

# ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΛΙΩΝ ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ceccotti Ario

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**1. Εισαγωγή:** Το βασικό ερώτημα που τίθεται στο δομικό μηχανικό είναι: τι να κάνουμε μ' αυτή την κατασκευή; πόσο γερά είναι τα στοιχεία της και οι κόμβοι της; χρειάζεται ενίσχυση; Η απάντησή του απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση.

### **2. Μια μεθοδολογία για την εκτίμηση και την ανάλυση**

Δεν πρόκειται για ένα πρόβλημα μόνον της εκτίμησης της αντοχής του ξύλου, αλλά και των πραγματικών τάσεων σε σχέση με την αντοχή του. Ο Πίνακας 1 δίδει μια σύνοψη της απαιτούμενης διαδικασίας προσέγγισης, για μια διατομή που επιπονείται με μια ροπή  $M$ .

Η διαβάθμιση της ξυλείας είναι σημαντική και οι κανόνες διαχωρισμού της είναι σε κάθε χώρα διαφορετικοί. Ωστόσο ας σημειώσουμε, ότι σύμφωνα με τη μέθοδο διαβάθμισης, στην ίδια κατηγορία (παρτίδα) το 95% της ξυλείας έχει μεγαλύτερη αντοχή από το 5%.

#### 2.1 Η φάση της εκτίμησης

- Εκτιμάται η πιθανή βλάβη από βιολογικούς παράγοντες, έτσι ώστε να καθοριστεί η εναπομένουσα διάσταση κατά τους υπολογιστικούς ελέγχους.
- Διενεργείται επιτόπια διαβάθμιση-εκτίμηση της αντοχής της ξυλείας.

Διαβάθμιση: Για ένα πλήθος ξύλινων στοιχείων είναι δυνατόν να προσδιοριστεί μια ομάδα αντοχών για διάφορα είδη τάσεων (Πίνακας 2).

Αντοχή: Τα χαρακτηριστικά του παλιού ξύλου είναι ίδια με αυτά του καινούργιου. Το ξύλο δεν χάνει την αντοχή του εξαιτίας της ηλικίας του καθ' εαυτής. Ούτε υπάρχει πραγματική ένδειξη, ότι στο ξύλο προκαλείται κάποια βλάβη λόγω μιας μακράς διάρκειας προ-φόρτισης που ήταν περιορισμένη ως προς το ύψος της (βλέπε Πίνακα 4).

#### 2.2 Η φάση της ανάλυσης αποτελείται από :

- Ανάλυση των εσωτερικών δυνάμεων κατ' αρχήν βάσει του πλέον απλού προσομοιώματος (συνήθως προκύπτουν συντηρητικά αποτελέσματα, διότι δεν παίρνουν υπόψη τις πιθανές ανακατανομές των επενεργειών). Στη συνέχεια,
- όλο και πιο ακριβής ανάλυση παίρνοντας υπόψη τους πραγματικούς περιορισμούς και τις πραγματικές αντοχές των υλικών. Εδώ περιλαμβάνονται η μερική πάκτωση των συνδέσμων (κύλιση), τυχόν μεγάλες δομικές μετατοπίσεις και διαταραχές. Στο τέλος, και μόνον εάν το απαιτεί η πολυπλοκότητα της κατασκευής,
- εφαρμόζονται επιτηδευμένα προσομοιώματα (π.χ. η ανισοτροπία του ξύλου, ανάλυση 2ης τάξης). Όσο πιο πολύ το προσομοίωμα ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα (παίρνοντας υπόψη την υπερστατικότητα, τη διάχυση των

τάσεων κ.λπ.), τόσο πιο πολύ μειώνονται οι ακρότατες τιμές των τάσεων και διευκολύνονται οι επαληθεύσεις.

- Όταν η μηχανική συμπεριφορά είναι πολύ περίπλοκη, πρέπει να διεξαχθούν πειραματικοί έλεγχοι και άκρως εξειδικευμένα προσομοιώματα. Αυτό διευκολύνει την επαλήθευση και επιτρέπει την υιοθέτηση σημαντικών λύσεων ενίσχυσης. Οι Πίνακες 4a και 4b δίδουν μια σύνοψη από τη μεταπτυχιακή διατριβή της Ang. Bevilacqua (1998).

Ένα καλύτερο προσομοίωμα, αν και σύνθετο και χρονοβόρο, στο τέλος θα επιβραβευθεί (βλ. Εικ. 3-4).

Η τασική ανάλυση είναι δυνατόν να επεκταθεί από τις εσωτερικές δυνάμεις στις τάσεις, χρησιμοποιώντας παγιωμένες μεθόδους, π.χ. τον Ευρωκώδικα 5 /1993, (συνήθως, οι μέθοδοι σχεδιασμού που βασίζονται στις οριακές καταστάσεις είναι πιο γενναϊόδωρες απ' ότι οι μέθοδοι επιτρεπόμενων τάσεων). Στη συνέχεια, είναι δυνατόν να διεξαχθεί ένας έλεγχος ασφάλειας, στη βάση των αντοχών, όπως αυτές δίδονται από τους κανονισμούς.

**3. Η επιλογή** εάν ευοδωθεί ο έλεγχος σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν πιο πάνω, αυτό αρκεί για να θεωρηθεί ότι η κατασκευή είναι αρκετά ασφαλής. Το αντίθετο δεν είναι σωστό. Αν, χρησιμοποιώντας σύγχρονους υπολογιστικούς κώδικες, χαρακτηριστικές αντοχές και κανονισμούς, η κατασκευή κατά την πρώτη προσέγγιση δεν ικανοποιήσει τους ελέγχους, τότε θα πρέπει να της δοθεί μια έφεση.

Εδώ δεν εξετάζεται η πιθανότητα μείωσης του συντελεστή ασφάλειας λόγω του ότι η κατασκευή ήδη υπάρχει (οι σύγχρονοι κανονισμοί αναφέρονται σε ακόμη μη υφιστάμενες κατασκευές). Οι αβεβαιότητες για το εφαρμοσμένο υλικό είναι πολύ μικρότερες, το οποίο μπορούμε να το ελέγξουμε. Όσο για τους κανονισμούς φορτίσεων, αυτοί αλλάζουν με την πάροδο των χρόνων -π.χ. για το χιόνι αυξάνουν τα φορτία-, αλλά τα φορτία έχουν ήδη δράσει επί της κατασκευής, η οποία υπάρχει εδώ και αιώνες.

Για την επαλήθευση της πραγματικής επιτελεστικότητας σε ασφάλεια, θα πρέπει να κατηγοριοποιείται η ξυλεία.

Η κατηγοριοποίηση της ξυλείας γίνεται κυρίως βάση των ελαττωμάτων. Ωστόσο κατά την κατασκευή δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε εκ προοιμίου σε πιο σημείο θα τοποθετηθεί κάθε στοιχείο, πως θα τοποθετηθεί και ποια τασική κατάσταση θα υποστεί (κρίσιμη κατάσταση). Έστω ένας απομονωμένος μεγάλος κόμβος καθορίζει το βαθμό ελαττώματος. Έχει διαφορετική σημασία, εάν το ελάττωμα βρίσκεται πλησίον μιας έδρασης /αντιστήριξης ή στο μέσον μιας δοκού. Οι παλιοί ξυλουργοί συνήθιζαν να τοποθετούν τα πιο καλά κομμάτια στα περισσότερο επιπονούμενα μέρη της κατασκευής (εικ. 5).

Συμπερασματικά: εάν δεν ικανοποιείται ο πρώτος έλεγχος ασφάλειας, τότε, πριν παρθεί μια απόφαση ζωής (κατεδάφιση ή ενίσχυση), θα πρέπει να δίδεται μια δεύτερη ευκαιρία στο στοιχείο, κάνοντας μια εκ προοιμίου ανα-κατηγοριοποίηση των ξύλινων στοιχείων γύρω από την κρίσιμη περιοχή με στόχο την αναβάθμισή τους. Υπάρχει πιθανότητα, ένα στοιχείο να παρουσιάζει αντοχή μεγαλύτερη του 5% του πλήθους των δειγμάτων της κατηγορίας του. Προηγμένες έρευνες στην επιστημονική περιοχή της αντοχής των υλικών (του ξύλου), π.χ. με τη χρήση μη καταστροφικών μεθόδων

σε συνδυασμό με αναλυτικές μεθόδους, μπορούν να οδηγήσουν στην εκτίμηση της πραγματικής αντοχής (βλ. Πίνακα 4, Εικ. 6).

**4. Συμπεράσματα** Ο μεγαλύτερος εχθρός των ξύλινων κατασκευών της πολιτισμικής κληρονομιάς είναι σήμερα η αδιαφορία και η έλλειψη συντήρησης. Ωστόσο, υπάρχει και ένας άλλος εχθρός που εμφανίζεται, όταν ξεκινούν οι εργασίες συντήρησης. Αυτός ο συγκαλυμμένος κίνδυνος είναι ο τρόπος σκέψης με το εξής περιεχόμενο: «κάνε κάτι σε κάθε περίπτωση», ή «αυτό το ξύλο είναι πολύ παλιό, έχασε την αντοχή του», ή «θα μας πέσει στο κεφάλι, δεν ικανοποιεί τον πρόσφατο κανονισμό για τα φορτία» κ.ά. Αυτός το τρόπος σκέψης οδηγεί σε περιττές ενισχύσεις και σε βλάβη της πολιτιστικής αυθεντικότητας.

Οι τεχνολόγοι που είναι εξειδικευμένοι στο ξύλο και οι δομικοί μηχανικοί έχουν το προνόμιο να κατασκευάσουν εργαλεία εκτίμησης και αναλυτικά προσομοιώματα, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στη λήψη της βέλτιστης λύσης για τις διάφορες περιπτώσεις, έτσι ώστε να αναδυθεί ένας νέος τρόπος σκέψης που να εκφράζει περισσότερο σεβασμό και γνώση.

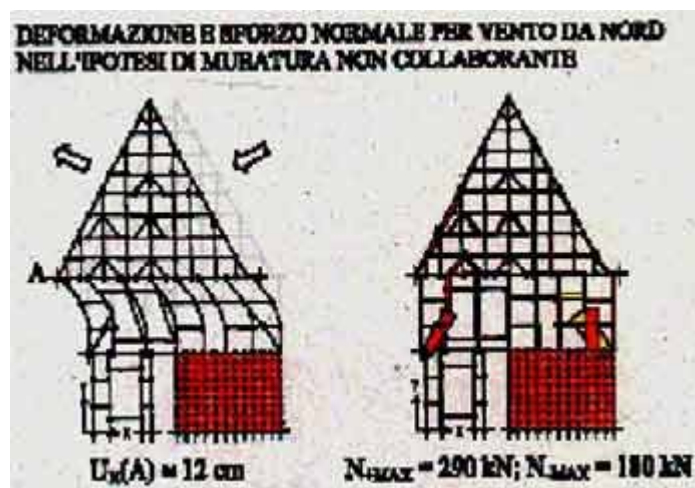


Fig.: Simple models are very important in determining rapidly, even in a rough way the load distribution within the structure. This approach is usually conservative, because does not take into account possible re-distribution effects. More advanced models allow a finer evaluation of load distribution and give a better load-path with a reduction of peak forces.

**Ario Ceccotti**

Trees and Timber Institute, IVALSÀ-CNR