

## ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΦΟΡΕΩΝ

Άνθιμος Σ. Αναστασιάδης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός-Μελετητής  
[anastasiadis@hol.gr](mailto:anastasiadis@hol.gr)

### 1. Εισαγωγή

Η αντισεισμική συμπεριφορά των μεταλλικών κατασκευών θεωρήθηκε και θεωρείται ως η επαρκέστερη έναντι σεισμικών δράσεων. Αυτό αποδείχθηκε έμπρακτα σε σειρά ισχυρών σεισμικών γεγονότων κατά τα οποία παρουσίασαν μόνο τοπικές βλάβες ή / και κατά περίπτωση καθολικού τύπου βλάβες χωρίς όμως ολική κατάρρευση, εξασφαλίζοντας την θεμελιώδη απαίτηση αντισεισμικής συμπεριφοράς για την προστασία της ανθρώπινης ζωής.



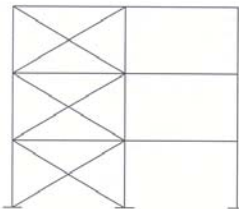
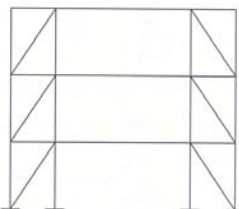
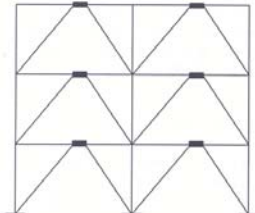
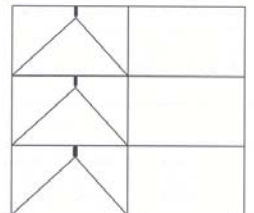
Δεδομένης της άριστης αντισεισμικής συμπεριφοράς ο σχεδιασμός των μεταλλικών κατασκευών βασίστηκε, κυρίως, σε θεωρητικά δεδομένα-παραδοχές και πειραματικά αποτελέσματα χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερα στοιχεία από πραγματική "μη επαρκή" απόκριση σε ισχυρές σεισμικές καταπονήσεις. Ωστόσο, η τελευταία δεκαετία προσέφερε "πλούσιο" υλικό αλλά και τραγικές συνέπειες στο ανθρώπινο και δομημένο περιβάλλον. Σταθμό στον σχεδιασμό των μεταλλικών έργων θα αποτελέσουν ο σεισμός του Northridge, 1994, στην Καλιφόρνια της Αμερικής καθώς και του Kobe, 1995, στην Ιαπωνία<sup>1,2</sup>. Οι απρόβλεπτες αστοχίες που προκλήθηκαν σε χώρες με "εμπειρία" στον σχεδιασμό και την κατασκευή των αντίστοιχων δομικών συστημάτων προβληματίσαν την κοινότητα των Μηχανικών οι οποία με συντονισμένες δράσεις βελτίωσε αισθητά το κανονιστικό πλαίσιο που διέπει τον δομοστατικό σχεδιασμό και τις κατασκευαστικές πρακτικές μόρφωσης φορέων από δομικό χάλυβα.

Σημαντική αύξηση μεταλλικών τεχνικών έργων έχει παρατηρηθεί την τελευταία δεκαπενταετία στην χώρα μας, όπου στα βιομηχανικού τύπου κτίρια ο δομικός χάλυβας κυριαρχεί, ωστόσο τα πλεονεκτήματα των εν λόγω κατασκευών άρχισαν να γίνονται αναγνωρίσιμα με σταθερή αύξηση και σε άλλου τύπου οικοδομικά έργα όπως κατοικίες, χώροι γραφείων. Σημαντική υστέρηση σημειώνεται στην γεφυροποιία.

Σε μια χώρα που για δεκαετίες το βασικό υλικό δόμησης φέροντος οργανισμού αποτέλεσε το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι φυσιολογικό να υπάρχει έλλειψη, ιδιαίτερα, κατασκευαστικής εμπειρίας αλλά και ενημέρωσης των Μηχανικών σε θέματα σχεδιασμού και προδιαγραφών δεδομένου ότι μόλις το 1996 η χώρα μας απέκτησε κανονισμό για τον σχεδιασμό μεταλλικών κτιριακών έργων (*EC-3, Μέρος I-1, Φ.Ε.Κ. 384/B/24.5.1996*), παλαιότερα χρησιμοποιούνταν τα DIN, από μεταφράσεις ενίοτε ελλιπής. Επιπρόσθετα, όσο αφορά την επεξεργασία των μεταλλικών στοιχείων (κοπή, διάτρηση, συγκόλληση, κ.α) και την τοποθέτηση αυτών, υπάρχει πλήρη σύγχυση όπου οι κατά τόπους κατασκευαστές "κόβουν και συγκολλούν" κατά το δοκούν. Σε μια χώρα με αυξημένη σεισμικότητα, όπως η Ελλάδα, είναι απαραίτητο να θεσπισθεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο κανονισμών<sup>3</sup> και παράλληλα να ενημερωθεί ο τεχνικός κόσμος, έτσι ώστε σε επερχόμενη ισχυρή σεισμική δράση να μην παρουσιαστούν αστοχίες με τραγικές συνέπειες (ιδιαίτερα σε πολύώροφα κτίρια τα οποία παρουσιάζουν αυξητική κατασκευαστική τάση και πλήττονται περισσότερο από τα σεισμικά φορτία).



## 2. Μόρφωση Αντισεισμικών Φορέων

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η δημιουργία ενός πλάστιμου μηχανισμού προϋποθέτει απορρόφηση της εισαγόμενης σεισμικής ενέργειας από όσο το δυνατό μεγαλύτερο αριθμό φερόντων στοιχείων ιεραρχώντας, ταυτόχρονα, τις αντοχές των δομικών στοιχείων για την ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων (πλαστική παραμόρφωση περιορισμένης έκτασης) σε προκαθορισμένες θέσεις του φορέα. Συγκεκριμένα, σε πλαίσιακούς φορείς σχηματισμό πλαστικών αρθρώσεων σε δοκούς και στην βάση των στύλων, Σχ.1α, σε φορείς με κατακόρυφους κεντρικούς συνδέσμους ακαμψίας στις εφελκόμενες διαγώνιους, Σχ.1β, και τέλος στην περίπτωση φορέων με έκκεντρους συνδέσμους στις δοκούς σύζευξης, Σχ.1γ. Η ανωτέρω εκτεθείσα ανελαστική συμπεριφορά είναι δυνατό να εξασφαλισθεί συνδυάζοντας την εφαρμογή του ικανοτικού σχεδιασμού με κατάλληλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες συνδέσεων<sup>4,5,6</sup>.

Τύπος Φέροντος Οργανισμού	Πλάστιμος Μηχανισμός
<p>Πλαισιακός Φορέας</p>	  <p><b>Πλάστιμα στοιχεία:</b> Άκρα δοκών. Πλαστικές αρθρώσεις καμπτικού τύπου στα άκρα των δοκών</p>
<p>Φορέας με κεντρικού κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας</p>	  <p><b>Πλάστιμα στοιχεία :</b> Εφελκόμενες ράβδοι</p>
<p>Φορέας με έκκεντρους κατακόρυφους συνδέσμους ακαμψίας</p>	  <p><b>Πλάστιμα στοιχεία:</b> Δοκοί σύζευξης Πλαστικές αρθρώσεις καμπτικού ή διατμητικού τύπου στο τμήμα των δοκών σύζευξης</p>

**Σχ.1** Σχηματισμός πλάστιμου μηχανισμού για βασικούς τύπους μεταλλικών φορέων

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει να περιγράψουμε συνοπτικά και παράλληλα εποπτικά τον ορισμό της πλαστικής άρθρωσης, δεδομένου ότι "πλαστική άρθρωση" σημαίνει πλαστικοποίηση δηλαδή βλάβη-αστοχία, Σχ. 2. Ανάλογα με τον τύπο καταπόνησης, κάμψη ή διάτμηση, διακρίνουμε *πλαστικές αρθρώσεις καμπτικού χαρακτήρα* καθώς και *πλαστικές αρθρώσεις διατμητικού χαρακτήρα*. Γενικά ως *πλαστική άρθρωση* ορίζεται ο σχηματισμός σε περιορισμένο και προκαθορισμένο τμήμα ενός δομικού στοιχείου μιας μορφής αστοχίας π.χ τοπικός λυγισμός πελμάτων, παραμόρφωση κορμού κ.α. η οποία προκαλεί *σταδιακή απομείωση* της αντοχής και της ανελαστικής ικανότητας του στοιχείου. Με αυτόν τον μηχανισμό οι πλαστικές αρθρώσεις απορροφούν την εισαγόμενη σεισμική ενέργεια, προκαλούνται τοπικές (*επισκευάσιμες*) βλάβες, μετριάζοντας τον κίνδυνο ολικής κατάρρευσης. Ως εκ τούτου πρέπει με κάθε τρόπο να αποφεύγονται φαινόμενα όπως π.χ. στρεπτοκαμπτικός λυγισμός, λυγηρές διατομές, ανεπαρκής ιεράρχηση υπεραντοχών, που οδηγούν σε *πρώιμη πτώση της αντοχής του δομικού στοιχείου*.

Τύπος πλαστικής άρθρωσης	Μορφή
<p data-bbox="252 1151 576 1189"><b>Καμπτικού χαρακτήρα</b></p>	
<p data-bbox="244 1704 584 1742"><b>Διατμητικού χαρακτήρα</b></p>	

**Σχ. 2** Πλαστικές αρθρώσεις καμπτικού και διατμητικού χαρακτήρα

Ωστόσο για να είναι δυνατή η επίτευξη ενός πλάστιμου μηχανισμού, πέρα από την εφαρμογή των διατάξεων του κανονισμού, είναι αναγκαίο να διασφαλιστούν μια σειρά από παράγοντες μόρφωσης αλλά και κατασκευής του φέροντος οργανισμού. Σε κάθε άλλη περίπτωση είναι αναμφίβολο εάν οι σχεδιαστικές παραδοχές θα πραγματοποιηθούν κατά την διάρκεια της ισχυρής σεισμικής δράσης. Αξιοσημείωτο, ότι γενικά τα αίτια των αστοχιών οφείλονται και συσχετίζονται τόσο με δομικούς παράγοντες όσο και με παράγοντες δράσης ως ακολούθως:

- Αίτια αστοχιών συσχετιζόμενα με ανεπαρκή σχεδιασμό ή ανεπάρκεια κανονισμού
- Αίτια αστοχιών συσχετιζόμενα με ανεπάρκεια του υλικού και κατασκευαστικών παραγόντων
- Αίτια αστοχιών οφειλόμενα στον τύπο της σεισμικής διέγερσης (περιβαλλοντικές δράσεις)
- Αίτια αστοχιών οφειλόμενα σε γεωτεχνικούς παράγοντες

Εν συνεχεία παρουσιάζονται πινακοποιημένα οι παράγοντες που αποτρέπουν την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου ανελαστικού μηχανισμού, Πίνακας 1α,β,γ, καθώς και οι αντιστοιχεί παράγοντες που συντελούν στην δημιουργία αυτού, Πίνακας 2.

**Πίνακας 1α** Παράγοντες σχεδιασμού που αποτρέπουν τον σχηματισμό πλαστικού μηχανισμού

<b>Παράγοντες Σχεδιασμού</b>	
<i>Καθολικοί παράγοντες επιρροής</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Ασυμμετρία κάτοψης	Προκαλείται συγκέντρωση τάσεων σε μικρό αριθμό στοιχείων, αυξάνεται η στρεπτική καταπόνηση, μειώνεται η ικανότητα ανελαστικής απόκρισης
Έλλειψη υπερστατικότητας φέροντος οργανισμού	Μειωμένη ικανότητα ανακατανομής των εντατικών μεγεθών, μειωμένος αριθμός πλαισίων για την παραλαβή δυνάμεων, υπερφόρτιση ορισμένων πλαισίων ή / και στοιχείων
Ασυνέχειες κατακόρυφων στοιχείων καθ ύψος	Συγκέντρωση καταπόνησης σε υποστυλώματα που βρίσκονται στην θέση μεταβολής, ανάπτυξη υψηλών απαιτήσεων ανελαστικής ικανότητας που είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί
Ανεπαρκής διάταξη κατακόρυφων στοιχείων σε κάτοψη	Έντονη στρεπτική καταπόνηση, πιθανότητα πρόωμης αστοχίας στοιχείων ή του φορέα, πιθανή ανάπτυξη μηχανισμού ορόφου, Σχ.3
Απότομη μεταβολή μαζών και δυσκαμψιών	Μειωμένη ανελαστική ικανότητα του φορέα, πιθανή ανάπτυξη μηχανισμού ορόφου, Σχ.3, κοντά υποστυλώματα
Αυξημένη λυγηρότητα φέροντος οργανισμού	Ανάπτυξη φαινομένων 2ας τάξης, αυξημένες απαιτήσεις μετακίνησης, αστάθεια φορέα, Σχ.4
Κρούση με γειτονικά κτίρια	Ο εμβολισμός είναι πιθανό να προκαλέσει στρεπτική καταπόνηση, πρόσθετες φορτίσεις στοιχείων ενδιάμεσων ορόφων που δεν έχουν υπολογιστεί για τα αντίστοιχα μεγέθη, αύξηση των μετακινήσεων του φορέα

<i>Τοπικοί παράγοντες επιρροής</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Τοπικός λυγισμός μεταλλικών στοιχείων	Ο ελεγχόμενος τοπικός λυγισμός λειτουργεί ως μέσο απορρόφησης σεισμικής ενέργειας, ωστόσο πρέπει να περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές, τα στοιχεία να διαθέτουν επαρκή αντοχή και πλαστιμότητα έτσι ώστε να αποφεύγονται ψαθυρές θραύσεις.
Ψαθυρές αστοχίες συνδέσεων μεταλλικών στοιχείων (δοκού-στύλου, συνδέσμων ακαμψίας)	Ανεπαρκής μόρφωση, απρόβλεπτη αλλαγή του ικανοτικού μηχανισμού προκαλώντας εξαιρετικά αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας σε συνδέσεις και στοιχεία
Λυγισμός συνδέσμων ακαμψίας	Ανεπαρκής μόρφωση με αποτέλεσμα την μείωση της ανελαστικής ικανότητας του φορέα. Ωστόσο η εφελκυστική δράση στους συνδέσμους ακαμψίας αποτελεί μορφή απορρόφησης ενέργειας Σχ 5.
Έλλειψη υπερστατικότητας στην μόρφωση λεπτομερειών σύνδεσης	Αστοχίες στοιχείων στις θέσεις έδρασης τους με αποτέλεσμα πρώιμες αστοχίες, ανεπαρκής ικανότητα ανακατανομής δυνάμεων



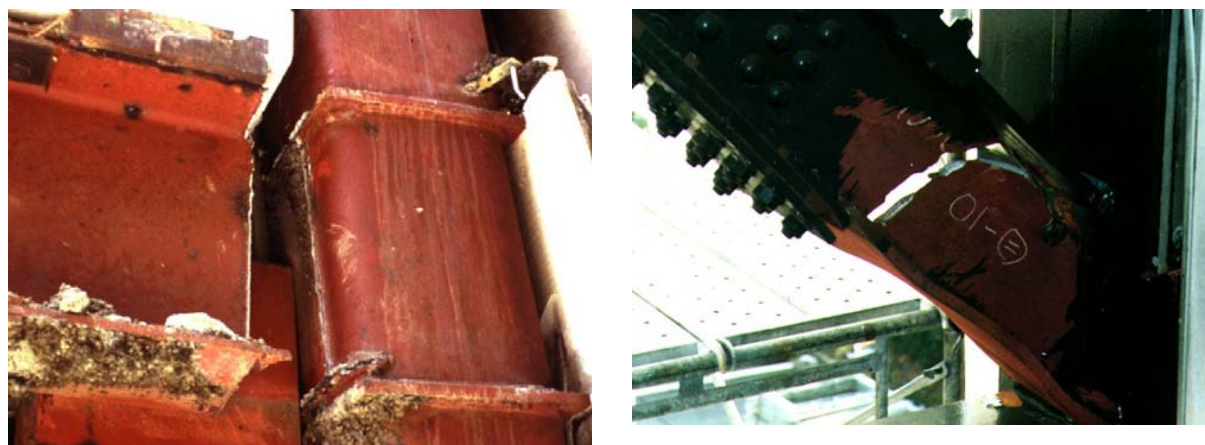
Σχ. 3 Kobe, 1995. Σχηματισμός μηχανισμού ορόφου



**Σχ. 4** Kobe, 1995. Αστοχία φορέα λόγω αυξημένων μετακινήσεων, αστοχία συνδέσμων ακαμψίας



**Σχ. 5** Kobe, 1995. Αστοχία συνδέσμων ακαμψίας. Εφελκυσμός και λυγισμός κατακόρυφων συνδέσμων ακαμψίας δράντας ως σύστημα απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας για την αποφυγή αστοχιών καθολικού χαρακτήρα



Σχ. 6 Kobe, 1995. Ψαθυρές αστοχίες σύνδεσης δοκού-στύλου, συνδέσμων ακαμψίας

**Πίνακας 1β** Παράγοντες υλικού και κατασκευής που αποτρέπουν τον σχηματισμό πλαστικού μηχανισμού

<b>Παράγοντες Υλικού και Κατασκευής</b>	
<i>Παράγοντες επιρροής</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Ακατάλληλο μητρικό υλικό μόρφωσης πρότυπων διατομών	Μείωση ολκιμότητας (π.χ. $f_u / f_y < 1.10$ )
Ακατάλληλη επεξεργασία δομικών μελών	Μείωση ολκιμότητας
Ακατάλληλα αναλώσιμα συγκολλήσεων	Μείωση ολκιμότητας ραφών συγκόλλησης
Ανεπαρκής εκτέλεση συγκόλλησης	Μείωση ολκιμότητας ραφών συγκόλλησης

**Πίνακας 1γ** Παράγοντες περιβαλλοντικής-σεισμικής δράσης που αποτρέπουν τον σχηματισμό πλαστικού μηχανισμού

<b>Παράγοντες Υλικού και Κατασκευής</b>	
<i>Παράγοντες επιρροής</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Αυξημένη τιμή κατακόρυφης συνιστώσας σεισμικής δράσης	Δραστική μείωση ανελαστικής ικανότητας των υποστυλωμάτων, ασύγχρονη φόρτιση των στύλων
Κρουστικός τύπος σεισμικής δράσης	Δραστική αύξηση ανελαστικής μετακίνησης
Αυξημένη ταχύτητα επιβολής της σεισμικής φόρτισης	Μείωση ολκιμότητας ψαθυροποίηση δομικού χάλυβα
Χαμηλή θερμοκρασία	Ψαθυροποίηση δομικού χάλυβα

Από τους πίνακες 1α,β,γ, μπορούμε να διακρίνουμε ότι, εν γένει, οι σχεδιαστικοί παράγοντες επηρεάζουν την πλαστιμότητα του φέροντος οργανισμού καθώς και των δομικών μελών που τον συνθέτουν σε αντίθεση με τους παράγοντες υλικού-κατασκευής και περιβαλλοντικής δράσης που κατά κύριο λόγο μειώνουν δραστικά την ολκιμότητα των υλικών (χάλυβα, συγκολλήσεις).

**Πίνακας 2.** Παράγοντες σχεδιασμού που συντελούν στην δημιουργία πλάστιμου μηχανισμού.

<i>Κριτήρια ορθής μόρφωσης</i>	<i>Παρατηρήσεις</i>
Σχηματισμός απλών μορφών φέροντος οργανισμού σε κάτοψη και τομή. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι δυνατό δημιουργία αρμών	Συμμετρική κατανομή των στοιχείων, κατά το δυνατόν σύγκλιση ελαστικού κέντρου και κέντρου μάζας του κτιρίου. Σε αντίθετη περίπτωση χρήση συνδέσμων δυσκαμψίας

Σύνθεση φέροντος οργανισμού από συστήματα με σαφή στατική λειτουργία (πλαισιακή, με συνδέσμους, μικτή), διάταξη και προς της δύο διευθύνσεις, υψηλή υπερστατικότητα	Δημιουργία συστημάτων που να εξασφαλίζουν δυσκαμψία, ευστάθεια, αντοχή και πλαστιμότητα ανεξάρτητα από τον τύπο του συστήματος (π.χ καθαρά πλαισιακός φορέας, φορέας με συνδέσμους, κ.α)
Σαφή και συνεχή διαδρομή των φορτίων προς το έδαφος	Τοποθέτηση κατακόρυφων στοιχείων χωρίς διακοπή καθ ύψος, σε αντίθετη περίπτωση χρήση π.χ δικτυωμάτων ή άλλων συστημάτων με αυξημένη ακαμψία
Αποφυγή ασυνεχειών στον οργανισμό πλήρωσης και ιδιαίτερα στους χαμηλούς ορόφους (π.χ. pilotis, 1 <sup>ος</sup> , 2 <sup>ος</sup> όροφος, κ.τ.λ.)	Σταδιακή μεταβολή του Οργ. Πλήρωσης, αποσύνδεση του οργανισμού πλήρωσης με τον φέροντα οργανισμό, χρησιμοποίηση πανέλων με ελαστικές συνδέσεις
Μόρφωση συστημάτων με ισχυρούς στύλους και ασθενή ζυγώματα	Σχεδιασμός σύμφωνα με την φιλοσοφία του ικανοτικού ελέγχου
Μόρφωση στοιχείων με διατομές κατηγορίας 1 ή 2, ειδικά σε θέσεις σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων	Εξασφάλιση στοιχείων σε εκτός του επιπέδου τους παραμορφώσεις (π.χ. αποφυγή στρεπτοκαμπτικού λυγισμού). Χρήση αντηρίδων, ελασμάτων ακαμψίας, διαδοκίδες, κ.α
Λυγηρότητες αντισεισμικών συνδέσμων ακαμψίας με $\lambda < 140$ (για πολυώροφα κτίρια)	Μόρφωση συνδέσμων με ικανότητα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας
Υπεραντοχή και υπερστατικότητα συνδέσεων	Σχεδιασμός σύμφωνα με την φιλοσοφία του ικανοτικού ελέγχου
Μετρίαση της σύμμικτης λειτουργίας ζυγώματος-πλάκας σε περιοχές συνδέσεων δοκού-στύλου	Αποσύνδεση της πλάκας με την περιοχή σύνδεσης δοκού-στύλου, μείωση ή και καθόλου τοποθέτηση διατμητικών ήλων στην εν λόγω περιοχή.



**Σχ. 7** Σαφήνεια δομικού συστήματος συνεχής ροή των φορτίων προς το έδαφος, μόρφωση συστήματος εξασφαλίζοντας δυσκαμψία, ευστάθεια, αντοχή και πλαστιμότητα



**Πίνακας 2β.** Παράγοντες υλικού-κατασκευής που συντελούν στην δημιουργία πλάστιμου μηχανισμού.

Κριτήρια ορθής μόρφωσης	Παρατηρήσεις
Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών προϊόντων χάλυβα (πρότυπες διατομές, ελάσματα κ.τ.λ.)	Πιστοποιητικό χαλυβουργίας για τα χαρακτηριστικά (χημικά, μηχανικά, κατεργασίας) του χάλυβα
Γενικά μηχανική κατεργασία των μεταλλικών στοιχείων	Ομαλοποιημένη διαμόρφωση άκρων, ομαλή μεταβολή διατομών, τρόχισμα άκρων
Ποιοτική εκτέλεση συγκολλήσεων στο εργοστάσιο. Οπτικός έλεγχος ραφών. Σε περιπτώσεις κτιρίων αυξημένης σπουδαιότητας απαραίτητος ο ποιοτικός έλεγχος των ραφών από πιστοποιημένους φορείς	Εκλογή κατάλληλων παραμέτρων εκτέλεσης των ραφών (επεξεργασία ελασμάτων προς συγκόλληση, θερμοκρασία-υγρασία, ένταση ρεύματος, ταχύτητα, αλληλουχία συγκολλήσεων αναλώσιμα, κ.τ.λ.)
Αποφυγή συγκολλήσεων στο εργοτάξιο	Συνδέσεις στοιχείων που να προβλέπουν μόνο κοχλίωση στο εργοτάξιο (π.χ. χρήση του (' <i>column tree concept</i> '). Σε περίπτωση εργοταξιακών συγκολλήσεων να προτιμάται η οριζόντια θέση συγκόλλησης
Ανέγερση μεταλλικού φορέα	Τήρηση των ανοχών ανέγερσης για την αποφυγή πρόσθετων εκκεντροτήτων

Συνολικά, για την εξασφάλιση ενός αξιόπιστου μηχανισμού είναι άκρως απαραίτητο το μητρικό υλικό να διαθέτει την ολκιμότητα με βάση την οποία έγιναν οι παραδοχές υπολογισμού του φορέα (δημιουργείται η ανάγκη για πιστοποίηση του υλικού, παραλαβή πιστοποιητικών για την διασφάλιση των μηχανικών χαρακτηριστικών του χάλυβα), επαρκή εκτέλεση συνδέσεων, συγκολλήσεων, κοχλιώσεων, εδράσεων, (δημιουργείται η ανάγκη για πιστοποίηση των υλικών, διασφάλιση της ορθής εκτέλεσης των συνδέσεων και γενικά πιστοποίηση των κατασκευαστών) και τέλος επαρκή μόρφωση του φέροντος οργανισμού, αποφεύγοντας του παράγοντες του Πίνακα 1 κατά την σύνθεση του φορέα (εκφραζόμενη μέσω της σαφούς ροής των δυνάμεων προς το έδαφος, απλότητα στην μόρφωση, υπερστατικότητα) ενώ ταυτόχρονα βελτιστοποιούνται οι μηχανισμοί απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας (τοπικός λυγισμός σε προκαθορισμένες θέσεις, εφελκυσμός συνδέσμων ακαμψίας, ανελαστική παραμόρφωση δοκών σύζευξης).

### 3. Αναφορές

1. Βάγιας, Ι.: Συμπεράσματα από την συμπεριφορά των μεταλλικών κατασκευών κα τον σεισμό του Kobe. *3<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο Σιδηρών Κατασκευών, Θεσσαλονίκη 1998*, 303-310.
2. Engelhardt M.D., Sabol, T.: Lessons learned from the Northridge Earthquake: Steel Moment performance. *A new Direction in Seismic Design. Tokyo, October 1995*, 1-14.
3. Αναστασιάδης, Α.: Σχολιασμός των Π.Ε.Τ.Ε.Π. με έμφαση στα έργα μεταλλικών και σύμμικτων κατασκευών. *Ενημερωτικό Δελτίο Τ.Ε.Ε.*, Τεύχος 2379, (2006), 59-60.
4. Gioncu, V., Mazzolani, F.M.: Ductility of seismic resistant steel structures. *Spon Press London- New York, 2002*.
5. Anastasiadis A, Mateescu G, Gioncu V: Improved ductile design of steel MR-frames based on constructional details. *In Proceedings of 9<sup>th</sup> International Conference on Metal Structures. Ed. M. Ivan. Timisoara, Romania 19-22 October 2000*, 367-376.
6. Βάγιας, Ι., Ερμόπουλος, Ι., Ιωαννίδης, Γ.: Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.