



**ΑΡΙΣΤΕΙΑ II:**

«Πρωτότυπες έννοιες σχεδιασμού μεταλλικών κατασκευών για τον ενεργειακό τομέα με χρήση σύγχρονων υλικών»

Αναλυτική και αριθμητική διερεύνηση χρήσης εύκαμπτων κόμβων σε υπόγειους αγωγούς έναντι διάρρηξης ρήγματος

Αλέξανδρος Βαλασάμης, Μαρία Δαγαλάκη, Μαριάννα Ιωάννου, Γιώργος Μπουκοβάλας

Οκτώβριος 2015



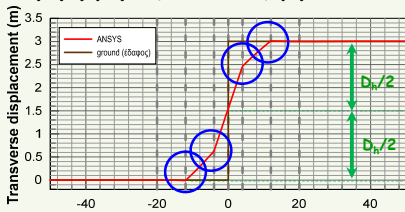
**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

✦ Νέα Αναλυτική Μεθοδολογία

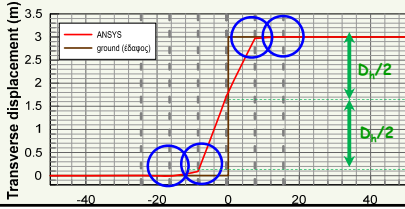
✦ Παραμετρικές Αριθμητικές Αναλύσεις

✦ Αξιολόγηση Αναλυτικής Μεθοδολογίας

**Παραμορφωμένη κατάσταση φορέα...**

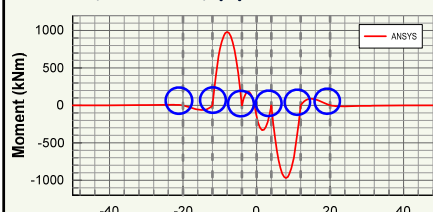


Ρήγμα ανάμεσα σε κόμβους

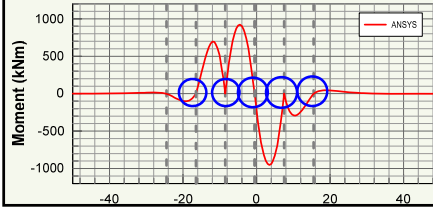


Ρήγμα πέφτει πάνω σε κόμβο

**Εντατική κατάσταση φορέα...**



Ρήγμα ανάμεσα σε κόμβους

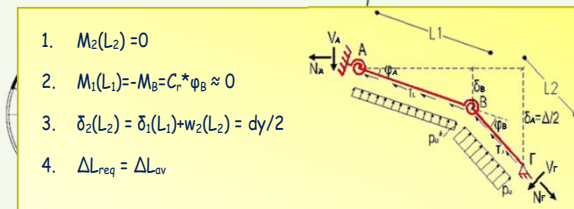


Ρήγμα πέφτει πάνω σε κόμβο

**Ρήγμα Οριζόντιας Ολίσθησης...**

Άγνωστα μεγέθη:  $\varphi_A, \varphi_B, V_A, N(x)$

Διασταύρωση στη μέση ανάμεσα σε κόμβους



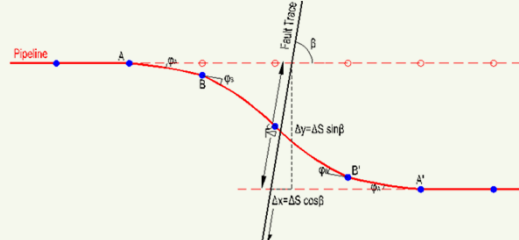
- $M_2(L_2) = 0$
- $M_1(L_1) = -M_B = C_r \cdot \varphi_B \approx 0$
- $\delta_2(L_2) = \delta_1(L_1) + w_2(L_2) = d\gamma/2$
- $\Delta L_{req} = \Delta L_{av}$

- Βήμα 1: Αρχική «ελαστική» επίλυση φορέα
- Βήμα 2: Υπολογισμός  $\sigma_{max}, \epsilon_{max}$  και  $E_{av}$
- Βήμα 3: Διόρθωση του  $E_{av}$  και επανάληψη της διαδικασίας

**Ρήγμα Οριζόντιας Ολίσθησης...**

Άγνωστα μεγέθη:  $\varphi_A, \varphi_B, V_A, N(x)$

Διασταύρωση ακριβώς μετά από κόμβο



### Ρήγμα Ορθής Διάρρηξης...

Άγνωστα μεγέθη:  $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_\Gamma, \varphi_\Delta, \varphi_E, V_A, V_E, N(x)$

Διασταύρωση ακριβώς μετά από κόμβο

- $M_1(L_1) = -M_B = C_r \cdot \varphi_B$
- $M_2(L_2) = -M_B = C_r \cdot \varphi_B$
- $M_3(L_3) = -M_\Gamma = C_r \cdot \varphi_\Gamma$
- $M_4(L_4) = -M_\Delta = C_r \cdot \varphi_\Delta$
- $\delta_1(L_1) + \delta_2(L_2) = dz$
- $\varphi_A + \varphi_B + w'_1(L_1) = \varphi_\Gamma + \varphi_\Delta + \varphi_E + w'_2(L_2) + w'_3(L_3) + w'_4(L_4)$
- $V_1(L_1) = V_2(L_2) \cdot \cos\varphi_B + N_B \cdot \sin\varphi_B$
- $\Delta L_{req} = \Delta L_{av}$

Βήμα 1: Αρχική «ελαστική» επίλυση φορέα  
 Βήμα 2: Υπολογισμός  $\sigma_{max}$ ,  $\epsilon_{max}$  και  $E_{cur}$   
 Βήμα 3: Διόρθωση του  $E_{cur}$  και επανάληψη της διαδικασίας

### Ρήγμα Ορθής Διάρρηξης...

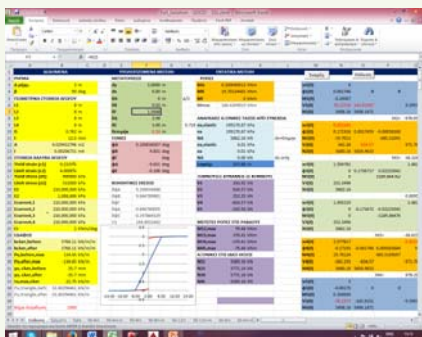
Άγνωστα μεγέθη:  $\varphi_A, \varphi_\Gamma, \varphi_\Delta, \varphi_E, V_A, V_E, N(x)$

Διασταύρωση στη μέση ανάμεσα σε κόμβους

- $M_1(L_1) = M_2(L_2)$
- $V_1(L_1) = V_2(L_2)$
- $M_3(L_3) = -M_\Gamma = C_r \cdot \varphi_\Gamma$
- $M_4(L_4) = -M_\Delta = C_r \cdot \varphi_\Delta$
- $\delta_1(L_1) + \delta_2(L_2) = dz$
- $\varphi_A + w'_1(L_1) = \varphi_\Gamma + \varphi_\Delta + \varphi_E + w'_2(L_2) + w'_3(L_3) + w'_4(L_4)$
- $\Delta L_{req} = \Delta L_{av}$

Βήμα 1: Αρχική «ελαστική» επίλυση φορέα  
 Βήμα 2: Υπολογισμός  $\sigma_{max}$ ,  $\epsilon_{max}$  και  $E_{cur}$   
 Βήμα 3: Διόρθωση του  $E_{cur}$  και επανάληψη της διαδικασίας

### Προγραμματισμός...



Έχει γίνει ήδη σε excel

Μεταφέρεται σε matlab

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Νέα Αναλυτική Μεθοδολογία
- Παραμετρικές Αριθμητικές Αναλύσεις
- Αξιολόγηση Αναλυτικής Μεθοδολογίας

### Προσομοίωση αγωγού...

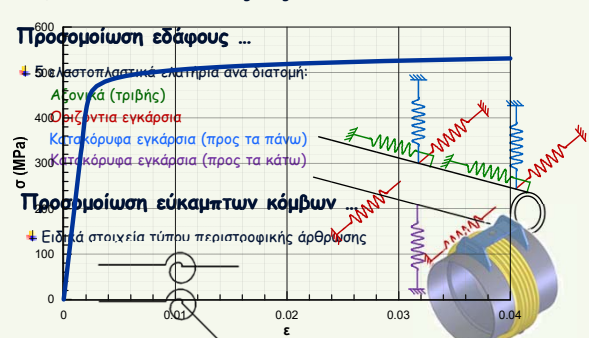
- 2-κομβικά ελαστοπλαστικά ευθύγραμμα στοιχεία αγωγού (Pipe elements)
- Προσομοίωμα χάλυβα: Ramberg- Osgood

### Προσομοίωση εδάφους ...

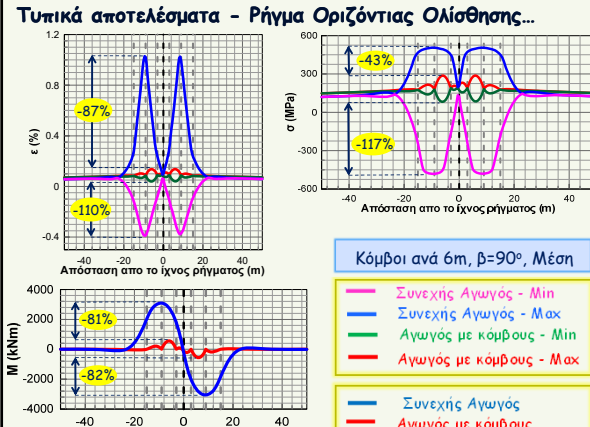
- Ελαστοπλαστική ελαττωσιμότητα:
  - Αξονικά (τριβής)
  - Οριζόντια εγκάρσια
  - Κατακόρυφα εγκάρσια (προς τα πάνω)
  - Κατακόρυφα εγκάρσια (προς τα κάτω)

### Προσομοίωση εύκαμπτων κόμβων ...

- Είδη στοιχεία τύπου περιστροφικής άρθρωσης

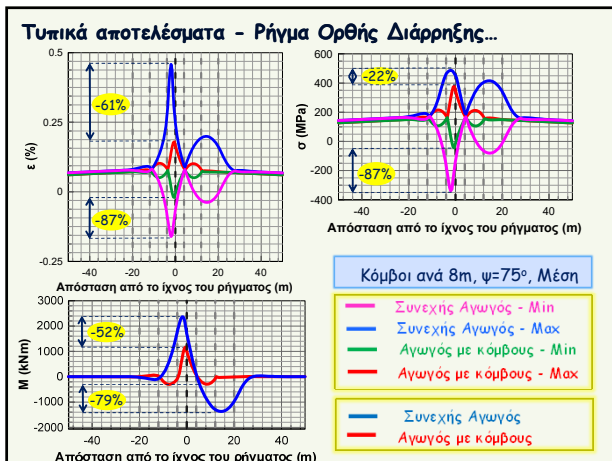


### Τυπικά αποτελέσματα - Ρήγμα Οριζόντιας Ολίσησης...



Κόμβοι ανά 6m,  $\beta=90^\circ$ , Μέση

- Συνεχής Αγωγός - Min
- Συνεχής Αγωγός - Max
- Αγωγός με κόμβους - Min
- Αγωγός με κόμβους - Max
- Συνεχής Αγωγός
- Αγωγός με κόμβους



### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Νέα Αναλυτική Μεθοδολογία
- Παραμετρικές Αριθμητικές Αναλύσεις

➤ Αξιολόγηση Αναλυτικής Μεθοδολογίας

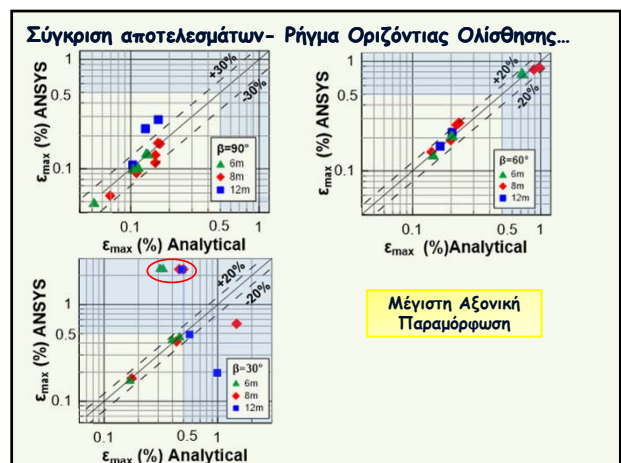
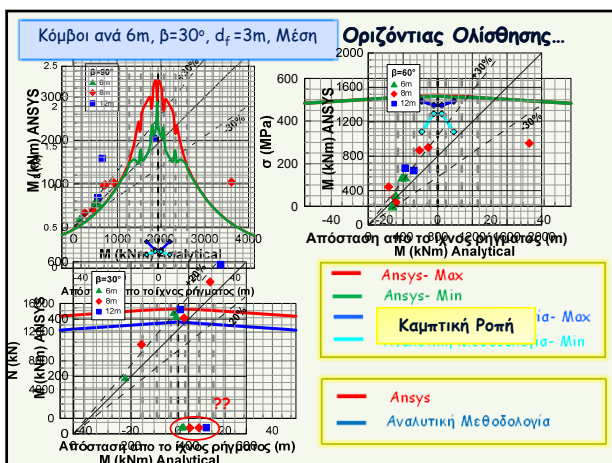
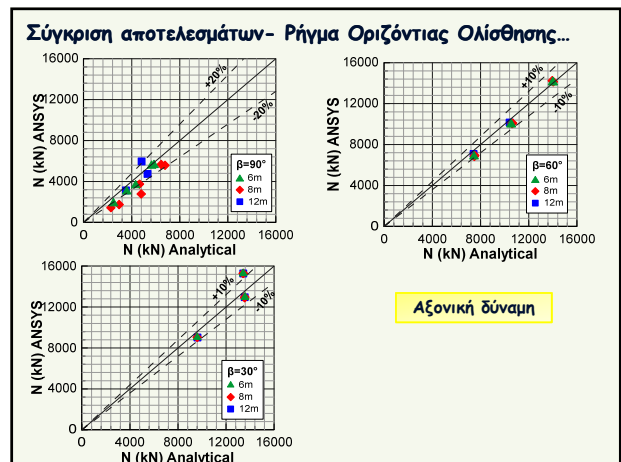
### Παραμετρικές Αναλύσεις ...

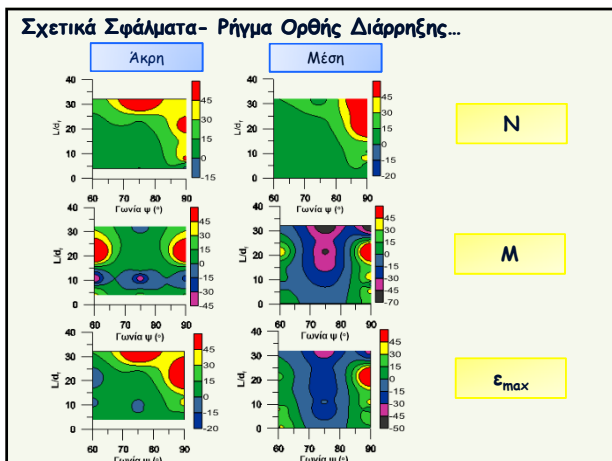
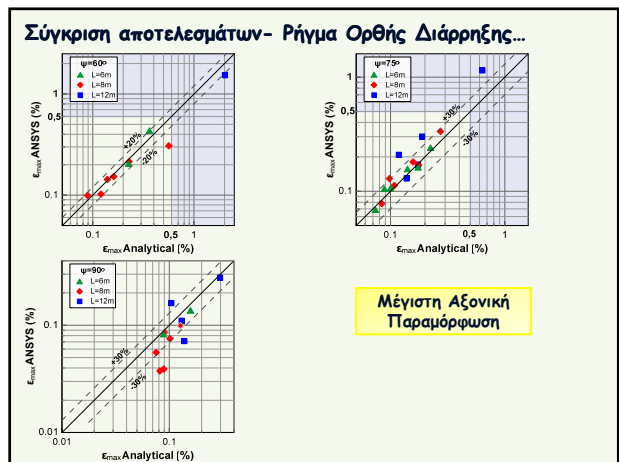
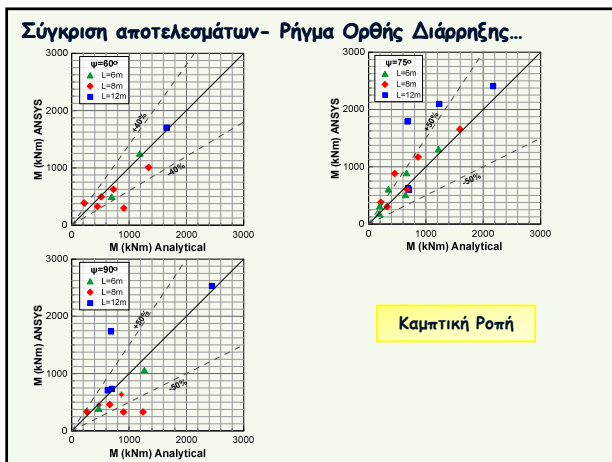
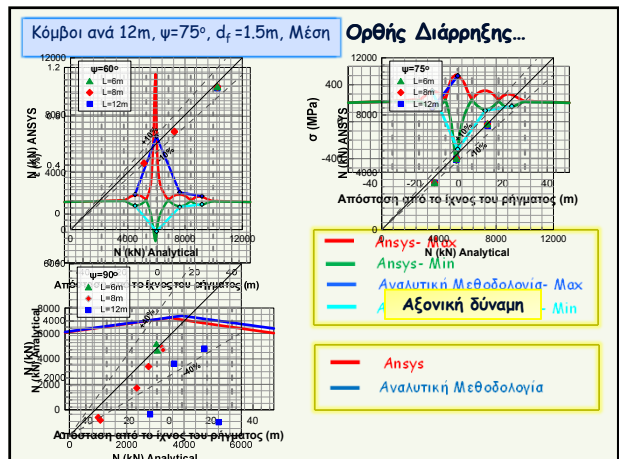
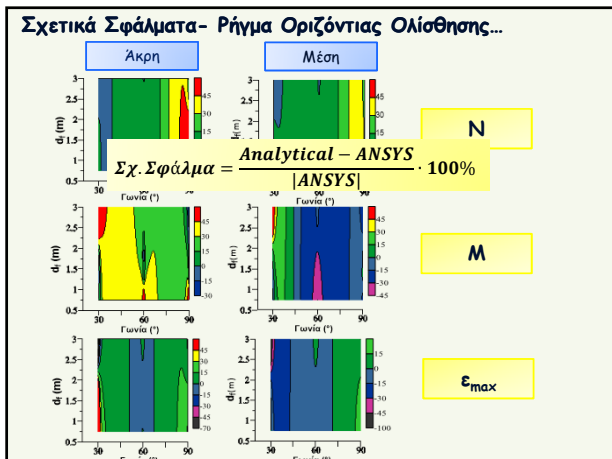
**Σύνολο:**

- Ρήγμα Οριζόντιας Ολίσησης: 40 αναλύσεις
- Ρήγμα Ορθής Διάρρηξης: 39 αναλύσεις

Αγωγός ποιότητας X65 με  $D=0.762m$  και  $t=12.5mm$

| Ρήγμα Οριζόντιας Ολίσησης              | Ρήγμα Ορθής Διάρρηξης                 |
|--|---------------------------------------|
| $\beta = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ | $\psi = 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ |
| $d_f = 0.75m, 1.50m, 3.00m$            | $d_f = 0.375m, 0.75m, 1.50m$          |
| $L = 6m, 8m, 12m$                      |                                       |





### Συμπεράσματα...

- ✓ Η χρήση κόμβων οδηγεί σε δραστηκή μείωση των καμπτικών παραμορφώσεων
- ✓ Ικανοποιητική ακρίβεια Αναλυτικής Μεθοδολογίας για:
  - για ρήματα οριζόντιας ολίσθησης: β<sub>z</sub> 60° και d<sub>f</sub> ≥ 2D
  - για ρήματα ορθής διάρρηξης: L < 12m και d<sub>f</sub> > D
- ? Βελτίωση του χρόνου εκτέλεσης κάθε ανάλυσης με χρήση Matlab και Newton-Raphson για την επίλυση του συστήματος εξισώσεων.
- ? Προσθήκη στις εξισώσεις της δυνατότητας αξονικής παραμόρφωσης των κόμβων.

Σας ευχαριστούμε  
για την προσοχή σας...

