

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ**Ιωάννης Χατζηνικολής¹, Αικατερίνη Αυλωνίτη¹, Μαριλένα Παπαγεωργίου¹**¹Πολιτικός Μηχανικός

Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος

Αθήνα, Ελλάδα

e-mails: jhatzin@ote.gr, aavloniti@ote.gr, mpapage@ote.gr**1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος της ΓΓΕΤ «Αποτίμηση, ιεράρχηση και μείωση του σεισμικού κινδύνου του Εθνικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου» μελετήθηκε η σεισμική επάρκεια κτιρίων του ΟΤΕ φέροντα ιστούς τηλεπικοινωνιών καθώς και των ιδίων των ιστών. Οι ανωτέρω υποδομές εντάσσονται σε υψηλή κατηγορία σπουδαιότητας, καθώς η λειτουργία τους μετά από ενδεχόμενο σεισμό είναι ζωτικής σημασίας. Το δίκτυο του ΟΤΕ περιλαμβάνει περί τα 500 κτίρια με ιστούς τηλεπικοινωνιών στο δώμα και 4500 ιστούς διαφόρων μορφών (δικτυωτοί, σωληνωτοί, οκταγωνικοί), η συντριπτική πλειονότητα των οποίων έχει μελετηθεί με παλαιότερους κανονισμούς. Η σεισμική τρωτότητα των ανωτέρω κτιρίων ελέγχεται κατ' αρχήν με ταχύ οπτικό έλεγχο. Από τα αποτελέσματα του ελέγχου και με βάση τη σεισμική επικινδυνότητα και την κρισιμότητά τους ως προς τη λειτουργία του δικτύου, ακολουθεί αναλυτικός λεπτομερής έλεγχος για ορισμένα από αυτά. Αναφορικά με τους ιστούς, μελετάται η συμπεριφορά των πιο κρίσιμων απ' αυτούς υπό στατική και δυναμική καταπόνηση σύμφωνα με τους ισχύοντες Ελληνικούς κανονισμούς. Σε περίπτωση αστοχίας προτείνονται μέθοδοι ενίσχυσης.

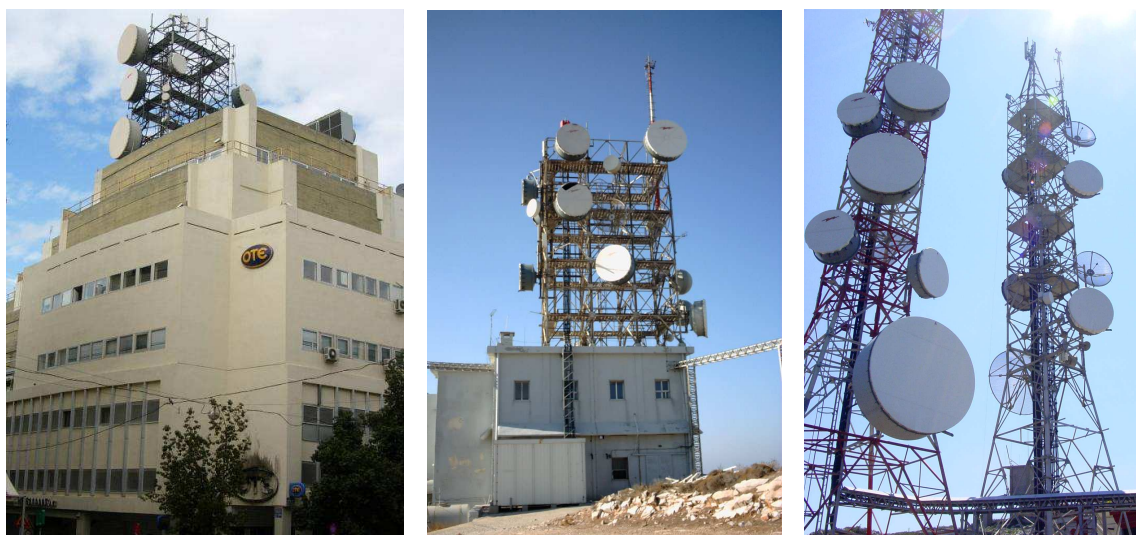
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σεισμική αποτίμηση του Εθνικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας, το οποίο σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα επικοινωνίας. Σε περίπτωση αστοχίας ενός σημαντικού τηλεπικοινωνιακού στοιχείου (κτίριο, τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός ή φορέας μετάδοσης), ο ΟΤΕ έχει ήδη μεριμνήσει για την εξασφάλιση εναλλακτικού διαύλου. Ωστόσο, η συγκεκριμένη πρόβλεψη έχει γίνει για την αποφυγή πιθανής αστοχίας από τυχαίο γεγονός και δεν έχει ληφθεί υπόψη γεγονός με μεγαλύτερης κλίμακας συνέπειες ή ευρύτερης γεωγραφικής έκτασης, όπως λ.χ. ένας καταστροφικός σεισμός.

Για την πραγματοποίηση λοιπόν του σεισμικού ελέγχου του τηλεπικοινωνιακού δικτύου συστάθηκε ερευνητικό πρόγραμμα, υπό την αιγίδα της ΓΓΕΤ, με τίτλο «Αποτίμηση, ιεράρχηση και μείωση του σεισμικού κινδύνου του Εθνικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου». Πλην του ΟΤΕ, ως φορείς συμμετέχουν τα Τμήματα Πολιτικών Μηχανικών των

Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης, Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Πανεπιστήμιου Πατρών. Αντικείμενο του ανωτέρω προγράμματος είναι η αποτίμηση του σεισμικού κινδύνου του Εθνικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου, η διατύπωση συγκεκριμένων προτάσεων για ιεραρχημένες επεμβάσεις, οι οποίες μειώνουν δραστικά και ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο αστοχίας του δικτύου, καθώς επίσης η μεταφορά της σχετικής γνώσης στον ΟΤΕ για εφαρμογή τυχόν απαιτούμενων επεμβάσεων.

Το πρωταρχικό βήμα της σεισμικής αποτίμησης του δικτύου είναι η αξιολόγηση της λειτουργίας αυτού και ο εντοπισμός των κρίσιμων περιοχών και στοιχείων για την απρόσκοπτη λειτουργία του. Παράλληλα, για την εκτίμηση των άμεσων σεισμικών απειλών (διακοπή λειτουργίας βασικών καλωδίων σε θέσεις ρηγμάτων, πιθανές κατολισθήσεις κ.α.) καθώς και για την αποτίμηση των παραμέτρων σεισμικής επικινδυνότητας, διερευνώνται τα τεκτονικά, γεωλογικά, τοπογραφικά και εδαφοτεχνικά χαρακτηριστικά των κρίσιμων περιοχών. Με βάση τα ανωτέρω, πραγματοποιήθηκε η επιλογή των κτιρίων και ιστών του δικτύου (Σχήμα 1) προς έλεγχο της σεισμικής τους επάρκειας.



Σχ. 1 – Δομικές υποδομές δικτύου ΟΤΕ.

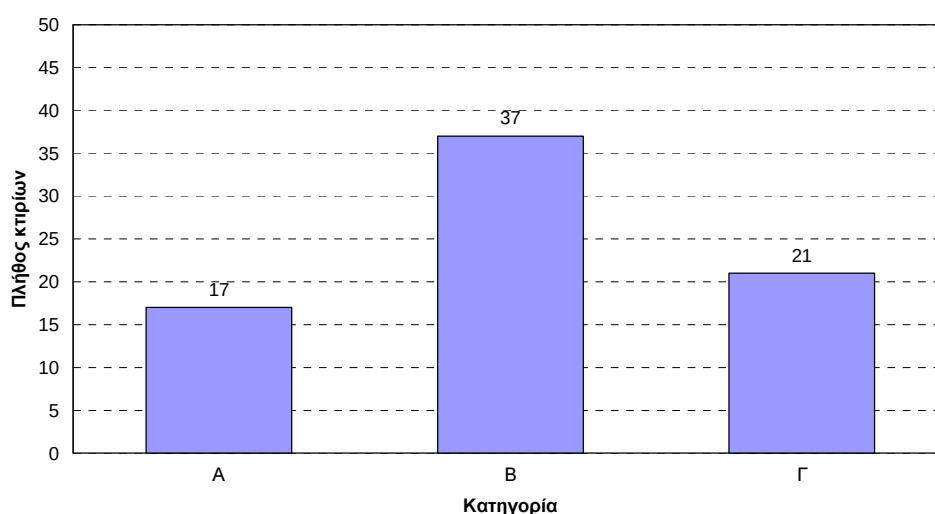
Πιο συγκεκριμένα και σε ό,τι αφορά τους ιστούς, παρουσιάζονται συνοπτικά αποτελέσματα για τον έλεγχο χιλίων (1000) ιστών επί εδάφους και ενενήντα (90) ιστών επί κτιρίων. Περί τα εβδομήντα-πέντε (75) κτίρια, τα οποία στεγάζουν σημαντικά τηλεπικοινωνιακά κέντρα, ελέγχονται σε πρώτη φάση με Ταχύ Οπτικό Έλεγχο. Από τα αποτελέσματα αυτού και με βάση τη σεισμική επικινδυνότητα, την τρωτότητα και την κρισιμότητα των κτιρίων για τη λειτουργία του δικτύου προκύπτει ο περαιτέρω έλεγχος για δεκαπέντε (15) περίπου κτίρια. Τέλος, προτείνονται επεμβάσεις ενίσχυσης των ανωτέρω ιστών και κτιρίων τηλεπικοινωνιών όπου κρίνεται απαραίτητο.

3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΙΣΤΟΥΣ ΣΤΟ ΔΩΜΑ

Οι ταχείς οπτικοί έλεγχοι (ΤΟΕ) πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τα έντυπα προσεισμικού ελέγχου κτιρίων του ΟΑΣΠ [1], με σκοπό την προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς των κτιρίων καθώς και την ταξινόμηση τους. Ο εν λόγω προσεισμικός έλεγχος λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά του κτιρίου όπως το έτος κατασκευής, τον κανονισμό μελέτης, τα δομικά υλικά, τον τύπο του φορέα καθώς και κάποιες ειδικές παραμέτρους όπως ύπαρξη κοντών υποστυλωμάτων, έμμεσων στηρίξεων

κ.α. Με βάση τα ανωτέρω, τα κτίρια κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες (Α, Β ή Γ), ως προς την τρωτότητα έναντι σεισμού. Τα κτίρια της κατηγορίας Α χαρακτηρίζονται, ως πλέον τρωτά, ως πρώτη προτεραιότητα για αναλυτική σεισμική αποτίμηση (τριτοβάθμιος έλεγχος).

Τα επιλεγέντα κτίρια, προς πρωτοβάθμιο έλεγχο, έχουν φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχουν ως επί το πλείστον μελετηθεί με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959, καθώς κατασκευάστηκαν από το 1960 ως το 1980. Παρατηρείται λοιπόν μη ικανοποίηση των αντισεισμικών διατάξεων των σύγχρονων κανονισμών όπως πύκνωση συνδετήρων σε δοκούς και υποστυλώματα στις περιοχές των κόμβων, εφαρμογή ικανοτικού σχεδιασμού κλπ. Παράλληλα, οι ιστοί τοποθετήθηκαν, κατά κανόνα, μεταγενέστερα της κατασκευής των κτιρίων και ελήφθησαν υπόψη μόνο ως κατακόρυφα φορτία επί των υποστυλωμάτων έδρασης. Το ακόλουθο διάγραμμα (Σχήμα 2) παρουσιάζει την κατάταξη των 75 κτιρίων που υποβλήθηκαν σε πρωτοβάθμιο έλεγχο.



Σχ. 2 – Βαθμολογία κτιρίων σύμφωνα με Ταχύ Οπτικό Έλεγχο.

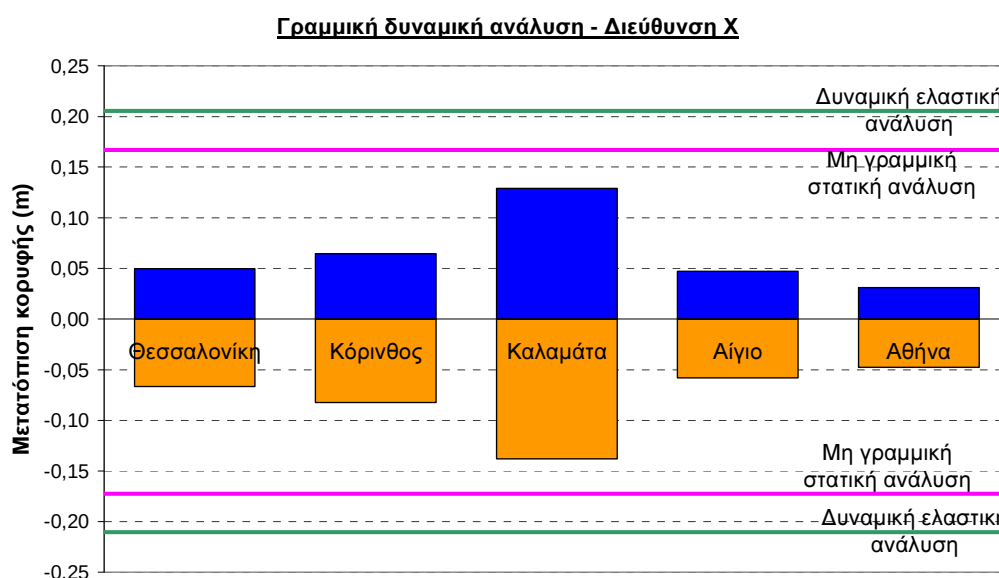
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πρωτοβάθμιου ελέγχου και την κρισιμότητα των ανωτέρω κτιρίων για τη λειτουργία του δικτύου, τα πλέον σημαντικά κτίρια ελέγχθηκαν με λεπτομερείς μεθόδους σεισμικής αποτίμησης. Ο έλεγχος των κτιρίων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις Αμερικάνικες συστάσεις FEMA [2], καθώς και με το σχέδιο του Ελληνικού Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) [3]. Για λόγους πληρότητας και σύγκρισης των αποτελεσμάτων, εφαρμόστηκαν διάφορες μέθοδοι ανάλυσης, ελαστικές και ανελαστικές, στατικές και δυναμικές.

Όσον αφορά τη δυναμική ελαστική ανάλυση, εξετάζονται δύο διαφορετικές μέθοδοι αποτίμησης της σεισμικής επάρκειας. Στην πρώτη μέθοδο αποτίμησης εφαρμόζεται ολικός συντελεστής συμπεριφοράς στο σύνολο του κτιρίου, σύμφωνα με τις διατάξεις των ΚΑΝΕΠΕ [3] και ΕΑΚ [4]. Η δεύτερη μεθοδολογία βασίζεται στους Αμερικάνικες συστάσεις FEMA [2], όπου εφαρμόζονται επιμέρους συντελεστές συμπεριφοράς στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Και στις δύο προτεινόμενες μεθοδολογίες λαμβάνονται υπ' όψιν αβεβαιότητες που αφορούν την κατασκευή του κτιρίου, μέσω κατάλληλων συντελεστών.

Στην περίπτωση της μη γραμμικής στατικής ανάλυσης, το προσομοίωμα της κατασκευής αναλύθηκε για το συνδυασμό των κατακόρυφων φορτίων και της οριζόντιας αυξανόμενης πλευρικής φόρτισης. Ως πλευρική σεισμική φόρτιση ακολουθήθηκαν δύο κατανομές, η ομοιόμορφη και η ιδιομορφική σύμφωνα με τις διατάξεις των FEMA [2]. Από την ανάλυση προέκυψε η καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετατόπισης κορυφής για τις δύο

κατανομές. Η σεισμική αποτίμηση του κτιρίου βασίζεται σε έλεγχο παραμορφώσεων των επιμέρους δομικών στοιχείων για συγκεκριμένη τιμή της μετατόπισης κορυφής, η οποία καλείται σημείο επιτελεστικότητας. Ο υπολογισμός του σημείου επιτελεστικότητας προκύπτει από την τομή της καμπύλης τέμνουσας βάσης – μετατόπισης κορυφής με το φάσμα σχεδιασμού κατάλληλα τροποποιημένο (μέθοδος ικανότητας φάσματος, ATC 40 [5]) είτε με μετατροπή της κατασκευής σε μονοβάθμιο ισοδύναμο ταλαντωτή, ελαστικά αποκρινόμενο (FEMA [2] και μέθοδος Fajfar ή N2 [6]). Οι γραμμικές και μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με σκοπό τον έλεγχο των ανωτέρω αναλύσεων σε όρους μετατόπισης κορυφής.

Ενδεικτικά αποτελέσματα της αναλυτικής σεισμικής αποτίμησης παρουσιάζονται για το κτίριο του Σχήματος 1. Πρόκειται για εξάωρο κτίριο μείζονος σημασίας για το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, στο κέντρο της Αθήνας. Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1979, με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ ο ιστός προστέθηκε το 1985. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η στοχευόμενη μετατόπιση κορυφής, όπως προέκυψε μέσω φασματικής ανάλυσης, μη γραμμικής στατικής ανάλυσης καθώς και γραμμικής δυναμικής ανάλυσης χρονοϊστορίας για πέντε επιταχυνσιογραφήματα από σεισμούς στον ελλαδικό χώρο.



Σχ. 3 – Μετατόπιση κορυφής σύμφωνα με διάφορες αναλύσεις.

Παράλληλα, στον Πίνακα 1 δίνονται τα ποσοστά αστοχίας των δοκών και υποστυλωμάτων υπό κάμψη και διάτμηση για διάφορες αναλύσεις. Οι συντελεστές κ και γ_M λαμβάνουν υπόψη αβεβαιότητες σε σχέση με την ποιότητα κατασκευής των υλικών.

Μέλος σε	Δομικό στοιχείο	Δυναμική ελαστική ανάλυση				Μη γραμμική στατική ανάλυση
		Επιμέρους συντελεστές συμπεριφοράς		Ολικός συντελεστής συμπεριφοράς		
		κ = 1,00	κ = 0,75	γ _Μ = 1,00	γ _Μ ≠ 1,00	
Κάμψη	Δοκοί	69%	78%	85%	87%	7%
	Υποστυλώματα	91%	100%	81%	88%	13%
Διάτμηση	Δοκοί	82%	89%	68%	81%	69%
	Υποστυλώματα	86%	93%	35%	52%	41%

Πίν. 1 – Ποσοστό αστοχίας δοκών και υποστυλωμάτων για διάφορες αναλύσεις.

4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΙΣΤΩΝ

Για την κάλυψη των αναγκών του τηλεπικοινωνιακού δικτύου, μεγάλος αριθμός ιστών (περί τους 4500) έχει τοποθετηθεί στο έδαφος και το δώμα κτιρίων. Πρόκειται για δικτυωτούς, οκταγωνικούς ή σωληνωτούς ιστούς διαφόρων τύπων, με ύψος από έξι ως πενήντα μέτρα. Οι εν λόγω ιστοί φέρουν διάφορου μεγέθους κεραίες, μορφής παραβολικών κατόπτρων ή ηχοστηλών καθώς και κεραίες για την κάλυψη αναγκών της Αστυνομίας, των Ενόπλων Δυνάμεων και του ραδιοτηλεοπτικού δικτύου. Από τους ανωτέρω, επιλέχθηκαν 1000 ιστοί δικτυωτής μορφής, οι οποίοι ποικίλλουν σε μορφή και ύψος.

Τα μόνιμα φορτία που φέρει ένας ιστός συνίστανται στο ίδιο βάρος του, το βάρος των κατόπτρων και των καλωδίων αυτών καθώς και το βάρος των δαπέδων εργασίας. Οι μεταβλητές δράσεις διακρίνονται στις δυναμικές και μη. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τη σεισμική φόρτιση, ως μεταβλητές δράσεις λαμβάνονται το χιόνι, ο άνεμος, ο άνεμος με χιόνι καθώς και τα ωφέλιμα φορτία των δαπέδων εργασίας. Ο άνεμος και το χιόνι αποτελούν σημαντικές φορτίσεις για τους ιστούς δεδομένου ότι συνήθως οι ιστοί τοποθετούνται σε μεγάλα υψόμετρα (κορυφές βουνών). Αναφορικά με το χιόνι, επί της ουσίας πρόκειται για πάγο, ο οποίος περιβάλλει τις διατομές των μελών κατά ένα ορισμένο πάχος, κυμαινόμενο ανάλογα με το υψόμετρο μεταξύ 1 και 10 cm. Στην περίπτωση του ανέμου, λήφθηκε υπόψη η ταυτόχρονη δράση ανέμου και χιονιού, με μειωμένη τιμή της βασικής ανεμοπίεσης κατά 25%. Ο σεισμός προσδιορίστηκε ως συνάρτηση της σεισμικής ζώνης και για συντελεστή συμπεριφοράς $q = 1$, ώστε η απόκριση του ιστού να είναι ελαστική. Συνοψίζοντας, το κανονιστικό πλαίσιο για τον υπολογισμό των φορτίων βασίστηκε στις διατάξεις του ΕΑΚ [4] για τις σεισμικές δράσεις, στις διατάξεις του DIN 4131 [7] για τον άνεμο, ενώ τα λοιπά φορτία υπολογίστηκαν σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό κανονισμό δράσεων επί των κατασκευών, EN 1991 [8], [9].

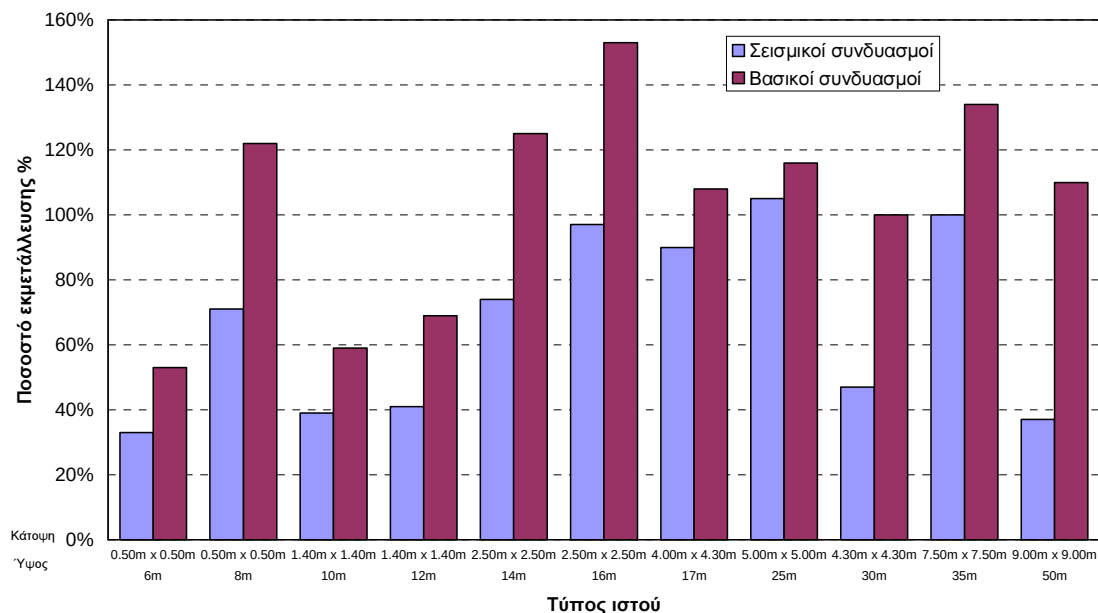
Στις περιπτώσεις ιστών επί κτιρίων, ο σεισμός προσδιορίστηκε με βάση τις διατάξεις του ΕΑΚ [4], θεωρώντας τον ιστό ως προσάρτημα του κτιρίου. Παράλληλα, μελετήθηκε η επιρροή του συστήματος ιστού – κτιρίου, από πανεπιστημιακό φορέα που συμμετέχει στο εν λόγω ερευνητικό πρόγραμμα [10]. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε το σύστημα ιστός – κτίριο ως διβάθμιος ταλαντωτής, με παραμέτρους το λόγο μαζών και ιδιοπεριόδων ιστού προς κτίριο. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις ανωτέρω αναλύσεις συμφωνούν με τη θεώρηση των ιστών ως προσαρτήματα κτιρίων, με βάση τις διατάξεις του ΕΑΚ [4], για τους τύπους ιστών που εξετάστηκαν.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι ποιότητας των υλικών των ιστών μέσω έλεγχου της τάσης διαρροής και θλίψης, από το εργαστήριο πανεπιστημιακού φορέα που συμμετέχει στο ερευνητικό πρόγραμμα. Ο πειραματικός προσδιορισμός των ιδιοτήτων του χάλυβα των ιστών έδειξε ότι υπερκαλύπτονται οι προβλεπόμενες από τις σχετικές προδιαγραφές αντοχές του χάλυβα.

Ο έλεγχος επάρκειας των ιστών συνίσταται στον έλεγχο των μελών του (ορθοστάτες, ράβδοι κατακόρυφης και οριζόντιας δικτύωσης) καθώς τον έλεγχο των συνδέσεων (ως επί το πλείστον κοχλιωτές), της έδρασης και της θεμελίωσης αυτών. Πραγματοποιήθηκε δε για όλους τους συνδυασμούς δράσεων, σεισμικούς και βασικούς. Όσον αφορά τον έλεγχο ορθοστατών υπό σεισμική φόρτιση, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι γενικά δεν παρατηρείται ανεπάρκεια, εκτός από έναν τύπο ιστού. Ειδικότερα, όσο πιο χαμηλός είναι ο ιστός, τόσο καλύτερα είναι τα αποτελέσματα. Ανάλογα αποτελέσματα προκύπτουν για τα λοιπά μέλη, τις συνδέσεις και εδράσεις των ιστών.

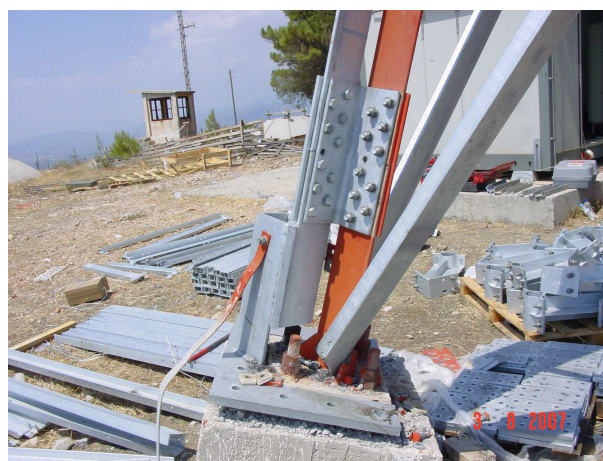
Κατά τον έλεγχο των ιστών υπό τους βασικούς (μη σεισμικούς) συνδυασμούς προκύπτουν μεγαλύτερα ποσοστά εκμετάλλευσης καθώς και αρκετές αστοχίες. Η δε διακύμανση των ποσοστών εκμετάλλευσης κυμαίνεται από 20% ως 50% για σεισμικούς ή μη συνδυασμούς.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα ποσοστά εκμετάλλευσης των ορθοστατών για σεισμικούς και βασικούς συνδυασμούς. Εν προκειμένω, ως ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας έχει ληφθεί η ζώνη II ($A=0,24g$). Είναι λοιπόν δυσμενέστερη η επιρροή ανέμου και χιονιού σε σχέση με τη σεισμική δράση.



Σχ. 4 – Ποσοστό εκμετάλλευσης ορθοστατών.

Λόγω της συνεχούς μεταβολής και αύξησης του αριθμού καθώς και της διαμέτρου των κατόπτρων που φέρουν οι ιστοί, πραγματοποιούνται ενισχύσεις σε αρκετούς ιστούς, μεγάλου ύψους. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά φωτογραφίες από την ενίσχυση ενός ιστού 35m (Σχήμα 5).



Σχ. 5 – Ενίσχυση ιστού 35m.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη σεισμική αποτίμηση των κτιρίων του εθνικού τηλεπικοινωνιακού δικτύου προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ο ταχύς οπτικός έλεγχος (πρωτοβάθμιος έλεγχος) δείχνει ότι η σεισμική επάρκεια κτιρίων έτους κατασκευής προ του 1985 είναι μειωμένη.

- Η αναλυτική αποτίμηση (τριτοβάθμιος έλεγχος) των ανωτέρω κτιρίων με σύγχρονες μεθόδους δείχνει ότι πολλά φέροντα στοιχεία δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις των νέων κανονισμών και χρειάζονται ενισχύσεις.
- Σε περίπτωση που ελαστικές μέθοδοι οδηγούν σε απαίτηση σημαντικών ενισχύσεων, συνιστάται η λεπτομερής επιτόπου διερεύνηση των χαρακτηριστικών του φορέα και η συνακόλουθη ακριβέστερη μη γραμμική στατική ανάλυση, η οποία πιθανόν να οδηγήσει σε μικρότερες επισκευές, παρά η άκριτη εκτέλεση όλων των επισκευών που προκύπτουν από την απλοποιημένη θεώρηση.

Από τον έλεγχο επάρκειας των ιστών του ΟΤΕ εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι δυσμενέστερες φορτίσεις προκύπτουν συνήθως από συνδυασμούς που οφείλονται σε άνεμο σε συνδυασμό με χιόνι. Ο σεισμός δε συνιστά εν γένει δυσμενή φόρτιση για τους ιστούς.
- Ο αριθμός και το μέγεθος των κεραιών που φέρουν οι ιστοί επηρεάζουν πολύ την επάρκεια των μελών του ιστού, κυρίως δε των ορθοστατών του.
- Μεγάλος αριθμός ιστών του ΟΤΕ δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις των σύγχρονων κανονισμών σε ότι αφορά τον άνεμο. Για το σκοπό αυτό προτάθηκαν ενισχύσεις των ιστών, οι οποίες καλύπτουν τους νέους κανονισμούς ανεμοφόρτισης.
- Σε υψηλούς ιστούς (άνω των 20m), διαπιστώνεται ανεπάρκεια μεγάλου αριθμού μελών, σε βαθμό που να υπάρχει ανάγκη σημαντικής ενίσχυσης στο σύνολό τους, αντικατάστασης του φορέα ή περιορισμού του αριθμού των κεραιών που φέρουν.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), “Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων, Ταχύς Οπτικός Έλεγχος”, *Εκδόσεις ΟΑΣΠ*, 1997.
- [2] Federal Emergency Management Agency (FEMA), “FEMA 356: Pre-Standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, *FEMA*, 2000.
- [3] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), “Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) – Σχέδιο 2”, *ΟΑΣΠ*, 2006.
- [4] Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ) 2000”, *Εκδόσεις ΟΑΣΠ*, 2000.
- [5] Applied Technology Council, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC 40)”, *ATC*, 1996.
- [6] Fajfar P., Eeri M., “A nonlinear analysis method for performance – based seismic design”, *Earthquake Spectra*, Vol. 16, 2000.
- [7] DIN 4131, Antennentragwerke aus Stahl
- [8] European Committee for Standardization (CEN), “Eurocode 1 – Actions on structures, Part 1-1: General actions, Densities, Self weight, imposed loads for buildings”, *CEN*, 2001.
- [9] European Committee for Standardization (CEN), “Eurocode 1 – Actions on structures, Part 1-3: General actions – Snow loads”, *CEN*, 2002.
- [10] Δασίου Μ.Ε., Βάγιας Ι., Δακανάλη Ι., Παπαγεωργίου Μ., “Σεισμική δράση ιστών επί κτιρίων και κτιρίων που φέρουν ιστούς”, *6^ο Εθνικό Συνέδριο Μεταλλικών Κατασκευών*, 2008.

SEISMIC ASSESSMENT OF THE NATIONAL TELECOMMUNICATIONS NETWORK

Ioannis Hatzinikolis, Aikaterini Avloniti, Marilena Papageorgiou

Civil Engineers

National Telecommunications Organization

Athens, Greece

e-mails: jhatzin@ote.gr, aavloniti@ote.gr, mpapageorg@ote.gr

SUMMARY

The large number of the National Telecommunications Organization, also called as OTE, infrastructure, the vulnerability of the infrastructure according to recent codes and regulations, the variety of the structural systems constitute the issue of the telecommunications network operation, in terms of seismic safety, most significant. For these purposes and in the frame of a research program of the Greek General Secretariat of Research and Technology with the title *Assessment, Ranking and Reduction of the Seismic Risk of the National Telecommunications Network*, the vulnerability of the National Telecommunications Organization's (OTE) infrastructure is examined. OTE operates approximately 500 buildings, which carry telecommunication masts on their top and about 4500 masts of different types.

The seismic assessment of the above buildings is conducted in several steps. In a first step, the buildings are subjected to visual inspection in order to collect the most vulnerable ones for further investigation. This consists of a detailed analytical evaluation according to the most recent guidelines and Codes, such as the American guidelines FEMA, Eurocode 8 and a preliminary draft of Greek Regulations. The evaluation methodologies employed include static and dynamic, linear and nonlinear analyses.

As it concerns the masts, the study of the behaviour under static and dynamic forces and the examination of them according to current regulations are considered. Useful conclusions according to the parameters that infect the strength and the serviceability of the masts, as well as the differences that result at the design of the same type of mast and depend on its location (on the top of a building or at the ground) arise.

This paper presents in a dense form the results of these investigations. In addition, strengthening methods, when required, based on the use of additional steel elements are presented.