

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΝΕΑΚ
ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΟΡΟΦΟΥ**

ΕΚΘΕΣΗ

Β. ΚΟΛΙΑΣ - Δ. ΜΠΑΪΡΑΚΤΑΡΗΣ - Ε. ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΙΟΥΝΙΟΣ 1994

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	<i>Σελίδα</i>
1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	1
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	2
2.1 Πρότυπο Κτίριο	2
2.2 Γραμμική Ανάλυση	3
2.3 Μη-γραμμική Ανάλυση	3
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	5
3.1 Αποτελέσματα	5
3.2 Συμπεράσματα	6

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Η παρούσα έκθεση συντάσσεται σε εκτέλεση της από 20.09.1993 σχετικής Συμβάσεως αναθέσεως έρευνας από τον ΟΑΣΠ.

Αντικείμενο της έρευνας είναι η διερεύνηση και αξιολόγηση του κριτηρίου αποφυγής μηχανισμού ορόφου που προβλέπει ο ΝΕΑΚ (Άρθρο 4.1.4.1).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Πρότυπο Κτίριο

Η διερεύνηση του κριτηρίου αποφυγής μηχανισμού όρφου έγινε σε προσομοίωμα, ενός πρότυπου κτιρίου με φέροντα οργανισμό αποτελούμενο αποκλειστικά από πλαίσια. Ο ξυλότυπος ενός ορόφου του πρότυπου κτιρίου δείχνεται στο συνημμένο Σχήμα 1. Το κτίριο έχει συνολικά 6 όροφους και αποτελείται από 4 πεντάστυλα πλαίσια στην διεύθυνση Χ και 5 τετράστυλα πλαίσια στην διεύθυνση Υ. Όλα τα ζυγώματα είναι πλακοδοκοί 25/60. Οι διαστάσεις των υποστυλωμάτων έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις από κατακόρυφα φορτία. Έτσι υπάρχει διαφοροποίηση των διαστάσεων των υποστυλωμάτων ανάλογα τόσο με την θέση στην κάτοψη (γωνιακό, περιμετρικό, εσωτερικό) όσο και κατά το ύψος, όπου προβλέπονται 3 ομάδες που περιλαμβάνουν από 2 ορόφους εκάστη.

2.2 Γραμμική Ανάλυση

Το κτίριο ελέγχθηκε και διαστασιολογήθηκε πλήρως με συνεπή εφαρμογή όλων των σχετικών διατάξεων του ΝΕΑΚ, για σεισμική δράση που αντιστοιχεί σε:

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	IV ($a = 0.36$)
Κατηγορία σπουδαιότητας	Σ2 ($\gamma_1 = 1.00$)
Κατηγορία εδάφους	B ($\beta_0=2.5$ $T_2 = 0.6\text{sec}$)
Συντελεστής θεμελίωσης	$\theta = 1.00$
Συντελεστής συμπεριφοράς	$q = 3.50$
Συντελεστής συνδυασμού ωφελ. φορτίου (Πίνακας 4.1)	$\psi_2 = 0.3$

Στην ανάλυση και την διαστασιολόγηση εφαρμόστηκαν όλες οι σχετικές διατάξεις του ΝΕΑΚ, και συγκεκριμένα:

- Πρόβλεψη τυχματικών εκκεντροτήτων σύμφωνα με το άρθρο 3.2.4 και επαύξησή τους με τους συντελεστές ξ . Η σχετική ανάλυση αλλά και ο προσδιορισμός των τιμών του ξ έγιναν με 4 πλήρεις δυναμικές αναλύσεις (2 ανα κατεύθυνση).
- Εφαρμόστηκε η διάταξη του άρθρου 4.1.2.2 για τον συνδυασμό των οριζόντιων συνιστωσών της σεισμικής δράσεως.
- Με βάση την προκύπτουσα μέγιστη επιπόνηση των δοκών έγινε επιλογή του οπλισμού των δοκών. (στην ίδια φάση προσδιορίστηκε και ο απαιτούμενος οπλισμός στύλων χωρίς να ληφθεί υπόψη ο ικανοτικός έλεγχος κόμβων).
- Από την υπεραντοχή των δοκών προσδιορίστηκε σύμφωνα με τις διατάξεις των άρθρων 4.1.4.1 και 4.1.4.2 ο απαιτούμενος οπλισμός των υποστυλωμάτων και έγινε η τελική επιλογή του.
- Τέλος με βάση τον προκύπτοντα τελικό οπλισμό των υποστυλωμάτων και δοκών προσδιορίστηκε σύμφωνα με τις διατάξεις του Παραρτήματος Β ο απαιτούμενος οπλισμός διατμήσεως υποστυλωμάτων και δοκών.

Η όλη εργασία έγινε με χρήση του προγράμματος NEXT.

2.3 Μη-γραμμική Ανάλυση

Εγινε μη-γραμμική στατική ανάλυση υπο μονοτονικά αυξανόμενα πλευρικά "σεισμικά" φορτία. Η ανάλυση έγινε σε δύο επίπεδα πλαίσια του κτιρίου (τα πλαίσια X2 και Y2 του Σχ. 1).

Στο πλαίσιο Υ2 έγινε επίσης μη-γραμμική ανάλυση για οπλισμό των υποστυλωμάτων όπως προέκυψε χωρίς εφαρμογή ικανοτικού ελέγχου κόμβων.

Η κατανομή των οριζοντίων φορτίων κατά το ύψος προσεγγίστηκε ως ακολούθως:

Έγινε δυναμική ανάλυση του κτιρίου χωρίς εκκεντρότητες υπό τον σεισμό σχεδιασμού. Η σεισμική τέμνουσα κάθε ορόφου των πλαισίων ελήφθη από το άθροισμα των μεγίστων πιθανών τεμνουσών των στυλών του πλαισίου στην αντίστοιχη διεύθυνση. Από τις τέμνουσες αυτές υπολογίστηκαν τα ιδεατά σεισμικά φορτία των ορόφων Ε. Τα φορτία αυτά αποτελούν την αρχική κατάσταση (σε συνδυασμό με την φόρτιση από κατακόρυφα φορτία $G+\Psi_2Q$). Εφαρμόστηκε το πρόγραμμα STATIKN (της CUBUS) το οποίο φορτίζει κατά βήματα $\Delta t \cdot E$ το πλαίσιο μέχρι τον σχηματισμό πλαστικού μηχανισμού υπό τελικό φορτίο $t \cdot E$.

Για την μη-γραμμική ανάλυση έγιναν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Πλαστικές αρθρώσεις δοκών καθορίζονται από την θετική και αρνητική ροπή πλαστικοποίησης που ελήφθησαν ίσες με τις ροπές αντοχής σχεδιασμού κατά ΝΕΚΣ όπως προκύπτουν από τον τελικό οπλισμό των δοκών.
- Πλαστικές αρθρώσεις σε υποστυλώματα καθορίζονται από διαγράμματα αλληλεπίδρασης N-M όπως το εμφανιζόμενο δειγματοληπτικά στο Σχ.2. Τέτοια διαγράμματα υπολογίστηκαν για όλες τις διατάξεις οπλισμών των υποστυλωμάτων σύμφωνα με τον ΝΕΚΣ.
- Δεν ελήφθη υπόψη κρατυνση υλικών.
- Δεν ελήφθησαν υπόψη γεωμετρικές μη-γραμμικότητες.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στα ακόλουθα σχήματα 3 έως 17. Τα σχήματα 3 έως 10 αναφέρονται στο πλαίσιο Χ2 και τα σχήματα 11 έως 16 στο πλαίσιο Υ2. Τέλος, το Σχ. 17 αναφέρεται στο πλαίσιο Υ2 με οπλισμό στύλων χωρίς ικανοτικό έλεγχο.

Στο σχήμα 10 δείχνονται οι θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων στο πλαίσιο Χ2 και έχει σημειωθεί και η σειρά σχηματισμού τους.

3.2 Συμπεράσματα

Και στα δύο πλαίσια επιτεύχθηκε απόλυτα ο στόχος του κριτηρίου του NEAK, με άριστη κατανομή των πλαστικών αρθρώσεων. Συγκεκριμένα πλαστικές αρθρώσεις σχηματίστηκαν πρακτικά σε όλα τα άκρα των ζυγμάτων ενώ στα υποστυλώματα οι πλαστικές αρθρώσεις περιορίστηκαν στους πόδες των στύλων του ισογείου και στις κεφαλές των ενδιάμεσων στύλων του ανωτάτου ορόφου, σε πλήρη συμφωνία με τον επιδιωκόμενο στόχο.

Αντίθετα στο πλαίσιο Y2, χωρίς ικανοτικό έλεγχο κόμβων, σχηματίστηκαν πλαστικές αρθρώσεις στον πόδα και την κεφαλή όλων των ενδιάμεσων στύλων σε όλους του ορόφους.

Ο πλαστικός μηχανισμός σχηματίστηκε γενικά σε σχετικά χαμηλό πολλαπλάσιο $t \cdot E$ του ιδεατού σεισμικού φορτίου E :

$$t = 1.20 \text{ στο πλαίσιο X2}$$

$$t = 1.54 \text{ στο πλαίσιο Y2}$$

Οι πρώτες πλαστικές αρθρώσεις σε δοκούς εμφανίστηκαν για:

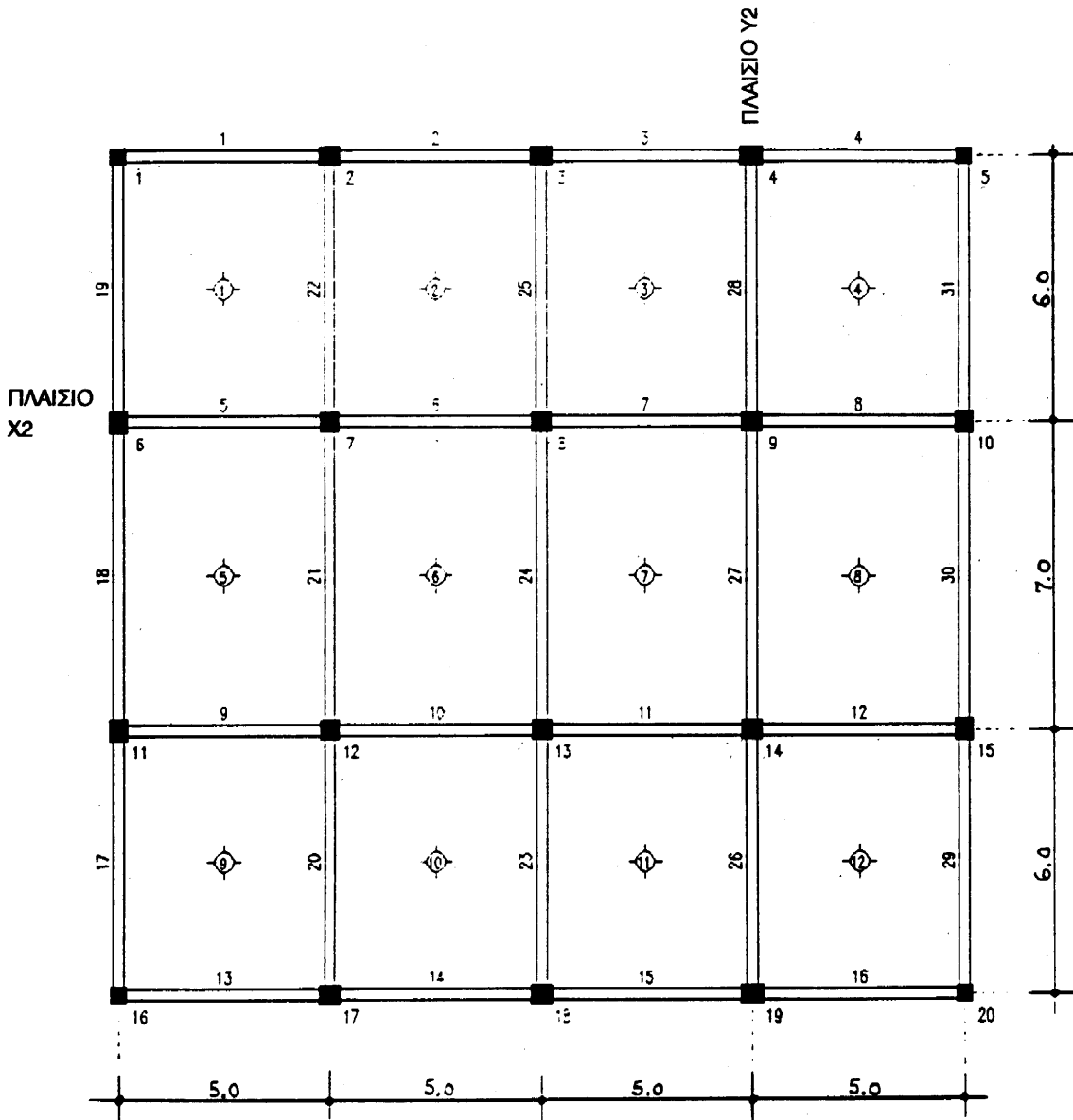
$$t = 0.80 \text{ στο πλαίσιο X2}$$

$$t \geq 1.00 \text{ στο πλαίσιο Y2}$$

Οι πρώτες πλαστικές αρθρώσεις στους πόδες των στύλων του πλαισίου X2 εμφανίστηκαν για $t \geq 1.00$.

Τα σχετικά χαμηλά αυτά ποσοστά αποδίδονται στο συνδυασμό των ακόλουθων λόγων:

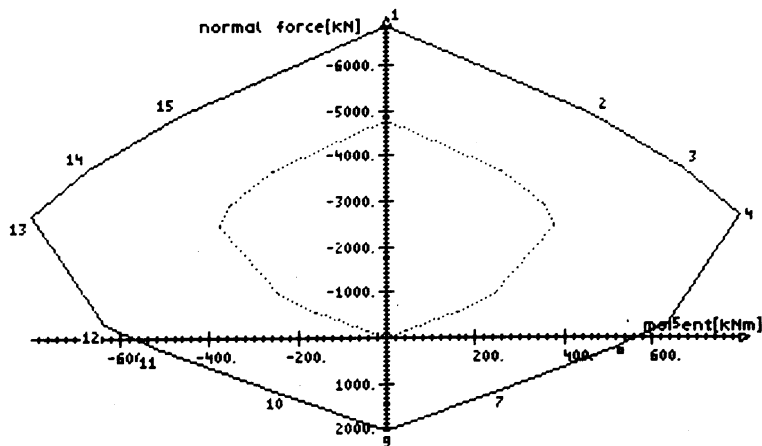
- Στην χρησιμοποίηση μειωμένης (κατά 50%) ακαμψίας στα ζυγώματα κατά την ελαστική ανάλυση που οδηγεί σε πρόωμη εμφάνιση μεγαλύτερων ροπών στην μη-γραμμική ανάλυση.
- Στην παραδοχή μηδενικής κράτυνσης στην μη-γραμμική ανάλυση.
- Στην εξαιρετικά δυσμενή παραδοχή συνύπαρξης των μέγιστων δυναμικών τεμνουσών όλων των στύλων όλων των ορόφων που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό του σεισμικού φορτίου E της μη-γραμμικής αναλύσεως.



ΣΧ. 1
ΤΥΠΙΚΟΣ ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ

M/N-interaction diagram: column cross section "INTER_0"/"B-SUPP"

Mstb. 1 : 1500.0
 INTERIOR COLUMN / GROUND FLOOR



My/N-interaction diagram for column-CS: "INTER_0" Reinforcement: "B-SUPP"
 Coefficient of resistance: 1.00

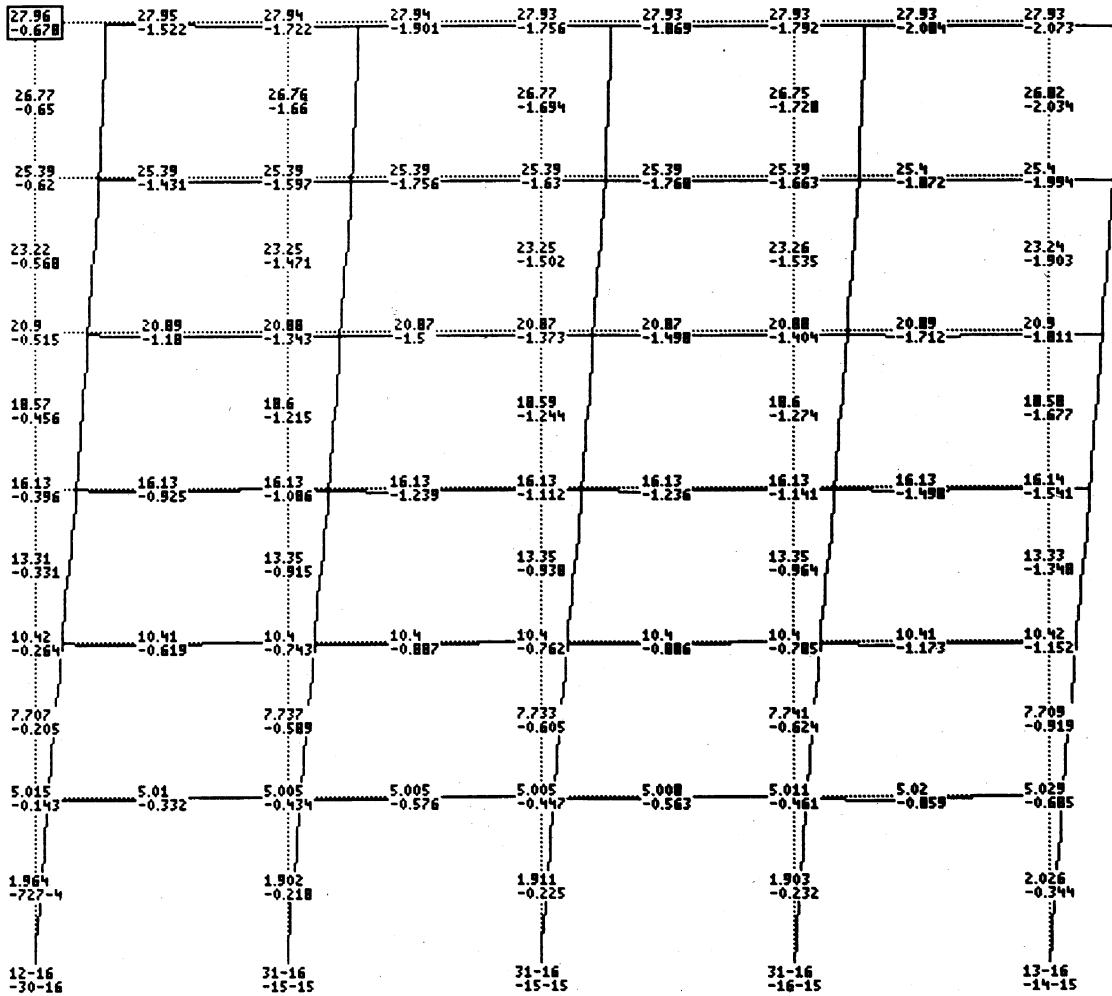
Ultimate forces and stiffness reduced by this factor

Pos	moment My [kNm]	normal force [kN]	eps.top [o/oo]	eps.bottom [c/oo]	EJy [kNm2]
1	3.20E-15	-6837.080	-2.000	-2.000	9.34E-08
2	465.969	-4876.120	-3.500	0.230	81211.7
3	670.003	-3693.168	-3.500	1.156	93533.6
4	797.585	-2708.391	-3.500	2.083	92863.7
5	636.531	-289.378	-3.500	10.885	28761.8
6	508.870	260.002	-2.187	10.799	25469.6
7	254.368	1167.243	-0.875	10.713	14268.0
8	-3.20E-15	2048.888	1.739	10.542	2.36E-13
9	-3.20E-15	2048.888	10.542	1.739	2.36E-13
10	-254.368	1167.243	10.713	-0.875	14268.0
11	-508.870	260.002	10.799	-2.187	25469.6
12	-636.531	-289.378	10.885	-3.500	28761.8
13	-797.585	-2708.391	2.083	-3.500	92863.7
14	-670.003	-3693.168	1.156	-3.500	93533.6
15	-465.969	-4876.120	0.230	-3.500	81211.7

Default scale:[paper-cm]:[kN] = 1:1500.0, ratio M:N = 0.1000

ΣΧ. 2
 ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ
 ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Scale 1 : 131.8
 Deformed shape, Loadcomb. AV, View "STANDARD"
 - Displacements, scale: 5.00E+01
 - Displacements, Text: [MM]
 - V-Max , Text: [MM]



ΣΧ. 3
 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

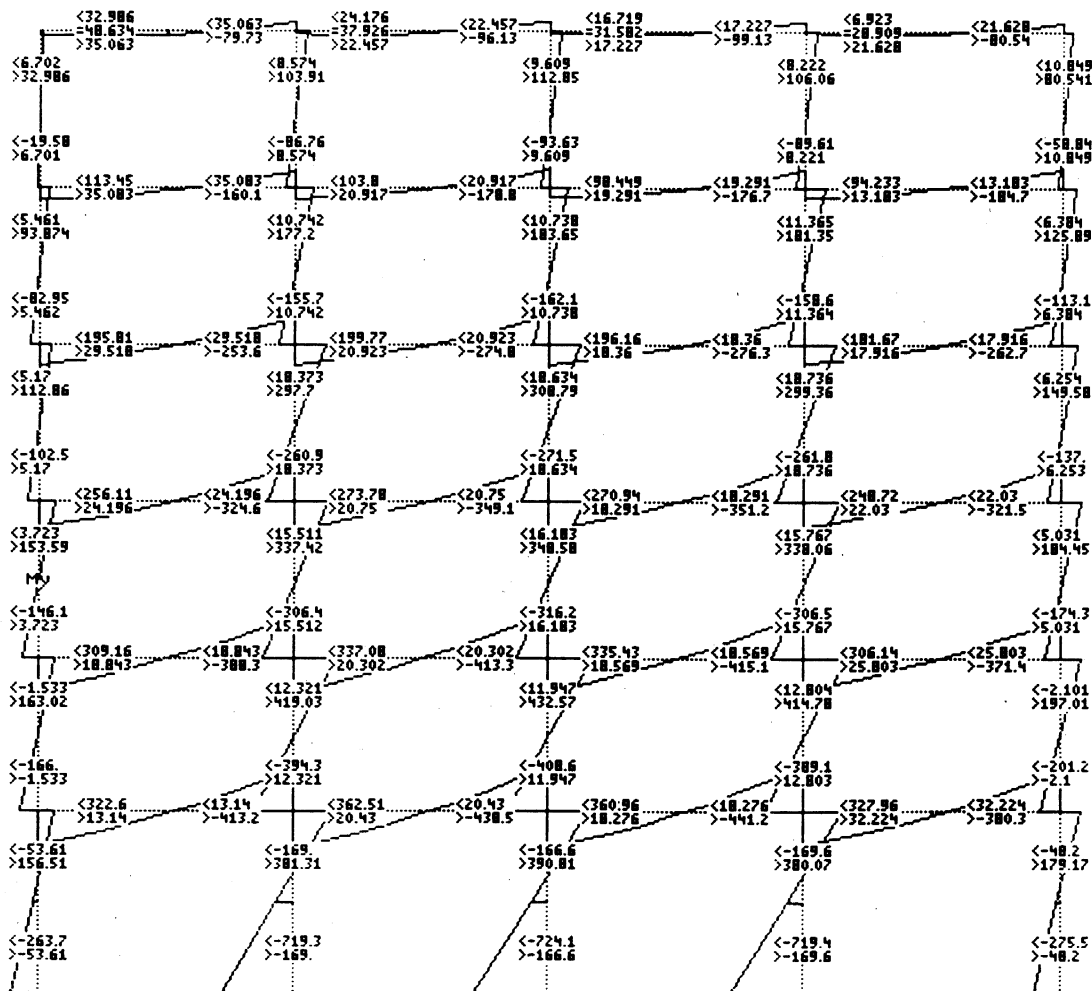
SECTION FORCES:

Member	Distance [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
108	0.625000	5.856	-29.180	7.043
108	1.250	5.856	-40.868	-14.847
108	1.875	5.856	-52.555	-44.042
108	2.500	5.856	-64.243	-80.541

Scale 1 : 130.5

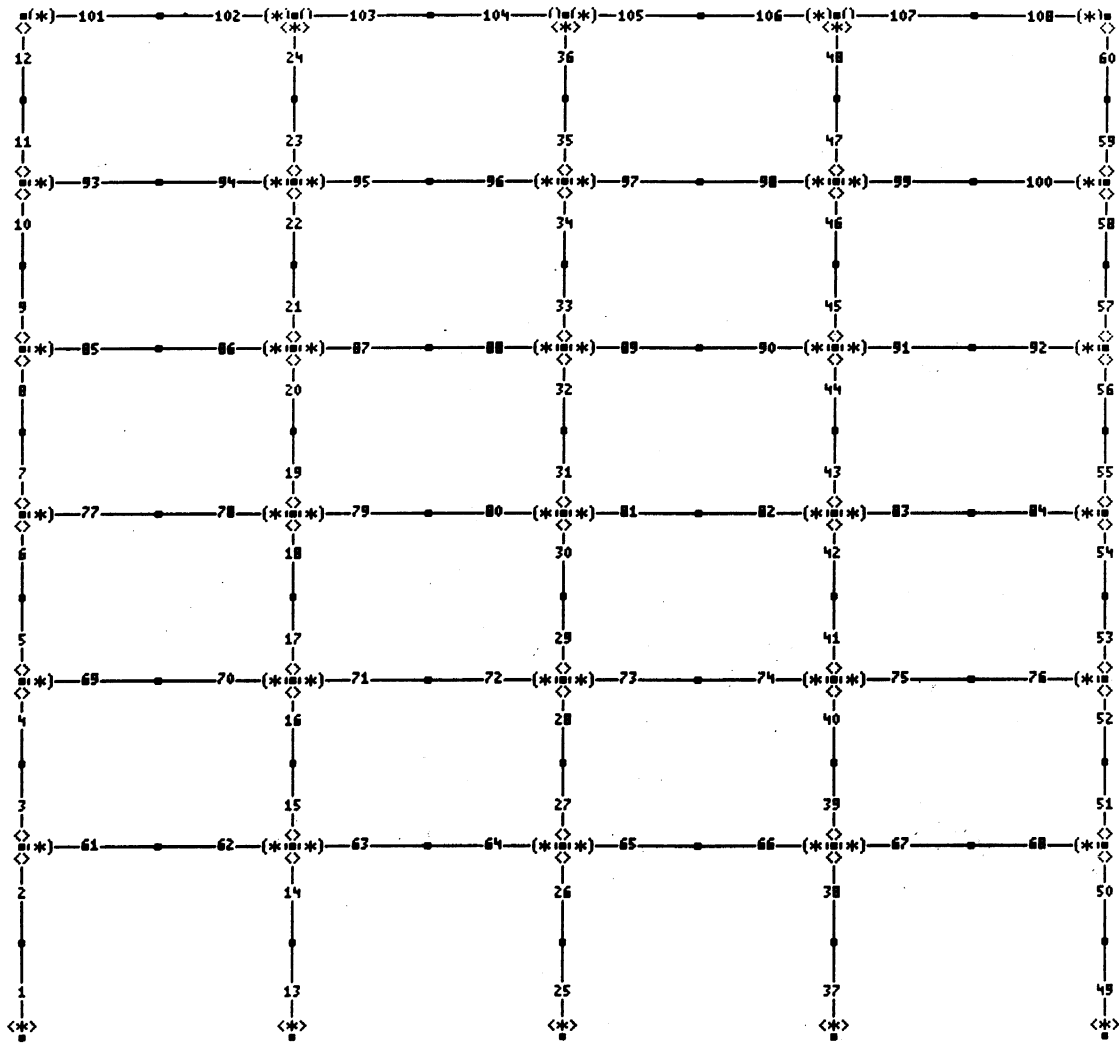
Section force, Loadcomb. AV, View "STANDARD"

- Moment My, Scale 2.00E-03
 min: -7.24E+02 max: 4.33E+02 [kNm]
- Text Moment My [kNm]



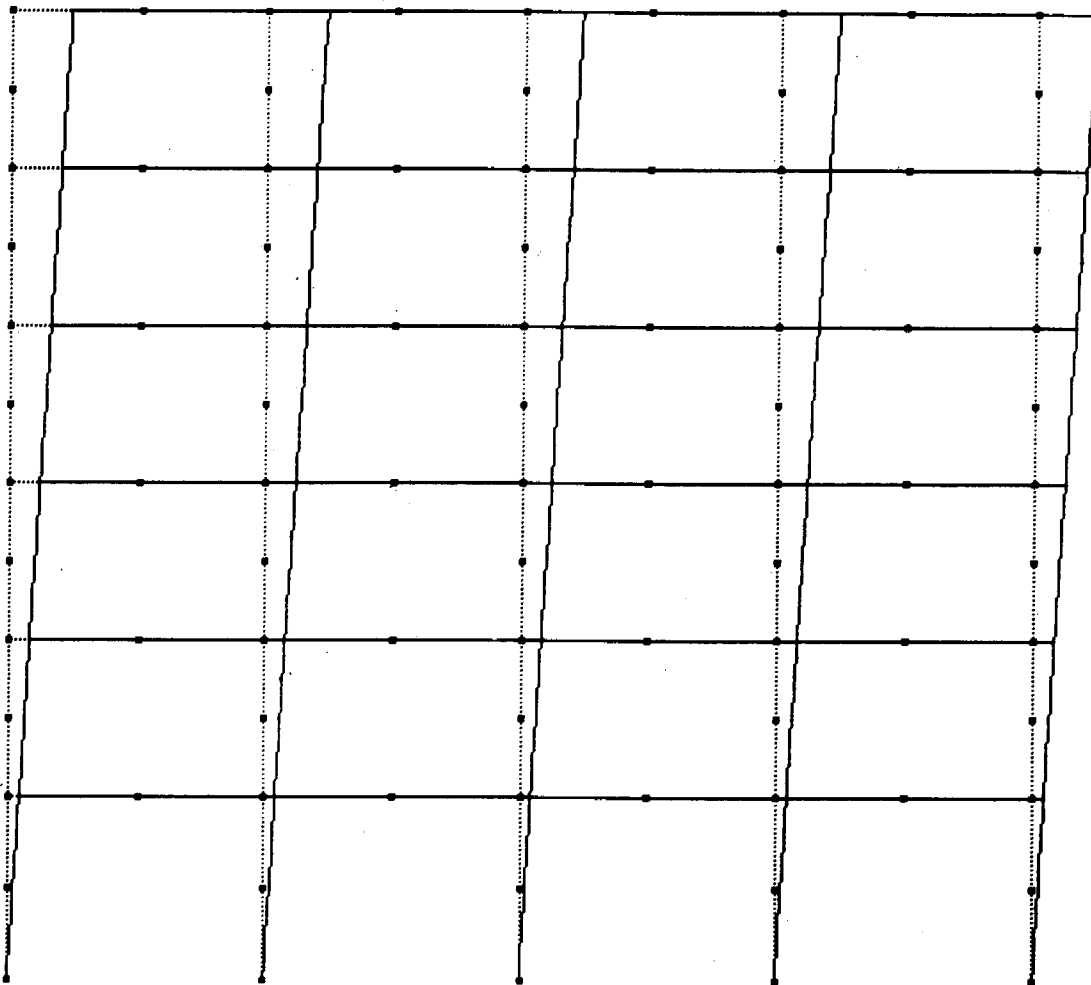
ΣΧ. 4
 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
 ΡΟΠΕΣ ΚΑΜΨΕΩΣ

Scale 1 : 123.2
 Strukturbild, t= 1.200



ΣΧ. 5
 ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
 ΘΕΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Scale 1 : 130.3
Deformation, t= 1.200
· Verschiebungen, Ueberhöhung 1.0E+0000

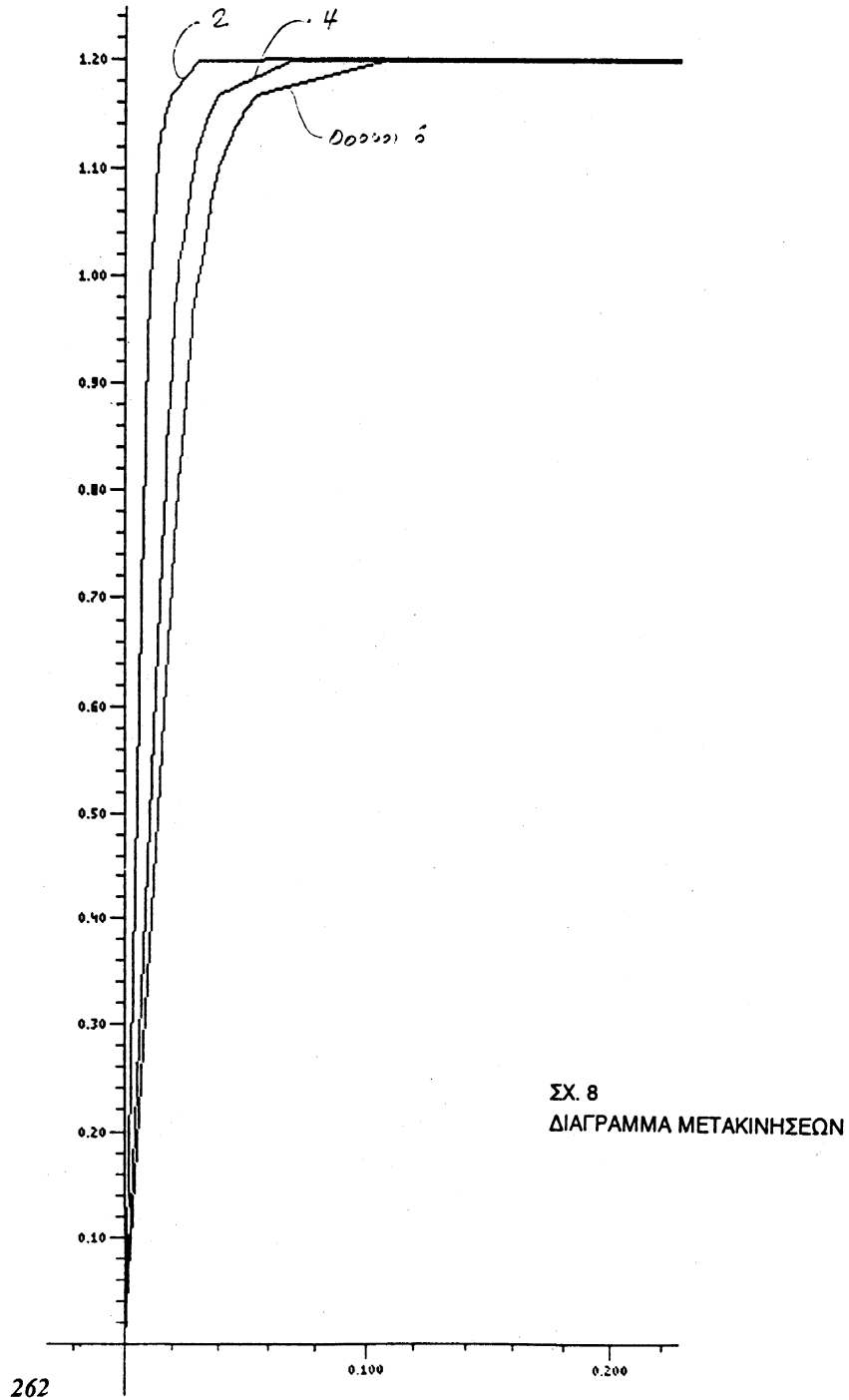


ΣΧ. 6
ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

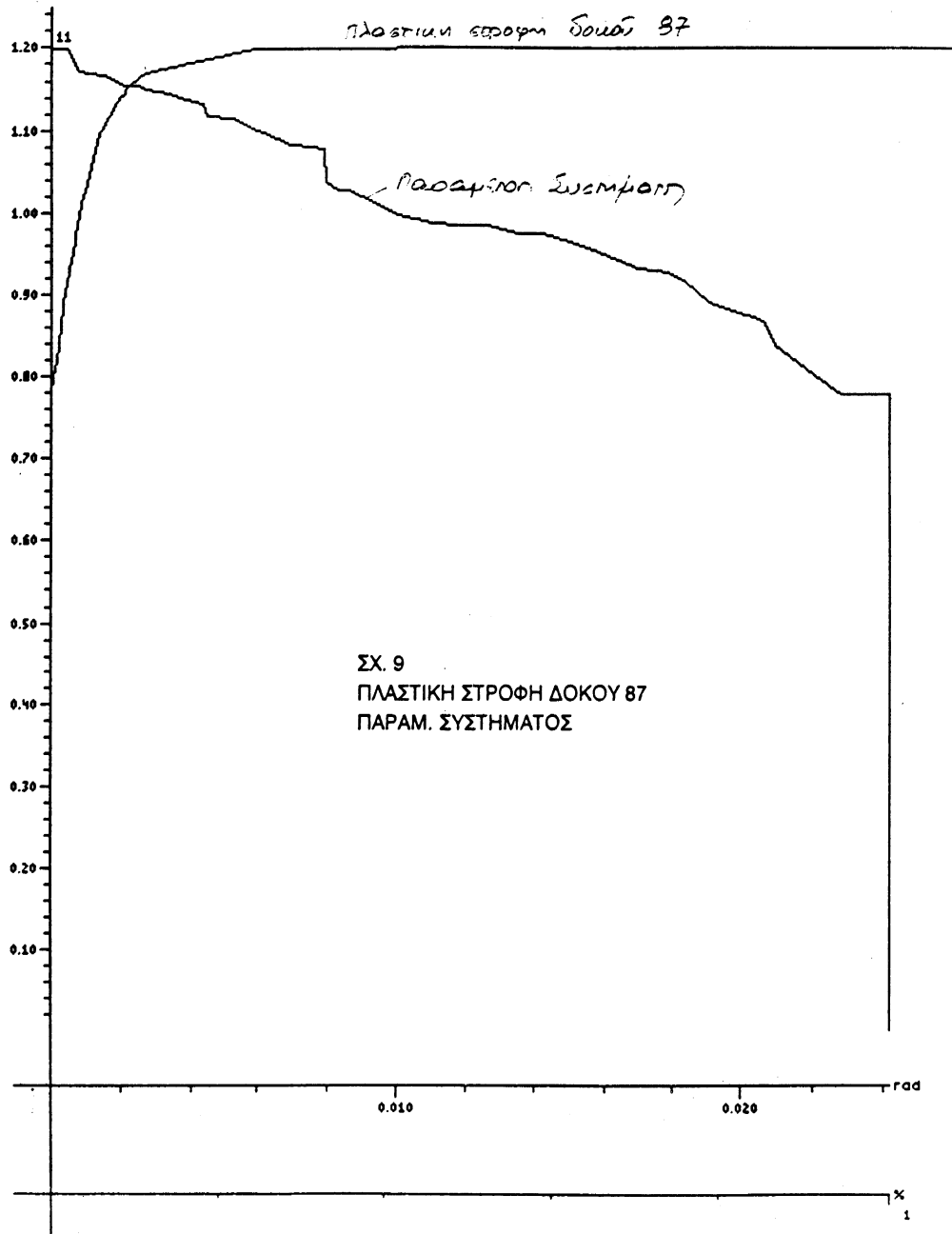
Scale 1 : 2645.3 (x: 474.30 .. 751.30 z: 101.00 .. 679.90)

Diagramme, t= 1.200

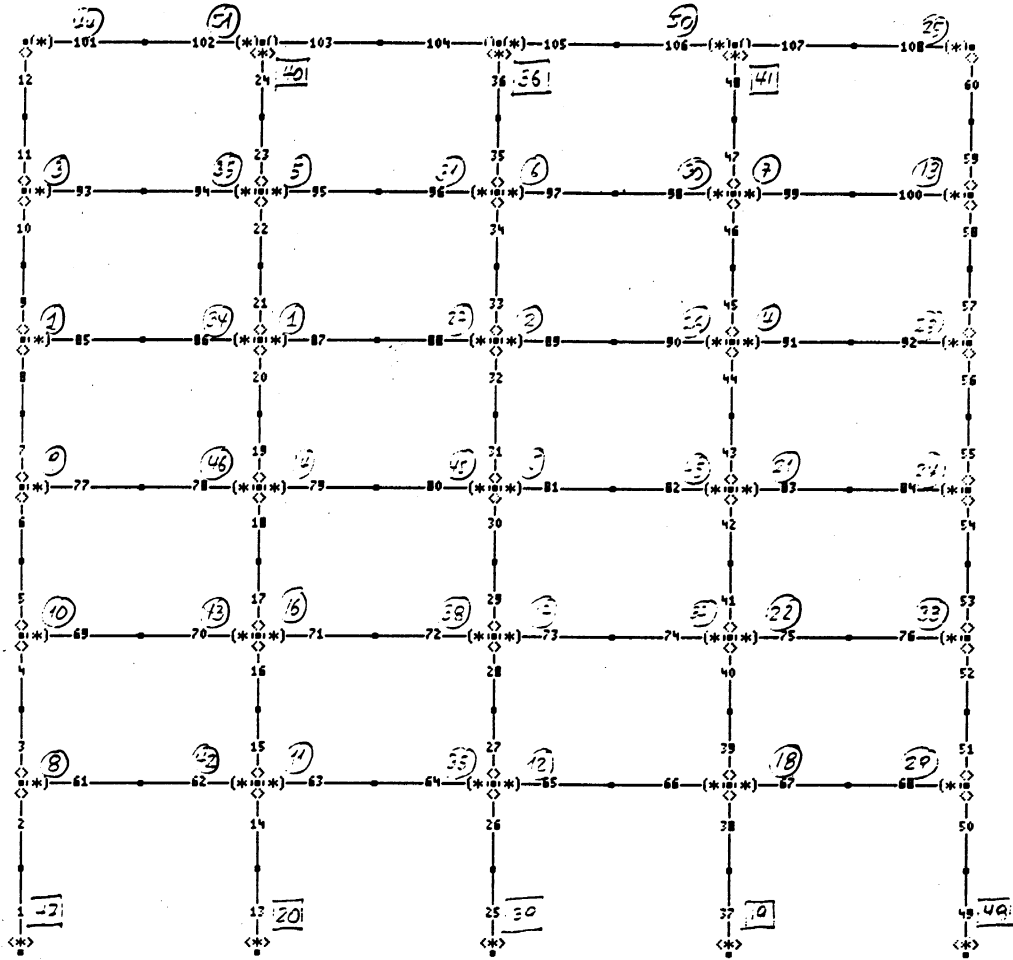
- Diagramm : 3. 89 ξ x
- Diagramm : 2. 61 ξ x
- Diagramm : 1. 33 ξ x



Scale 1 : 3309.0 (x: 486.70 .. 1024.00 z: 1.79 .. 696.50)
Diagramme. t= 1.200
- Diagramm : 11. Sp
- Diagramm : 10. 87 Up



Scale 1 : 123.2
 Strukturbild, t= 1.200



ΣΧ. 10
 ΣΕΙΡΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ
 ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

○: Αρθρωση σε δοκό

□: Αρθρωση σε υποστυλώμα

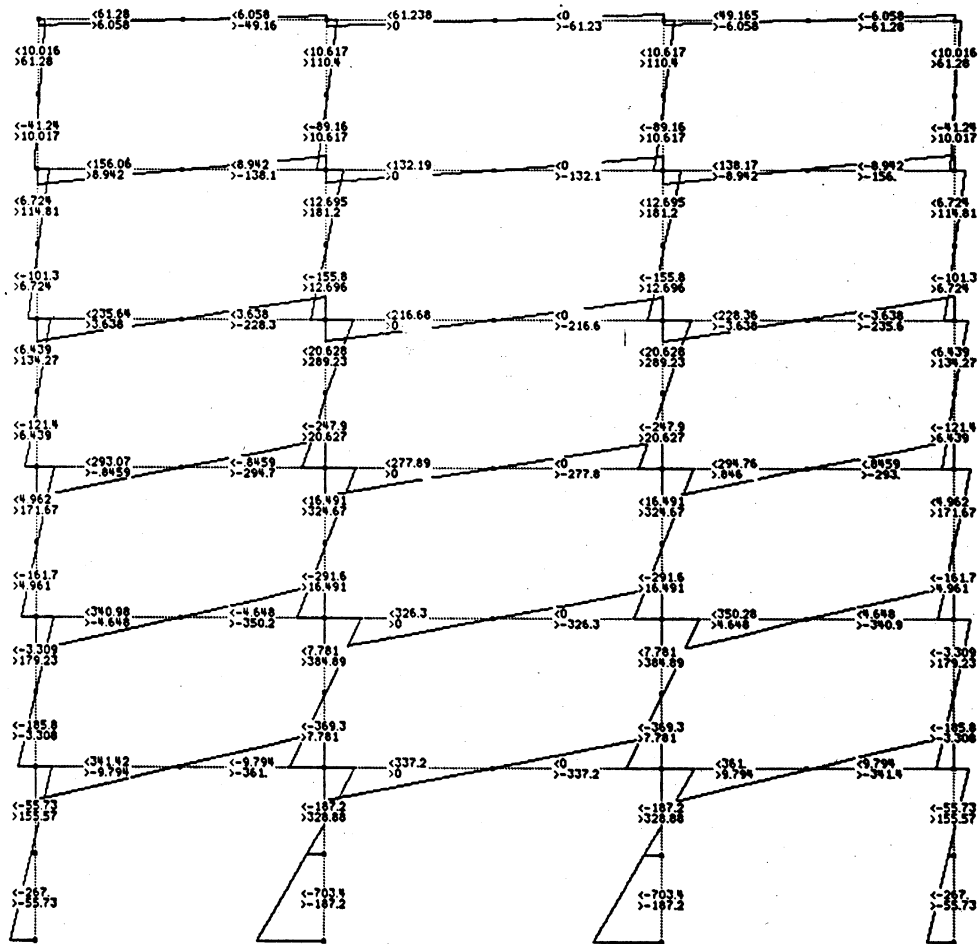
Scale 1 : 120.8

Section force, Loadcase 3, View "STANDARD"

- Moment My , Scale 2.00E-03

min: -7.03E+02 max: 3.85E+02 [kNm]

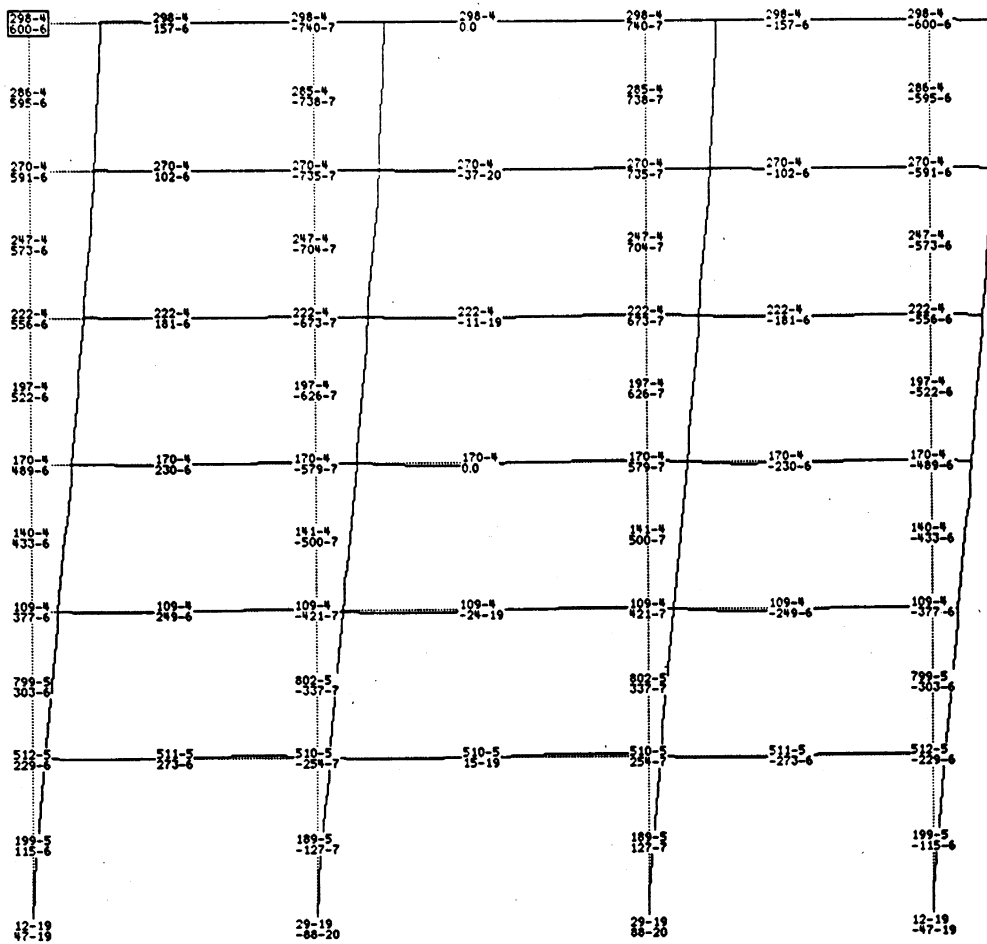
- Text Moment My [kNm]



ΣΧ. 11
ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΡΟΠΕΣ ΚΑΜΨΕΩΣ

LOADING : 'ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ Y-Y' Run: "SEIS"
 =====
 Loadcase Factor Const.st. Title
 3 1.0000 ΣΕΙΣΜΟΣ
 =====

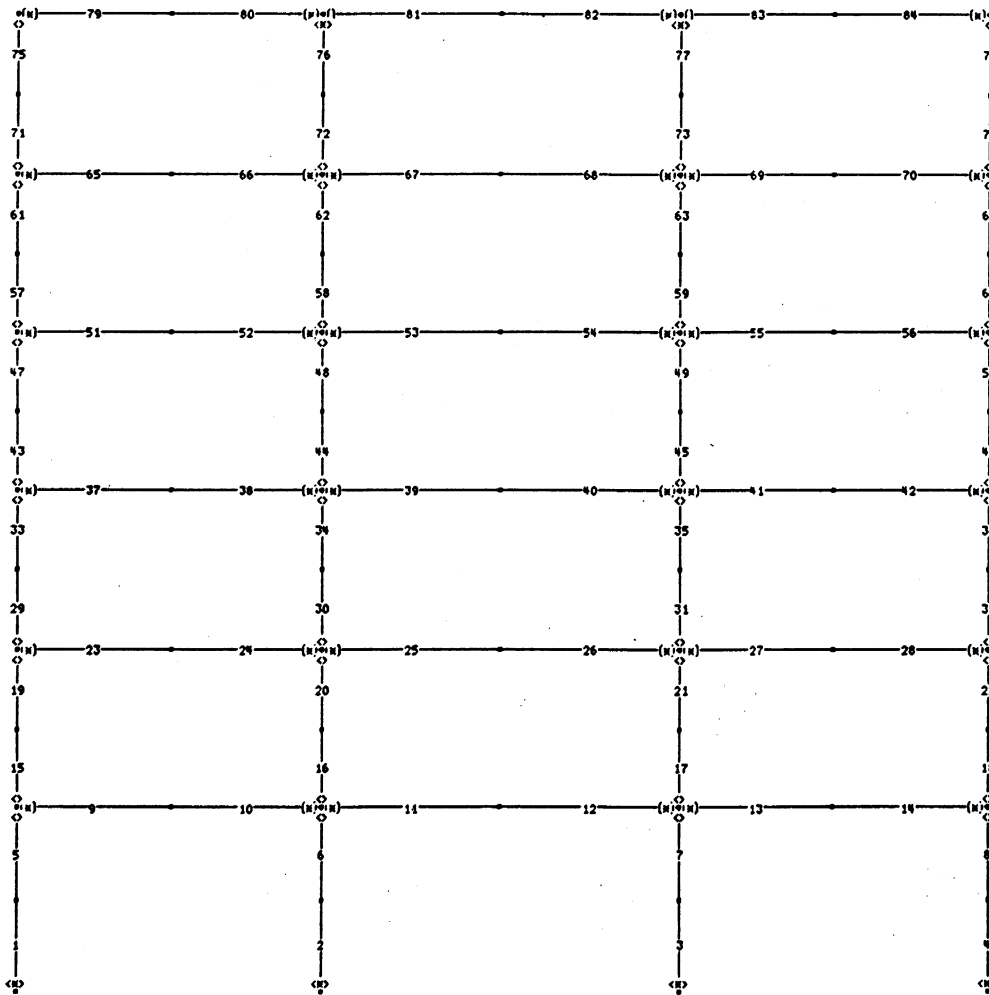
Scale 1 : 122.9
 Deformed shape, Loadcase 3, View "STANDARD"
 - Displacements, scale: 5.00E+01
 - Displacements, Text: [M]
 - V-Max , Text: [M]



ΣΧ. 12
 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

Scale 1 : 113.9

Strukturbild, t= 1.539

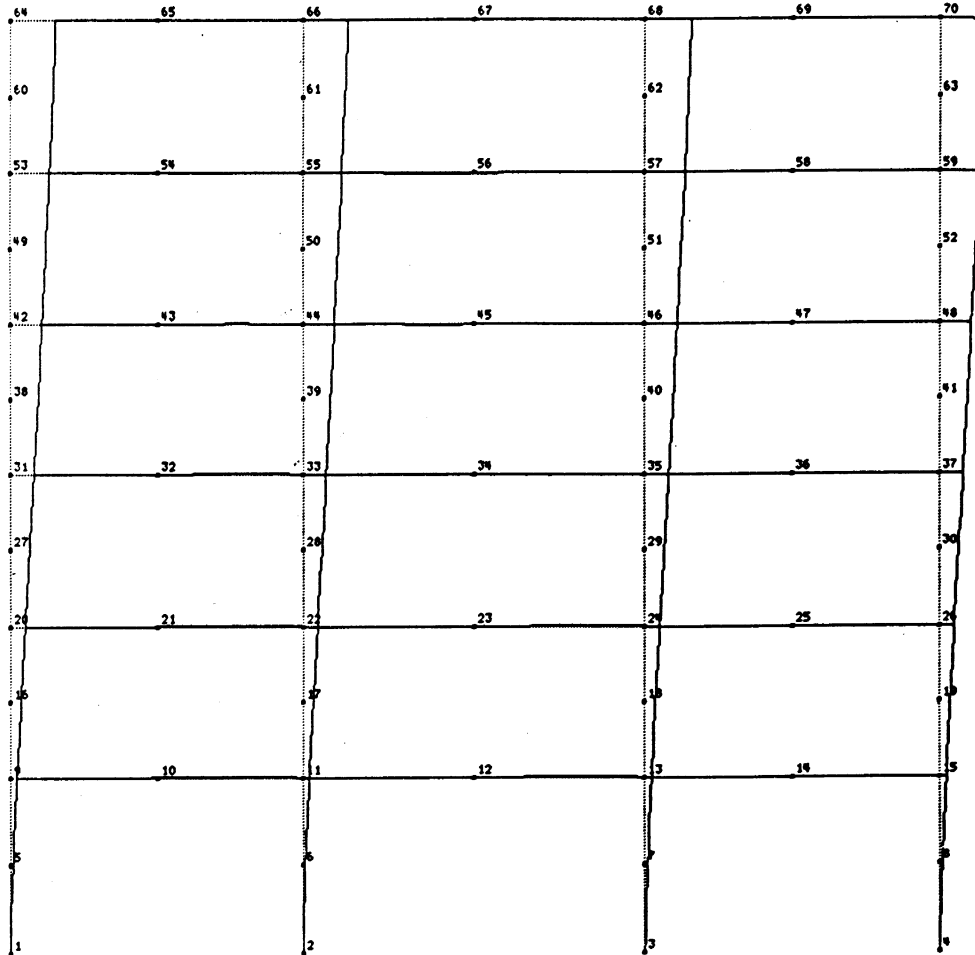


ΣΧ. 13
ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
ΘΕΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Scale 1 : 119.5

Deformation, t= 1.539

- Verschiebungen, Ueberhöhung 9.2E+0000

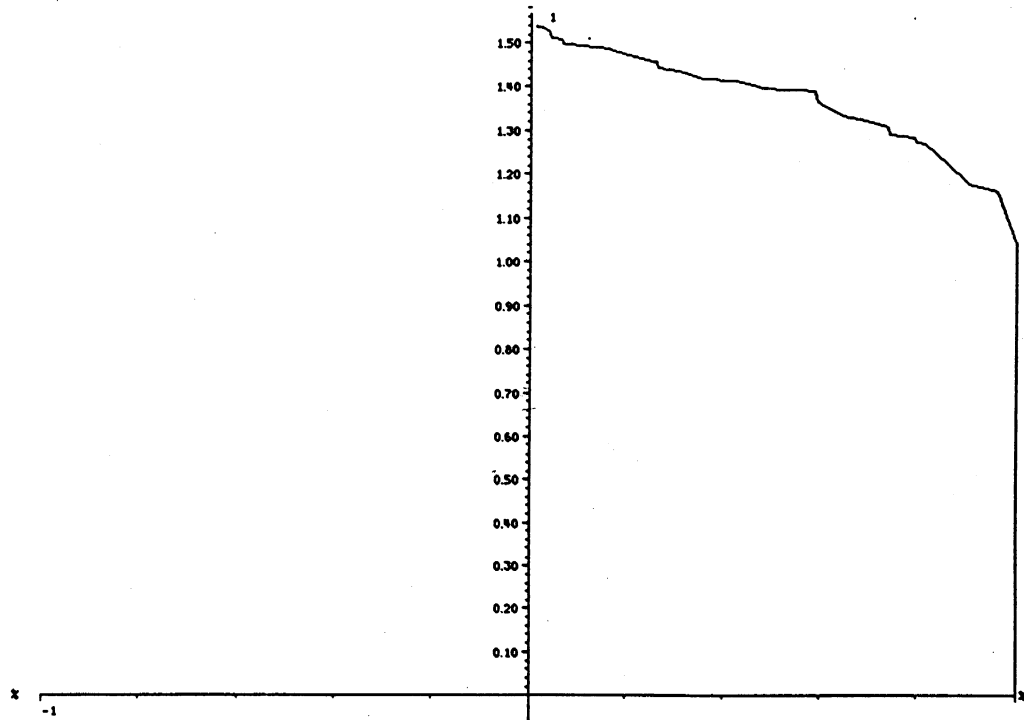


ΣΧ. 14
 ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

Scale 1 : 5726.3

Diagramme, t= 1.539

- Diagramm : 1. Sp



ΣΧ. 15
ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

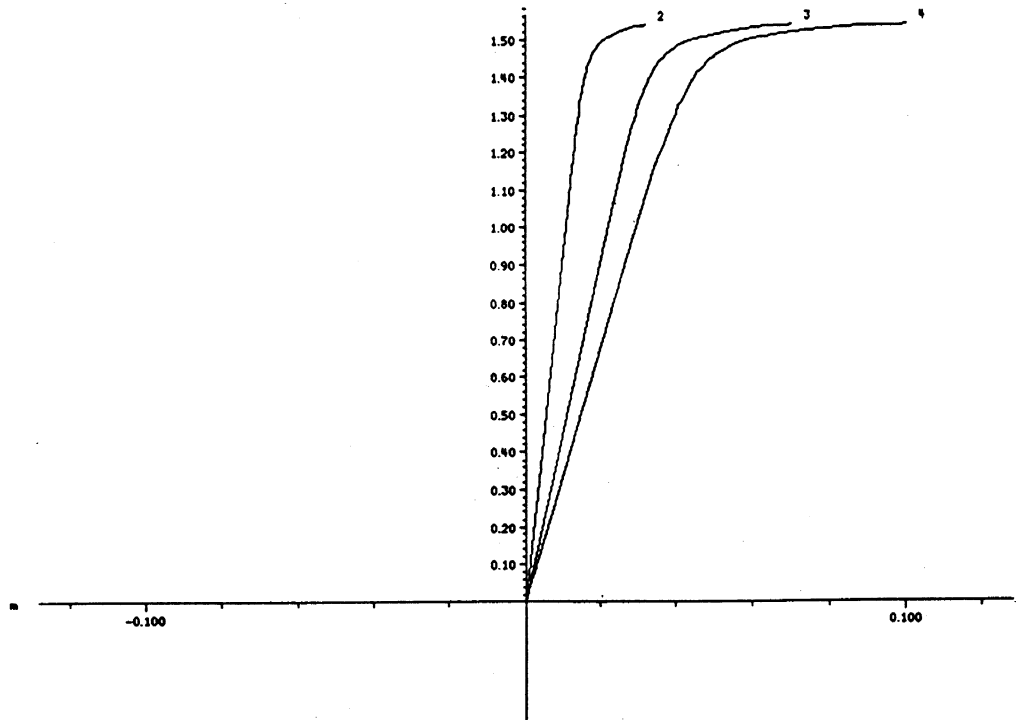
Scale 1 : 5726.3

Diagramme, t= 1.539

- Diagramm : 4. 70 δx

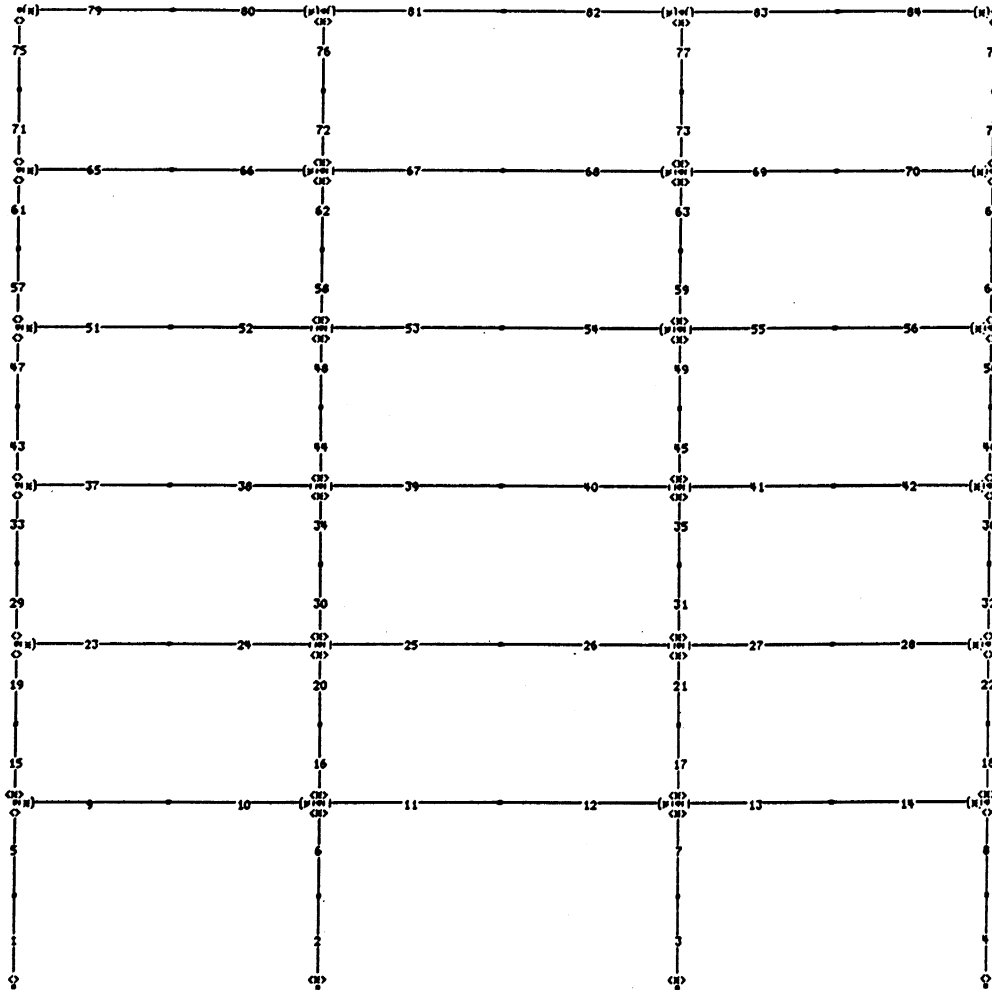
- Diagramm : 3. 48 δx

- Diagramm : 2. 26 δx



ΣΧ. 16
ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΟΡΟΦΩΝ

Scale 1 : 113.9
 Strukturbild, t= 1.428



ΣΧ. 17
 ΠΛΑΣΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
 ΘΕΣΕΙΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ
 (ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΣΤΥΛΩΝ ΧΩΡΙΣ ΙΚΑΝΟΤΙΚΟ)