

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΛΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΤΣΑΦΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΚΑΘΡΕΠΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΓΑΒΡΙΗΛ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Όπως όλοι γνωρίζουν, η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στις υπάρχουσες κατασκευές είναι αρνητική και λειτουργεί εξαιρετικά επιβαρυντικά με την πάροδο των χρόνων. Αν και συμβαίνει πιο αργά από άλλους δεσμενέστερους παράγοντες, είναι βέβαιη και αν δεν υπάρξει έγκαιρη αντιμετώπιση ακόμα και κατά τη φάση σχεδιασμού της κατασκευής, μπορεί να αποβεί μοιραία για αυτήν.

Ο μηχανικός που θα εκπονήσει τη μελέτη για μία κατασκευή, θα πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψη τις επιδράσεις των εκάστοτε περιβαλλοντικών παραγόντων. Κατά κύριο λόγο τα αποτελέσματά τους είναι η φθορά των δομικών υλικών, η μείωση της αντοχής τους και κατά συνέπεια όλης της κατασκευής και τελικά η δομική αστοχία και η καταστροφή της όποιας θερμομονωτικής ή ηχομονωτικής αξίας διέθετε.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας διερευνήθηκαν οι παράγοντες που προκαλούν τέτοιου είδους αστοχίες. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι οφείλονται κατά κύριο λόγο στη διάβρωση του οπλισμού των κατασκευών, στη δημιουργία επιφανειακών κρουστών και σε άλλους παράγοντες όπως η υγρασία, η όξινη βροχή και ο παγετός.

Οι εποπτεύοντες καθηγητές για την εκπόνηση της πτυχιακής αυτής εργασίας ήταν οι κύριοι Καθρέπτας Νικόλαος και Γαβριήλ Δημήτριος, καθηγητές του Τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών.

Στο σημείο αυτό, θέλουμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίηση της πτυχιακής μας εργασίας. Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον κ. Δ. Γαβριήλ για την ανάθεση του θέματος αυτής της εργασίας καθώς και για τη συνεχή καθοδήγηση και την υποστήριξη του κατά την διάρκεια εκπόνησης της.

Κλείνοντας, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις εγκάρδιες ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας για την αμέριστη υποστήριξη, ανοχή και υπομονή τους σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας. Θα θέλαμε επίσης, να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας, για την πολύτιμη συμπαράσταση τους.

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ»

**ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: ΛΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΤΣΑΦΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα από τα κυριότερα προβλήματα ανθεκτικότητας των κατασκευών είναι η διάβρωση που προκαλείται από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η μελέτη του εδάφους θεμελίωσης και των συνθηκών δόμησης είναι διαδικασίες οι οποίες πρέπει να εκτελούνται από την αρχή της σύλληψης της ιδέας του έργου. Επειδή όμως κάποιοι παράγοντες είναι αναπόφευκτοι, είναι απαραίτητη η έγκαιρη διάγνωση των εκάστοτε αστοχιών, ώστε να αξιολογείται ανάλογα ο κίνδυνος και να ενημερώνονται ο ιδιοκτήτης και οι χρήστες της κατασκευής προκειμένου να λάβουν έγκαιρα τα απαραίτητα μέτρα.

Ως εκ τούτου, στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο εντοπισμός των περιβαλλοντικών παραγόντων που προκαλούν αστοχίες και η πρόταση αναγκαίων μέτρων αντιμετώπισης που πρέπει να ληφθούν σε κάθε περίπτωση.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στην έννοια της αστοχίας των φορέων και πιο συγκεκριμένα στις αιτίες που την προκαλούν. Παρουσιάζονται τα διάφορα είδη ρηγματώσεων που απαντώνται στις κατασκευές, οι βλάβες στον οπλισμό, στα κονιάματα, αλλά και στους μεταλλικούς συνδέσμους. Στη συνέχεια περιγράφονται οι έννοιες της υγρασίας, της όξινης βροχής και του παγετού με τα αντίστοιχα παραδείγματα κάθε φορά και τέλος προτείνονται τα μέτρα αντιμετώπισης που ενδείκνυνται κάθε φορά. Στις μέρες μας η εξέλιξη των δομικών υλικών έχει να προτείνει πολλές εναλλακτικές με κυρίαρχη τη χρήση σύνθετων υλικών και πολυμερών.

Τέλος γίνεται μια ανασκόπηση στη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε και στο παράρτημα περιγράφεται αναλυτικά το παράδειγμα του Παρθενώνα με τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις που υφίσταται στο πέρασμα των χρόνων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η έννοια της αστοχίας των φορέων και τα αίτια που την προκαλούν	5
1.1 Ο ορισμός της αστοχίας	5
1.2 Ρηγματώσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών	6
1.3 Ρηγματώσεις λόγω έκθεσης σε παγετό	6
1.4 Ρηγματώση λόγω συστολοδιαστολών και διογκώσεων.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βλάβες τοιχοποιίας	11
2.1 Αίτια βλαβών	11
2.2 Ενδογενή αίτια.....	11
2.3 Εξωγενή αίτια	13
2.4 Βλάβες από το έδαφος	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Διάβρωση οπλισμού	24
3.1 Διαπιστώσεις	24
3.2 Μηχανισμοί διάβρωσης σιδηρού οπλισμένου σκυροδέματος.....	25
3.3 Εντοπισμός της διάβρωσης	27
3.4 Συνέπειες της διάβρωσης	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επιφανειακές κρούστες	31
4.1 Όξινη ανθρακική κρούστα	31
4.2 Γυψοποίηση μαρμάρου	33
4.3 Κρυστάλλωση αλάτων	34
4.4 Αποσάθρωση κονιαμάτων.....	36
4.5 Διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Υγρασία	46
5.1 Αίτια υγρασίας.....	46
5.2 Βλάβες σε περιβάλλον υγρασίας	48
5.3 Βλάβες στην υγεία των ανθρώπων	53
5.3 Βλάβες στην υγεία των ανθρώπων	54
5.4 Συμπεράσματα για την υγρασία	55
5.5 Μέτρα αντιμετώπισης	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Όξινη βροχή	60
6.1 Ορισμός όξινης βροχής.....	60
6.2 Αίτια της όξινης βροχής.....	61
6.3 Επιπτώσεις όξινης βροχής.....	62
6.4 Τρόποι αντιμετώπισης.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Παγετός	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : Μέτρα αντιμετώπισης	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Παρθενώνας	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται το ζήτημα των αστοχιών που συμβαίνουν στις κατασκευές λόγω των εκάστοτε περιβαλλοντικών συνθηκών. Η ανάγκη για την ενασχόληση με το θέμα αυτό προέκυψε λόγω της μεγάλης συχνότητας εμφάνισης των αστοχιών στο δομημένο περιβάλλον στο οποίο ζούμε και της επιθυμίας για κατανόηση των αιτιών που τις προκαλούν και την εξεύρεση λύσεων και μεθόδων αποφυγής τους.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής έγινε προσπάθεια να καλυφθούν οι χαρακτηριστικοί και συχνότερα εμφανιζόμενοι τύποι αστοχιών λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών, καθώς και τα αίτια που τις προκαλούν.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι εκτός από το να προσφέρει στον αναγνώστη μία περιγραφή ορισμένων φαινομένων και μηχανισμών, να παρουσιάσει και μια αρχική προσέγγιση για τα μέτρα αντιμετώπισης και επισκευής όλων των κατηγοριών των βλαβών.

Το ακόλουθο κείμενο υποδιαιρείται σε 8 κεφάλαια, τα οποία περιλαμβάνουν τις κυριότερες κατηγορίες αστοχιών λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών και τους τρόπους αντιμετώπισης τους. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 1 δίνεται ο ορισμός της αστοχίας και γίνεται μια πρώτη επαφή με τα αίτια που την προκαλούν, στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται αναλυτικά οι βλάβες που προκαλούνται στην τοιχοποιία, στα κεφάλαια 3 και 4 γίνονται αναφορές στη διάβρωση των οπλισμών και στις επιφανειακές κρούστες αντίστοιχα, στα κεφάλαια 5, 6 και 7 καταγράφονται οι δυσμενείς επιπτώσεις της υγρασίας, της όξινης βροχής και του παγετού και τέλος στο κεφάλαιο 8 αναλύονται τα μέτρα αντιμετώπισης που πρέπει να λαμβάνουμε.

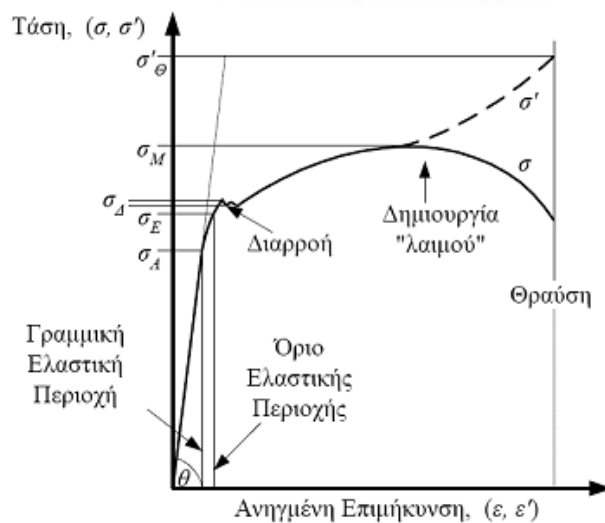
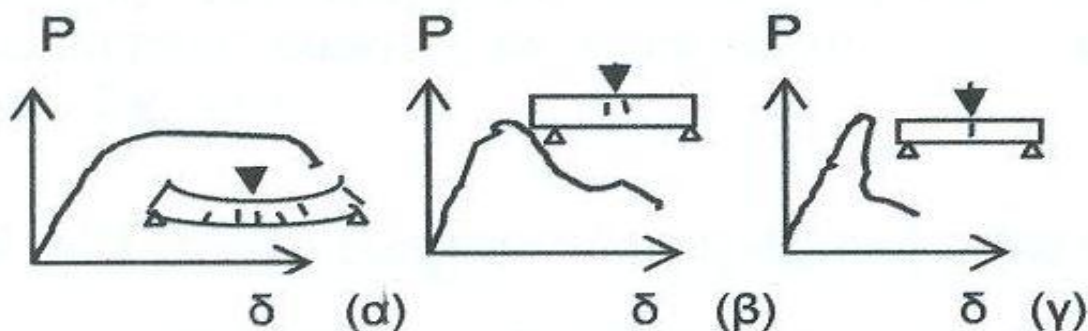
Ακολουθούν η βιβλιογραφία και οι πηγές, που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας, καθώς επίσης και το παράρτημα με το χαρακτηριστικό παράδειγμα της διάβρωσης του Παρθενώνα με την πάροδο των χρόνων και τις προσπάθειες που γίνονται σήμερα για τη συντήρησή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η έννοια της αστοχίας των φορέων και τα αίτια που την προκαλούν

1.1 Ο ορισμός της αστοχίας

Με τον όρο αστοχία δε νοείται η κατάρρευση του φορέα αλλά η αχρήστευσή του. Ο φορέας που αστοχεί εμφανίζει είτε εκτεταμένη και έντονη ρηγμάτωση, είτε σημαντικό βέλος κάμψης και απαιτείται σημαντική αποφόρτιση και επισκευή του ώστε να αποκατασταθεί η φέρουσα ικανότητά του.

Αν δεν αποφορτιστεί, ο φορέας οδηγείται σε κατάρρευση. Αυτό συμβαίνει άμεσα αν η συμπεριφορά του αντιστοιχεί σε αυτήν που φαίνεται στο σχήμα 1β και 1γ, είτε μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αν η συμπεριφορά του αντιστοιχεί σε αυτήν στο σχήμα 1α. Στα σχήματα 1β και 1γ η συμπεριφορά του φορέα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ψαθυρή, γιατί οδηγούμαστε σε κατάρρευση χωρίς προειδοποίηση. Σε αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως πλαστική.



1.1.1 Διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων

<http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/105Kataponisi.html>

Τα αίτια που προκαλούν δομικές αστοχίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

1.2 Ρηγματώσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται λόγω της δημιουργίας θερμοκρασιακής βαθμίδας μέσα στη μάζα του σκυροδέματος (η οποία οφείλεται στη θερμότητα ενυδατώσεως), με αποτέλεσμα την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων που οδηγούν στη ρηγμάτωση. Παρατηρείται πολύ συχνά σε μαζικές κατασκευές όπως τα φράγματα, στο εσωτερικό των οποίων μπορεί να αναπτυχθεί θερμοκρασία μέχρι 180°C. Το φαινόμενο εμφανίζεται εξίσου συχνά σε πλάκες και τοιχεία με χαρακτηριστικά παραδείγματα τις καμινάδες (κάθετες εξωτερικές), τα υψηλά κτίρια (βραχύνσεις περιφερειακών υποστλωμάτων υψηλών ορόφων) και τις περιοχές τοπικής θέρμανσης από διέλευση σωληνώσεων θερμού φορτίου. Το μέγεθος των εφελκυστικών παραμορφώσεων και τάσεων που πιθανόν να οδηγούν σε ρηγμάτωση, εξαρτάται από το βαθμό περιορισμού των παραμορφώσεων της κατασκευής, το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος, το συντελεστή θερμικής διαστολής, την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω ενυδάτωσης και τη χαλάρωση των τάσεων λόγω ερπυσμού. Συνηθισμένη μέθοδος περιορισμού των τάσεων είναι ο περιορισμός της θερμοκρασιακής μεταβολής που επιτυγχάνεται με την πρόψυξη του σκυροδέματος με κρύα αδρανή κατά τη σκυροδέτηση, καθώς επίσης και με μερική αποκατάσταση του τσιμέντου με ποζολάνες.

1.3 Ρηγματώσεις λόγω έκθεσης σε παγετό

Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην αποδιοργάνωση του ιστού του σκυροδέματος λόγω της κρυστάλλωσης νερού μέσα στο μικροπορώδες σύστημά του. Κατά την κρυστάλλωση ο όγκος του νερού αυξάνεται οδηγώντας στη δημιουργία εσωτερικής εντάσεως. Η επίδραση του φαινομένου σταδιακά αυξάνεται με την αποδιοργάνωση του ιστού, διότι δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό περισσότερες περιοχές, όπου μπορεί να συντελεστεί. Το νερό μετακινείται συνεχώς σε μη κορεσμένους πόρους προς δημιουργία νέων κρυστάλλων υπό την επίδραση οσμωτικών πιέσεων. Οι ρηγματώσεις συχνά συνοδεύονται από ξεφλούδισμα της επιφάνειας. Αυτός ο τύπος προσβολής του σκυροδέματος συχνά εμφανίζεται σε συνδυασμό με άλλους μηχανισμούς.

1.4 Ρηγμάτωση λόγω συστολοδιαστολών και διογκώσεων

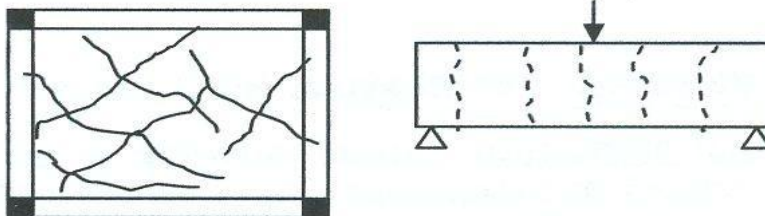
Εκτός από τις ρωγμές που είναι συνέπεια της έντασης του φορέα από τα φορτία του, όπως είναι οι καμπτικές, διατμητικές και στρεπτικές, εμφανίζονται και ρωγμές οι οποίες οφείλονται σε ένταση του φορέα λόγω επιβαλλόμενων παραμορφώσεων (μετακινήσεων που παρεμποδίζονται από τις στηρίξεις των φορέων ή λόγω παρασιτικών τάσεων).

Οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις εμφανίζονται με τη μορφή συστολοδιαστολών είτε διογκώσεων, όπως:

- Συστολοδιαστολές λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών
- Συστολή κατά την πήξη του σκυροδέματος
- Συστολή με την πάροδο του χρόνου λόγω συστολής ξηράνσεως του σκυροδέματος
- Διογκώσεις λόγω διάβρωσης του οπλισμού
- Διογκώσεις λόγω βλαπτικών προσβολών από το περιβάλλον
- Διογκώσεις λόγω βλαπτικής αλληλεπίδρασης των συστατικών του σκυροδέματος

Ρωγμές λόγω συστολής πήξεως του σκυροδέματος

Οι ρωγμές λόγω συστολής κατά την πήξη του σκυροδέματος μπορεί να είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες με τη μορφολογία που φαίνεται στο σχήμα. Στις πλάκες που έχουν ακανόνιστες διευθύνσεις, στις δοκούς και τους στύλους εμφανίζονται συνήθως στις θέσεις των συνδετήρων (θέσεις εξασθενημένης διατομής του σκυροδέματος)



1.4.1 Ρωγμές λόγω εξασθένησης σκυροδέματος σε πλάκες και δοκούς

Το άνοιγμά τους μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο και σε περιπτώσεις έντονης συστολής μπορεί οι ρωγμές να είναι διαμπερείς.

Η συστολή κατά την πήξη είναι έντονη στην περίπτωση σκυροδεμάτων με πολύ λεπτό υλικό (πολλή παιπάλη στα αδρανή και πολύ τσιμέντο) και ανεπαρκή

συντήρηση ιδιαίτερα σε περιβάλλον με μεγάλη θερμοκρασία (σκυροδέτηση καλοκαίρι μεσημέρι).

Ιδιαίτερα εκτενείς είναι σε παλιές κατασκευές, ιδιαίτερα σε ταράτσες, γιατί τα παλιά έτοιμα σκυροδέματα είχαν πολύ λεπτό υλικό για να μπορεί να περνάει από αντλίες.

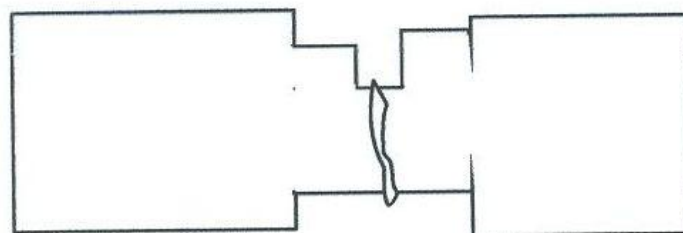
Οι ρωγμές αυτές μετά την πήξη του σκυροδέματος δεν εξελίσσονται και δεν επηρεάζουν άμεσα τη φέρουσα ικανότητα του φορέα παρά μόνο έμμεσα επιταχύνοντας τη διάβρωση του οπλισμού.

Για την προστασία του οπλισμού αρκεί η έγχυση ρευστής ασφάλτου στις ρωγμές.

- Το πρόβλημα μπορεί να προληφθεί αν οι ρωγμές κλείσουν τη στιγμή που εμφανιστούν (5 και 6 ώρες μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος) που το σκυρόδεμα μοιάζει με ζελέ.

Ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως και θερμοκρασιακών μεταβολών

Οι ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως εμφανίζεται σε εξασθενημένες θέσεις της διατομής ενός φορέα, όπως είναι οι θέσεις των συνδετήρων, είτε επιμήκους κτιρίου, όπως φαίνεται στο σχήμα, στο οποίο δεν έχουν προβλεφθεί αρμοί συστολοδιαστολής (λόγω συστολής ξηράνσεως και θερμοκρασιακών μεταβολών).

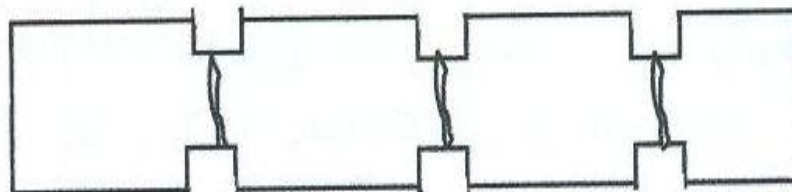


Κάτοψη κτιρίου

1.4.2 Ρωγμές σε κτίριο λόγω συστολής ξηράνσεως

Η ρωγμή αυτή, αν εστιάζεται σε μη κρίσιμες θέσεις πλακών και δοκών και πληρωθεί με ελαστική μαστίχη για προστασία του οπλισμού από διάβρωση, όχι μόνο δεν είναι επιβλαβής, αλλά λειτουργώντας ως θέση αποτόνωσης της έντασης προστατεύει από εκτεταμένη ρηγμάτωση.

Αρκετές φορές οι παραπάνω ρωγμές αν εμφανιστούν πριν τους σοβάδες, όπως για παράδειγμα οι ρωγμές λόγω συστολής πήξεως του σκυροδέματος, ή και οι ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως, αν καθυστερήσουν οι σοβάδες, καλύπτονται από σοβά και εμφανίζονται μετά από την αποκαλυπτική δράση του σεισμού.



1.4.3 Ρωγμές σε κτίριο λόγω συστολής ξηράνσεως και συστολής πήξεως του σκυροδέματος

Οι ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως εξελίσσονται με το χρόνο και σταθεροποιούνται μετά από δύο ως τρία χρόνια από τη σκυροδέτηση που σταματά η συστολή ξηράνσεως.

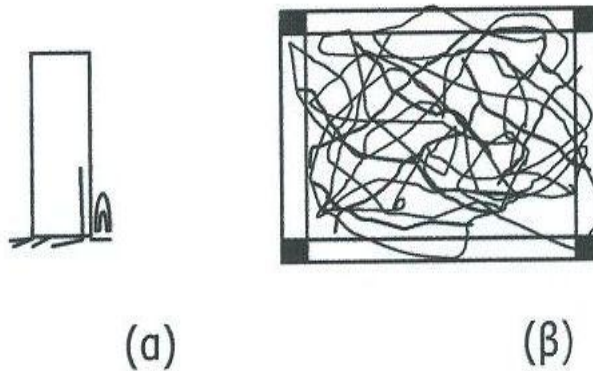
Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί καθορίζοντας εκ των προτέρων τις θέσεις εμφάνισης αυτών των ρωγμών εξασθενίζοντας κατά τόπους τη διατομή των στοιχείων, όπως φαίνεται στο σχήμα, ώστε μπορεί κανείς εύκολα να τις σφραγίζει (όχι να τις κλείνει γιατί θα εμφανιστούν ξανά).

Ρωγμές λόγω διογκωτικών δράσεων

Στο σχήμα φαίνονται ρωγμές κατά μήκος των ράβδων οπλισμού οφειλόμενες σε διογκωση του σκυροδέματος λόγω διάβρωσης οπλισμού.

Συνήθως οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται στα υποστυλώματα του ισογείου σε συνθήκες αυξημένης υγρασίας (κήπος).

Οι ρωγμές αυτές χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης, καθώς λόγω της ρωγμής επιταχύνεται η διάβρωση του οπλισμού, με συνέπεια διατάραξη της συνάφειας σκυροδέματος και χάλυβα.



1.4.4 Διάβρωση οπλισμού σε υποστυλώματα και πλάκες

Οι ράβδοι πρέπει κατά το δυνατόν να καθαριστούν από τη σκουριά (αλλά όχι με τη χρήση οξέων, τα οποία μειώνοντας το ΡΗ του γειτονικού σκυροδέματος επιταχύνουν τη διαδικασία διάβρωσης) και να κλείσει η ρωγμή (με ασυστολικό κονίαμα)

Στο σχήμα φαίνεται η εικόνα εκτεταμένης ρηγματώσης υπό μορφή αποσάθρωσης πλάκας κοιτόστρωσης σε έδαφος γύψου.

Την ίδια εικόνα εμφανίζουν και πλάκες με σκυρόδεμα του οποίου τα αδρανή περιέχουν πυρίτιο.

Και στις δύο περιπτώσεις η αιτία της εκτεταμένης ρηγματώσης είναι διογκωτικές διεργασίες, οι οποίες είναι αποτέλεσμα βλαπτικής αντίδρασης των θειικών του εδάφους στην πρώτη περίπτωση και του πυριτίου των αδρανών στη δεύτερη με συστατικά του τσιμέντου.

Στη δεύτερη περίπτωση το πρόβλημα μπορεί να αρθεί προσθέτοντας στο μίγμα του σκυροδέματος σκόνη πυριτίου, ούτως ώστε η τελική περιεκτικότητα σε πυρίτιο να είναι τέτοια που η ταχύτητα της βλαπτικής αντίδρασης να είναι πολύ μικρή.

Η ταχύτητα της χημικής αντίδρασης, όπως φαίνεται στο σχήμα, είναι πολύ μικρή για πολύ μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα σε βλαπτική ουσία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βλάβες τοιχοποιίας

2.1 Αίτια βλαβών

Τα αίτια που προκαλούν βλάβες στις δομικές κατασκευές ανήκουν στις εξής κατηγορίες:

- Ενδογενή : βλάβες που οφείλονται στα υλικά της τοιχοποιίας, σε λανθασμένη μελέτη ή κατασκευή.
- Εξωγενή : τυχηματικές δράσεις (σεισμός, φωτιά) που είναι σπάνιες αλλά έχουν έντονη εκδήλωση και περιβαλλοντικές δράσεις που έχουν αργή αλλά αυξανόμενη με το χρόνο εκδήλωση.
- Αίτια από το έδαφος: καθιζήσεις , κακή ποιότητα εδάφους θεμελίωσης.

2.2 Ενδογενή αίτια

Στα ενδογενή αίτια συγκαταλέγονται τα εξής:

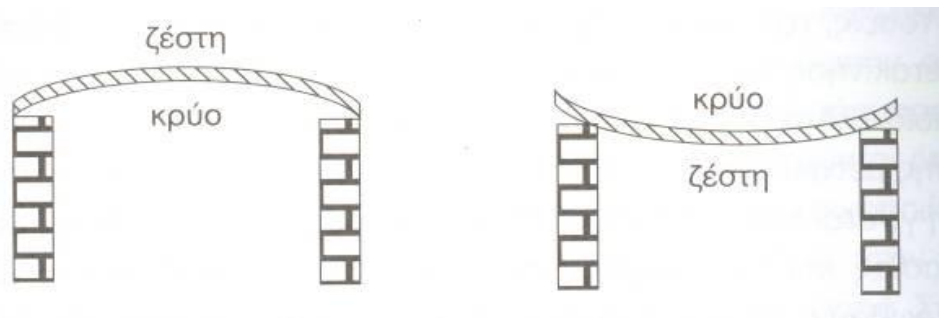
- Κακή μορφολογία κατασκευής
- Απουσία σχεδιασμού
- Κακή ποιότητα υλικών ή/και δόμησης
- Ασυμβατότητα υλικών
- Κακές ενισχυτικές παρεμβάσεις
- Μεταβολή όγκου λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών

Δύσκολη η αντιμετώπισή τους, ειδικά όταν οφείλεται σε σφάλμα κατασκευής. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης πτυχιακής θα ασχοληθούμε περισσότερο με τις αστοχίες που προκαλούν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες

Βλάβες λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών

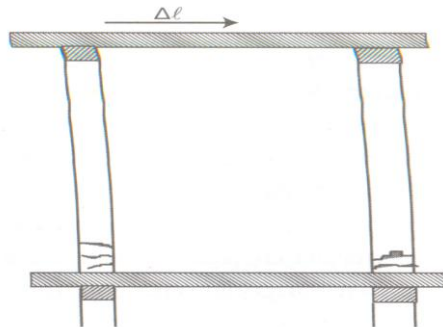
Συνήθως ερχόμαστε αντιμέτωποι με τέτοιου είδους βλάβες στην περίπτωση που υπάρχει πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος που διαστέλλεται σημαντικά με την αύξηση της θερμοκρασίας. Μπορούμε να διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό και

εξωτερικό, η πλάκα παραμορφώνεται και τελικά χάνει την επαφή της με τον τοίχο.



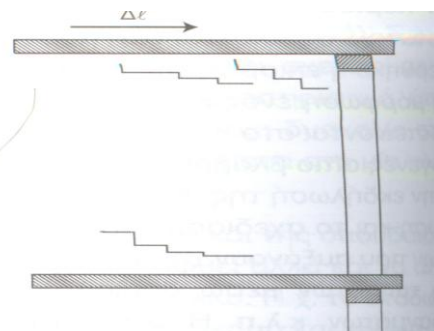
2.2.1 Βλάβες στην πλάκα λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών

Μια δεύτερη περίπτωση είναι οι τοίχοι που βρίσκονται κάθετοι στη διεύθυνση της μετακίνησης της πλάκας με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μικρές ολισθήσεις στους αρμούς.



2.2.2 Ολισθήσεις σε αρμούς λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών σε τοίχους κάθετους στη διεύθυνση μετακίνησης της πλάκας

Τέλος υπάρχει και η περίπτωση οι τοίχοι να είναι παράλληλοι στη διεύθυνση της μετακίνησης της πλάκας με αποτέλεσμα το ανώτερο τμήμα του τοίχου ακολουθεί την κίνηση της πλάκας. Η αστοχία μοιάζει με αυτή της τριβής ολίσθησης αρμού (λόγω διάτμησης).



2.2.3 Ολισθήσεις σε αρμούς λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών σε τοίχους παράλληλους στη διεύθυνση μετακίνησης της πλάκας

2.3 Εξωγενή αίτια

Συχνές μορφές αστοχίας:

- Κύρτωση τοίχου
- Διατμητική ρηγμάτωση
- Αποκόλληση τοίχων με διαμπερείς ρωγμές
- Τοπική προσβολή & αποδιοργάνωση – κατάρρευση τοίχου

Εικόνες αστοχίας τοιχοποιιών





2.3.1 Αστοχίες σε τοίχους από εξωγενή αίτια



2.3.2 Κατακόρυφες διαχωριστικές ρωγμές σε εξωτερικό τείχος



2.3.3 Οριζόντια διαχωριστική ρωγή σε εξωτερικό τείχος

Οι αστοχίες που προκαλούνται από περιβαλλοντικές δράσεις σχετίζονται σχεδόν πάντα με την παρουσία νερού ή υγρασίας και οδηγούν σε αποδιοργάνωση και γήρανση της τοιχοποιίας.

Ως αποτέλεσμα οδηγούμαστε στην κρυστάλλωση των αλάτων που με τη σειρά της στην επιφάνεια των υλικών προκαλεί εξανθήματα κυρίως στο κονίαμα, ενώ στη μάζα οδηγεί σε επικίνδυνες διαρρήξεις.



2.3.4 Εξανθήματα στο κονίαμα από την κρυστάλλωση αλάτων

Η δράση του νερού μπορεί να είναι :

φυσική : η πήξη του νερού και η αύξηση του όγκου του προκαλεί μικρορηγματώσεις και αποδιοργάνωση του κονιάματος

μηχανική : διάβρωση των λίθων ή του επιχρίσματος από το νερό της βροχής

χημική : παρουσία οξέων στο νερό της βροχής



2.3.5 Διάβρωση λίθων από τη δράση του νερού

Άλλες επιδράσεις της παρουσίας νερού στην τοιχοποιία είναι:

- Υγροποίηση υδρατμών
- Συγκράτηση υγρασίας : κυρίως σε σημεία έδρασης στεγών, υδρορροών προκαλώντας διάβρωση του κονιάματος, με αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής και την απώλεια σύνδεσης με τα λιθοσώματα.
- Ρίζες φυτών : δημιουργία τάσεων και αποσάθρωση κονιάματος.



2.3.6 Βλάβες σε τοιχοποιία από την υγρασία και τις ρίζες των φυτών

2.4 Βλάβες από το έδαφος

Πρόκειται για λοξές ρηγματώσεις που συγχέονται με εκείνες λόγω του σεισμού, με τη διαφορά ότι οι πρώτες συγκλίνουν στο κέντρο της καθίζησης, ενώ οι δεύτερες είναι χιαστί λόγω της ανακυκλιζόμενης σεισμικής φόρτισης.

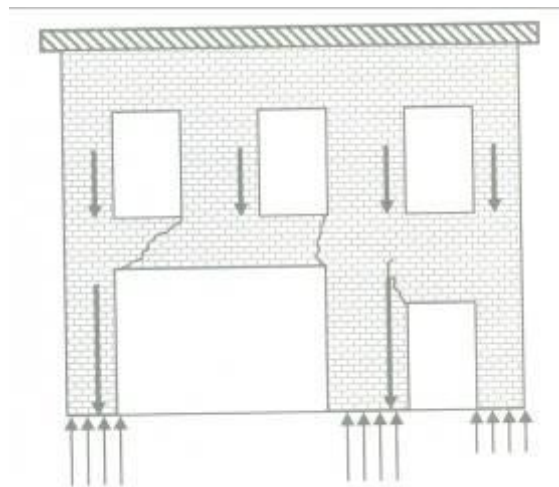
Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Αστοχία θεμελίωσης λόγω υπερφόρτισης
- Διαφορικές καθιζήσεις
- Υποσκαφή θεμελίων
- Συμπύκνωση του εδάφους θεμελίωσης
- Κίνηση του εδάφους θεμελίωσης

Στη συνέχεια θα κάνουμε αναφορά σε καθεμία από αυτές ξεχωριστά.

Αστοχία θεμελίωσης λόγω υπερφόρτισης

Υπερφόρτιση λόγω αρχικού κακού σχεδιασμού ή νεώτερων επεμβάσεων που οδηγεί στη δημιουργία μεγάλων ανοιγμάτων στο ισόγειο μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Μεγάλες δυνάμεις μεταφέρονται σε μικρή επιφάνεια εδάφους με αποτέλεσμα να έχουμε μεγάλες τάσεις, άρα μεγάλες καθιζήσεις και ρηγματώσεις πάνω από τους πεσσούς.



2.4.1 Καθιζήσεις σε κτίρια λόγω μεγάλων ανοιγμάτων

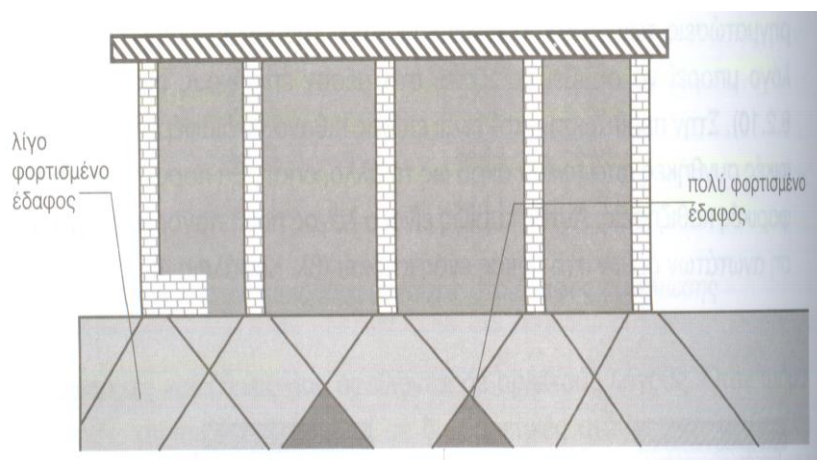
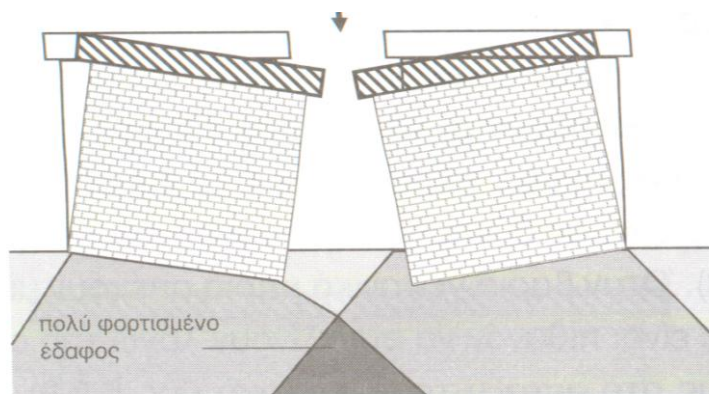
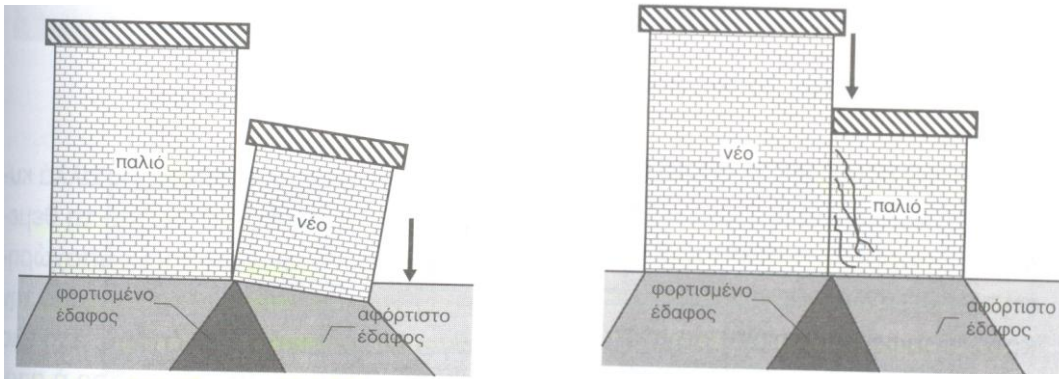
Διαφορικές καθιζήσεις

Πιθανή αστοχία όταν τμήματα ενός κτιρίου θεμελιώνονται σε διαφορετική στάθμη και με θεμέλια από διαφορετικά υλικά ή διατομή.

Οι ρηγματώσεις λόγω διαφορικής καθίζησης δεν είναι πάντα ορατές. Συνηθισμένη μορφή αστοχίας στην προσθήκη επέκτασης κτιρίων :

- οι τοίχοι των 2 τμημάτων δε συνδέονται με κοινά λιθοσώματα → κατακόρυφη ρωγή στην ένωση τοίχων
- οι τοίχοι συνδέονται → ρωγμές στα περισσότερο τρωτά σημεία (ανώφλια, κατώφλια) κοντά στην ένωση
- μικρή προσθήκη σε μεγάλο υπάρχον κτίριο → η απομακρυσμένη πλευρά της προσθήκης αποκολλάται

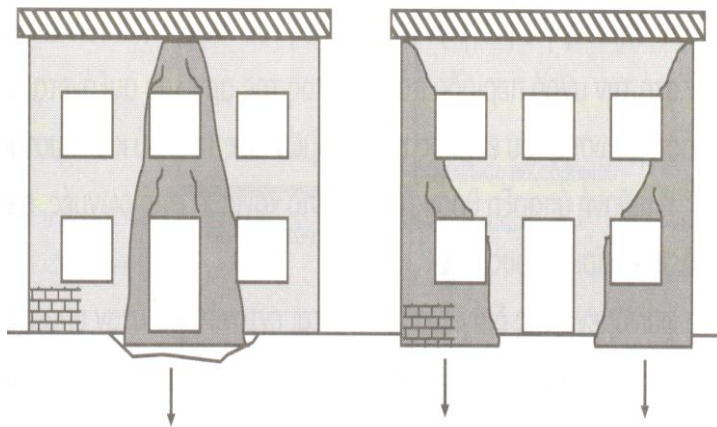
- μεγάλη προσθήκη σε μικρό υπάρχον κτίριο → το υπάρχον κτίριο γέρνει προς το νέο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών.
- βαριά γειτονικά κτίρια σε μικρή απόσταση → σύγκλιση προς τη μεταξύ τους περιοχή.
- διαφορετική καθίζηση στο μέσο επιμήκων κατόψεων, λόγω αυξημένης φόρτισης εδάφους στο μέσο.



2.4.2 Όψεις κτιρίων με διαφορετική καθίζηση

Υποσκαφή θεμελίων

Οφείλεται σε ανθρώπινους παράγοντες (εκσκαφή) αλλά και σε φυσικούς (υπόγεια ρέοντα νερά, διαρροή υδάτων). Αποτέλεσμα η απομάκρυνση εδάφους, η υποχώρηση θεμελίων, απόκλιση των τοίχων από την κατακόρυφο και έντονη ρηγματώση.

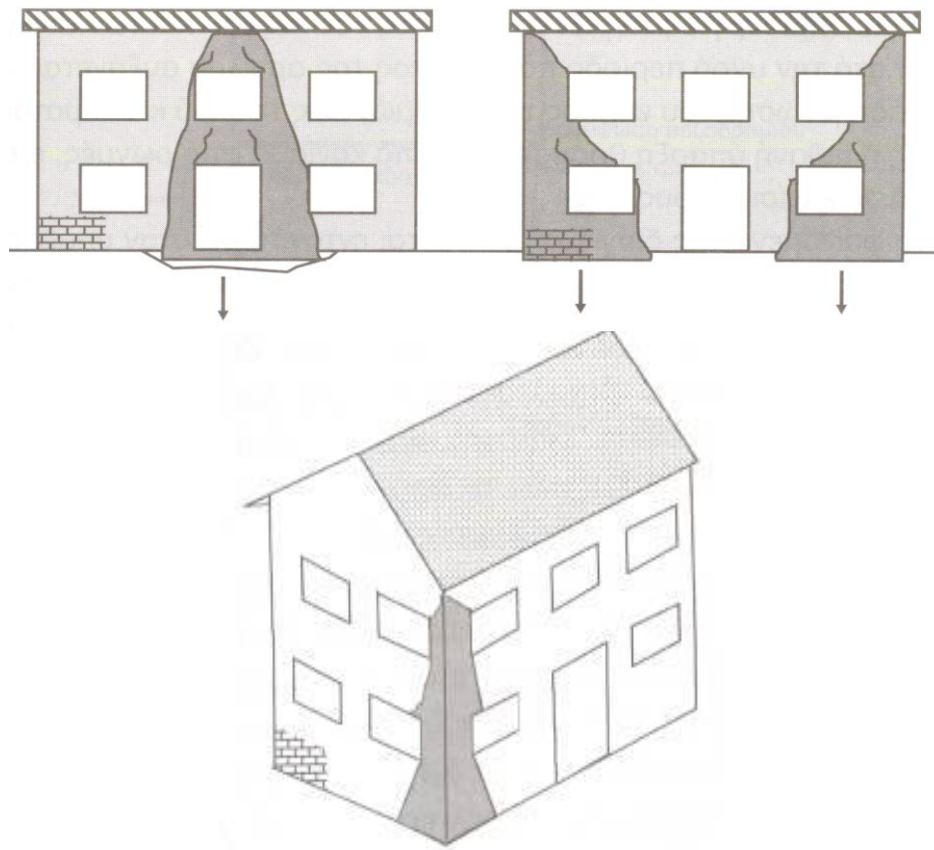


2.4.3 Υποχώρηση θεμελίων σε κτίρια

Εκσκαφή σε όμορα οικόπεδα οδηγεί σε εκτόνωση του εδάφους κάτω από τα θεμέλια που μπορεί να προκαλέσει ακόμα και κατάρρευση του υπάρχοντος κτιρίου.

Συμπύκνωση του εδάφους θεμελίωσης

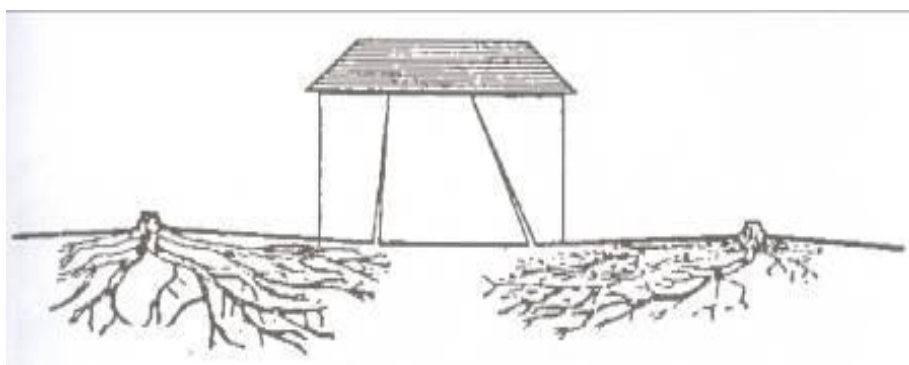
Όταν ένα κτίριο κατασκευάζεται σε πρόσφατες γαιώδεις αποθέσεις, που δεν έχουν συμπυκνωθεί πριν, η συμπύκνωση συντελείται από τα φορτία της κατασκευής. Ο βαθμός συμπύκνωσης είναι διαφορετικός στα διάφορα σημεία, με αποτέλεσμα διαφορικές καθιζήσεις και ρηγματώσεις του κτιρίου.



2.4.4 Καθιζήσεις και ρηγματώσεις σε κτίρια λόγω συμπύκνωσης του εδάφους

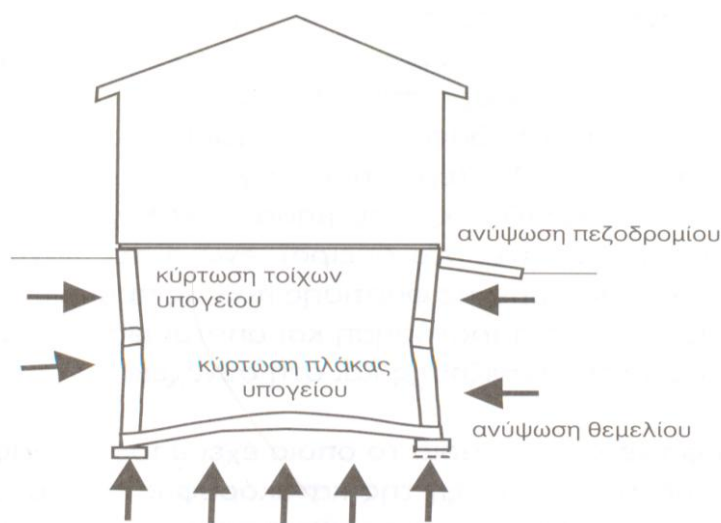
Κίνηση του εδάφους θεμελίωσης

Παρατηρείται συνήθως σε αργιλικά εδάφη, λόγω της μεταβολής όγκου (συρρίκνωση - διόγκωση). Κατά την ξηρή περίοδο η άργιλος συρρικνώνεται, το έδαφος καθιζάνει, δημιουργούνται ρωγμές στις γωνίες και τα ανοίγματα κτιρίου. Κατά την υγρή περίοδο η άργιλος διογκώνεται και οι ρωγμές τείνουν να κλείσουν. Η ύπαρξη θραυσμάτων από κονίαμα ίσως εμποδίσει το τέλειο κλείσιμο των ρωγμών. Επίσης παρατηρείται ανύψωση του εδάφους λόγω της βλάστησης.



2.4.5 Ρωγμές σε κτίρια λόγω κίνησης του εδάφους θεμελίωσης

Ένας άλλος λόγος πρόκλησης της κίνησης του εδάφους θεμελίωσης είναι ο παγετός. Λόγω της διόγκωσης νερού που παγώνει το έδαφος ανυψώνεται με σοβαρές συνέπειες στην κατασκευή.



2.4.6 Αστοχία κτιρίου λόγω παγετού

Τέλος μπορεί να οφείλεται και στην ύπαρξη πρανούς. Αργιλικά εδάφη με κλίση τείνουν να ολισθαίνουν προκαλώντας ρηγμάτωση στην κατασκευή. Σαν λύση προτείνεται η κατασκευή τοίχου αντιστήριξης που συγκρατεί το έδαφος.



2.4.7 Κίνηση εδάφους λόγω ύπαρξης πρανούς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Διάβρωση οπλισμού

Σε αρκετές περιπτώσεις αναδεικνύονται βλάβες στο κτίριο, που οφείλονται σε προγενέστερες αιτίες (π.χ. χρόνια διάβρωση οπλισμού του σκυροδέματος, παθολογία της κατασκευής). Σκοπός είναι να παρουσιαστούν οι συνήθεις βλάβες - διαβρώσεις στο σιδηρό οπλισμό κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, οι αιτίες και οι μηχανισμοί που τις προκαλούν, οι επιπτώσεις ορισμένων περιβαλλοντικών δράσεων σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και οι φυσικές και μηχανικές συνέπειές τους.

Τέλος γίνονται προτάσεις - συστάσεις προκειμένου :

- Κατά την ανάληψη του κινδύνου να εντοπίζονται έγκαιρα οι βλάβες αυτές, ώστε να αξιολογείται ανάλογα ο κίνδυνος και να ενημερώνεται ο ιδιοκτήτης του ακινήτου.
- Μετά από ένα ζημιογόνο γεγονός όταν πλέον γίνεται η εκτίμηση αποκατάστασης των ζημιών, εφόσον κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης του κόστους αποκατάστασης των ζημιών που προκλήθηκαν από ένα καλυπτόμενο ζημιογόνο γεγονός και όχι εν γένει των ζημιών - βλαβών που το κτίριο παρουσιάζει μετά το ζημιογόνο γεγονός.

3.1 Διαπιστώσεις

Η έντονη οικοδομική δραστηριότητα που αναπτύχθηκε στη δεκαετία 1950-1960 πραγματοποιήθηκε με σχετικά χαμηλές προδιαγραφές. Η δόμηση τότε γινόταν με την προοπτική ότι τα κτίρια θα 'ζούσαν' για 4-5 δεκαετίες και θα αντικαθιστούσαμε αργότερα με άλλα σύγχρονα. Σήμερα όμως, λόγω της γενικότερης οικονομικής συγκυρίας και του μεγάλου κόστους, οι κατασκευές δεν συμφέρει να αντικαθιστούνται γρήγορα, ενώ η φθορά των κατασκευών κάνει τη χρήση τους προβληματική.

Ο σχεδιασμός των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος στον Ελληνικό χώρο αντιμετωπίζονταν μέχρι πρόσφατα σαν πρόβλημα αντοχής, ευστάθειας και λειτουργικότητας σε δεδομένες φορτίσεις ή επιβαλλόμενες παραμορφώσεις (μόνιμα φορτία, κινητά, άνεμος, καθιζήσεις, ερπυσμός, συστολή ξήρανσης, θερμοκρασιακά κτλ) χωρίς να δίνεται η πρέπουσα σημασία στην ανθεκτικότητα των κατασκευών σε διάρκεια χρόνου.

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας και η εξέλιξη της τεχνολογίας είχαν ως αποτέλεσμα την ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και την εκτεταμένη χρήση χημικών ουσιών

που προκάλεσε χημικές επιδράσεις στο σκυρόδεμα και το χάλυβα.

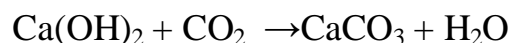
Πρόβλεψη της διάρκειας ζωής ενός κτιρίου μπορεί να γίνει μόνο όταν ο μηχανισμός φθοράς και η εξέλιξή της μέσα στον χρόνο είναι γνωστά με κάθε λεπτομέρεια. Είναι όμως δυνατόν ο μηχανισμός φθοράς να αλλάξει με το χρόνο. Τα υλικά και η κατασκευή έχουν διαφορετική διάρκεια ζωής. Ένα υλικό δεν κατασκευάζεται για ένα μόνο συγκεκριμένο περιβάλλον και είναι δυνατόν σε διαφορετικά περιβάλλοντα εκθέσεως το ίδιο υλικό να έχει διαφορετική διάρκεια ζωής.

3.2 Μηχανισμοί διάβρωσης σιδηρού οπλισμένου σκυροδέματος

Στη χώρα μας είναι σπάνιο το ενδεχόμενο σταδιακής αποσύνθεσης του σκυροδέματος λόγω εναλλαγών πήξης -τήξης του νερού των πόρων, ή λόγω προσβολής αδρανών από την αλκαλικότητα του σκληρυμένου τσιμεντοπολτού. Το κύριο πρόβλημα από άποψη ανθεκτικότητας του οπλισμένου σκυροδέματος είναι η διάβρωση των οπλισμών. Οι ράβδοι οπλισμού που βρίσκονται στο σκυρόδεμα προστατεύονται από τη διάβρωση μέσω ενός λεπτού στρώματος ένυδρου οξειδίου, που δημιουργείται χάρη στην υψηλή αλκαλικότητα του σκυροδέματος που τις περιβάλλει. Η αλκαλικότητα του σκυροδέματος χαρακτηρίζεται από μια τιμή pH περίπου 12,5. Σε αυτές τις συνθήκες ο χάλυβας βρίσκεται σε μια παθητική κατάσταση και για να διαβρωθεί θα πρέπει το παθητικό στρώμα που τον περιβάλλει να διασπαστεί ή να διαλυθεί.

Ενανθράκωση σκυροδέματος

Διάλυση της παθητικής προστασίας του οπλισμού, μπορεί να συμβεί με τη μείωση του pH. Η μείωση του pH είναι αποτέλεσμα της ενανθράκωσης του σκυροδέματος. Η ενανθράκωση προκαλείται από τη χημική αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) το οποίο υπάρχει στην ατμόσφαιρα με το υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)₂ του σκυροδέματος. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) μέσω των τριχοειδών ρηγματώσεων, διαπερνά την επιφάνεια του μπετόν, διαλυμένο στο νερό βροχής, συχνά μαζί και με SO₂ (σε βιομηχανικές και μολυσμένες περιοχές), με αποτέλεσμα την βαθμιαία εξουδετέρωση της αλκαλικότητας :



Η ενανθράκωση είναι μια διαδικασία η οποία συμβαίνει σε όλες τις κατασκευές. Παράγοντες που αυξάνουν την ταχύτητα εξέλιξής της είναι :

- Η μειωμένη περιεκτικότητα του μπετόν σε τσιμέντο.
- Η αυξημένη αναλογία νερού / τσιμέντου. Το πλεονάζον και μη δυνάμενο να δεσμευτεί νερό, εξατμίζεται αφήνοντας τον όγκο του σαν τριχοειδή και πόρους που αργότερα θα είναι η αφετηρία της ενανθράκωσης.
- Η σχετική υγρασία του αέρα καθώς και η ποιότητα και το πάχος της επικάλυψης

Είσοδος χλωριόντων στο σκυρόδεμα.

Τα χλωριόντα μπορούν να διατηρήσουν το προστατευτικό στρώμα οξειδίου όταν φτάσουν μέσω του νερού των πόρων μέχρι τον οπλισμό. Μπορεί να προέρχεται είτε από το εσωτερικό του σκυροδέματος ,αν έχουν χρησιμοποιήσει συλλεκτά αδρανή από παραλίες ή θαλασσινό νερό μείξης (νησιωτική Ελλάδα), ή πρόσμικτα βελτιωτικά του σκυροδέματος που περιέχουν χλωριούχα άλατα, είτε από το φυσικό περιβάλλον. Τα χλωριόντα μπορούν να διαπεράσουν το προστατευτικό στρώμα οξειδίων μέσα από τους πόρους του στρώματος με μεγαλύτερη ευκολία από άλλα ιόντα, με αποτέλεσμα την τοπική η γενική καταστροφή του επιφανειακού προστατευτικού οξειδίου και την έναρξη της οξειδωσης.

Ρηγματώσεις

Η ύπαρξη ρωγμών στο σκυρόδεμα αποτελούν μέσο για να περάσουν, τόσο το CO₂ όσο και τα χλωριόντα στον οπλισμό και να επιταχύνουν τη διαδικασία της διάβρωσης. Οι ρωγμές αυτές μπορεί να προέρχονται από συστολή ξήρανσης, από υψηλές εντάσεις ή από διάφορες συγκρούσεις.

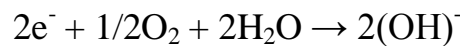
Ηλεκτροχημική διάβρωση

Η διάβρωση είναι ένα σύνθετο χημικό και ηλεκτροχημικό φαινόμενο και για να πραγματοποιηθεί απαιτείται ένας ηλεκτρολύτης και μια ηλεκτρική σύνδεση. Το ρόλο του ηλεκτρολύτη παίζει το σκυρόδεμα το οποίο είναι γεμάτο μικρούς

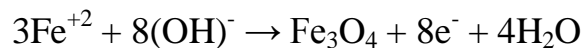
πόρους που περιέχουν υγρασία ενώ η ράβδος του χάλυβα παρέχει την ηλεκτρική σύνδεση. Η άνοδος δημιουργείται στην περιοχή του χάλυβα όπου έχει καταστραφεί το προστατευτικό στρώμα οξειδίων έτσι ώστε τα άτομα του σιδήρου να μετατρέπονται σε ιόντα, ελευθερώνοντας ηλεκτρόνια.



Τα ηλεκτρόνια λόγω διαφοράς δυναμικού που δημιουργείται κατευθύνονται προς την κάθοδο. Ως κάθοδος μπορεί να λειτουργήσει η περιοχή του χάλυβα που έχει νερό και οξυγόνο ανεξάρτητα αν έχει καταστραφεί το στρώμα οξειδίου, συνεπώς ολόκληρη η ράβδος. Εκεί αντιδρούν τα ηλεκτρόνια με το νερό και το οξυγόνο δίνοντας ιόντα υδροξυλίου.



Τα ιόντα υδροξυλίου κινούνται μέσα στο νερό των πόρων, από την περιοχή της καθόδου προς την άνοδο, όπου ενώνονται με τα ιόντα του σιδήρου και σχηματίζουν σκουριά.



Μετά την παραπάνω αντίδραση είναι δυνατόν να σχηματιστούν διάφορα οξείδια του σιδήρου (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4).

3.3 Εντοπισμός της διάβρωσης

Ο εντοπισμός του διαβρωμένου οπλισμού σε στοιχεία οπλισμού σκυροδέματος μπορεί να γίνει είτε οπτικά (με απλή παρατήρηση), είτε ενόργανα (όταν ενδιαφέρει να γίνουν ακριβείς μετρήσεις).

Οπτικός εντοπισμός

Η διάβρωση των οπλισμών του σκυροδέματος εντοπίζεται από τις συνέπειες της πάνω στο σκυρόδεμα. Τα σημάδια που μαρτυρούν ύπαρξη διαβρωμένου οπλισμού, εύκολα μπορούν να εντοπιστούν μετά από παρατήρηση του κτιρίου από τον πραγματογνώμονα - μηχανικό.

Ρηγμάτωση παράλληλα στους οπλισμούς

Τα προϊόντα της αντίδρασης που συμβαίνει κατά τη διάβρωση του χάλυβα έχουν όγκο μεγαλύτερο κατά 40% περίπου από τον αρχικό χάλυβα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηγματώσεων παράλληλα με τον οπλισμό.



3.3.1 Ρηγμάτωση σε τοιχοποιία παράλληλα στον οπλισμό

Αποφλοίωση σκυροδέματος

Συμβαίνει απόσπαση μεγάλου κομματιού επιφανειακού σκυροδέματος σε βάθος ίσο περίπου με την επικάλυψη του οπλισμού.



3.3.2 Αποφλοίωση σκυροδέματος σε τοιχοποιία

Κηλίδες σκουριάς στην επιφάνεια του σκυροδέματος

Εμφανίζονται στις παρειές ή στον πυθμένα στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα.



3.3.3 Σκουριά σε οπλισμό

Εκτίναξη επικάλυψης

Λόγω της μεγάλης τάσης εφελκυσμού που ασκείται από το χάλυβα στο σκυρόδεμα συμβαίνει εκτίναξη της επικάλυψης. Παρατηρείται συνήθως σε περιπτώσεις χαμηλής ποιότητας σκυροδέματος και μεγάλης πυκνότητας οπλισμών.



3.3.4 Εκτίναξη επικάλυψης οπλισμού σε τοιχοποιία

Ενόργανος εντοπισμός

Με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού μπορούν να γίνουν συγκεκριμένες μετρήσεις είτε στον χάλυβα, είτε στο σκυρόδεμα, είτε σε ολόκληρη την κατασκευή με σκοπό την διαπίστωση του μεγέθους της διάβρωσης του οπλισμού. Οι μετρήσεις αυτές ελέγχουν το βάθος της ενανθράκωσης, το πορώδες, το βάθος και το εύρος των ρωγμών, την εμπεριεχόμενη υγρασία, το πάχος της επικάλυψης, την ενεργό διάμετρο των ράβδων και τον βαθμό διάβρωσης.

3.4 Συνέπειες της διάβρωσης

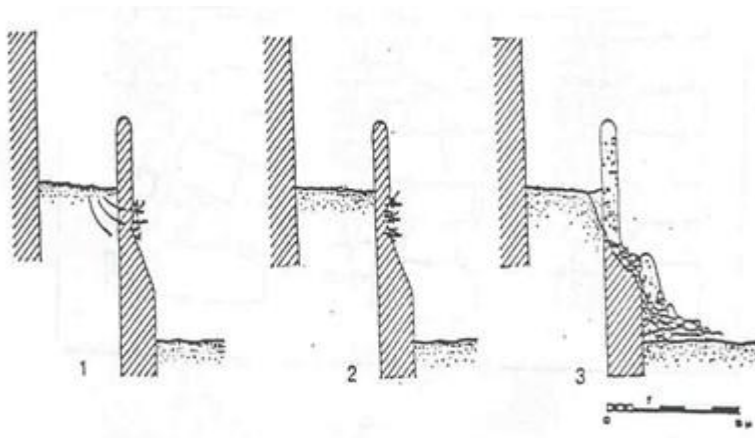
Η διάβρωση του σιδηρού οπλισμού προκαλεί αύξηση του όγκου του, με αποτέλεσμα τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων και ρηγματώσεων. Η ζημιά που προκαλείται είναι διπλή καθώς μετά την οξείδωση του χάλυβα μειώνεται η ενεργός διατομή του, άρα μειώνεται η στατική επάρκεια της κατασκευής και επίσης οι νεοσχηματισθείσες ρηγματώσεις αυξάνουν την διαπερατότητα του σκυροδέματος σε CO₂ δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για νέες ρηγματώσεις και την επιτάχυνση της διάβρωσης του οπλισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επιφανειακές κρούστες

4.1 Όξινη ανθρακική κρούστα

Πρόκειται για τη μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου, CaCO_3 , σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, το οποίο στην συνέχεια με την εξάτμιση του νερού μετατρέπεται σε ανακρυσταλλωμένο ανθρακικό ασβέστιο.

Το στρώμα αυτό, θεωρείται ότι δεν έχει καλή συνοχή με το υποκείμενο ανθρακικό ασβέστιο (της κύριας μάζας της πέτρας) και οδηγεί σε χαλάρωση της κρούστας, που σε συνεργασία με τη βιολογική δραστηριότητα και την χαλάρωση των αρμών μπορεί να προκαλέσει τοπικές καταρρεύσεις σε τοιχοποιίες



4.1.1 Μεσαιωνική πόλη της Ρόδου-όξινη ανθρακική κρούστα

Αρχαιολογικός χώρος Ελευσίνας

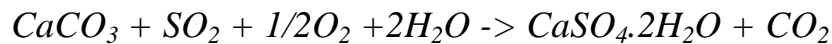


Κοιλότητα της μαρμάρινης επιφάνειας η οποία έχει καλυφθεί από τσιμεντιτική κρούστα, ενώ στην άλλη άκρη σχηματίζεται γκρι-κίτρινη κρούστα η οποία συνεχίζει στην αποπλυμένη επιφάνεια.



4.2 Γυψοποίηση μαρμάρου

Η αύξηση της βιομηχανικής δραστηριότητας με την εκτεταμένη χρήση θέρμανσης και τη ραγδαία κατακορύφωση στη χρήση των αυτοκινήτων είχε ως αποτέλεσμα την άνοδο του επιπέδου του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (CO₂) αλλά και την εμφάνιση ενός νέου είδους ρυπαντή, του διοξειδίου του θείου (SO₂). Η μετατροπή του μαρμάρου (CaCO₃) σε γύψο (CaSO₄·2H₂O) οφείλεται στην παρουσία αυτών των οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα. Τα οξείδια του θείου παρουσία υγρασίας μετατρέπονται σε θειικό οξύ που διαλυτοποιεί το μάρμαρο. Στα σημεία που δεν ξεπλένονται από το νερό της βροχής έχουμε τον σχηματισμό γύψου σύμφωνα με την αντίδραση:



Ο γύψος στην επιφάνεια της πέτρας είναι διαλυτός και με έκπλυση (π.χ. από τη βροχή) αποκαλύπτει το υγιές, μη γυψοποιημένο στρώμα της πέτρας, δηλαδή επιτρέπει την εξέλιξη του φαινομένου σε βάθος.

Αυτό έχει σαν γενικότερο αποτέλεσμα τη σταδιακή απαλειφή των λεπτομερειών της επιφάνειας της πέτρας.



4.2.1 Η γυψοποίηση στην επιφάνεια του πεντελικού μαρμάρου απαλείφει τις λεπτομέρειες από το πρόσωπο και το χιτώνα των Καρυάτιδων

4.3 Κρυστάλλωση αλάτων

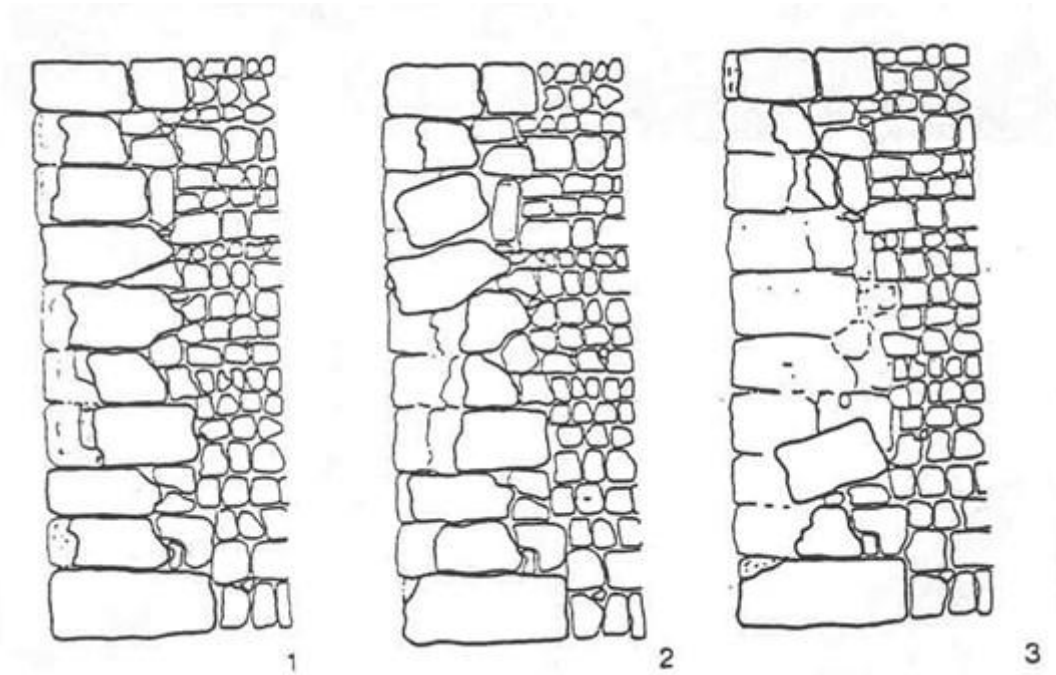
Η κρυστάλλωση αλάτων αναφέρεται στη μηχανική φθορά των πορωδών λίθων και δομικών υλικών, μέσω της ανάπτυξης μηχανικών τάσεων στο εσωτερικό των υλικών (πόρους) από κρυστάλλους αλάτων και διάρρηξη της συνέχειας του υλικού όταν οι τάσεις ξεπεράσουν την αντοχή του.

Οι κύριες πηγές αλάτων σε τοιχοποιίες είναι η τριχοειδής αναρρίχηση (από το έδαφος), τα γειτονικά υλικά όπως το τσιμέντο, και συχνά το ίδιο το συνδετικό κονίαμα.

Αν η εξάτμιση λάβει χώρα στο εσωτερικό της μάζας του υλικού, ο τύπος αυτός της φθοράς εμφανίζεται μακροσκοπικά με την μορφή της κυψέλωσης, δηλαδή την αποκόλληση τμήματος του διερρηγμένου υλικού.



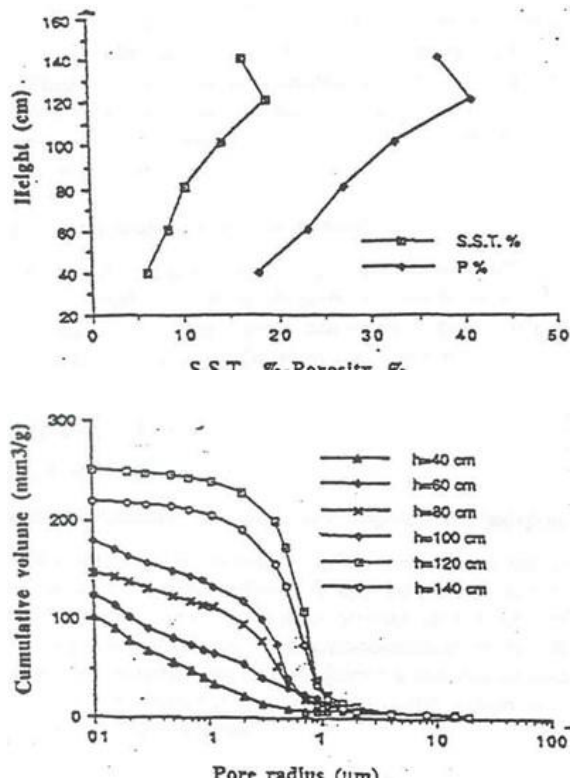
4.3.1 Κρυστάλλωση αλάτων στη μεσαιωνική πόλη της Ρόδου



4.3.2 Μηχανισμός κατάρρευσης τοιχοποιίας λόγω κυψέλωσης



4.3.3 Αποκόλληση τμήματος τοιχοποιίας στη μεσαιωνική πόλη της Ρόδου



4.3.4 Διαγράμματα συσχέτισης συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων και πορώδους

4.4 Αποσάθρωση κονιαμάτων

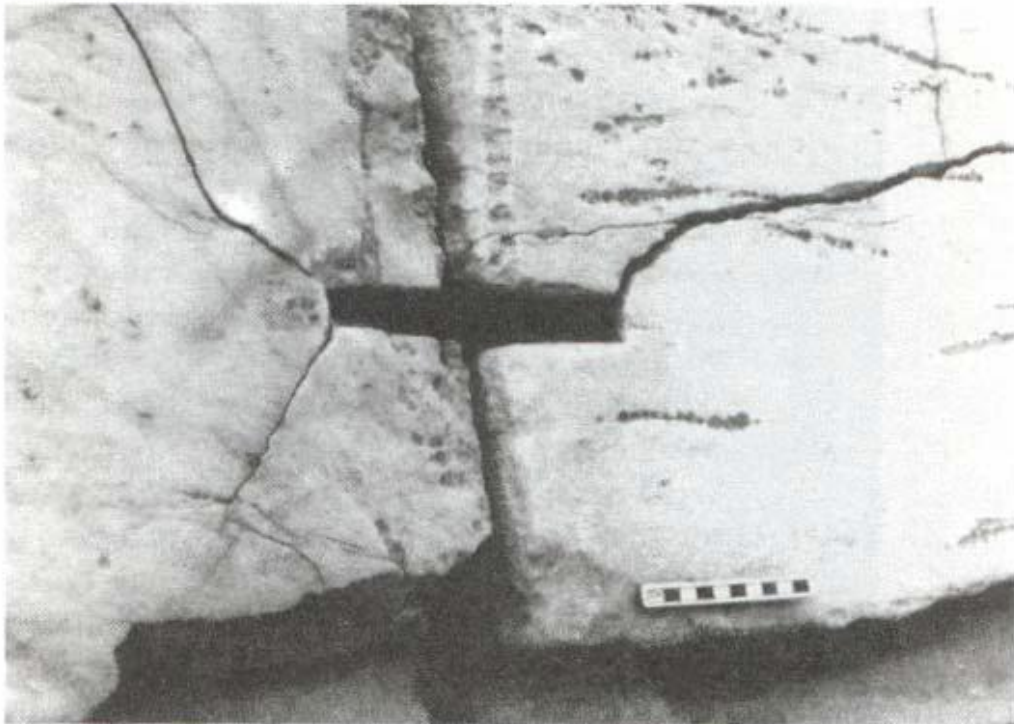


4.4.1 Αποσάθρωση κονιαμάτων σε τοιχοποιίες

Μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση τοιχοποιίας σε συνδυασμό με πλάγιες ωθήσεις. Έμφαση δίνεται στο 1/3 του ύψους της τοιχοποιίας όπου εμφανίζεται το μέγιστο ποσοστό υγρασίας και άρα διαλυτών αλάτων.

4.5 Διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων

Τα προϊόντα της οξείδωσης που δημιουργούνται στην επιφάνεια του συνδέσμου αυξάνουν σημαντικά τον όγκο του συστήματος μέταλλο-προϊόντα διάβρωσης. Η διόγκωση αυτή προκαλεί την ανάπτυξη ισχυρότατων μηχανικών τάσεων που οδηγούν στη ρήξη του υλικού όταν υπερβούν την αντοχή του.



4.5.1 Ρηγμάτωση μαρμάρου εξαιτίας της διάβρωσης συνδέσμου στον Παρθενώνα

Σήμερα επιβάλλεται, πριν επιχειρηθεί οποιαδήποτε επέμβαση σε ένα ιστορικό κτίριο/ μνημείο, να ακολουθείται ρητά η πορεία εργασίας που υποδεικνύεται από τις αρχές του χάρτη της Βενετίας και που στόχο έχει να αποτρέψει ή να ελαχιστοποιήσει τις πιθανότητες μιας άστοχης και ίσως μακροπρόθεσμα βλαπτικής εφαρμογής.

Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται είτε μη καταστρεπτικοί μέθοδοι, είτε ενόργανες μέθοδοι.

Μη καταστρεπτικοί μέθοδοι

- Υπερηχοσκόπηση
- Υπέρυθρη θερμογραφία
- Μικροσκοπία οπτικών ινών
- Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας
- Γεωραντάρ
- Γαμμαγραφία

Πραγματοποιούν επί τόπου εξέταση επιφανειών χωρίς λήψη δειγμάτων.

Μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τη στρωματογραφία υλικών, τοιχοποιιών και επικαλυμμένων επιφανειών.

Μοναδικό και απαραίτητο εργαλείο για τη χαρτογράφηση των υλικών και της φθοράς, τον έλεγχο ποιότητας των υλικών, τον έλεγχο συμβατότητας των υλικών και επεμβάσεων συντήρησης.

Παρέχουν τη δυνατότητα καταγραφής και επεξεργασίας οπτικών πληροφοριών και τη μετατροπή τους βάσει φυσικοχημικών κριτηρίων σε δείκτες ποιότητας της επιφάνειας ή της φθοράς.

Υπερηχοσκόπηση (ultra sounds)

Αρχή της μεθόδου

Η ταχύτητα μετάδοσης υπερήχων αποτελεί καλή ένδειξη της φυσικομηχανικής συμπεριφοράς των λίθων. Η ταχύτητα μετάδοσης των υπερήχων σχετίζεται με το μέτρο ελαστικότητας του λίθου, καθώς και με το λόγο του Poisson και το μέτρο του Young.

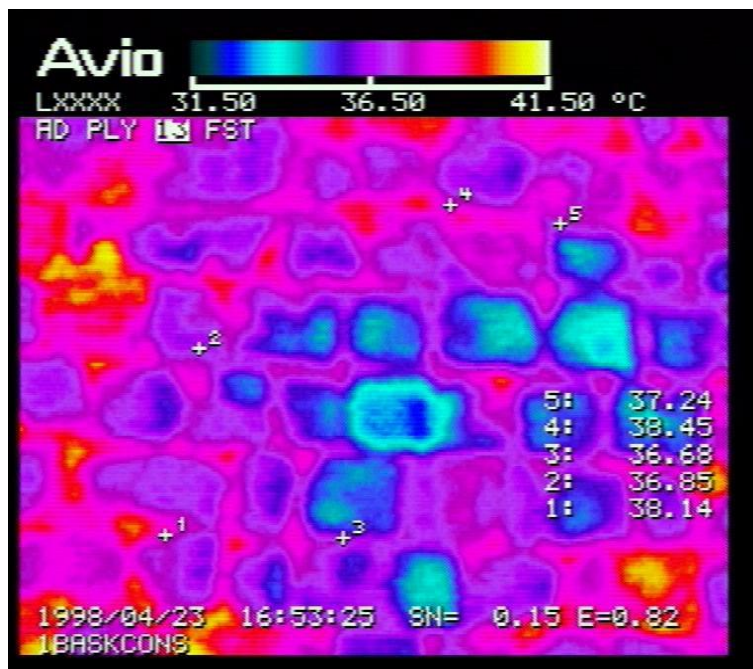
Υπέρυθρη θερμογραφία

Αρχή της μεθόδου

Υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπουν όλα τα υλικά λόγω της θερμικής κίνησης των μορίων τους. Όταν η ακτινοβολία αυτή, η οποία εκπέμπεται από μία πηγή στην περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0,7-14 μm , συναντήσει ένα υλικό, μέρος αυτής το διαπερνά, ανακλάται ή απορροφάται από το υλικό.



4.5.2 Κάμερα υπερέθρου και επεξεργαστής



4.5.3 Αποτύπωση μη συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης στα ιστορικά τείχη του Ηρακλείου / Τσιμεντικά-θερμά σημεία

Μικροσκοπία οπτικών ινών

Αρχή της μεθόδου

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούν φως αντί ηλεκτρικού ρεύματος ως φορέα των σημάτων και οπτικές ίνες αντί μεταλλικών αγωγών για τη μετάδοσή του.

Το προς μετάδοση ηλεκτρικό σήμα (φωνή, εικόνα, δεδομένα κ.λ.π.) μετατρέπεται στο ένα άκρο της οπτικής ζεύξης σε ακολουθία ψηφιακών παλμών που διοχετεύονται στην οπτική ίνα. Στο άλλο άκρο της ζεύξης ανιχνεύονται οι παλμοί και μετατρέπονται στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα



4.5.4 Μικροσκόπιο οπτικών ινών

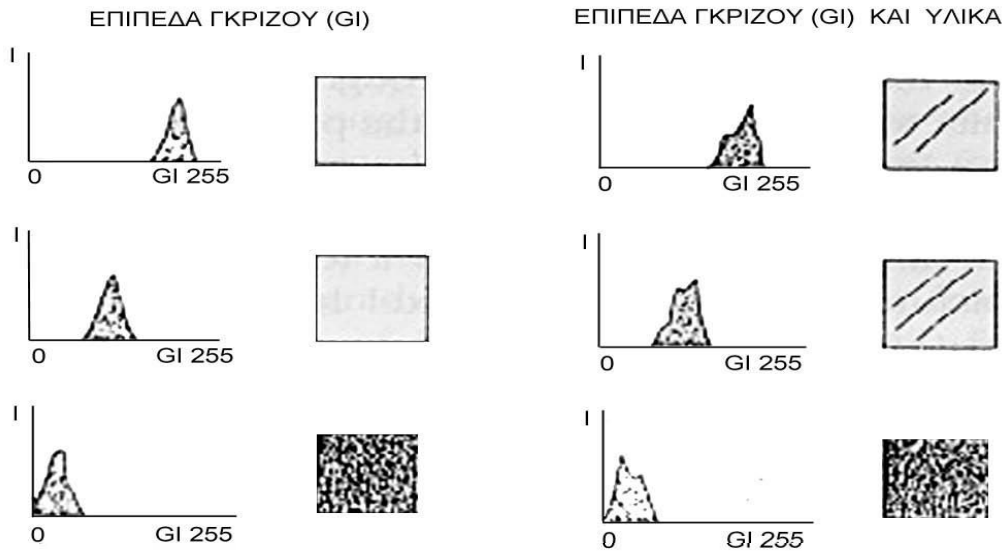
Ένα πλεονέκτημα της μικροσκοπίας οπτικών ινών είναι ότι το μικροσκόπιο είναι φορητή διάταξη.

Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας

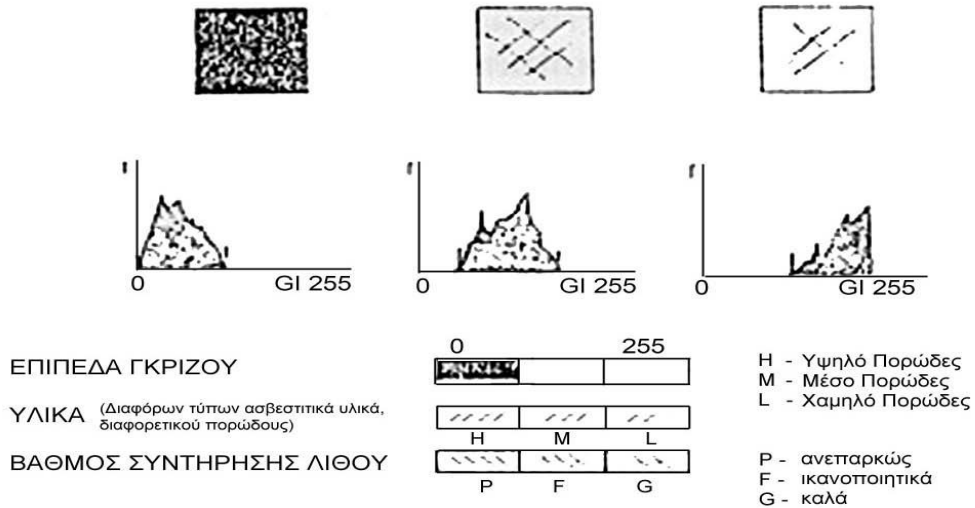
Συνίσταται στο διαφορετικό ποσοστό ανάκλασης και απορρόφησης του ορατού φάσματος(φωτός) από την εξεταζόμενη επιφάνεια ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται.

Σκοπός είναι η αναγνώριση των λιθοτύπων και των μορφών φθοράς με την απόδοση των διαφορετικών πληροφοριών με διαφορετικά χρώματα επί απλών φωτογραφιών και την επεξεργασία εικόνων με ψευδή χρώματα στην επιφάνεια και σε βάθος.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ



ΕΠΙΠΕΔΑ ΓΚΡΙΖΟΥ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΛΙΘΟΥΤΥΠΟΥ



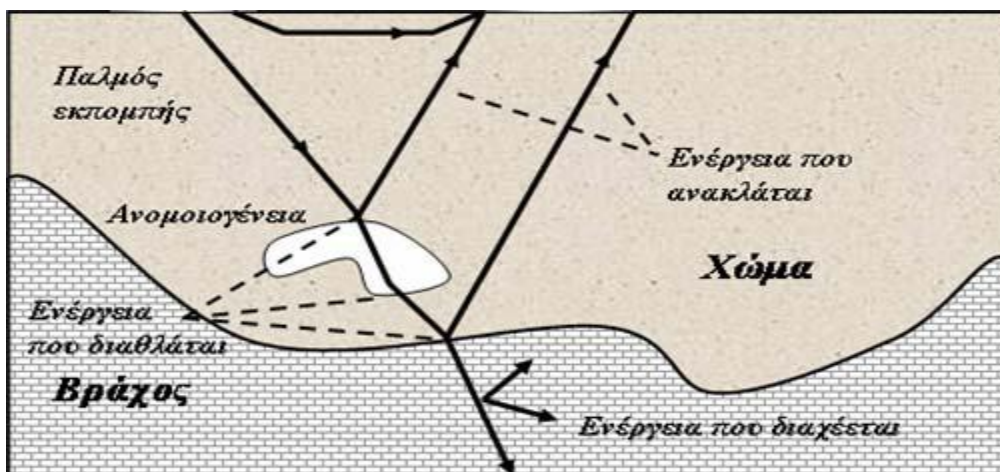
4.5.5 Αποτίμηση του πορώδους και του βαθμού φθοράς

Γεωραντάρ

Το γεωραντάρ χρησιμοποιεί υψηλής συχνότητας(10--10000 MHz), μικρής διάρκειας, ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς για αποκάλυψη πληροφοριών στο υπέδαφος.

Το ηλεκτρομαγνητικό σήμα (παλμός) παράγεται από έναν πομπό και διοχετεύεται στο υπέδαφος με ταχύτητα που εξαρτάται κυρίως από τις ηλεκτρικές ιδιότητες του υλικού.

Κατά την καθολική διάχυση και όταν ο παλμός συναντήσει διεπιφάνεια υλικών με διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες, μέρος της ενέργειας του παλμού ανακλάται ή διαχέεται πίσω στην επιφάνεια (όπου και ανιχνεύεται και καταγράφεται από ένα δέκτη στη επιφάνεια του εδάφους) ενώ η υπολειπόμενη ενέργεια του παλμού διοχετεύεται σε βαθύτερα επίπεδα.



4.5.6 Αποτίμηση αστοχίας με γεωραντάρ

Εφαρμογές γεωραντάρ

- εντοπισμός κενών κάτω από επιφάνειες σκυροδέματος
- δοκιμές πάνω από δρόμους όπου λόγω συνεχών καθιζήσεων το πάχος της ασφάλτου αυξάνεται συνεχώς
- εντοπισμός και προσδιορισμός διαστάσεων ζωνών σκυροδέματος που έχει υποστεί βλάβη λόγω διάβρωσης από τη χρησιμοποίηση αλατιού
- εντοπισμός διάκενων και ρωγμών αλλά και μεταβολών της ορυκτολογικής σύστασης όγκων διακοσμητικών πετρωμάτων.

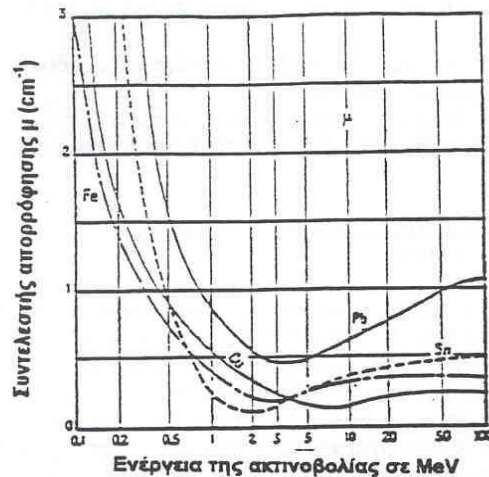
Γαμμαγραφία

Σκοπός της γαμμαγραφίας είναι η ανίχνευση μεταλλικών αντικειμένων (είδος και μέγεθος) που βρίσκεται σε μνημεία και σύγχρονες κατασκευές.

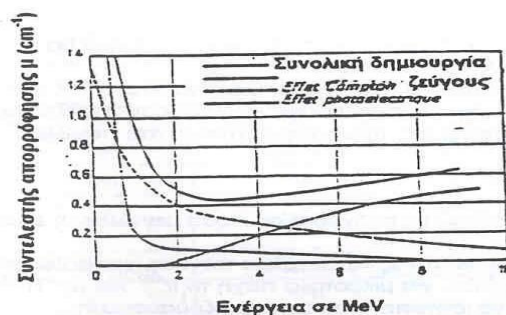
Αρχή της μεθόδου

Συνίσταται στο γεγονός ότι κάθε μέταλλο απορροφώντας ραδιενεργό ακτινοβολία διεγείρεται και στη συνέχεια εκπέμπει, σύμφωνα με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, ενέργεια.

Το ποσό της απορροφούμενης ενέργειας είναι συνάρτηση του είδους του μετάλλου και των διαστάσεων του.



Διάγραμμα 2: συνολικές καμπύλες απορρόφησης για διάφορα μέταλλα



Διάγραμμα 3: σύνθεση των τριών φαινομένων, απορρόφησης σε συνολική απορρόφηση, για την περίπτωση του Pb.

4.5.7 Διαγράμματα απορρόφησης ενέργειας

Ενόργανες μέθοδοι

- Πορομετρία υδραργύρου (μελέτη μικροδομής)
- Θερμικές μέθοδοι: DTA/TG, DSC, TMA (ποσοτικός και ποιοτικός χαρακτηρισμός υλικών και οι θερμομηχανικές ιδιότητες τους)
- FTIR (ταυτοποίηση χημικών ενώσεων)
- Ρόφηση-εκρόφηση υγρασίας (ισόθερμες υγρασίας)
- Ηλεκτρονική μικροσκοπία διαπερατότητας (υφή, μορφολογία, χαρακτηρισμός υλικών)
- Περίθλαση ακτίνων X (ορυκτολογική ανάλυση)

Προκειμένου να αποφευχθούν οι δυσάρεστες διαβρωτικές συνέπειες από το περιβάλλον λαμβάνουμε υπόψη όλες τις μικροκλιματικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους.

Σήμερα χρησιμοποιείται η σύγχρονη μέθοδος του θαλάμου προσομοίωσης περιβαλλοντικών συνθηκών.

Περιλαμβάνει δοκιμές προσομοίωσης περιβαλλοντικών συνθηκών:

- Θερμοκρασίας(-20 °C / +80°C, +/-1 °C) ρυθμός:0.5 °C /min
- Σχετικής Υγρασίας(10% -80%) για(+10 °C /+80 °C)
- Ηλιακής Ακτινοβολίας(UV -VIS, 280 -720nm +-20°C / +80°C)
- Βροχής(50 l/h)
- Αερίων Ρυπαντών, SO₂, CO₂, NO₂σε+25 °C & 75% RH



4.5.8 Θάλαμος προσομοίωσης περιβαλλοντικών συνθηκών σε ημιβιομηχανική κλίμακα-GTS 600



4.5.9 Θάλαμος προσομοίωσης αλατονέφωσης σε ημιβιομηχανική Κλίμακα-DCTC 600

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Υγρασία

Οι περισσότερες βλάβες που εμφανίζονται στα κτίρια οφείλονται στη διείσδυση της υγρασίας στις επιμέρους κατασκευές που τα συνθέτουν. Το φαινόμενο της υγρασίας θέτει πάντα σε κίνδυνο την αντοχή των δομικών υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή, συντείνει στη φθορά τους και στη μείωση της αντοχής και της διάρκειας ζωής τους και καταστρέφει την οποιαδήποτε θερμομονωτική ή ηχομονωτική τους αξία.

5.1 Αίτια υγρασίας

Η εμφάνιση της υγρασίας σε μια κατασκευή οφείλεται σε ποικίλα αίτια, ορισμένα από τα οποία είναι τα εξής:

Η υγρασία από καιρικά φαινόμενα οφειλόμενη στη βροχή, το χιόνι και το χαλάζι που πλήττουν άμεσα και συχνά σε μεγάλη διάρκεια μια κατασκευή. Ειδικότερα η βροχή σε συνδυασμό με τον αέρα και ωθούμενη από αυτόν μπορεί να εισχωρήσει στο περίβλημα του κτιρίου και να διαποτίσει τα δομικά υλικά, ιδιαίτερα όταν η προστασία (στεγάνωση) της στέγης και των ανοιγμάτων είναι ανεπαρκής. Το νερό που εισέρχεται στο περίβλημα του κτιρίου θα πρέπει να αποβάλλεται μέσω του συστήματος αποροής, διότι σε αντίθετη περίπτωση έχει τη δυνατότητα να διαπερνά τα διάφορα δομικά στοιχεία καταλήγοντας στο εσωτερικό του κτιρίου με αποτέλεσμα πολύ συχνά το σχηματισμό μυκήτων.

Τα υπέργεια νερά τα οποία λιμνάζουν μετά τις βροχοπτώσεις ή χιονοπτώσεις ή τα τρεχούμενα νερά που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης.

Η υγρασία εδάφους η οποία οφείλεται στα δύο προηγούμενα αίτια και συγκρατείται στα ανώτερα στρώματα του, καθώς και αυτή που προκαλείται στις υπόγειες πηγές νερού.

Τα υπόγεια νερά τα οποία υπάρχουν μέσα στο υπέδαφος και έχουν δημιουργηθεί είτε από εσωτερικές πηγές είτε από τη διείσδυση της θάλασσας. Τα νερά αυτά στην κατάσταση ηρεμίας τους διαμορφώνουν έναν υπόγειο ορίζοντα, ο προσδιορισμός της στάθμης του οποίου είναι πάντα απαραίτητος για τη γνωστή αντιμετώπιση μιας σοβαρής στεγανοποίησης.

Η υγρασία των εσωτερικών χώρων, η οποία προκαλείται πολύ συχνά είτε από τη διάλυση και συμπύκνωση των υδρατμών του αέρα κλειστών χώρων, είτε από τα νερά των εγκαταστάσεων που κυκλοφορούν μέσα στις σωληνώσεις ύδρευσης, κεντρικής θέρμανσης, κλιματισμού, πυρασφάλειας κ.λ.π..

Μία ειδική μορφή υγρασίας είναι η **υγρασία συμπύκνωσης**. Έχει αποδειχθεί ότι οι αλλαγές στη θερμοκρασία και κατά συνέπεια στις ατμοσφαιρικές συνθήκες οφείλονται γι αυτή.

Όταν μία ψυχρή καιρική περίοδος ακολουθείται από μία θερμή και υγρή, τα δομικά στοιχεία τα οποία δεν έχουν θερμανθεί αρκετά (εσωτερικά), δε ζεσταίνονται αμέσως, αλλά μπορεί να παραμείνουν σχετικά ψυχρά για αρκετές ώρες ή ακόμα για μία ή περισσότερες μέρες (αν οι τοιχοποιίες είναι μεγάλου πάχους). Όταν ο θερμός, υγρός εισερχόμενος αέρας έρχεται σε επαφή με τις ψυχρές επιφάνειες των τοίχων, των οποίων η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την οριακή θερμοκρασία δρόσου, οι υδρατμοί συμπυκνώνονται στις επιφάνειες των τοίχων.

Στη συνέχεια όμως λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας των τοίχων, η οποία ξεπερνά τη θερμοκρασία δρόσου, η συμπύκνωση σταματά και η υγρασία που προέρχεται από αυτή εξατμίζεται. Ένα κτίριο ελαφριάς κατασκευής ζεσταίνεται πιο γρήγορα και είναι λιγότερο πιθανό να υποφέρει από συμπύκνωση τέτοιας μορφής. Αντίθετα, σε ένα συμπαγές δάπεδο με ένα μη μονωτικό τελείωμα η επιφάνεια αργεί να ζεσταθεί με αποτέλεσμα η αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του υπερκείμενου αέρα, να προκαλεί πάνω σε αυτή συμπύκνωση για αρκετές ώρες. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η θερμική ικανότητα μιας κατασκευής τόσο περισσότερο παραμένει η συμπύκνωση στις επιφάνειες σε αντίστροφες συνθήκες.

Επίσης υπάρχει η **υγρασία λόγω βροχής**. Τα νερά της βροχής πέφτουν στο περίβλημα του κτιρίου υποβοηθούμενα από την ώθηση του ανέμου. Στους καλά κατασκευασμένους τοίχους το νερό της βροχής δε διεισδύει συνήθως σε μεγαλύτερο βάθος από 6-8 εκατοστά. Το βάθος διείσδυσης εξαρτάται κυρίως από την πίεση του αέρα και το τριχοειδές των υλικών του κτιρίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως λόγω κακής δόμησης ή συμπύκνωσης υδρατμών λόγω ψύξης του τοίχου εμφανίζεται υγρασία και στην εσωτερική πλευρά.

5.2 Βλάβες σε περιβάλλον υγρασίας

Η υγρασία είναι το σημαντικότερο πρόβλημα της οικοδομής. Από πλευράς παθολογίας προκαλεί πολλές βλάβες στο κτίριο. Συγκεκριμένα παρατηρούνται:

- Ρηγματώσεις στοιχείων του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης.
- Προσβολή φερόντων στοιχείων και στοιχείων πλήρωσης από υγρασία.
- Αποκόλληση επιχρισμάτων από τοιχοποιίες και υποστυλώματα.
- Αποσάθρωση σκυροδέματος και αποκάλυψη οπλισμών
- Διάβρωση οπλισμού
- Αποκόλληση τοιχοποιιών από υποστυλώματα

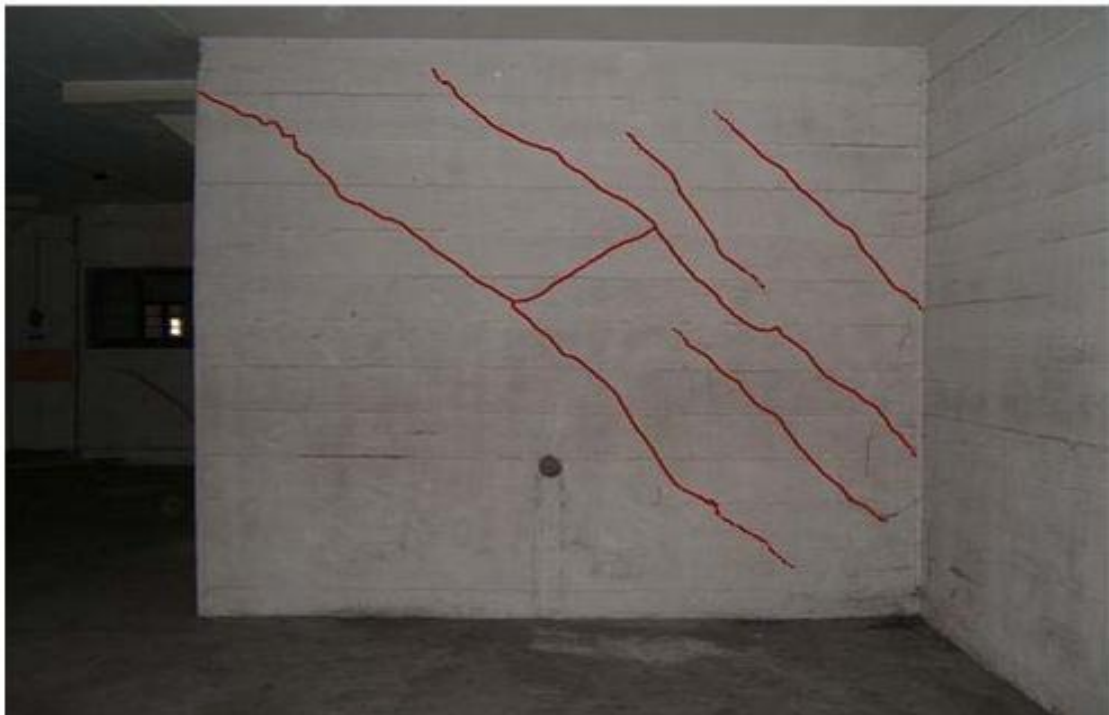
Όταν εμφανίζεται :

- Υποβαθμίζει την αξία της οικοδομής.
- Καταστρέφει τα δομικά υλικά.
- Καταργεί τη θερμομόνωση.
- Δημιουργεί ανθυγιεινές συνθήκες και καθιστά το χώρο ακατοίκητο.

Η υγρασία μπορεί να προέρχεται από το έδαφος, την κατασκευή της οικοδομής, τη βροχή και τέλος από τη συμπύκνωση των υδρατμών.

Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται μορφές τοιχοποιίας που υποφέρουν από υγρασία. Όπως φαίνεται σε πολλές περιπτώσεις η υγρασία έχει προχωρήσει σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα να καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την κατοίκηση των συγκεκριμένων οικοδομημάτων.

Εικόνες υγρασίας









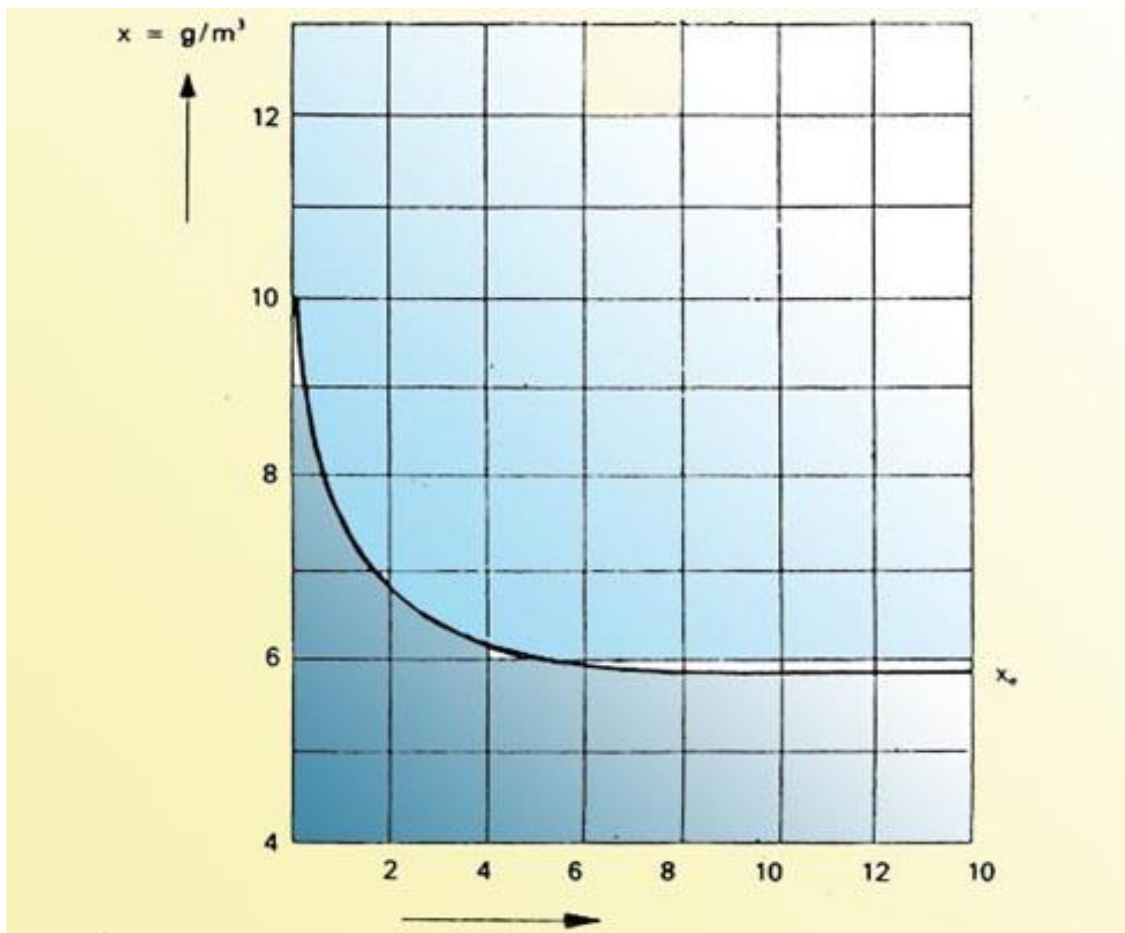


5.3 Βλάβες στην υγεία των ανθρώπων

Όταν υπάρχει υγρασία σε τοίχο του σπιτιού, εμφανίζονται τα φαινόμενα:

- Το νερό περνά από τον υγρό τοίχο στον αέρα του χώρου με την εξάτμιση.
- Ο τοίχος ψύχεται και πολλές φορές αρκετούς βαθμούς λόγω της συνεχούς εξατμίσεως.
- Οι εξωτερικοί περιμετρικοί τοίχοι ποτισμένοι από το βρόχινο νερό χάνουν την αντοχή τους απέναντι στην θερμότητα, όπως αν μειωνόταν το πάχος του κατά τα 2/3 ή ακόμη και το μισό.

Τα τρία φαινόμενα, συνυπάρχουν σε μέγιστο βαθμό στην τοιχοποιία, στα τούβλα, και στα αμμοκονιάματα που είναι τα πιο επικίνδυνα μέχρι να εξατμίσουν όλο το νερό που περιέχουν. Το πρώτο φαινόμενο, εκείνο του επιφανειακού υδρατμού, είναι το πρώτο που αισθάνονται τα πρόσωπα που κατοικούν σε ένα ανθυγιεινό περιβάλλον.



5.3.1 Διάγραμμα μέγιστης υγρασίας μέσα στον τοίχο

Σε έναν πολύ υγρό τοίχο παρουσιάζεται η μέγιστη υγρασία μέχρι τα 6cm περίπου από τον τοίχο. Η επίδραση πέφτει στα 8cm και παραμένει σταθερή μέχρι το κέντρο του δωματίου.

5.4 Συμπεράσματα για την υγρασία

- α) Ο ακίνητος αέρας φθάνει στον κορεσμό με άμεση επαφή με τον υγρό τοίχο.
- β) Το άμεσο καταστροφικό αποτέλεσμα του τοίχου στον αέρα σταματά σε μία απόσταση 6-8cm.

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι όλες οι τοιχοποιίες που είναι υγρές είναι το ίδιο βλαβερές, ανεξάρτητα ποια ήταν τα υλικά κατασκευής τους, και οποιοδήποτε ήταν το ποσοστό του νερού, γιατί η υγροποίηση του τοίχου παρουσιάζει σε όλα τα σημεία τους υδρατμούς στην επιφάνεια. Έτσι εξηγούνται αρκετές φορές ορισμένες μούχλες (πίσω από έναν πίνακα ή ένα έπιπλο που είναι τοποθετημένο στον τοίχο). Είναι εμφανές ότι αν αφήσουμε ένα βιβλίο, ή ένα ζευγάρι παπούτσια σε απόσταση 8cm από τον τοίχο, βρίσκουμε μέσα σε αυτά πολλές φορές υγρασία και πιθανώς μούχλα. Τέλος, μπορούμε να συνάγουμε ορισμένα αποτελέσματα για την μετάδοση της υγρασίας από τον τοίχο στον αέρα.

- Έχουμε άμεσο αποτέλεσμα της υγρασίας έως μία απόσταση 6-8cm από τον τοίχο, ακόμη και αν η σχετική υγρασία του τοίχου είναι χαμηλή.
- Εάν ο χώρος είναι τελείως αποκλεισμένος από το εξωτερικό περιβάλλον μετά από λίγο καιρό η υγρασία του τοίχου θα προκαλέσει θεαματικά αποτελέσματα, που θα ήταν σαν οι τοίχοι να ήταν εμποτισμένοι με νερό.

5.5 Μέτρα αντιμετώπισης

Δεν υπάρχουν εύκολοι και γρήγοροι κανόνες που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση της υγρασίας. Η λύση που αποφασίζεται κάθε φορά εξαρτάται από το κόστος και την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα των εφαρμοζόμενων μέτρων σε σχέση με την αξία, τον αναμενόμενο χρόνο ζωής και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η εκάστοτε κατασκευή. Ορισμένα από τα αίτια μπορούν να αντιμετωπιστούν με άνοδο της στάθμης των πεζοδρομίων ή εναπόθεση εδαφικών σχηματισμών σε επαφή με το τμήμα της τοιχοποιίας που

βρίσκεται πάνω από την υγρομονωτική στρώση. Δε συμβαίνει το ίδιο όμως όταν έχουμε πλήρη απουσία υγρομόνωσης ή όταν αυτή είναι προβληματική ή ανεπαρκής. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ληφθούν πιο δραστικά μέτρα:

- Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα ολοκληρωμένο φράγμα για την υγρασία εισάγοντας μία υγρομονωτική στρώση που θα οδηγήσει σε μόνιμη λύση του προβλήματος. Υπάρχουν επίσης διαφορές μέθοδοι που στοχεύουν στη δημιουργία μιας υγρομονωτικής στρώσης με την εισαγωγή υδροαπωθητικών ουσιών και οι οποίες είναι περισσότερο κατάλληλες για τοιχοποιίες που έχουν μεγάλο πάχος ή είναι πολύ ασταθείς για να εισαχθεί μία συμβατική υγρομονωτική στρώση.
- Μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα να μειώσουμε την ποσότητα υγρασίας στην τοιχοποιία παρεμποδίζοντας την πρόσβαση νερού σε αυτή και αυξάνοντας την εξάτμισή του από τις επιφάνειες της. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητο να αντικαταστήσουμε όποια τμήματα του σοβά έχουν καταστραφεί ή παρουσιάζουν βλάβες και να απομακρύνουμε τα συγκεντρωμένα άλατα.
- Μπορούμε απλώς να καλύψουμε την υγρασία χρησιμοποιώντας κάποια από τις πολλές μεθόδους που υπάρχουν για την αντιμετώπιση τοιχοποιιών που παρουσιάζουν σημαντικές συγκεντρώσεις αλάτων. Ορισμένες από αυτές είναι η αύξηση του πάχους (προς το εσωτερικό) και η χρήση διαφόρων στρωμάτων που παρεμποδίζουν την υγρασία και τα άλατα από το να βλάψουν τα επιχρίσματα.

Τέλος για την υγρασία από βροχή μπορούν να εφαρμοστούν τα εξής:

- Κατασκευή της εξωτερικής σειράς τούβλων με συμπαγή και όχι διατρητά τούβλα ή τοποθέτηση των διατρητών τούβλων ώστε οι οπές τους να έχουν διεύθυνση παράλληλη προς το μήκος του τοίχου.
- Διάστρωση του κονιάματος και από πλάγια, ώστε να μην εμφανίζονται κενά.
- Κάλυψη των προσβαλλόμενων όψεων με επίχρισμα χαμηλής αντοχής, το οποίο δεν εμποδίζει την εξάτμιση του νερού που ήδη έχει διεισδύσει στον τοίχο και δε δημιουργεί σχισμές κατά τη στερεοποίηση του (όπως τα επιχρίσματα υψηλής αντοχής π.χ. ισχυρό τσιμεντοκονίαμα).

Στις περιπτώσεις όπου η διείσδυση του νερού της βροχής οδηγεί σε συμπύκνωση στην εσωτερική πλευρά του τοίχου κατά την εξάτμισή του, τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν είναι τα εξής:

- Χρήση προστεγασμάτων.
- Τοποθέτηση δεύτερου εξωτερικού κελύφους από μεταλλικά φύλλα.

- Τοποθέτηση υδροαπωθητικής στρώσης ως επιχρίσματος ή και μέσα στον τοίχο (σε αυτή την περίπτωση ο τοίχος πρέπει να στεγνώσει ανεμπόδιστα από τη βροχή).
- Αύξηση θερμικής προστασίας του τοίχου με υπέρβαση και των απαιτήσεων του κανονισμού θερμομόνωσης.
- Χρήση διπλής (ψαθωτής) τοιχοποιίας στην οποία απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες

Γενικά το καλύτερο μέτρο είναι η αύξηση της θερμικής προστασίας.

Αυτό μπορεί να γίνει σήμερα με την χρήση θερμοκάμερας που επιτρέπει να μετράμε την θερμοκρασία και από απόσταση. Με την μέτρηση διαφόρων θερμικών απωλειών, σε πατώματα, τοίχους και οροφές, σε περιμετρικούς τοίχους και στον περιβάλλοντα του κτιρίου χώρο, μπορούμε πλέον να κρίνουμε με βεβαιότητα, τις συνθήκες των τοίχων που επιτρέπουν να γνωρίζουμε για την κατάσταση ενός χώρου, αλλά και στον δύσκολο τομέα της συντήρησης παλαιών κτιρίων και ειδικών κατασκευών όπως είναι οι τοιχογραφίες (ναοί).

Μέσω της θερμοκάμερας μπορούμε να δούμε τα σημεία όπου είναι απαραίτητη η θερμομόνωση.



5.5.1 Θερμομόνωση ως μέτρο αντιμετώπισης της υγρασίας

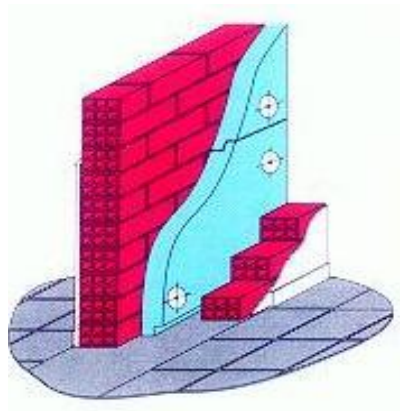
Η **θερμομόνωση** περιλαμβάνει όλα τα κατασκευαστικά μέτρα που λαμβάνονται ώστε να μειωθεί η ταχύτητα μετάδοσης της θερμότητας μέσα από διαχωριστικά πετάσματα, τα οποία χωρίζουν χώρους με διαφορετικές θερμοκρασίες.

Η χρησιμότητα της θερμομόνωσης συνίσταται στην αντιμετώπιση θεμάτων υγιεινής και ποιότητας των κατασκευών. Η ικανοποιητική θερμομόνωση εξασφαλίζει άνετη, ευχάριστη και υγιεινή διαβίωση στους ενοίκους. Μειώνει το κόστος για την κατασκευή της εγκατάστασης θέρμανσης, καθώς και τη δαπάνη λειτουργίας της επειδή ελαττώνονται οι απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας. Με τη σωστή θερμομόνωση αποφεύγονται διάφορες βλάβες π.χ. στους σωλήνες νερού από τον παγετό, όπως και οι δυσάρεστες συνέπειες από τη συμπύκνωση υδρατμών. Επίσης, επιτυγχάνεται μείωση των παραγόμενων καυσαερίων και περιορίζεται η μόλυνση του περιβάλλοντος. Η θερμομονωτική ικανότητα των διαφόρων υλικών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας. Συνεπώς, υπάρχει άμεση εξάρτηση μεταξύ της θερμομόνωσης και της υγρασίας των κατασκευών. Η θερμότητα μεταδίδεται στο χώρο με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Με αγωγή, μεταβίβαση και ακτινοβολία. Η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού εξαρτάται από το πορώδες του και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο περισσότεροι είναι οι πόροι του και έχουν μικρότερο μέγεθος. Όταν οι πόροι των υλικών γεμίσουν με νερό μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητά τους, γιατί η θερμοαγωγιμότητα του νερού είναι 23 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του αέρα.

Τα σύγχρονα δομικά υλικά, επειδή έχουν μικρό βάρος, παρουσιάζουν και μικρή θερμοχωρητικότητα. Τα μειονεκτήματα, τα οποία προκύπτουν, είναι δυνατόν να αντιμετωπιστούν με πρόσθετη θερμομόνωση, με την κατασκευή κατάλληλων παραθύρων για προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, με κλειστά παράθυρα την ημέρα και εξαερισμό των χώρων τη νύχτα.

Σύμφωνα με τους ειδικούς μια σωστή θερμομόνωση απαιτεί έως και 5% του αρχικού κόστους κατασκευής αλλά μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 50% του κόστους θέρμανσης και κλιματισμού. Η αρχική λοιπόν δαπάνη είναι αμελητέα αν σκεφθεί κανείς ότι εκτός από την προστασία του χώρου, ένα επαρκές σύστημα θερμομόνωσης προφυλάσσει και την υγεία μας επιτρέποντας τη διέλευση της απαραίτητης ποσότητας θερμού ή ψυχρού αέρα.

Επίσης σημαντική με τη θερμομόνωση είναι και η **στεγανοποίηση**.





5.5.2 Στεγάνωση κτιρίου για αποφυγή υγρασίας

Η στεγανοποίηση εξασφαλίζει την καλή λειτουργία ολόκληρης της οικοδομής και προφυλάσσει από την υγρασία και το νερό (κυρίως της βροχής). Βασικό μέριμνα εγκατάστασης συστήματος στεγάνωσης είναι η σωστή εφαρμογή, η οποία συνίσταται στον αποκλεισμό οποιασδήποτε διόδου του νερού. Η υδρομόνωση (στεγάνωση) αποβλέπει στη λήψη μέτρων για την επίτευξη της στεγανότητας και ανάλογα με την εφαρμογή της διακρίνεται σε υδρομόνωση στεγών, δωματίων, τοίχων και δαπέδων. Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφορα στεγανωτικά υλικά με τη μορφή επιχρισμάτων, ασταριών, βαφών, μεμβρανών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Όξινη βροχή

6.1 Ορισμός όξινης βροχής

Γενικά, βροχή σημαίνει το νερό που πέφτει από την ατμόσφαιρα με μορφή υδροσταγόνων, που προέρχονται από την υγροποίηση των υδρατμών που σχηματίζουν τα σύννεφα.

Το pH της βροχής σε συνήθεις συνθήκες είναι 5,5. Όμως σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές η τιμή του pH κυμαίνεται από 3,5 - 4,5. Από την καύση διαφόρων ουσιών και την κίνηση (καύση βενζίνης) παράγονται μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου. Τα αέρια οξείδια αντιδρούν με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και το νερό της βροχής.

Συγκεκριμένα, το διοξείδιο του θείου και του αζώτου, τα οποία εκλύονται στην ατμόσφαιρα, οξειδώνονται σε τριοξείδια, τα οποία στην συνέχεια με την παρουσία της υγρασίας της ατμόσφαιρας μετατρέπονται σε θειικό και νιτρικό οξύ.

Έτσι η βροχή παρουσιάζει όξινο χαρακτήρα, δηλαδή έχει αυξημένες όξινες ιδιότητες με pH 5 ή και μικρότερο. Λόγω των οξέων που περιέχει, παίρνει και το όνομά της “όξινη βροχή”. Τα οξέα αυτά (κυρίως θείο και άζωτο) προέρχονται από την καύση φυσικών καυσίμων ,όπως άνθρακα και πετρελαίου και γι’ αυτό παρουσιάζονται πιο έντονα στις βιομηχανικές περιοχές. Τα θειικά και νιτρικά οξέα φτάνουν στο έδαφος σε υγρή μορφή μεταφερόμενα με τη βροχή.

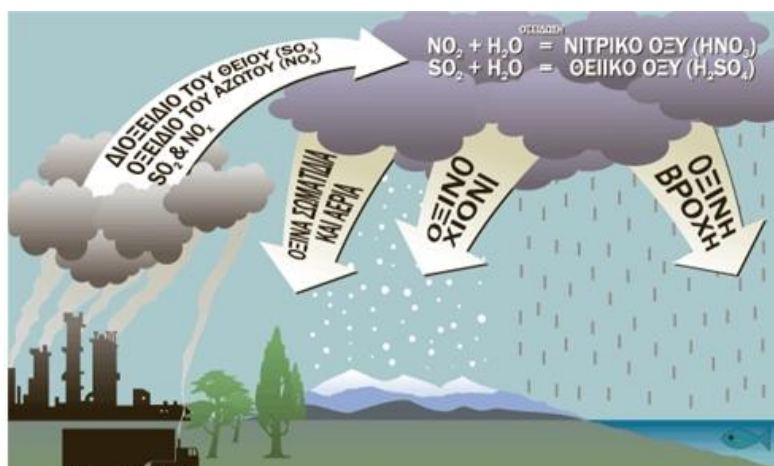
Ο όρος “όξινη βροχή” πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 19 αι. για να περιγράψει τη μολυσμένη βροχή στο Μάντσεστερ της Βρετανίας στη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης. Ο όρος αυτός εξακολουθεί να χρησιμοποιείται παρόλο που σωστότερος θεωρείται ο όρος όξινη κατακρήμνιση. Κοινώς χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει μολυσμένη βροχόπτωση που συνδέεται με την καύση των φυσικών καυσίμων (άνθρακα, πετρελαίου κ. α.).

Η δραστηριότητα της όξινης βροχής μετριέται με την κλίμακα του pH. Όσο πιο χαμηλό είναι το pH, τόσο πιο όξινη είναι η βροχή και τόσο πιο καταστρεπτικές επιπτώσεις έχει στη χλωρίδα, στην πανίδα, καθώς και στα κτίρια και στα μνημεία.

6.2 Αίτια της όξινης βροχής

Οι υπαίτιοι για τη δημιουργία της όξινης βροχής, διεθνώς, είναι οι ιδιοκτήτες μεγάλων βιομηχανιών και εργοστασίων. Από τα καυσαέρια που παράγονται από τα εργοστάσια, ακόμα και από τα αυτοκίνητα, στις μεγάλες αστικές περιοχές, η βροχή συνήθως γίνεται όξινη. Έτσι τα κύρια αίτια για το σχηματισμό της όξινης βροχής είναι το διοξείδιο του θείου (SO_2), που εκλύεται από βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τα οξείδια του αζώτου (NO_x), που περιέχονται κυρίως στα καυσαέρια των αυτοκινήτων (στις μηχανές εσωτερικής καύσης). Συγκεκριμένα η όξινη βροχή είναι το αποτέλεσμα της καύσης του κάρβουνου και του πετρελαίου. Από την καύση αυτή ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του θείου και οξείδια του αζώτου. Η όξινη βροχή δημιουργείται όταν αυτά τα αέρια αντιδρούν στην ατμόσφαιρα με νερό, οξυγόνο και άλλες χημικές ενώσεις, σχηματίζοντας διάφορες όξινες ενώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία δρα καταλυτικά αυξάνοντας το ποσοστό αυτών των αντιδράσεων.

Το νερό της βροχής φυσιολογικά έχει pH 6,5 έως 5,6. Το pH είναι το μέγεθος που δηλώνει αν ένα διάλυμα είναι ουδέτερο (pH=7), όξινο (pH μικρότερο του 7) ή αλκαλικό (pH μεγαλύτερο του 7). Το pH της όξινης βροχής κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 4,6 και 4, ενώ κατά καιρούς μετριούνται και πιο ακραίες τιμές του pH (έως και 2,4). Σύμφωνα με έρευνες των επιστημόνων κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1980, αποδείχτηκε ότι η ομίχλη, λόγω των πολλών μικρών σταγονιδίων από τα οποία αποτελείται, προσφέρει τελικά μεγαλύτερη επιφάνεια προσρόφησης στα SO_2 και NO_x και γι' αυτό περιέχει συνήθως πολλαπλάσιες ποσότητες θειικού και νιτρικού οξέος από ότι άλλες μορφές όξινης κατακρήμνισης



6.2.1 Δημιουργία όξινης βροχής

<https://centauri.utm.utoronto.ca/~w3chm140/PBL/PBL6/>

Σε μορφή **βημάτων** για να σχηματιστεί η όξινη βροχή έχουμε:

1. Καύση καυσίμων που περιέχουν θείο
2. Απελευθέρωση άχρωμου διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα
3. Οξείδωση του SO₂ σε SO₃
4. το SO₂ οξειδώνεται σε SO₃ το οποίο ενυδατώνεται (hydrated) (όταν η ατμόσφαιρα είναι αρκετά υγρή) σε H₂SO₄ στις σταγόνες των νεφών, διατηρώντας οξύτητα μακριά από την κανονική (pH = 5.6)
5. Σαν αποτέλεσμα πραγματοποιείται η όξινη βροχή κοντά σε βιομηχανικές περιοχές

6.3 Επιπτώσεις όξινης βροχής

Η όξινη βροχή προσβάλλει τα μάρμαρα και τους ασβεστόλιθους σε κτίρια και μνημεία, διαβρώνοντας τα υλικά με τα οποία έχουν κατασκευαστεί. Επίσης προκαλεί χημική διάβρωση των χρωμάτων διαφόρων υλικών όπως φαίνεται σε αυτές τις εικόνες:



6.3.1 Χημική διάβρωση χρωμάτων

Επίσης επιδρά και επί άλλων στοιχείων όπως ο χαλκός, ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος, το χρώμιο, το μαγγάνιο, το βανάδιο.

Η όξινη βροχή καταστρέφει κτίρια, μνημεία και αγάλματα κατασκευασμένα από ορυκτό υλικό, που είναι συνήθως ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), όπως ασβεστόλιθος, μάρμαρο κ.λπ. Ο μηχανισμός αλλοίωσης του μαρμάρου λόγω ορισμένων ρυπαντών περιγράφεται ως εξής τα οξείδια του αζώτου, θείου και άνθρακα που έχουν διαλυθεί στη βροχή, εισχωρούν μέσα στο μάρμαρο έως ένα ορισμένο βάθος. Εκεί αντιδρούν με το ασβέστιο του μαρμάρου και σχηματίζουν άλατα τα οποία παραμένουν στην επιφάνεια. Εάν μέρος αυτού του σώματος των αλάτων είτε αφεθεί μηχανικά είτε διαλυθεί στο νερό της βροχής τότε μεταφέρει μαζί του και υγιές μάρμαρο, εκθέτοντας έτσι νέα επιφάνεια για περαιτέρω διάβρωση. Ο μηχανισμός αυτός είναι ανάλογος αυτού που συμβαίνει στα μάρμαρα της Ακρόπολης και παρουσιάζεται με την χημική αντίδραση :





6.3.2 Εικόνες γυψοποίησης μαρμάρου

<http://11yk-dramas.dra.sch.gr/efimerida/february2011/oksini.htm>

6.4 Τρόποι αντιμετώπισης

Άμεση αντιμετώπιση είναι η ασβέστωση για τη μείωση της οξύτητας. Η λύση που προτάθηκε για την αντιμετώπιση του φαινομένου της γυψοποίησης του Παρθενώνα ήταν: Προκειμένου να στερεοποιηθεί ο σχηματιζόμενος γύψος, η μετατροπή του σε ανθρακικό ασβέστιο, δηλαδή η δημιουργία νέου μαρμάρου. Όμως η χρησιμοποίηση ορισμένων υλικών όπως οι ρητίνες, πλαστικά κονιάματα ανόργανες ουσίες ή υδρόφοβα μίγματα που απαιτούνται για αυτό το εγχείρημα αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό από κάποιους ειδικού κυρίως διότι: α) οι ρητίνες προσβάλλονται από την υπεριώδη ακτινοβολία, χάνουν το χρώμα τους, σπάνε και ξεφλουδίζουν και β) ο μηχανισμός γήρανσης των υλικών αυτών δεν έχει κατανοηθεί πλήρως. Τέλος πολλά αντικείμενα επιστρώνονται με ειδικά αντιδιαβρωτικά υλικά. Ο σκοπός αυτής της ενέργειας είναι η όσο κατά το δυνατόν καθυστέρηση αυτής της διάβρωσης από την όξινη βροχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Παγετός

Σύμφωνα με τους σημερινούς κανονισμούς στον παγετό αντέχουν μόνο τούβλα επένδυσης και οπτόπλινθοι, ενώ όλα τα άλλα είδη τούβλων δεν αντέχουν σε τέτοιες ακραίες συνθήκες. Οι ασβεστόλιθοι εφόσον πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικούς χώρους πρέπει να έχουν αντοχή σε θλίψη 28,20 και 12 N/mm². Πλίνθοι εσωτερικών τοίχων κατασκευάζονται από λιγότερο καλά υλικά, δηλαδή από πηλούς πλούσιους σε ασβέστιο, ενώ οι εκτεθειμένοι στην ατμόσφαιρα γίνονται από πηλούς πλούσιους σε άργιλο ή από άργιλους με μικρή περιεκτικότητα ασβεστίου.

Η βλαπτική επίδραση του παγετού σε διαποτισμένη τοιχοποιία οφείλεται στην κυβική διαστολή του νερού, όταν αυτό μεταβάλλεται σε πάγο (κατά 9% περίπου). Η πίεση που ασκεί ο πάγος υπερνικά τις δυνάμεις συνοχής των τούβλων (όταν δεν πρόκειται για τούβλα ανθεκτικά στον παγετό) με επακόλουθο την αποσύνθεση, το ξεφλούδισμα ή ακόμα και την κονιορτοποίηση τους, όταν δεν έχουν ψηθεί αρκετά.

Κατά τον Stois η βλαπτική επίδραση του παγετού, ανεπηρέαστα από τη συχνότητα του φαινομένου, εξαρτάται πρώτον από την ταχύτητα με την οποία συμβαίνει ο παγετός. Στιγμαία πτώση θερμοκρασίας σημαίνει ψύξη του νερού κάτω από το μηδέν αρχικά και στη συνέχεια απότομη μετάπτωση του σε κατάσταση πάγου. Ο πάγος αυτός δεν μπορεί πλέον να εκτονωθεί μέσα στους άδειους πόρους και δεν του απομένει παρά να ωθήσει τα τοιχώματα των πόρων, να προκαλέσει τάσεις που θα είναι μικρότερες αν η πήξη του νερού ήταν βραδεία και να αποσαθρώσει το υλικό. Για την αντοχή στον παγετό παίζει ρόλο η διαμόρφωση των πόρων και των τριχοειδών, το μέγεθος τους, η κατανομή τους και η προσπέλαση τους από το νερό (βαθμός υδατοκορεσμού).

Οι Lehmann και Rauschenfels βρήκαν και αυτοί ότι σε γρήγορη πήξη, που συνεπάγεται αύξηση του όγκου του νερού κατά 9% δημιουργούνται θλιπτικές τάσεις μέχρι 20 kN/m², ενώ πολύ μικρότερες αναπτύσσονται σε περίπτωση βραδείας κατάψυξης. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν αυξημένη αντίσταση, όταν οι πόροι είναι μικροί και το ποσοστό του όγκου τους χαμηλό (οι μικροί πόροι δεν περιέχουν συνήθως νερό). Πλην όμως καμιά δεσμευτική πρόγνωση για την αντοχή ασβεστολίθων στον παγετό δεν μπορεί να γίνει.

Τέλος η αφαίρεση φυσικών λίθων στρωσιγενών πετρωμάτων (αμμόλιθοι, ασβεστόλιθοι) στο λατομείο πρέπει να γίνεται οριζόντια και όχι κατακόρυφα. Αλλιώς κινδυνεύουν πολύ περισσότερο από τον παγετό.

Ο παγετός συντελεί στη στερεοποίηση του νερού των πόρων. Το χαλίκι και η άμμος που δεν περιέχουν αργίλικές προσμίξεις παγώνουν στο σύνολό τους χωρίς διογκώσεις και διατηρούν τη φορτοικανότητά τους και στον παγετό. Η ευστάθεια παγωμένων πρανών τέτοιων εδαφών διατηρείται το χειμώνα όπως και το καλοκαίρι και μάλιστα παρουσιάζουν συχνά μεγαλύτερη αντοχή σε κατάσταση παγετού. Εντούτοις δε συνίσταται η εκμετάλλευση του γεγονότος αυτού για μεγαλύτερες κλίσεις πρανών, διότι κατά την τήξη τους από την ηλιακή ακτινοβολία θα μπορούσε να επέλθει κατολίσθηση.

Εδάφη όπως ο πηλός, η άργιλος, η ιλύς, η μάργα είναι επικίνδυνα σε κατάσταση παγετού. Τα εδάφη αυτά σχηματίζουν χωριστά στρώματα από εδαφικό υλικό και παγοκρυστάλλους, που παρουσιάζονται σαν φακοειδείς σχηματισμοί κάθετοι προς τη διεύθυνση του παγετού. Το υπόγειο νερό ανέρχεται μέσω των τριχοειδών αγγείων και τροφοδοτεί τα παγωμένα φακοειδή, τα οποία προκαλούν προς τα άνω και πλευρική διόγκωση του εδάφους. Επικίνδυνα σε περίπτωση παγετού είναι όλα τα εδάφη που περιλαμβάνουν κόκκους μεγέθους κάτω των 0,02 mm σε αναλογία βάρους 3 έως και 10%.

Επιδείνωση του σκυροδέματος από τις δράσεις ψύξης-απόψυξης μπορεί να συμβεί όταν το σκυρόδεμα είναι αρκετά κορεσμένο, δηλαδή όταν περίπου το 91% των πόρων του είναι γεμάτο με νερό. Όταν το νερό παγώνει σε πάγο καταλαμβάνει 9% περισσότερο όγκο από εκείνο του νερού. Εάν δεν υπάρχει χώρος για την επέκταση αυτή του όγκου, η ψύξη μπορεί να προκαλέσει δυσφορία στο σκυρόδεμα. Ο κίνδυνος για εξαιρετικά κορεσμένο σκυρόδεμα θα ξεκινήσει με τον πρώτο κύκλο ψύξης-απόψυξης και θα συνεχιστεί σε όλες τις διαδοχικές εποχές του χειμώνα, με αποτέλεσμα την επαναλαμβανόμενη απώλεια της επιφάνειας του σκυροδέματος.

Τα στηρίγματα ξυλοτύπων και οι ενισχύσεις τους είναι δυνατό σε αυτήν την περίπτωση να ανυψωθούν, να μετακινηθούν ή να λυγίσουν. Ολόκληρες θεμελιώσεις, τοίχοι υπογείων, αναχώματα και πλάκες καλύψεως υπογείων μπορεί να καταστραφούν ή να μετακινηθούν.

Κατά την έναρξη του παγετού η φορτοικανότητα των προαναφερθέντων εδαφών ελαττώνεται σημαντικά και συχνά μηδενίζεται. Τα πρανή ορυγμάτων θεμελίων κατολισθαίνουν σχεδόν πάντα σε περίπτωση παγετού και πρέπει για το λόγο αυτό να διαμορφώνονται με ήπιες κλίσεις. Όταν το όρυγμα φτάνει τον τοίχο του υπογείου ή τα θεμέλια γειτονικής κατασκευής πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα ώστε ο παγετός να μη διεισδύσει κάτω από αυτά. Τα πέλματα των θεμελίων πρέπει να παραμένουν ανεπηρέαστα από τον παγετό σε όλη τη διάρκεια της ανέγερσης της κατασκευής. Ακόμη δεν επιτρέπεται η πλευρική εισχώρηση του παγετού κάτω από τους τοίχους του υπογείου.

Ο παγετός είναι εύκολο να αναγνωριστεί ως αιτία ρωγμών και άλλων βλαβών, διότι συνοδεύεται πάντα από χαμηλές θερμοκρασίες. Τα σημεία δε όπου εκδηλώνεται η βλάβη είναι πάντοτε εκτεθειμένα στο κρύο. Αυτός ο κίνδυνος απειλεί ιδιαίτερα υπόγεια ανοιχτά κατά τη διάρκεια της ανέγερσης. Στις περιπτώσεις αυτές ο παγετός εισχωρεί κάτω από τα αβαθή θεμέλια των τοίχων χωρίς να εμποδίζεται από υπερκείμενα βάρη η διόγκωση του εδάφους και το ανασήκωμα του πέλματος. Με τον ίδιο τρόπο είναι δυνατόν να αποκλίνουν στύλοι και τοίχοι περίφραξης και να υποχωρήσουν τοίχοι υπογείων.

Στην περίπτωση σημαντικής μείωσης του βάθους του θεμελίου λόγω μείωσης του ύψους του δρόμου που συνορεύει με αυτό (λόγω ανακατασκευής) , που συνοδεύεται παράλληλα από απουσία υπογείου , τα προληπτικά μέτρα που μπορούν να ληφθούν είναι τα εξής:

- Υποκατάσταση του εδάφους με μη συνεκτικό υλικό που δεν κινδυνεύει από τον παγετό.
- Υποθεμελίωση μέχρι βάθους που διασφαλίζει το θεμέλιο έναντι παγετού.
- Επιμήκυνση της διαδρομής παγετού με τοποθέτηση ειδικού προφυλακτικού διαφράγματος από ειδικά υλικά.

Κατά τις διογκώσεις εδάφους λόγω παγετού αν και οι βλάβες είναι ιδιαίτερα εμφανείς, εντούτοις δεν έχουν προκύψει σοβαροί κίνδυνου καταρρεύσεως των κατασκευών. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται σε τοίχους υπογείων, στους οποίους ασκείται ώθηση γαιών και οι οποίοι έχασαν το επάνω οριζόντιο στήριγμά τους λόγω μεγάλης απόκλισης της πλάκας καλύψεως κατά τον παγετό.



7.1 Χαρακτηριστικό παράδειγμα σκυροδέματος που επιδεινώθηκε από τις δράσεις ψύξης-απόψυξης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : Μέτρα αντιμετώπισης

Γενικότερα για την ενίσχυση των δομικών κατασκευών σήμερα υπάρχουν πολλές αξιολογες προτάσεις. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες από αυτές.

Ινοπλισμένα πολυμερή – Σύνθετα υλικά (Fiber Reinforced Polymer Composites)

Τα σύνθετα υλικά τοποθετούνται στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων και αποτελούν ένα είδος μόνιμου εξωτερικού τους οπλισμού. Η σύνδεση και η συνεργασία των διαφορετικών υλικών επιτυγχάνεται μέσω εποξειδικών ρητινών. Η χρήση τους αποτελεί σήμερα μία δημοφιλή τεχνική ενίσχυσης λόγω της ευκολίας εφαρμογής τους. Τα ινοπλισμένα πολυμερή διακρίνονται σε :

- Υφάσματα, ράβδους και ελάσματα ινών άνθρακα.
- Υφάσματα ινών πολυαραμίδης (Kevlar)
- Υφάσματα ινών υάλου.

Η επιλογή ενός εκ των ανωτέρω κατηγοριών εξαρτάται από το είδος της ενίσχυσης που θέλουμε να επιτύχουμε αλλά και από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες εφαρμογής.

Χρήσεις σύνθετων υλικών



8.1 Εφαρμογή ανθρακουφάσματος

Ενίσχυση υποστυλωμάτων με επιβολή εξωτερικής περίσφιξης και κατά συνέπεια αύξηση της πλαστιμότητας. Η αύξηση της πλαστιμότητας επιτυγχάνεται μέσω της τριαξονικής θλίψης που αναπτύσσεται στο στοιχείο προς ενίσχυση με περίσφιξη από μανδύα ινοπλισμένου πολυμερούς. Ως αποτέλεσμα έχουμε και αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος.

Αύξηση της αντοχής σε τέμνουσα. Σε αντιστοιχία με το συμβατικό οπλισμό διάτμησης, τοποθετούνται επικολλητά φύλλα ινοπλισμένων πολυμερών στο στοιχείο προς ενίσχυση τα οποία μπορούν να παραλάβουν τέμνουσα δύναμη. Η μορφή των σύνθετων υλικών μπορεί να έχουν μορφή είτε ολόσωμου μανδύα είτε μορφή μανδύων περιορισμένου ύψους (κολάρα).

Αύξηση της αντοχής σε κάμψη. Για την ενίσχυση κυρίως πλακών και δοκών οπλισμένου σκυροδέματος σε κάμψη, χρησιμοποιούμε επικολλητά φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά τη κατασκευή στην αγκύρωση του σύνθετου υλικού και στην ευθυγράμμιση των ινών του.

Ενίσχυση σε κρούση. Στην επίδραση της κρούσης, καλύτερη συμπεριφορά παρουσιάζει το σύνθετο υλικό με ίνες πολυαραμίδης και εφαρμόζονται σε υποστυλώματα και βάθρα γεφυρών.

Gunite - Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (sprayed concrete ή shotcrete ή gunite) που χρησιμοποιείται σε έργα ενισχύσεων είναι σκυρόδεμα λεπτής διαβάθμισης αδρανών το οποίο σκυροδετείται με εκτόξευση. Η εφαρμογή του απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Στα παρακάτω τέσσερα χαρακτηριστικά οφείλεται η διαδεδομένη χρήση του σε έργα επεμβάσεων.



8.2 Τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει υψηλή θλιπτική αντοχή επειδή ο συντελεστής N/T είναι χαμηλός και εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης η οποία επιφέρει ιδιαίτερα υψηλή συμπύκνωση.

- Η πρόσφυση με το υφιστάμενο στοιχείο είναι ιδιαίτερα υψηλή λόγω της μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης.
- Δεν απαιτούνται ξυλότυποι για τη στήριξη του, καθώς το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αυτοστηρίζεται.
- Η σκυροδέτηση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε δυσπρόσιτες θέσεις αφού η εγκατάσταση είναι κινητή. Οι συνήθειες μέθοδοι παραγωγής είναι η ξηρά και η υγρή μέθοδος. Σε επεμβάσεις ενισχύσεων εφαρμόζεται κυρίως η ξηρά μέθοδος εφόσον αυτή πλεονεκτεί έναντι της υγρής σε κλειστούς χώρους.



8.3 Εκτόξευση σκυροδέματος με την ξηρά μέθοδο

Επικόλληση μεταλλικών ελασμάτων και νέα μεταλλικά στοιχεία

Η προσθήκη νέων μεταλλικών μελών αποτελεί οικονομική και ιδιαίτερα αποδοτική μέθοδο ενίσχυσης δοκών και πλακών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το προφανές πλεονέκτημα είναι η μείωση των ανοιγμάτων, η δημιουργία νέων σύμμικτων διατομών μεγαλύτερης αντοχής από τις υφιστάμενες και η επιλογή ενεργητικής ή παθητικής προσέγγισης της ενίσχυσης.

Μεταλλικά ελάσματα

Σε περιπτώσεις ενίσχυσης σε κάμψη ή διάτμηση δοκών από οπλισμένο σκυρόδεμα τοποθετούνται στο κάτω πέλμα ή στις παρειές της δοκού αντίστοιχα επικολλητά ελάσματα χάλυβα πάχους από 1mm έως 5mm. Τα ελάσματα αυτά συνεργάζονται με την υφιστάμενη δοκό μέσω βλήτρων, κοχλιών, χημικών

αγκυρίων, εποξειδικής ρητίνης ή συνδυασμό αυτών δημιουργώντας μία νέα ισχυρότερη και πιο άκαμπτη σύμμεικτη διατομή.

Σε υποστυλώματα αντίστοιχα, με τη μέθοδο των επικολητών ελασμάτων μπορούμε να πετύχουμε αύξηση αντοχής σε κάμψη και τέμνουσα, αντίσταση σε κάμψη και ενίσχυση με περίσφιγξη ενεργητική ή παθητική. Διαφορετικές μέθοδοι ενίσχυσης υποστυλωμάτων είναι η επικόλληση ολόκληρων φύλλων χάλυβα και η μέθοδος του μεταλλικού κλωβού.



8.4 Καμπτική ενίσχυση πλάκας με μεταλλικά ελάσματα

Ρητινενέσεις

Η χρήση των εποξειδικών ρητινών είναι ιδιαίτερα αυξημένη στις επεμβάσεις κυρίως για την αποκατάσταση ρωγμών αλλά και για άλλες εφαρμογές. Η τεχνική της ρητινένεσης απαντάται κυρίως στον φέροντα οργανισμό κατασκευών από σκυρόδεμα και στις τοιχοποιίες. Στοχεύει στην επανάκτηση της αρχικής φέρουσας ικανότητας ρηγματωμένων φορέων καθώς και της ακαμψίας τους. Συνιστάται για την προστασία κατά της διάβρωσης του οπλισμού, τη δημιουργία ανθεκτικής σύνδεσης τμημάτων σκυροδέματος και για τη στεγανοποίηση.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της τεχνικής εισπίεσης εποξειδικών ρητινών είναι:

- Ως υλικό οι εποξειδικές ρητίνες έχουν αντοχή 5~10 φορές μεγαλύτερη από το σκυρόδεμα σε θλίψη και 2~6 φορές σε εφελκυσμό.
- Η πρόσφυση με το σκυρόδεμα και το χάλυβα είναι υψηλή.
- Παρουσιάζουν μικρή συστολή ξήρανσης και μικρό βαθμό ερπυσμού.
- Έχουν μεγάλη συγκολλητική ικανότητα.
- Είναι υλικό με χαμηλό ιξώδες, γεγονός που επιτρέπει την εισχώρηση σε όλο το βάθος της ρωγμής.
- Μικρή έως καθόλου μείωση της συνάφειας με τη πάροδο του χρόνου και εξαιρετική ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές προσβολές.
- Δεν παρουσιάζουν γήρανση.
- Δεν επηρεάζουν τις διαστάσεις των στοιχείων προς εφαρμογή.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι για τη κατάλληλη επιλογή εποξειδικής ρητίνης θα πρέπει να εκτιμηθούν οι ιδιότητές της ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία προορίζεται όπως το ιξώδες, το μέτρο ελαστικότητας και ο χρόνος πήξης.



8.5 Εισπίεση εποξειδικής ρητίνης

Αποκατάσταση διατομής και μηχανικών χαρακτηριστικών μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα

Η διαδικασία επισκευής ενός στοιχείου έχει ως στόχο την αποκατάσταση των αρχικών του μηχανικών χαρακτηριστικών που είχε πριν υποστεί τις βλάβες. Οι εργασίες που πραγματοποιούνται πραγματοποιούν πλήρη αποκατάσταση της διατομής του στοιχείου αλλά και επαναφορά της ακαμψίας του.

Η επιλογή της μεθόδου επισκευής εξαρτάται από το βαθμό της βλάβης που έχει υποστεί το δομικό στοιχείο

Σε περίπτωση ελαφρών βλαβών η επισκευή γίνεται με συγκόλληση των ρωγμών εισπιέζοντας εποξειδική ρητίνη κατάλληλων-συμβατών ηλεκτροχημικών και μηχανικών χαρακτηριστικών με το υφιστάμενο μέλος. Εάν επιπλέον της ρηγμάτωσης παρατηρείται επιφανειακή αποσάθρωση ή και αποφλοίωση του σκυροδέματος χωρίς όμως την αποδιοργάνωση του πυρήνα του μέλους, η βλάβη αποκαθίσταται με χρήση επισκευαστικού κονιάματος και χρήση αναστολέας διάβρωσης. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ελεγχθεί η κατάσταση του οπλισμού του στοιχείου και να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα αναστολής του φαινομένου της διάβρωσης.

Σε όλες τις περιπτώσεις αποκατάστασης πρέπει να τηρείται το EN 1504, Ευρωπαϊκή οδηγία.



8.6 Αποκατάσταση διατομής δοκού

Τσιμεντενέσεις

Οι τσιμεντενέσεις χρησιμεύουν για την πλήρωση ρωγμών σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία και λιθοδομή ή για τη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών και τη στεγανοποίηση ενός εδαφικού ή βραχώδους σχηματισμού.

Για την σφράγιση των ρωγμών χρησιμοποιείται ισχυρή τσιμεντοκονία και στη συνέχεια εισπιέζεται το τσιμεντένεμα μέσα από τεμάχια πλαστικού σωλήνα που προσαρμόζονται σε οπές που έχουν ανοιχτεί από πριν σε περίπτωση τοιχοποιίας ή μέσω χαλύβδινων ακροφυσίων (packers) για τη περίπτωση βελτίωσης των εδαφικών σχηματισμών.

Η αναλογία της σύνθεσης του μίγματος ξεκινάει από αναλογία 1:1 κατά βάρος νερού και τσιμέντου. Κατά περίπτωση και ανάλογα τις συνθήκες και τη στατική μελέτη προστίθονται πρόσμικτα όπως θηραϊκή γη, διάλυμα άσβεστου, επιβραδυντικό ή επιταχυντικό πήξεως, αντισυρρικνωτικό, κλπ. Η μέθοδος των τσιμεντενέσεων μπορεί να εφαρμοστεί για τις παρακάτω κατηγορίες έργων:

- Στεγανοποίηση θεμελίωσης φραγμάτων.
- Σταθεροποίηση και στεγανοποίηση πυθμένα και πρανών βαθιών εκσκαφών.
- Σταθεροποίηση σιηράγγων και θεμελιώσεων κτηρίων.
- Τσιμεντενέσεις ομογενοποίησης μάζας τοιχοποιίας.

- Τσιμεντενέσεις πλήρωσης ρωγμών.
- Τσιμεντενέσεις στεγανοποίησης κι ενίσχυσης εδαφών.
- Τσιμεντενέσεις πάκτωσης αγκυρίων.



8.7 Τσιμεντενέσεις ομογενοποίησης λιθοδομής

Βλήτρα - Ριζοπλισμοί – Αγκύρια

Ριζοπλισμοί

Η αρχή της χρήσης μεταλλικών στοιχείων σε κατασκευές από φέροντα οργανισμό από φυσικά λιθοσώματα έγινε από τους αρχαίους Έλληνες, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν μεταλλικούς συνδέσμους για να ενώσουν τα λιθοσώματα μεταξύ τους τόσο σε οριζόντια όσο και κατακόρυφη διεύθυνση. Όμως αυτή η τεχνική αφορούσε την φάση της κατασκευής του κτίσματος.

Επινοητής της μεθόδου εισαγωγής κοντών χαλύβδινων ράβδου με σκοπό την ενίσχυση και επισκευή υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία υπήρξε ο Ιταλός F.Lizzi περί το 1950. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε για να «δέσει» δυνατά με αδύναμα σημεία της τοιχοποιίας και να αυξήσει την θλιπτική, εφελκυστική και διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας. Εν ολίγοις, τοποθετώντας χαλύβδινες ράβδους στο εσωτερικό της τοιχοποιίας της προσδίδουμε καλύτερες ιδιότητες με τα οφέλη που συνοδεύουν τον χάλυβα.

Η μέθοδος της ενίσχυσης με ριζοπλισμούς βρίσκει εφαρμογή σε πληθώρα κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία. Οι συχνότερες περιπτώσεις είναι οι εξής:

- ενίσχυση πεσσών σε γέφυρες που έχουν ρηγματωθεί λόγω διαφορετικών καθιζήσεων.

- ενίσχυση πεσσών σε παλαιές γέφυρες επειδή έχουν αυξηθεί τα κινητά φορτία για τα οποία έχουν μελετηθεί και κατασκευασθεί.
- σταθεροποίηση ασφίδων, που έχουν υποστεί παραμορφώσεις.
- ενίσχυση υπογείων στοών, όπου το έδαφος έχει υποστεί καθίζηση ή μετακίνηση.
- ενίσχυση ασθενούς τοιχοποιίας σε περιοχές που εφαρμόζονται πλάκες αγκύρωσης τενόντων (προεντεταμένη τοιχοποιία ή ενίσχυση με ελκυστήρες).
- σύνδεση τμημάτων κατασκευών όπως ασφίδες με τα ανώτερα τμήματα του τοίχου.
- ενδυνάμωση του σώματος του φέροντα οργανισμού και σύνδεση των σαθρών με τα δυνατά τμήματα της τοιχοποιίας.
- δημιουργία υψίκορμων δοκών.

Η μέθοδος έγκειται στην κατασκευή ενός δικτύου οπών στο σώμα της τοιχοποιίας στις οποίες τοποθετούνται ράβδοι οπλισμού. Στη συνέχεια γίνεται η πλήρωση των οπών αυτών με ένεμα. Η μέθοδος ενδείκνυται στις περιπτώσεις παλαιών λιθοδομών μεγάλου πάχους για επεμβάσεις τοπικού ή καθολικού χαρακτήρα. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της θλιπτικής και διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας ανάλογα με την πυκνότητα τοποθέτησης και τη διάμετρο των ριζοπλισμών. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι η αλλοίωση της δομής της τοιχοποιίας κατά τρόπο μη αναστρέψιμο, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις εφαρμογής σε μνημεία.



8.8 Κατασκευή και τοποθέτηση ριζοπλισμών με εποξειδική ρητίνη

Βλήτρα και αγκύρια

Ως βλήτρα χαρακτηρίζονται οι μεταλλικοί σύνδεσμοι, όταν αυτοί καταπονούνται με διατμητικό φορτίο, ενώ ως αγκύρια όταν η εξωτερική φόρτιση είναι αξονική. Προφανώς όταν ένας μεταλλικός σύνδεσμος καταπονείται αξονικά και διατμητικά τότε δρα ως αγκύριο και βλήτρο ταυτόχρονα.

Είδη βλήτρων και αγκυρίων

α) Κατακόρυφα βλήτρα προς τα κάτω, κυρίως σε πέδιλα ή συγκόλληση αναμονής υποστυλώματος. Χρησιμοποιείται λεπτόρρευστη ρητίνη χαμηλού ιξώδους για την πλήρωση του κενού. Σε πέδιλα κυρίως παλαιών οικοδομών μπορεί να υπάρχει λόγω κακής συμπίκνωσης διαρροή στα κενά. Επαναλαμβάνεται η εργασία με μεγαλύτερο ιξώδες αν χρειαστεί, μέχρι να γεμίσει πλήρως η οπή.

β) Οριζόντια βλήτρα, κυρίως σε υποστυλώματα – δοκούς – τοιχεία. Εδώ χρησιμοποιείται ρητίνη με αρκετά μεγάλο ιξώδες και γεμίζεται η οπή με πιστόλι χειρός, πριν τοποθετηθεί το βλήτρο. Έπειτα, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακολουθεί επάλειψη του τμήματος του βλήτρου που θα εισέλθει στο σκυρόδεμα και η τοποθέτησή του. Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να σφραγιστεί με ρητινόστοκο και να πρεσαριστεί ενέσιμη ρητίνη με δύο στόμια κάτω και πάνω, ώστε να επιτευχθεί 100% πλήρωση του κενού βλήτρου και της οπής. Αυτή η περίπτωση αν και αποτελεί πρόταση με μεγάλο κόστος, τα αποτελέσματα είναι σίγουρα.

γ) Κατακόρυφα βλήτρα οροφής: Συνήθως χρησιμοποιούνται σε ενίσχυση πλακών. Επειδή εκεί συνήθως γίνεται διαμπερής διάτρηση, σφραγίζουμε από κάτω με ρητινόστοκο και ρίχνουμε από το πάνω μέρος της πλάκας ρητίνη μικρού ιξώδους. Σε άλλες περιπτώσεις, που δεν μπορούμε να διαπεράσουμε από κάτω, όπως π.χ. σε δοκούς, χρησιμοποιούμε ρητίνη μεγάλου ιξώδους και εφαρμόζουμε τη μέθοδο των οριζόντιων βλήτρων. Είναι πάντα απαραίτητο να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός των οπών με αέρα υπό πίεση και μεταλλικό βουρτσάκι ανάλογης διαμέτρου ώστε να απομακρυνθεί η σκόνη που δημιουργήθηκε κατά τη διάτρηση. Επίσης προσπάθεια πρέπει να καταβληθεί ώστε πληρωθεί όσο το δυνατόν καλύτερα το κενό οπής και βλήτρου.

Οι πιθανοί τρόποι αστοχίας ενός βλήτρου είναι τρεις και αναλύονται παρακάτω:

α) Πρώτος τύπος. Υπάρχει αστοχία στο βλήτρο στην περιοχή της διεπιφάνειας

β) Δεύτερος τύπος. Αστοχία σκυροδέματος από διάτμηση στο περιβάλλον του βλήτρου.

γ) Τρίτος τύπος. Αστοχία με τη μορφή απόσχισης πλευρικού κώνου.

Παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή ενός βλήτρου είναι:

- Η διάμετρος του βλήτρου
- Η επικάλυψη σκυροδέματος στη διεύθυνση του διατμητικού φορτίου.
- Η αντοχή του σκυροδέματος.
- Το όριο διαρροής του χάλυβα.
- Το μήκος αγκύρωσης του βλήτρου.
- Η ρηγμάτωση του σκυροδέματος και η ύπαρξη οπλισμού.
- Η ανακύκλιση της φόρτισης.
- Η γωνία κλίσης του βλήτρου ως προς τη διεπιφάνεια.



8.9 Τοποθετημένα βλήτρα σε έργο ενίσχυσης οχετού



8.10 Δοκιμές εξόλκευσης βλήτρων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Rubicki, R., (1980-1981). «Βλάβες δομικών έργων», Εκδόσεις Γκιούρδας
2. Garret, H., (1996). «Corrosion of building materials caused by microclimatic and weathering attack»
3. Espinosa, R., (2006). «Influence of the age and drying process on pore structure and sorption isotherms of hardened cement paste»
4. Αθανάσιος , Χ., Πάτρα (2005), «Δομικά υλικά», 7η Έκδοση
5. Lehmann, H., Rauschenfels, E., « Zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Dachziegeln, Ziegelind», 1970
6. www.episkeves.civil.upatras.gr, «Πρακτικά 13ου και 12ου Φοιτητικού Συνεδρίου, Πάτρα»
7. <http://en.wikipedia.org>
8. <http://mycourses.ntua.gr>
9. <http://www.isomat.gr/>
10. <http://www.buildtek.gr/>
11. <https://centauri.utm.utoronto.ca/~w3chm140/PBL/PBL6/>
12. <http://www.epivlavon.gr/blabes-kai-phthores-skurodematos/phusikon-epidraseon/#>
13. <http://11yk-dramas.dra.sch.gr/efimerida/february2011/oksini.htm>
14. <http://www.thermograph.gr/index.php?/2010052525/ygrasia-sta-ktiria/vlaves-ygrasias.html>
15. <http://www.ysma.gr/>
16. <http://users.teiath.gr/vmouss/ebooks/fmndt/sections/105Kataponisi.html>
17. <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/library>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Παρθενώνας

Χαρακτηριστικό παράδειγμα επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων σε κατασκευή είναι αυτό του Παρθενώνα. Το κύριο δομικό υλικό των μνημείων είναι το πεντελικό μάρμαρο, με κύριο συστατικό το ανθρακικό ασβέστιο. Το υλικό των θεμελιώσεων είναι πωρόλιθος. Στην επιφάνεια του μαρμάρου διατηρούνται περιοχές με έγχρωμα επιφανειακά στρώματα.

Γενική περιγραφή φθορών: Μορφές και αίτια

Οι φθορές που παρατηρούνται στο πεντελικό μάρμαρο και τα υλικά θεμελίωσης των μνημείων οφείλονται στη μεμονωμένη ή συνδυασμένη επίδραση περιβαλλοντικών συνθηκών, μηχανικών, φυσικοχημικών και βιολογικών παραγόντων, σε συνδυασμό με την εσωτερική δομή του μαρμάρου και τις ανθρώπινες επεμβάσεις. Από τη μορφολογία τους οι φθορές διακρίνονται ως εξής:

«Ζαχαροειδής» ή περικρυσταλλική φθορά

Εμφανίζεται στις περιοχές της επιφάνειας, που είναι εκτεθειμένες στη βροχή. Οφείλεται στην όξινη προσβολή του μαρμάρου από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους - οξείδια του άνθρακα, του θείου και του αζώτου - που, παρουσία του νερού της βροχής, μετατρέπονται σε αραιά οξέα (όξινη βροχή). Η φθορά αυτή εκδηλώνεται με την προσβολή των κόκκων του μαρμάρου, που οδηγεί στην απώλεια της συνοχής τους και την τελική πτώση τους.



Π1: Περικρυσταλλική φθορά στον Παρθενώνα

Γυψοποίηση

Στις περιοχές, που δεν έρχονται σε επαφή με το νερό της βροχής, εμφανίζεται το φαινόμενο της γυψοποίησης ή θείωσης του μαρμάρου, κατά την οποία το ανθρακικό ασβέστιο του μαρμάρου μετατρέπεται σε γύψο, που παραμένει στην επιφάνεια και μέχρι ένα ορισμένο πάχος διατηρεί το ανάγλυφο της.



Π2: Γυψοποίηση στον Παρθενώνα

Επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων

Στις περιοχές, που παραμένουν στεγασμένες από το νερό της βροχής παρατηρούνται οι επικαθίσεις αιωρούμενων σωματιδίων της ατμόσφαιρας, όπως η αιθάλη, οι υδρογονάνθρακες, τα οξείδια μετάλλων στα οποία οφείλεται η χρωματική αλλοίωση της επιφάνειας. Η επάλληλη εναπόθεση γύψου, επικαθίσεων και ανακρυσταλλωμένου ανθρακικού ασβεστίου σχηματίζει τις μαύρες κρούστες.



Π3: Μαύρες κρούστες από αιωρούμενα σωματίδια στον Παρθενώνα

Θραύσεις

Πολλά μέλη είναι θραυσμένα με αποτέλεσμα την αλλοίωση της μορφολογίας και της γεωμετρίας τους. Η διάδοση και ο προσανατολισμός των θραύσεων εμφανίζεται είτε με τη μορφή ρηγματώσεων ή με τη μορφή αποφλοιώσεων, που είναι η απόσχιση - απόσπαση μεγάλων τεμαχίων από την επιφάνεια του μαρμάρου. Οι περισσότερες ρωγμές έχουν προκληθεί από την οξείδωση και διόγκωση των σιδερένιων συνδέσμων και γόμφων κυρίως της αναστήλωσης Μπαλάνου (1890-1937). Επίσης εμφανίζονται ρωγμές, που οφείλονται στην ορυκτολογική ετερογένεια του μαρμάρου (παρουσία αργιλοπυριτικών προσμίξεων).



Π4: Ρηγματώσεις τεμαχίων στον Παρθενώνα

Αποσάθρωση και απολεπίσεις

Αποσάθρωση και απολεπίσεις παρατηρούνται σε περιοχές της επιφάνειας, όπου το μάρμαρο παρουσιάζει μειωμένη συνοχή, με συνέπεια τη διείσδυση και συγκράτηση αυξημένης ποσότητας νερού. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται σε συνδυασμό πολλών παραγόντων, όπως η μικροδομή του μαρμάρου (αργιλοπυριτικές προσμίξεις), η θερμική καταπόνηση της επιφάνειας, καθώς και η κυκλοφορία διαλυτών αλάτων από τη λιθόκολλα Meyer.



Π5: Αποσαθρώσεις στον Παρθενώνα

Κυψελοειδής διάβρωση

Κυψελοειδής διάβρωση εμφανίζεται με τη μορφή οπών σποραδικά ή σε συστάδες. Οφείλεται στη δράση μικροοργανισμών, η ανάπτυξη των οποίων ευνοείται από την αυξημένη υγρασία. Παρατηρείται κυρίως στις βόρειες όψεις των μνημείων και είναι εντονότερη στις ζώνες των αργιλοπυριτικών φλεβών.



Π6: Κυψελοειδής διάβρωση στον Παρθενώνα

Βιολογική φθορά

Η έρευνα βιολόγων μελετητών αποκάλυψε την παρουσία ποικίλων μικροβιακών πληθυσμών, βακτηρίων, μυκήτων και λειχήνων. Διαπιστώθηκε ότι σημαντική είναι η συμβολή του βιολογικού παράγοντα στη φυσικοχημική φθορά του μαρμάρου. Η επιλιθική και ενδολιθική μικροχλωρίδα αλλοιώνει χρωματικά την επιφάνεια των μνημείων, η έκκριση διαβρωτικών ενώσεων από ορισμένους μικροοργανισμούς οδηγεί σε διάλυση το ανθρακικό ασβέστιο και μεγάλη μερίδα της μικροχλωρίδας εξασκεί μικροπιέσεις με αποτέλεσμα τη φθορά της επιφάνειας



Π7: Βιολογική φθορά στον Παρθενώνα

Συμπέρασμα

Οι κυριότερες φθορές των μνημείων που αντιμετωπίζονται στο πλαίσιο της σύγχρονης επέμβασης διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Μηχανικές:** πρόκειται για φθορές που οφείλονται σε σεισμούς, εκρήξεις, βομβαρδισμούς, πυρκαγιές, παγετό, καθώς και στη διόγκωση των οξειδωμένων σιδηρών συνδέσμων των νεότερων επεμβάσεων.



- **Χημικές:** πρόκειται για μορφές διάβρωσης που προκαλούνται στο μάρμαρο κυρίως από την όξινη βροχή. Ένα σοβαρό πρόβλημα συνδεδεμένο με την ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελούν και οι διάφορες επικαθήσεις, δηλαδή η σκόνη, η αιθάλη και τα μεταλλοξείδια.



- **Βιολογικές:** πρόκειται για μορφές διάβρωσης που προκαλούνται από τις λειχήνες, τους μύκητες, τα περιττώματα των πτηνών, τις ρίζες των φυτών και τα εκχύματά τους.



Τρόποι αντιμετώπισης

Γενική αρχή των έργων είναι η επιδίωξη της εξασφάλισης της κατά το δυνατόν αντικειμενικότερης λήψης αποφάσεων καθώς και της διαφάνειας σε όλες τις φάσεις τους. Αυτά κυρίως επιτυγχάνονται με τη διεπιστημονική προσέγγιση των επεμβάσεων στις φάσεις μελέτης και εφαρμογής, τη δημοσίευση γενικών και ειδικών μελετών αποκαταστάσεως των μνημείων πριν από τις επεμβάσεις, την υποβολή των ως άνω μελετών σε διαδικασία πολλαπλών κρίσεων, την τελική δημοσίευση των έργων. Ιδιαίτερο ποιοτικό στοιχείο των έργων αποτελεί η κατά τακτά διαστήματα σύγκλιση Διεθνών Συναντήσεων Ειδικών για την ανταλλαγή απόψεων σχετικά με τις προτάσεις επέμβασης στα μνημεία και άλλα ειδικά θέματα. Όσον αφορά στις επεμβάσεις αυτές καθεαυτές, αυτές εμφορούνται από το πνεύμα του Χάρτη της Βενετίας (1964), που αποτελεί το διεθνώς αποδεκτό πλαίσιο αρχών, στις οποίες κωδικοποιείται η δεοντολογία της αποκατάστασης των μνημείων. Ειδικότερα για τα μνημεία της αρχαίας Ελληνικής αρχιτεκτονικής διαμορφώθηκαν οι ακόλουθες αρχές, που απορρέουν από το σύστημα δόμησης των μνημείων της κλασικής περιόδου:

- Η αρχή της αναστρεψιμότητας των επεμβάσεων, δηλαδή η δυνατότητα επαναφοράς του μνημείου στην κατάσταση που βρισκόταν πριν τις επεμβάσεις.
- Ο σεβασμός του αυθεντικού υλικού, η διατήρηση της δομικής αυτοτέλειας των αρχιτεκτονικών μελών και της αρχικής στατικής τους λειτουργίας.

Η συμμόρφωση προς τις παραπάνω θεωρητικές αρχές οδηγεί σε συγκεκριμένες πρακτικές κατά τον σχεδιασμό των δομικών επεμβάσεων στα μνημεία της Ακρόπολης, που μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

Οι επεμβάσεις περιορίζονται σε τμήματα των μνημείων που έχουν διαταραχθεί από αναστηλώσεις του παρελθόντος, ή τμήματα που εμφανίζουν προβλήματα στατικής επάρκειας.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την αποκατάσταση είναι αβλαβή και συμβατά προς τα αυθεντικά.

Κατά τη σύνδεση των θραυσμάτων επιχειρείται οι απαιτούμενοι από την δομοστατική μελέτη οπλισμοί τιτανίου να είναι οι ελάχιστοι δυνατοί και οι οπές για την τοποθέτηση των οπλισμών αυτών να περιορίζονται στο ελάχιστο, ώστε να αποφεύγεται η φθορά του αρχαίου υλικού.

Για τη σύνδεση των μελών χρησιμοποιούνται, κατά το δυνατόν, οι υπάρχουσες αρχαίες εντορμίες. Ο υπολογισμός των συνδέσμων γίνεται κατά τρόπο, ώστε σε ενδεχόμενη οριακή κατάσταση καταπόνησης να αστοχήσουν τα υλικά σύνδεσης και όχι το αρχαίο υλικό.

Κατά τη συγκόλληση αρχαίων θραυσμάτων, δε συγκολλώνται ποτέ θραύσματα που δεν προέρχονται από το ίδιο αρχιτεκτονικό μέλος.

Κατά την αναστήλωση, οι συμπληρώσεις με νέο μάρμαρο είναι περιορισμένες. Αποφασίζονται πάντα με κριτήριο τη δομική και αισθητική αυτοτέλεια του μέλους που αποκαθίσταται και της περιοχής που αναστηλώνεται

Η μέθοδος της επέμβασης

- Σε περιπτώσεις κρίσιμων βλαβών επιβάλλεται η αποσυναρμολόγηση των περιοχών του μνημείου, που παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα. Η διαδικασία αποσυναρμολόγησης περιλαμβάνει την απομάκρυνση των οξειδωμένων συνδέσμων και των υλικών πληρώσεως.



Π8: Αποσυναρμολόγηση τμημάτων του Παρθενώνα

- Μετά την απελευθέρωση των μελών επιχειρείται η δομική αποκατάστασή τους στο εργαστήριο. Όπου απαιτούνται συμπληρώματα, αυτά κατασκευάζονται από νέο πεντελικό μάρμαρο. Για την κατασκευή τους διαμορφώνονται χυτά έκτυπα των ελλειπόντων τμημάτων (εκμαγεία) και με τη χρήση σημειοθέτη (πονταδόρου) μεταφέρονται τα σημεία (πόντοι) του εκμαγείου στο νέο μάρμαρο. Το συμπλήρωμα μετά την κατασκευή του συγκολλάται στο αρχαίο μάρμαρο με οπλισμό τιτανίου και τσιμεντοκονίαμα. Τόσο οι διατομές των ράβδων τιτανίου όσο και το μήκος τους, προκύπτουν μετά από στατικό υπολογισμό. Οι οπές για τις ράβδους τιτανίου δεν καταλήγουν ποτέ στις εξωτερικές επιφάνειες των μελών.



Π9: Δομική αποκατάσταση τμημάτων του Παρθενώνα

- Αφού αποκατασταθούν, τα αρχιτεκτονικά μέλη ανατοποθετούνται στις αρχικές τους θέσεις και συνδέονται με ελάσματα από τιτάνιο διαμορφωμένα σε συνδέσμους και γόμφους. Κατά την ανατοποθέτηση των μελών επιτυγχάνεται η άρση των γεωμετρικών παραμορφώσεων των περιοχών που αποσυναρμολογήθηκαν, ώστε να προσεγγίζεται κατά το δυνατόν η αρχική μορφή του μνημείου.



Π10: Επανασύνδεση μελών του Παρθενώνα

- Εκτός από τα αποσυναρμολογημένα αρχιτεκτονικά μέλη, αποκαθίστανται και εντάσσονται στο μνημείο, διάσπαρτα αρχαία μέλη που αναγνωρίζονται και τοποθετούνται στην αρχική ή σε ομόλογη θέση. Η αναστήλωση των ταυτισμένων αρχαίων μελών υποβοηθείται, εάν είναι απαραίτητο, με την ένταξη στο μνημείο ολιγάριθμων αρχιτεκτονικών μελών κατασκευασμένων εξ ολοκλήρου από νέο μάρμαρο. Σε ορισμένες περιπτώσεις προτιμάται για λόγους ευστάθειας η τοποθέτηση, κατ' εξαίρεση, στο μνημείο αρχιτεκτονικών μελών εξ ολοκλήρου από νέο μάρμαρο, αντί της αναστήλωσης συμπληρωμένων με νέο μάρμαρο αρχαίων μελών, που σώζονται σε θραυσματική κατάσταση.



Π11: Επανατοποθέτηση μελών του Παρθενώνα