

Πρόκειται για την Έκθεση που αναφέρεται  
στη σελ.23 της Τελ.Έκθεσης, την οποία είχε  
συντάξει ο κ. Πλάκας το 2001.

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ελέγχου εφαρμογής κείμενης Νομοθεσίας  
και των αιτιών κατάρρευσης κτιρίων  
κατά τον σεισμό της 7-9-1999

### ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ

Κανονιστικές Προτάσεις

- Για ενσωμάτωση στο Κανονισμό
- Για περαιτέρω διερεύνηση

Νοέμβριος 2001

# ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ

## Κανονιστικές Προτάσεις

### 1.- Επιρροή της Κατακόρυφης Συνιστώσας

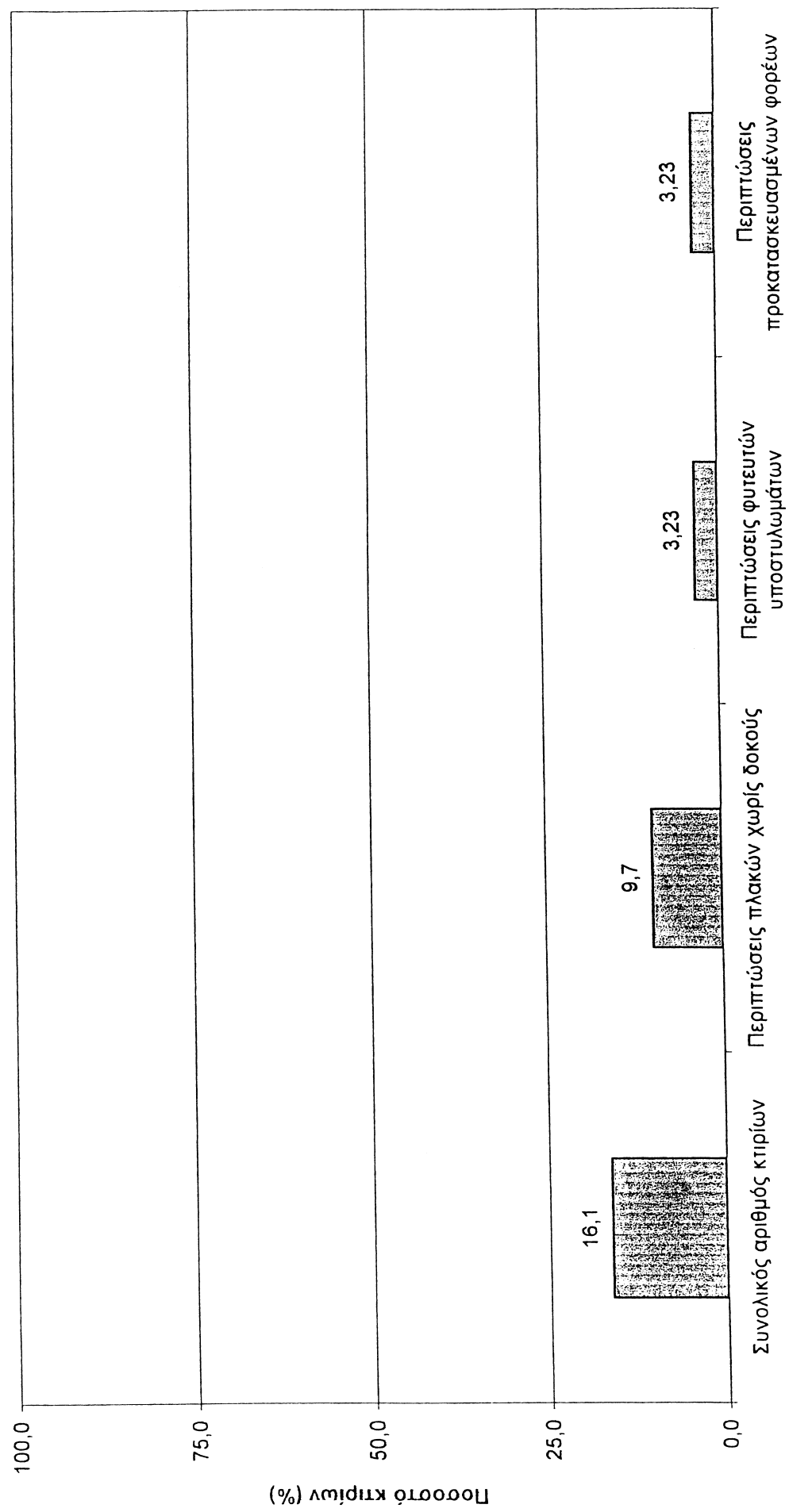
Από τις παρατηρήσεις των μελών της Επιτροπής, η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας εικάζεται ότι ήταν σημαντική.

Πιο συγκεκριμένα η κατακόρυφη συνιστώσα αναφέρεται ως ένας από τους βασικούς παράγοντες της κατάρρευσης σε πέντε κτίρια στα οποία υπήρχαν είτε μκητοειδείς πλάκες είτε φυτευτά υποστυλώματα είτε προκατασκευασμένοι φορείς με πλημμελείς συνδέσεις και στηρίξεις.

Επιπροσθέτως υπάρχουν ενδείξεις ότι η κατακόρυφη συνιστώσα επηρέασε έμμεσα και την κατάρρευση άλλων πέντε κτιρίων στα οποία είχε διαπιστωθεί είτε διάτρηση πλάκας σε μη μκητοειδείς κατασκευαστικές διατάξεις είτε πρόωρη εξάντληση της αντοχής σε κατακόρυφα φορτία.

Στο συνημμένο διάγραμμα παρουσιάζονται τα ποσοστά περιπτώσεων στις οποίες σημειώθηκε επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας για το σύνολο των κτιρίων της Επιτροπής.

Κτίρια στα οποία παρατηρήθηκε επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας στην κατάρρευση  
(σε % επί συνόλου 31 κτιρίων)



## 2.- Κατακόρυφες Επιταχύνσεις

### Καταγραφές:

Από τις τέσσερις υπάρχουσες καταγραφές (Σεπόλια, ΚΕΔΕ, Μοναστηράκι, Σύνταγμα), σε απόσταση δηλαδή 9-12 km από το σεισμογόνο ρήγμα, και σαφώς εκτός της πλειόσειστης περιοχής που μας ενδιαφέρει, έχουμε λόγους  $PGA_V / PGA_H$  0,60 0,51 0,14 και 0,38 αντιστοίχως.

Παντού δηλαδή ο λόγος είναι μικρότερος και από το 0,70 του ΕΑΚ.

Επισημαίνεται πάντως ότι έχει παρατηρηθεί διεθνώς ότι οι κατακόρυφες επιταχύνσεις είναι πολύ μεγαλύτερες αναλογικά κοντά στο σεισμογόνο ρήγμα.

Εκτιμήσεις για τις περιοχές των καταρρεύσεων (με τις έντονες επιφυλάξεις που απορρέουν από τα προαναφερθέντα)

- Κορυφαία τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης  $PGA_H \approx 0,30g - 0,70g$   
κορυφαία τιμή της κατακ. εδαφ. επιτάχυνσης  $PGA_V \approx 0,20g - 0,60g$
  
- Για χαμηλοπεριόδους κραδασμούς  
Μέση τιμή της φασματικής επιτάχυνσης  $S_{AH} \approx 0,75g - 1,50g$  για  $T \approx 0,15 - 0,30$  sec  
Μέση τιμή της κατακόρ. φασμ. επιτάχ.  $S_{AV} \approx 0,60g - 1,10g$  για  $T \approx 0,05 - 0,15$  sec
  
- Για υψηλοπεριόδους κραδασμούς  
Μέση τιμή της φασματικής επιτάχυνσης  $S_{AH} \approx 0,15g - 0,40g$  για  $T \approx 0,60 - 1,00$  sec  
Μέση τιμή της κατακόρυφης φασμ. επιταχ.  $S_{AV} \approx 0,10g - 0,15g$  για  $T \approx 0,50 - 1,00$  sec

### 3.- Προτάσεις

Με βάση τα παραπάνω μπορούν κατά τη γνώμη της Επιτροπής να διαμορφωθούν ορισμένες προτάσεις σε ότι αφορά την Κανονιστική αντιμετώπιση της Κατακόρυφης Συνιστώσας. Οι προτάσεις αυτές χωρίζονται σε δύο βασικές ενότητες. Η πρώτη αφορά σε προτάσεις οι οποίες μπορούν να εξετασθούν για άμεση ενσωμάτωσή τους στον Κανονισμό. Η δεύτερη ενότητα αφορά προτάσεις που κατά κάποιο τρόπο επισημαίνουν θέματα που πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω τόσο σε ότι αφορά την αναγκαιότητα ή μη της ενσωμάτωσής τους στον Κανονισμό όσο και σε ότι αφορά την μορφή και αξιοπιστία τους. Συγκεκριμένα:

### 3.1 Πρόταση για άμεση ενσωμάτωση στον Κανονισμό

Ο ΕΑΚ 2000 στο Κεφάλαιο 3.1.1 «Βάσεις υπολογισμού» και ειδικότερα στην §3.1.1[5] αναφέρει ότι «επιτρέπεται γενικά η παράλειψη της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού εκτός από τις περιπτώσεις φορέων από προεντεταμένο σκυρόδεμα και δοκών που φέρουν φυτευτά υποστυλώματα στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας III και IV».

Στο εδάφιο αυτό προτείνονται οι εξής τροποποιήσεις:

- Στις περιπτώσεις που δεν επιτρέπεται η παράλειψη της κατακόρυφης συνιστώσας να προστεθούν και αυτές που απορρέουν από τις παρατηρήσεις της Επιτροπής καθώς και η περίπτωση προβόλων που ναί μεν δεν περιέχεται στις περιπτώσεις που διερευνήθηκαν από την Επιτροπή, δεν παύει όμως να περιέχεται στους σημερινούς διεθνείς κανονισμούς (Ευρωκώδικες, SEAOC, UBC κλπ).
- Στις αναφορές σε περιπτώσεις φορέων να γίνεται σαφές ότι περιλαμβάνονται και οι συνδέσεις τους (έδραση, αρμός, σύνδεσμοι κλπ) με την υπόλοιπη κατασκευή.
- Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, με τις τελευταίες σεισμικές εκπλήξεις τόσο των Αθηνών όσο και της Κοζάνης, ο περιορισμός των ελέγχων σε καταπόνηση από Κατακόρυφο Συνιστώσα μόνο στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας III και IV δεν θεωρείται εύστοχος.

Με βάση τα παραπάνω προτείνεται όπως η πρώτη παράγραφος του εδαφίου [5] της §3.1.1 διαμορφωθεί ως εξής:

«Επιτρέπεται γενικά η παράλειψη της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού εκτός από τις περιπτώσεις προκατασκευασμένων (με πλημμελείς ή χωρίς συνδέσεις) ή/και προεντεταμένων φορέων και των συνδέσεών τους, προβόλων, πλακών απ' ευθείας εδραζομένων επί υποστυλωμάτων – συμπεριλαμβανομένων και των εξομοιούμενων με αυτές συναφών κατασκευαστικών διατάξεων – και δοκών που φέρουν φυτευτά υποστυλώματα».

### 3.2 Πρόταση για περαιτέρω διερεύνηση

Από μια πρώτη ματιά τόσο στις καταγραφές όσο και στις εκτιμήσεις που αφορούν στην ένταση της κατακόρυφης συνιστώσας θα μπορούσε να συμπεράνει κανείς ότι η τιμή του 0,70 του λόγου  $PGA_V/PGA_H$  που περιέχεται τόσο στον ΕΑΚ όσο και σε ορισμένους ξένους κανονισμούς, κυρίως Αμερικάνικους, αποτελεί μια λογική προσέγγιση, και ότι παρά τις περί του αντιθέτου απόψεις ορισμένων ερευνητών οι τιμές των κατακόρυφων επιταχύνσεων που περιέχει ο Κανονισμός θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως αποδεκτές. Πλην όμως μια τέτοια θεώρηση θα ήταν λανθασμένη καθόσον το κυρίως πρόβλημα της κατακόρυφης συνιστώσας εστιάζεται στην μορφή του φάσματος, στην σχέση επιταχύνσεων / ιδιοπεριόδων και στην όλη εξάρτηση του φαινομένου από την απόσταση από το σεισμογόνο ρήγμα. Επειδή όλα αυτά είναι δύσκολο να προσδιοριστούν σήμερα με ικανοποιητική αξιοπιστία θα ήταν ίσως σκόπιμο ο Κανονισμός να περιείχε και ένα κάτω όριο καταπόνησης σε κατακόρυφη συνιστώσα του σεισμού. Βέβαια, τόσο οι αριθμητικές τιμές του ορίου αυτού όσο και το εάν αυτό το όριο θα εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις της §3.1.1[5] ή θα είναι γενικότερης εφαρμογής ή θα διαφοροποιείται ανά περίπτωση είναι θέματα που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση, τόσο θεωρητική όσο και πειραματική. Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται:

- α) Ενδελεχής μελέτη του φαινομένου της κατακόρυφης συνιστώσας με στόχο τη βελτίωση του κανονισμού στον τομέα αυτό μέσα από μια πιο ρεαλιστική αντιμετώπιση του προβλήματος.
- β) Θα ήταν σκόπιμο, μέχρις ότου η προτεινόμενη στο (α) και ενδεχομένως και στο (γ) έρευνα αποδώσει καρπούς εφαρμόσιμους στην πράξη, να διερευνηθεί τόσο η δυνατότητα όσο και αναγκαιότητα προσθήκης στον Κανονισμό και δη στην §3.1.1 ενός εδαφίου [6] της μορφής:

[6] Σε καμιά όμως από τις περιπτώσεις που αναφέρονται στο εδάφιο [5] παραπάνω η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας δεν θα λαμβάνεται μικρότερη από εκείνη που θα αντιστοιχούσε σε μία αυξομείωση του μόνιμου φορτίου κατά 50% .

Βέβαια τόσο η αριθμητική τιμή 50% όσο και η τυχόν εξάρτηση της από τις ζώνες επικινδυνότητας ή από άλλον παράγοντα όπως η



απόσταση από το σεισμογόνο ρήγμα, θα προσδιοριστούν από την διερεύνηση του θέματος.

Επειδή όμως, όπως αναφέρθηκε και στην παρ. 1 «Επιρροή της Κατακόρυφης Συνιστώσας» του παρόντος, υπάρχουν και περιπτώσεις, πέραν αυτών που αναφέρονται στην §3.1.1[5] του ΕΑΚ έστω και βελτιωμένης σύμφωνα με την πρότασή μας, όπου η κατακόρυφη συνιστώσα συνέβαλε στην διαμόρφωση συνθηκών αστοχίας, σκόπιμο θα ήταν να εξεταστεί επιπλέον και η αναγκαιότητα η μή επιβολής και ενός δεύτερου γενικότερου κάτω ορίου της επιρροής της κατακόρυφης συνιστώσας, της μορφής:

«Εκτός των περιπτώσεων που αναφέρονται στην §3.1.1[5] η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού θα λαμβάνεται υπόψη μέσω μιας αυξομείωσης του μονίμου φορτίου κατά 20%».

Και εδώ βέβαια η αριθμητική τιμή θα πρέπει να προσδιορισθεί από τη διερεύνηση του θέματος. Επισημαίνεται απλώς ότι η κατά 20% τουλάχιστον αυξομείωση του μονίμου φορτίου για εκτίμηση της επιρροής της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού αποτελεί στην τρέχουσα πρακτική σε απλές γέφυρες στην Καλιφόρνια ενώ προβλέπεται σημαντική αύξηση της τιμής αυτής στο προσεχές μέλλον.

- (γ) Για την διερεύνηση των παραπάνω θεμάτων απαιτείται όπως προαναφέρθηκε, πέραν της θεωρητικής και μία πειραματική διερεύνηση του θέματος. Μια σειρά δοκιμών επιλεγμένων στοιχείων κατασκευής σε σεισμική τράπεζα στην οποία υπάρχει δυνατότητα συγχρόνου επιβολής και κατακόρυφης συνιστώσας θα βοηθούσε σημαντικά στο ξεκαθάρισμα ή τουλάχιστον στη μείωση των πολλών αβεβαιοτήτων που σήμερα περιβάλλουν το θέμα της επιρροής της κατακόρυφης συνιστώσας του σεισμού.