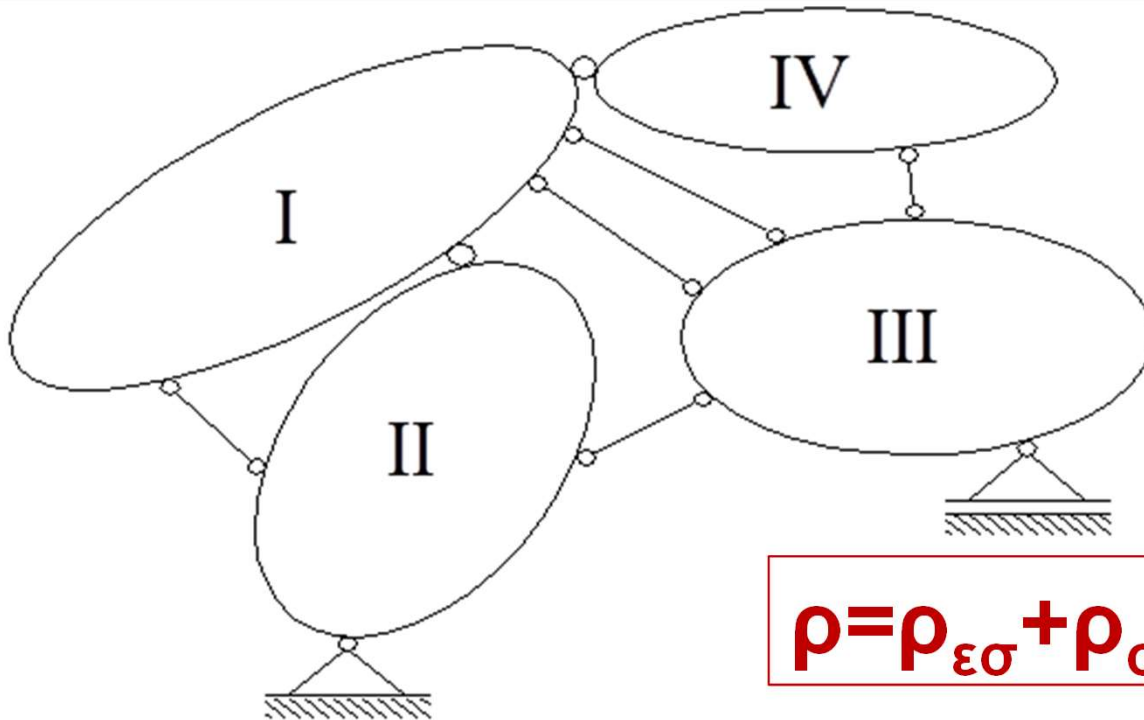


2^{ος} νόμος μόρφωσης



Εάν n =φορείς που ανά δύο συνδέονται με 3 Δ.Ρ. που δεν συντρέχουν, τότε ο ελάχιστος αριθμός $\rho_{\epsilon\sigma}$ δεσμικών ράβδων του σχηματισμού είναι: $\rho_{\epsilon\sigma}=3(n-1)$
για 4 φορείς $\rightarrow \rho_{\epsilon\sigma}=9$ Δ.Ρ.
& $\rho_{\sigma\tau}=3$ για ισοστατικότητα!

$$\rho = \rho_{\epsilon\sigma} + \rho_{\sigma\tau} = 3(n-1) + 3 \rightarrow \rho = 3n$$

- ο δίσκος I συνδέεται με μια άρθρωση και μια δεσμική ράβδο με τον II. [συνδέονται στερεά και ισοστατικά και μαζί αποτελούν έναν μεγαλύτερο (σύνθετο) στερεό δίσκο.]
- Κάθε επόμενος δίσκος (III, IV...κ.λ.π.) συνδέεται με τους προηγούμενους στερεά και ισοστατικά, σχηματίζοντας έναν ολοένα και μεγαλύτερο στερεό δίσκο.
- Τέλος, το σύστημα των δίσκων που έχει δημιουργηθεί συνδέεται στερεά και ισοστατικά (δηλαδή με τρεις δ.ρ.) με το έδαφος δημιουργώντας έναν **σύνθετο στερεό και ισοστατικό** φορέα.

Επίλυση:

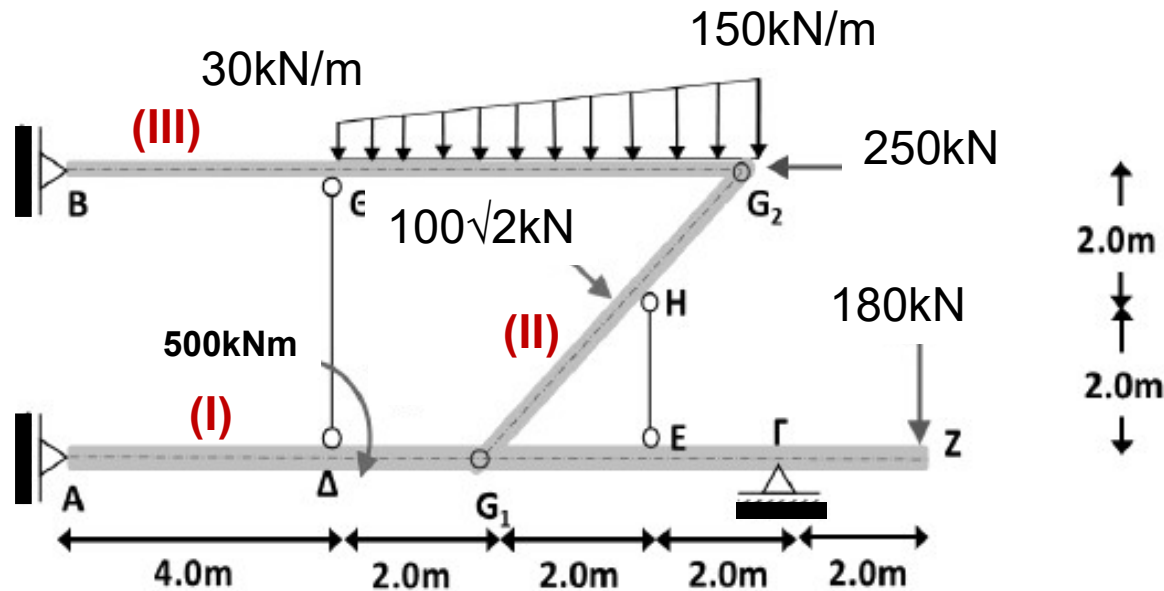
- με ΔΕΣ όλου του φορέα υπολογίζονται οι εξωτερικές αντιδράσεις
- Με ΔΕΣ του τελευταίου δίσκου που συνδέθηκε (εδώ ο IV) υπολογίζονται οι εσωτερικές αντιδράσεις

2^{ος} νόμος μόρφωσης

Επίλυση:

-με ΔΕΣ όλου του φορέα υπολογίζονται οι εξωτερικές αντιδράσεις

-Με ΔΕΣ του τελευταίου δίσκου που συνδέθηκε (εδώ ο III) οι εσωτερικές αντιδράσεις



Ισοστατικότητα: $\rho = 3n = 9$

Για $n=3$ δίσκους τότε:

$\rho_{\langle\epsilon\sigma\rangle}$ δεσμικών ράβδων του στερεού σχηματισμού είναι:

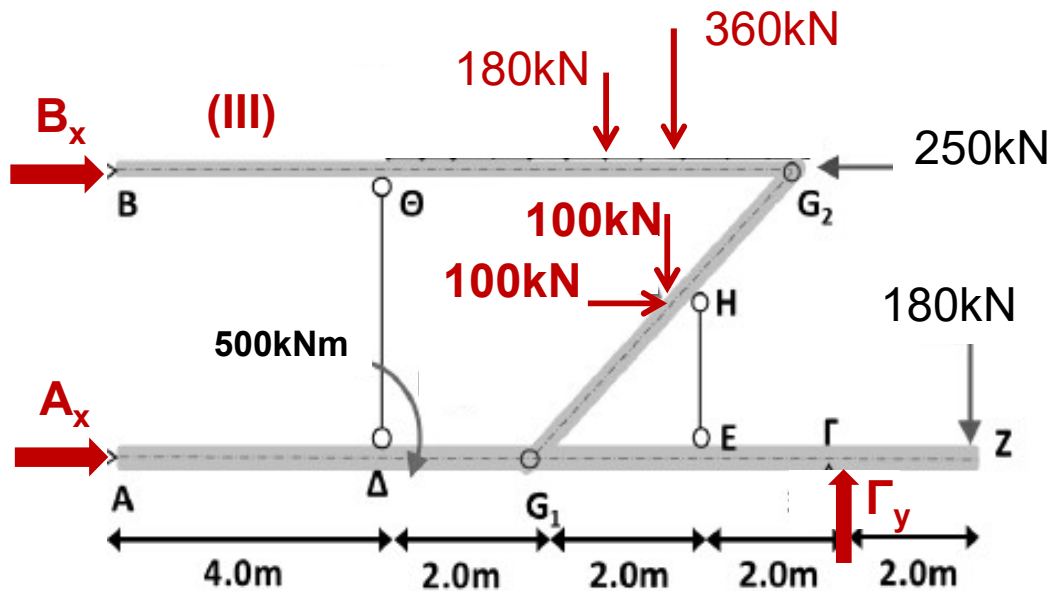
$$\rho_{\langle\epsilon\sigma\rangle} = 3(n-1) = 3(3-1) = 6$$

$$\rho_{\sigma\tau} = 3$$

2^{ος} νόμος μόρφωσης

Επίλυση:

-με ΔΕΣ όλου του φορέα υπολογίζονται οι εξωτερικές αντιδράσεις



$\Sigma M_{\Gamma} = 0$ (τέμνονται οι δύο από τρεις άγνωστες αντιδράσεις)

$$500\text{kNm} + 4B_x + 2 \cdot 100 - 2 \cdot 100 - 3 \cdot 180 - 2 \cdot 360 - 4 \cdot 250 + 2 \cdot 180 = 0 \rightarrow \boxed{B_x = 350\text{kN}}$$

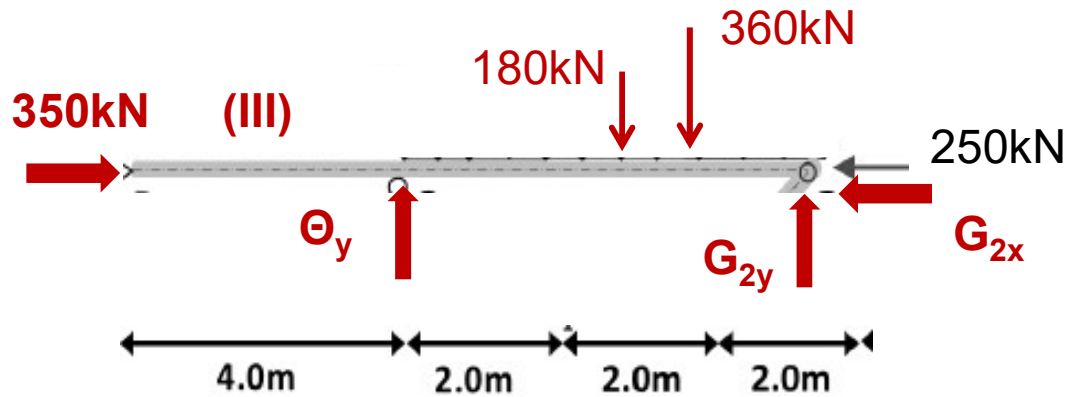
$\Sigma F_x = 0$

$$A_x + 350 + 100 - 250 = 0 \rightarrow \boxed{A_x = -200\text{kN}}$$

$\Sigma F_y = 0$

$$\Gamma_y - 180 - 360 - 100 - 180 = 0 \rightarrow \boxed{\Gamma_y = 820\text{kN}}$$

2^{ος} νόμος μόρφωσης



-Με ΔΕΣ του τελευταίου δίσκου που συνδέθηκε (εδώ ο III) οι εσωτερικές αντιδράσεις

$$\Sigma M_{G_2} = 0$$

$$2 \cdot 360 + 3 \cdot 180 - 6 \cdot \Theta_y = 0 \rightarrow \Theta_y = 210 \text{ kN}$$

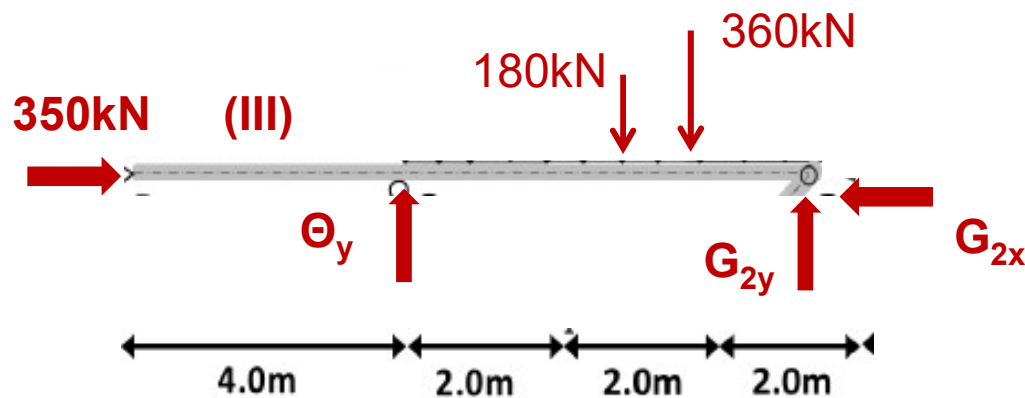
Ίδια και για τα δύο ΔΕΣ

$$\Sigma F_y = 0$$

$$210 + G_{2y} - 180 - 360 = 0 \rightarrow G_{2y} = 330 \text{ kN}$$

Ίδια και για τα δύο ΔΕΣ

& για την διακύμανση της G_{2x}



$$-\Sigma F_x (\mu\epsilon 250 \text{ kN}) = 0$$

$$G_{2x} + 250 - 350 = 0 \rightarrow G_{2x(\mu\epsilon)} = 100 \text{ kN}$$

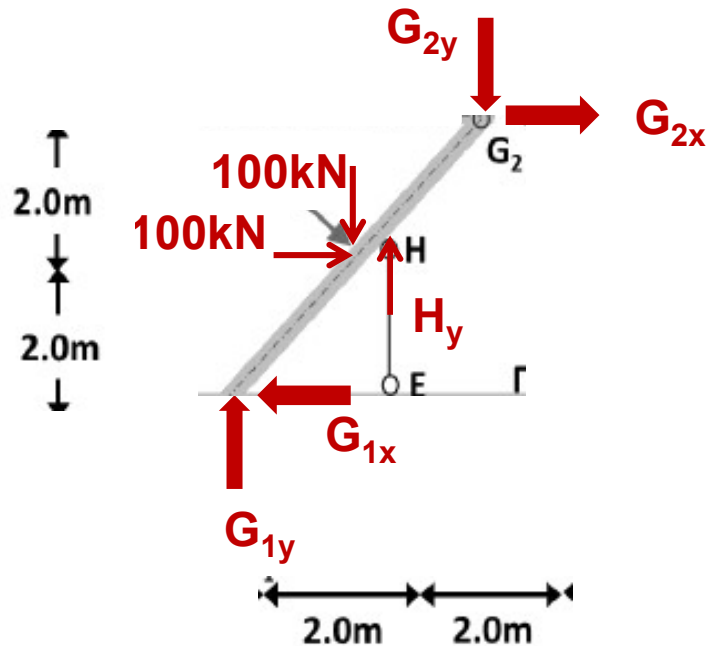
$$-\Sigma F_x (\chi\omega\rho\rho\iota\varsigma 250 \text{ kN}) = 0$$

$$G_{2x} - 350 = 0 \rightarrow G_{2x(\chi\omega\rho\rho\iota\varsigma)} = 350 \text{ kN}$$

$$100 \text{ kN} < G_{2x} < 350 \text{ kN}$$

$$G_{2y} = 330 \text{ kN}$$

2^{ος} νόμος μόρφωσης



-Με ΔΕΣ του δίσκου II

Εάν βάλω τις τιμές της G_2 που υπολόγισα με την παρουσία των 250kN τότε τα 250 kN δεν εμφανίζονται στο ΔΕΣ.

Εάν βάλω τις τιμές της G_2 που υπολόγισα χωρίς την παρουσία των 250kN τότε τα 250 kN εμφανίζονται στο ΔΕΣ.

Εδώ έστω η πρώτη περίπτωση:
 $G_{2x}=100\text{kN}$ & $G_{2y}=330\text{kN}$

$$\Sigma M_{G_1}=0$$

$$2 \cdot H_y - 2 \cdot 100 - 2 \cdot 100 - 4 \cdot 330 - 4 \cdot 100 = 0 \rightarrow$$

$$H_y = 1060\text{kN}$$

$$-\Sigma F_x = 0$$

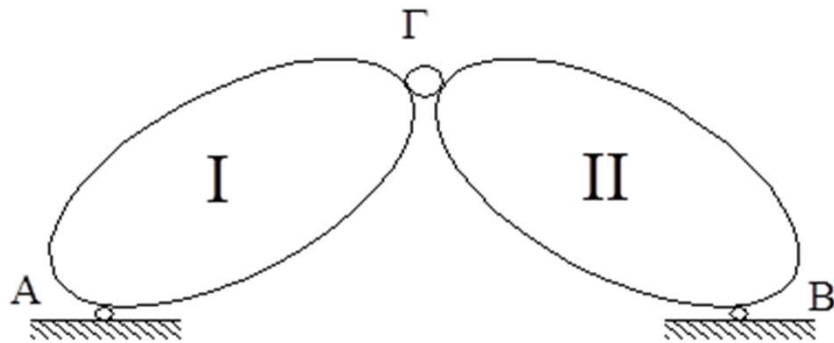
$$100 + 100 - G_{1x} = 0 \rightarrow G_{1x} = 200\text{kN}$$

$$-\Sigma F_y = 0$$

$$G_{1y} + 1060 - 100 - 330 = 0 \rightarrow G_{1y} = -630\text{kN} \downarrow$$

Τριαρθρωτό τόξο

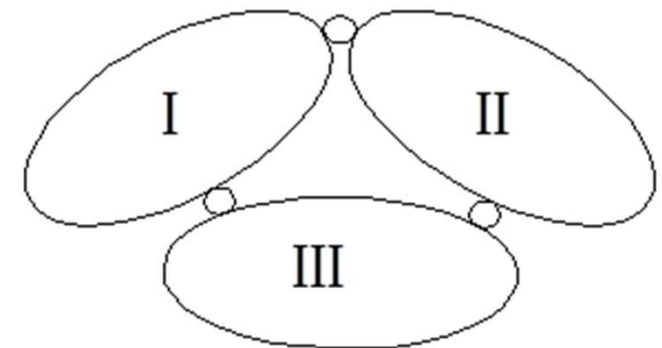
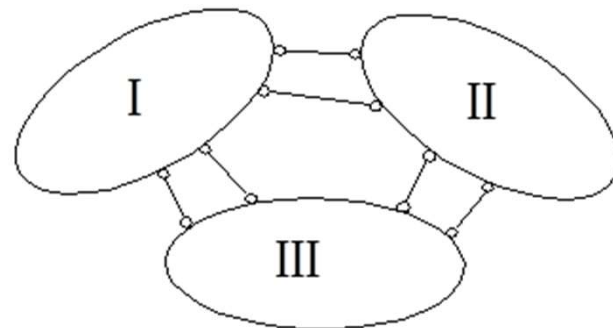
ισοστατικός σύνθετος φορέας, ο οποίος μορφώνεται από δύο απλούς φορείς που συνδέονται, τόσο μεταξύ τους, όσο και με το έδαφος με **τρεις** αρθρώσεις.



Νόμος μόρφωσης τριαρθρωτού τόξου (στερεότητα)

εάν το έδαφος θεωρηθεί ένας τρίτος δίσκος, τότε οι τρεις δίσκοι θα πρέπει να συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους με μια άρθρωση και οι τρεις αρθρώσεις να μη βρίσκονται στην ίδια ευθεία.

Ισοστατικότητα
 $\rho=3n=6$



Επίσης, καθώς η κάθε εσωτερική άρθρωση αντιστοιχεί σε δύο δ.ρ., μπορούν οι τρεις δίσκοι να ενώνονται ανά δύο μεταξύ τους με ένα ζεύγος δ.ρ. και θα πρέπει τα σημεία τομής των ράβδων αυτών να μη βρίσκονται στην ίδια ευθεία.



Εάν $n=3$ τότε:

$\rho_{\text{«εσ»}}$ δεσμικών ράβδων του στερεού σχηματισμού είναι:
 $\rho_{\text{«εσ»}}=3(n-1)=3(3-1)=6$ ($\rho_{\text{στ}}=0$)

Τριαρθρωτό τόξο

Κατασκευή: με την βοήθεια ικριωμάτων – βοηθητικών κατασκευών
Χωρίς αυτά το βάρος του κάθε σκέλους θα προκαλούσε ροπή στην στήριξη, η οποία είναι άρθρωση!

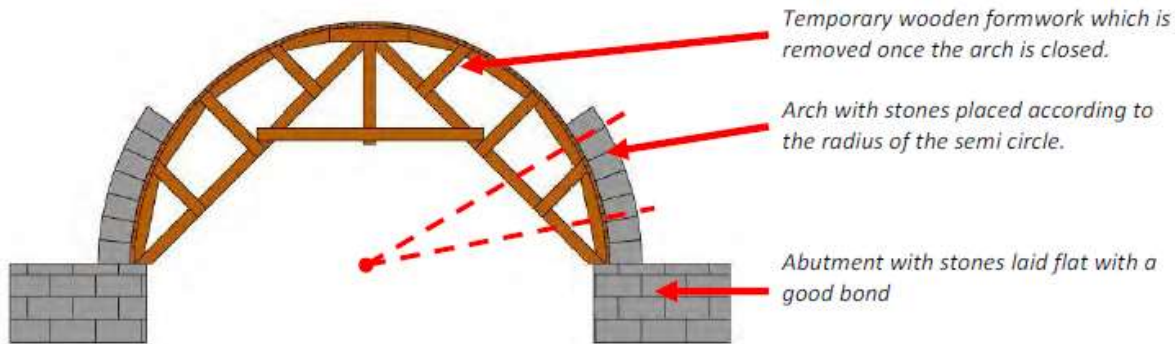


Fig 8: Basic elements of arch bridge construction. The arch is constructed symmetrically over a temporary formwork. Note that the arrangement of the stones differs entirely between the arch and the abutment. Stones of



Επίλυση τριαρθρωτού τόξου

4 εξ. αντιδράσεις \rightarrow 4 εξισώσεις

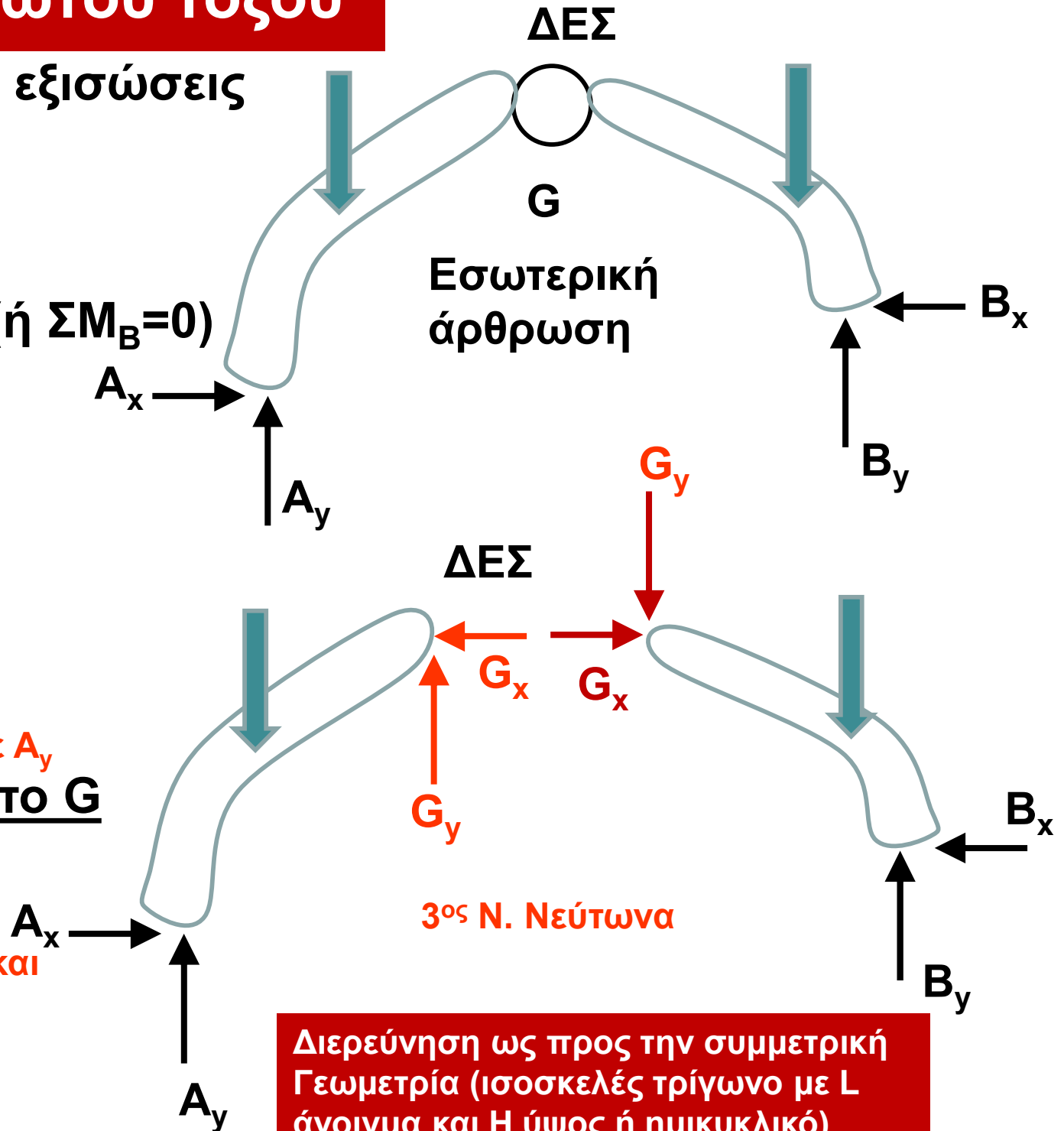
3 Εξ. Ισορροπίας \rightarrow
 $\Sigma F_x=0, \Sigma F_y=0, \Sigma M_A=0$ (ή $\Sigma M_B=0$)

2^ο βήμα: ΣM_B όλου του ΔΕΣ
ώστε να προκύπτει 2^η
συσχέτιση μεταξύ A_x και A_y
3^ο βήμα: $\Sigma F=0 \rightarrow B_x, B_y$.

& 1 εξίσωση από:

1^ο βήμα: συσχετίζει π.χ. A_x με A_y
Μηδενισμός ροπής στο G
($\Sigma M_G^{(\alpha\rho)}$ ή $\Sigma M_G^{(\delta)} = 0$)

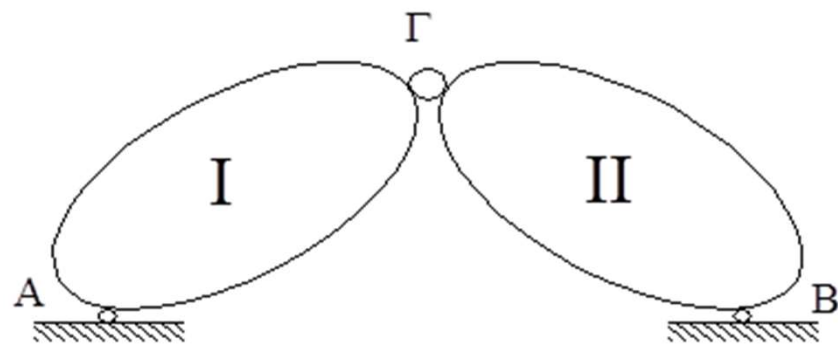
4^ο βήμα: ΔΕΣ ενός τμήματος και
 $\Sigma F_x=0, \Sigma F_y=0 \rightarrow G_x, G_y$.
Η ΣM_A για επαλήθευση!



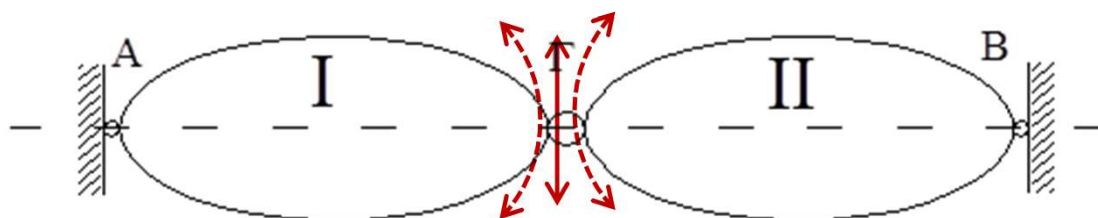
Διερεύνηση ως προς την συμμετρική
Γεωμετρία (ισοσκελές τρίγωνο με L
άνοιγμα και H ύψος ή ημικυκλικό)

Τριαρθρωτό τόξο

ισοστατικός σύνθετος φορέας, ο οποίος μορφώνεται από δύο απλούς φορείς που συνδέονται, τόσο μεταξύ τους, όσο και με το έδαφος με **τρεις** αρθρώσεις.



Το τριαρθρωτό τόξο αποδεικνύεται ότι είναι στερεός φορέας **μόνο όταν** τα σημεία των τριών αρθρώσεων **A, B, και Γ δεν βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία**. Στην αντίθετη περίπτωση αποτελεί μια κατασκευή που παρουσιάζει απειροστή κινητότητα.



Απόδειξη!