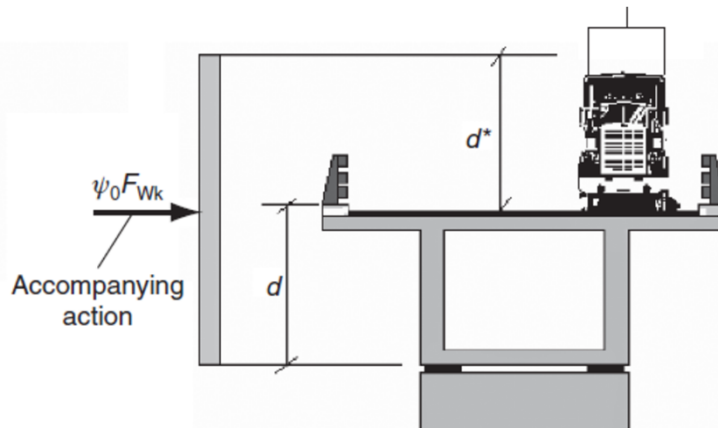
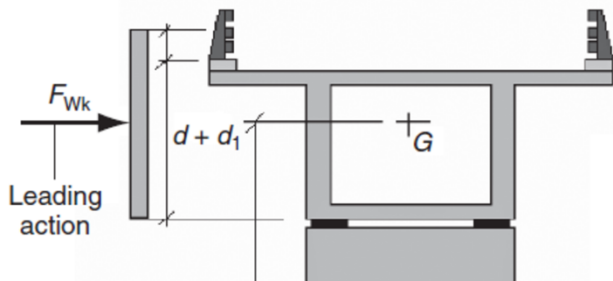
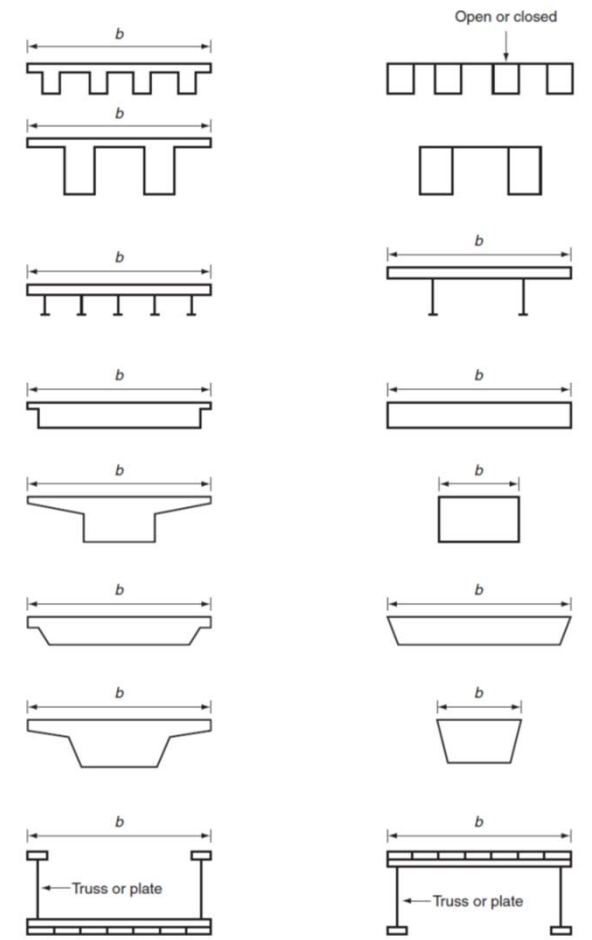
Φορτία Ανέμου



(a) Road bridge

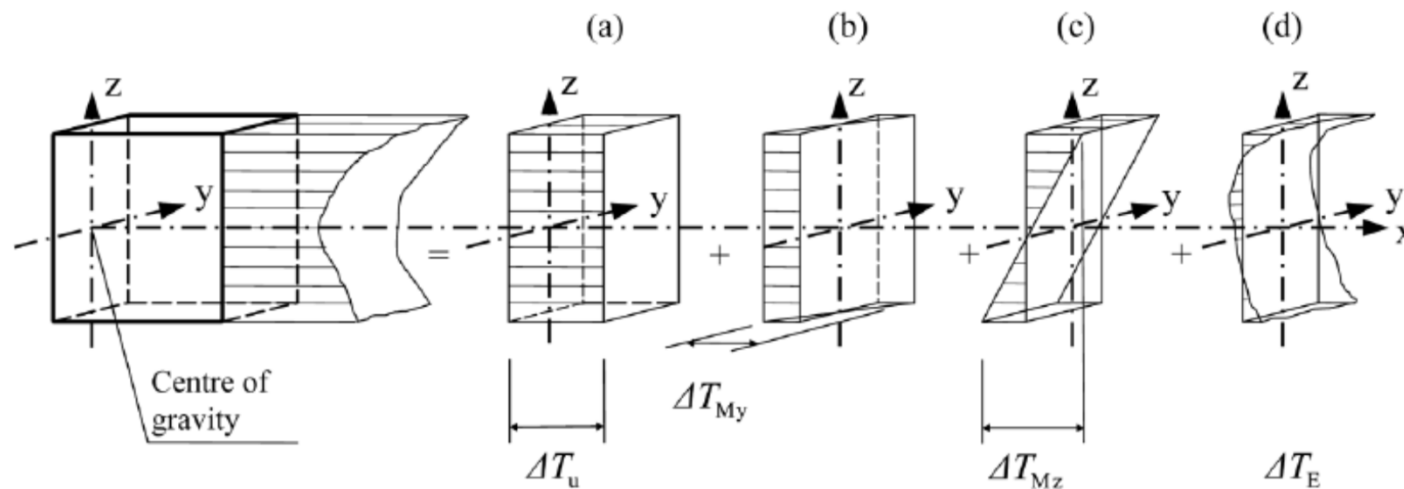


(b) Railway bridge



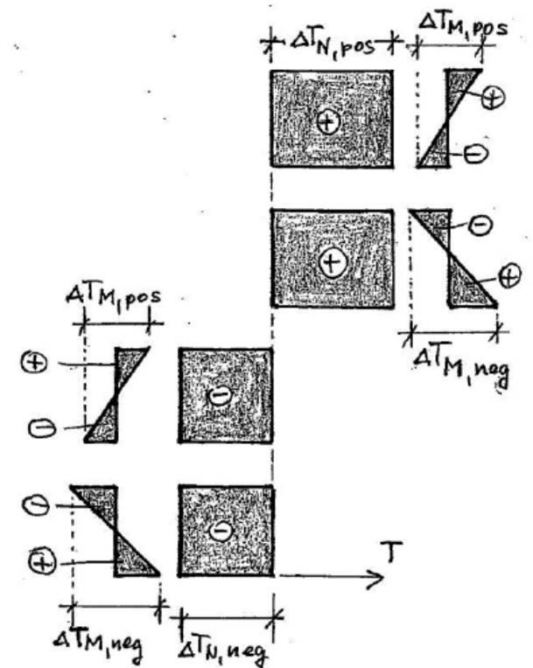
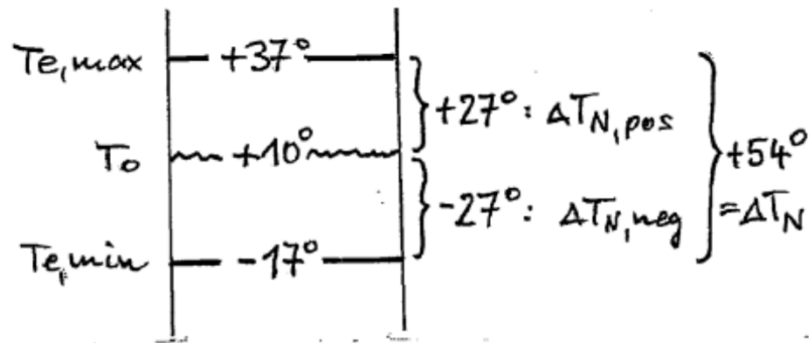
Θερμικές Δράσεις

- Ομοιόμορφη Μεταβολή Θερμοκρασία ΔT_u
- Γραμμική Μεταβολή Θερμοκρασίας ΔT_{My} & ΔT_{Mz}
- Μη γραμμική Μεταβολή Θερμοκρασίας



Θερμικές Δράσεις

- Θερμοκρασία Αναφοράς T_0
- Μέγιστη & Ελάχιστη Θερμοκρασία Περιβάλλοντος T_{max} , T_{min}
- Προσδιορισμός της μεταβολής της θερμοκρασίας ΔT



Θερμικές Δράσεις

Type of Deck	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Type 1: Steel deck	18	13
Type 2: Composite deck	15	18
Type 3: Concrete deck: - concrete box girder - concrete beam - concrete slab	10 15 15	5 8 8

NOTE 1: The values given in the table represent upper bound values of the linearly varying temperature difference component for representative sample of bridge geometries.

NOTE 2: The values given in the table are based on a depth of surfacing of 50 mm for road and railway bridges. For other depths of surfacing these values should be multiplied by the factor k_{sur} . Recommended values for the factor k_{sur} is given in Table 6.2.

Road, foot and railway bridges						
Surface Thickness	Type 1		Type 2		Type 3	
	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
[mm]	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}
unsurfaced	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
water-proofed ¹⁾	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
ballast (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

Top warmer:

8 cm pavement $\rightarrow k_{sur} = 0,82$

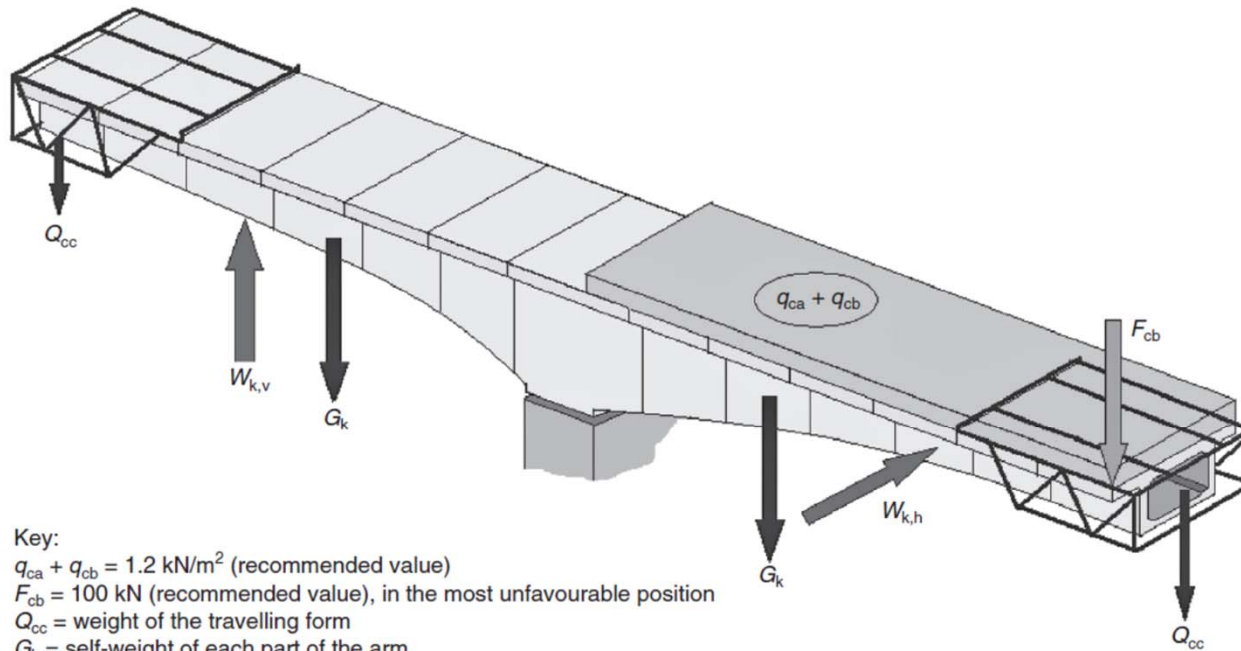
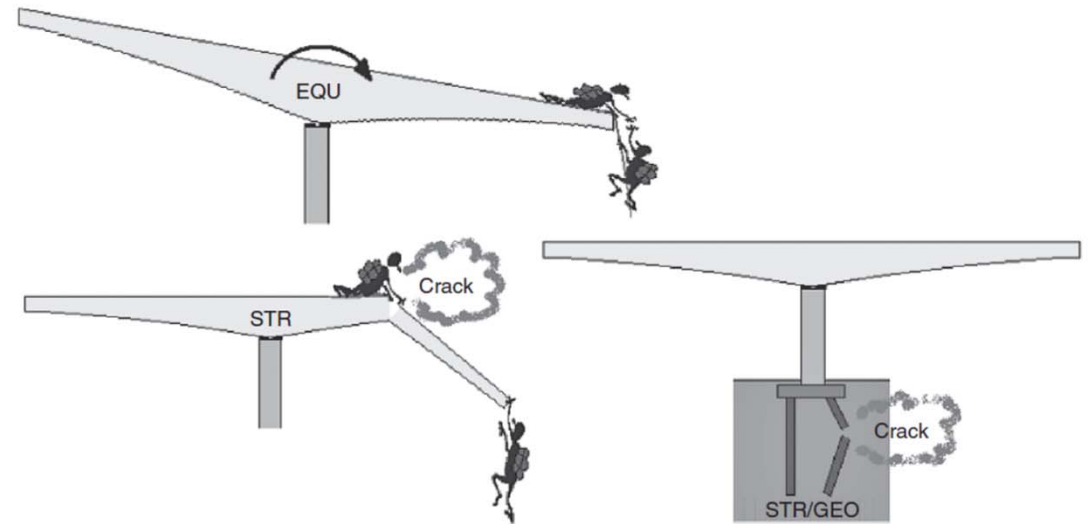
$$\Delta T_{M,heat} = 15 \text{ °C} \cdot 0,82 = 12,3 \text{ °C}$$

Bottom warmer:

independent of pavement $\rightarrow k_{sur} = 1,0$

$$\Delta T_{M,cool} = -8 \text{ °C} \cdot 1,0 = -8 \text{ °C}$$

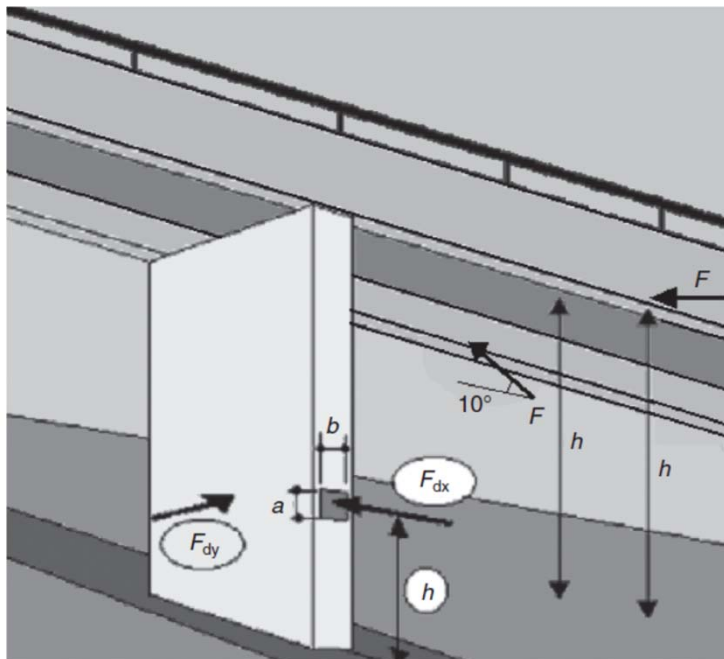
Φορτίσεις σε φάση κατασκευής



Key:
 $q_{ca} + q_{cb} = 1.2 \text{ kN/m}^2$ (recommended value)
 $F_{cb} = 100 \text{ kN}$ (recommended value), in the most unfavourable position
 Q_{cc} = weight of the travelling form
 G_k = self-weight of each part of the arm
 $W_{k,v}$ = characteristic value of the wind force corresponding to unbalanced uplift
 $W_{k,h}$ = characteristic value of the wind force corresponding to unbalanced drag.

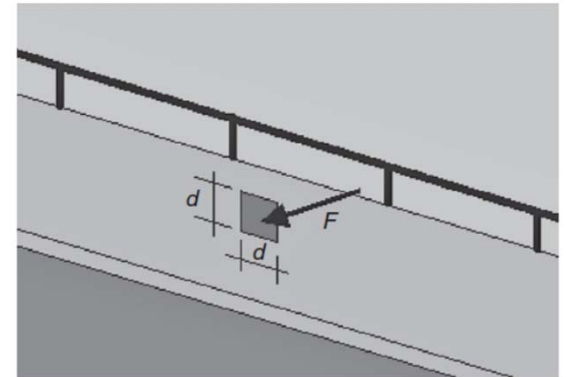
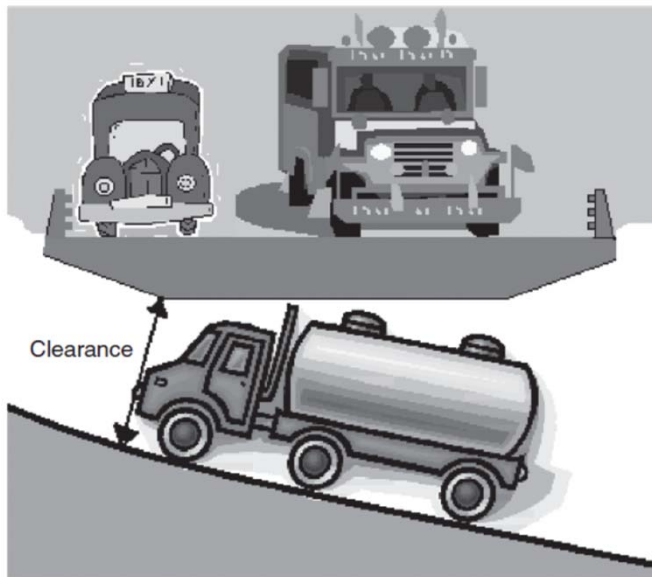
Τυχηματικές Δράσεις

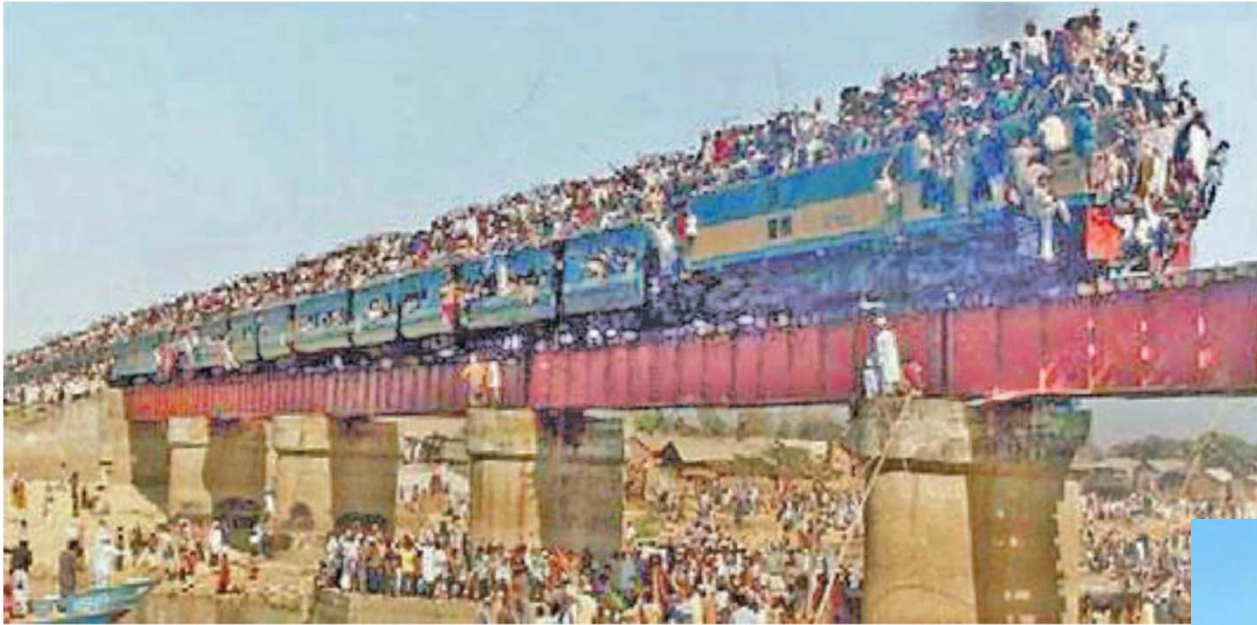
- Πρόσκρουση



Τυχηματικές Δράσεις

- Πρόσκρουση





ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

