



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.
Οδός Δασυλίου, Πυλαία-Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Τ.Θ. 22453 Φοίνικας,
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΠΕΙΡΟΥ Μ5.6 ΤΗΣ 21/03/2020

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΜΑΡΤΙΟΣ 2020



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.
Οδός Δασυλίου, Πυλαία-Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085
Ταχ. Διεύθυνση: Τ.Θ. 22453 Φοίνικας,
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



Η έκθεση αυτή εκπονήθηκε από τους ερευνητές του ΙΤΣΑΚ. Τα αποτελέσματα της έκθεσης αυτής είναι προκαταρκτικά και είναι πιθανόν να τροποποιηθούν μελλοντικά εφόσον γίνουν πρόσθετες και λεπτομερέστερες αναλύσεις.

Η αναφορά στη χρήση του περιεχομένου αυτής της έκθεσης είναι:

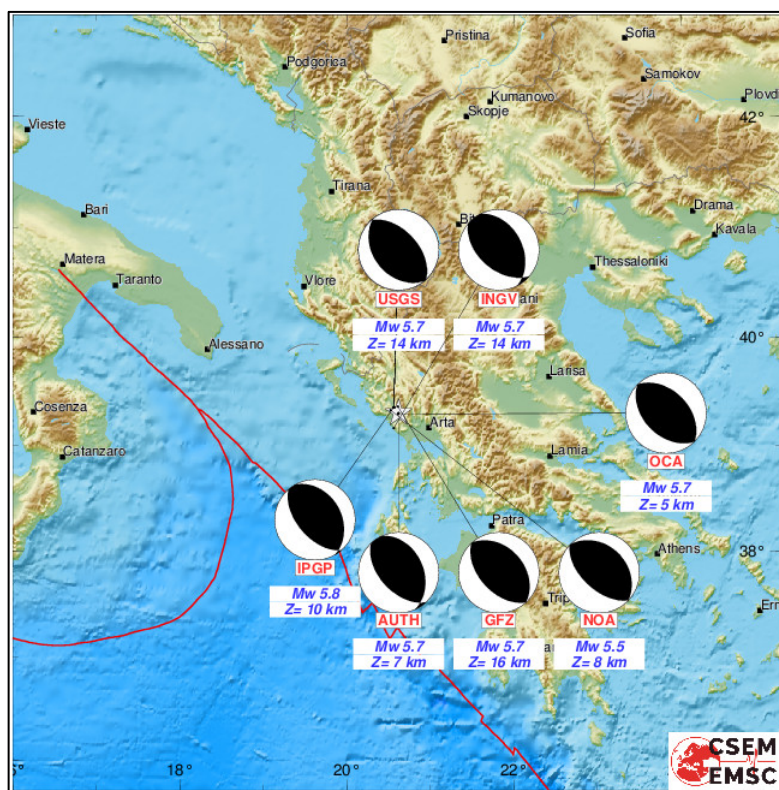
ΙΤΣΑΚ (2020): Σεισμός ΗΠΕΙΡΟΥ Μ5.4 της 21/3/2020 –Προκαταρκτική Έκθεση. Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ, Θεσσαλονίκη, σελ. 10.

Ο σεισμός της Ηπείρου (Μ5.6) στις 21/3/2020, 02:49 ώρα Ελλάδας: Χάρτης αισθητότητας και απόκριση κατασκευών

1. Γενικά

Στις 21/3/2020, και ώρα Ελλάδας 02:49 συνέβη στην Ήπειρο ισχυρός σεισμός μεγέθους Μ5.6. Σύμφωνα με την πρώτη ανακοίνωση του Εθνικού Δικτύου Σειсмоγράφων το επίκεντρο του σεισμού ήταν περίπου 15km ανατολικά της Πάργας, με συντεταγμένες 39.327°Β, 20.522°Α και εστιακό βάθος ~8km. Της δόνησης προηγήθηκε στις 23:38 μία ασθενέστερη δόνηση με μέγεθος Μ4.3.

Ο σεισμός έγινε έντονα αισθητός στην Ήπειρο και αισθητός στα Ιόνια νησιά, στη Δυτική Στερέα Ελλάδα, στη ΒΔ Πελοπόννησο, καθώς και σε περιοχές της νότια Αλβανίας. Οι διαθέσιμοι μηχανισμοί γένεσης δείχνουν ότι ο σεισμός προήλθε από ρήγμα με ανάστροφη διάρρηξη. Στο Σχήμα (1) παρατίθενται γραφικά οι λύσεις των μηχανισμών γένεσης και οι αντίστοιχοι υπολογισμοί του μεγέθους σεισμικής ροπής (<https://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=840373#map>).



Σχήμα 1. Μηχανισμός γένεσης του σεισμού από τέσσερα διεθνή σεισμολογικά κέντρα (πηγή EMSC, 2020)

Ο εστιακός χώρος του σεισμού βρίσκεται στη ζώνη ανάστροφων ρηγμάτων κατά μήκος των ακτών Αλβανίας και Δυτικής Ελλάδας. Ο τυπικός μηχανισμός γένεσης τυπικού ρήγματος



έχει αξιμούθιο $\zeta=339^\circ$, κλίση $\zeta=29^\circ$ και γωνία ολίσθησης $\lambda=103^\circ$ (Παπαζάχος και Παπαζάχου 2003). Οι λύσεις των διαφόρων σεισμολογικών κέντρων παρατίθενται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μηχανισμός γένεσης το σεισμού M5.4, στις 23/3/2020 στην Ήπειρο.

2020-03-21 00:49:53.0	39.4	20.6	GREECE	16	5.7	137	52	89	318	37	90	GFZ
2020-03-21 00:49:52.0	39.3	20.6	GREECE	7	5.7	137	53	78	336	38	105	AUTH
2020-03-21 00:49:51.0	39.3	20.6	GREECE	5	5.7	135	45	90	315	45	90	OCA
2020-03-21 00:49:51.0	39.4	20.6	GREECE	14	5.7	141	38	93	317	51	87	USGS
2020-03-21 00:49:51.0	39.2	20.6	GREECE	14	5.7	333	42	107	131	50	75	INGV
2020-03-21 00:49:51.0	39.4	20.6	GREECE	10	5.8	331	35	100	139	56	83	IPGP
2020-03-21 00:49:50.0	39.3	20.5	GREECE	8	5.5	315	33	92	132	57	89	NOA

Από τον Πίνακα 1 φαίνεται η καλή ταύτιση του τυπικού μηχανισμού με τις λύσεις οι οποίες υπολογίστηκαν. Από τις ανωτέρω πληροφορίες φαίνεται ότι ο σεισμός της 21^{ης} Μαρτίου ταυτίζεται με το ρήγμα ΣΟΥΛΙ-2 το οποίο καθορίστηκε από τους King et al. (1993) και υιοθετήθηκε στη βάση ρηγμάτων του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του ΕΑΑ (Ganas et al. 2013). Το μήκος ρήγματος ΣΟΥΛΙ-2 είναι 9km, το οποίο αντιστοιχεί σε σεισμό μεγέθους M5.5.

2. Χάρτης κατανομής της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης

Οι μέγιστες τιμές από την αυτόματη επεξεργασία των καταγραφών του δικτύου επιταχυνσιογράφων χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία χαρτών αισθητότητας των ισχυρών σεισμών στον Ελληνικό χώρο, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο μετά τη γένεση του σεισμού.

Η διαδικασία εκπόνησης των χαρτών αισθητότητας είναι εξ ολοκλήρου αυτόματη και ενεργοποιείται με την λήψη μηνύματος (alert) από το Σεισμολογικό Σταθμό του ΑΠΘ (Κωνσταντινίδου και συνεργ. 2016). Με τη λήψη του μηνύματος γίνεται αυτόματη επεξεργασία συνεχούς ροής δεδομένων και αποκοπή καταγραφών επιτάχυνσης του σεισμού από το δίκτυο της Μονάδας Έρευνας ΙΤΣΑΚ. Στη συνέχεια γίνεται με αυτόματη διαδικασία ο υπολογισμός των παραμέτρων της σεισμικής κίνησης (μέγιστη εδαφικής επιτάχυνση, ταχύτητα και επιλεγμένες φασματικές τιμές) στις θέσεις των σταθμών. Τέλος, εκπονούνται οι χάρτες αισθητότητας με χρήση τόσο των καταγεγραμμένων τιμών όσο και σχέσεων πρόβλεψης της σεισμικής κίνησης για τον Ελλαδικό χώρο (GMPEs). Η αυτόματη αυτή διαδικασία ολοκληρώνεται λίγα λεπτά (near real-time) μετά την γένεση του σεισμού με τη δημοσίευση των χαρτών στο διαδίκτυο (<http://shakemaps.itsak.gr>).

Από την παραπάνω διαδικασία προέκυψε ο χάρτης κατανομής των μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων του σεισμού στις 21/3/2020 02:49 ώρα Ελλάδας (Σχήμα 2). Οι τιμές των παρατηρημένων μεγίστων εδαφικών επιταχύνσεων, στους πλησιέστερους στο επίκεντρο επιταχυνσιογράφους του ΙΤΣΑΚ, δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 2.



Σεισμός Ηπείρου (M5.6), 21/3/2020, 02:49 ώρα Ελλάδας - Χάρτης εδαφικών επιταχύνσεων



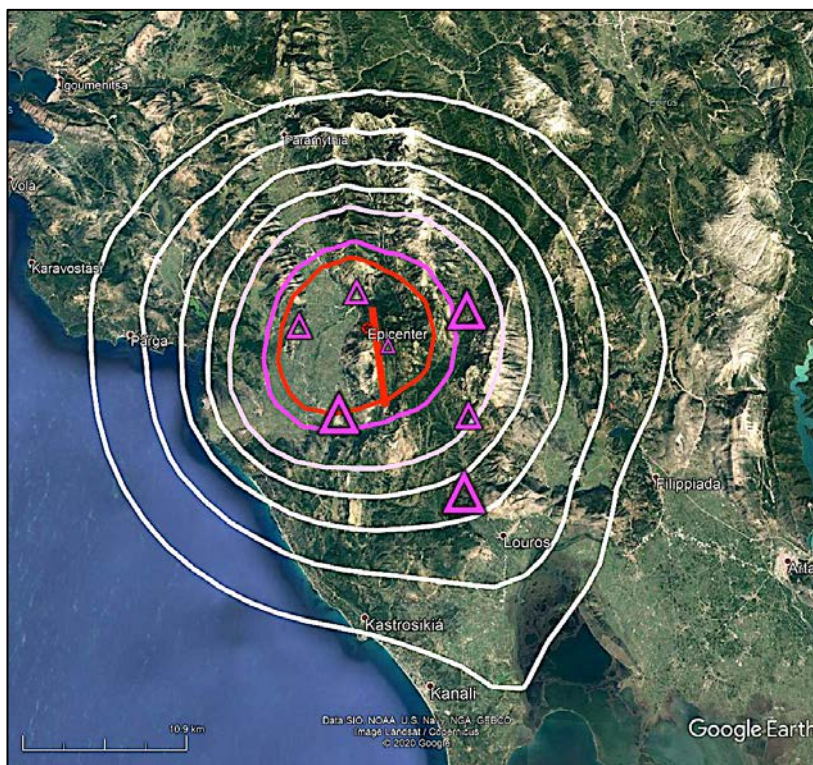
Σχήμα 2. Χάρτης κατανομής μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων του σεισμού στην Ήπειρο στις 21/3/2020 (M5.6). Οι τιμές των καμπυλών ισοεπιταχύνσεων δίνονται σε ποσοστά επί % της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Πίνακας 2. Παρατηρημένες μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις σε σταθμούς επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ.

Σταθμός επιταχυνσιογράφου	Απόσταση από το επίκεντρο του σεισμού (km)	Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (%g)
ART2 (Άρτα)	37	0.54
PRE2 (Πρέβεζα)	39	7.2
JAN2 (Ιωάννινα)	46	1.3
JAN3 (Ιωάννινα)	47	1.5
LEF2 (Λευκάδα)	53	4.0
KRK1 (Κέρκυρα)	70	1.3

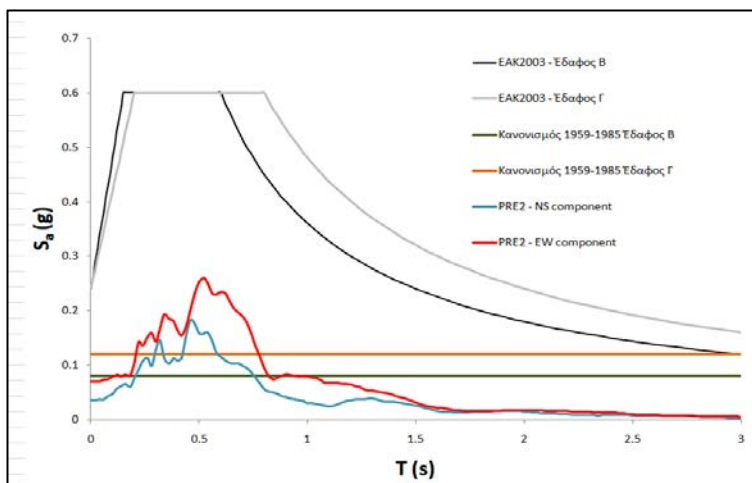
Ο χάρτης του σχήματος (3) αποτελεί μεγέθυνση του χάρτη του σχήματος (2) . Στο χάρτη φαίνεται η θέση του ρήγματος, του επικέντρου του σεισμού (στο βόρειο τμήμα του ρήγματος) και οι θέσεις των οικισμών (Γλυκής, Σκαφιδωτής, Κυψέλης Ρεματιά,

Κοτσανόπουλο, Σφήνωτό, Σκιαδά και Καναλάκι) στους οποίους παρουσιάστηκαν οι σημαντικότερες βλάβες. Από τη γεωγραφική κατανομή των επιταχύνσεων και των οικισμών φαίνεται ότι οι περισσότεροι οικισμοί είναι μέσα στη ζώνη με επιταχύνσεις $PGA > 5\%g$.

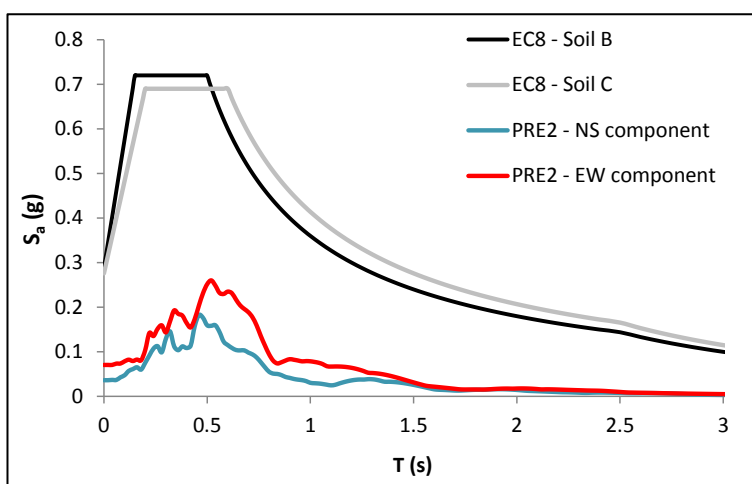


Σχήμα 3. Χάρτης κατανομής μέγιστων εδαφικών επιταχύνσεων του σεισμού M5.6 εστιασμένος στην επικεντρική περιοχή. Δίνεται η χωροθέτηση του ρήγματος ΣΟΥΛΙ-2 (κόκκινη γραμμή), το επίκεντρο του σεισμού και οι θέσεις των οικισμών με τις σημαντικότερες βλάβες.

Η καταγραφή στο σταθμό επιταχυνσιογράφου στην Πρέβεζα (PRE2) έδωσε την υψηλότερη εδαφική επιτάχυνση στο δίκτυο επιταχυνσιογράφων το ΙΤΣΑΚ (7.2% της επιτάχυνσης της βαρύτητας). Για το λόγο αυτόν στα Σχήματα (4) και (5) γίνεται σύγκριση των φασμάτων απόκρισης των οριζοντίων συνιστωσών της ιστορίας επιτάχυνσης στην Πρέβεζα με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού των σύγχρονων κανονισμών (ΕΑΚ 2003, EC8) καθώς και με τις κανονιστικές διατάξεις παλαιότερων κανονισμών του 1959 και 1985. Παρατηρείται ότι τα φάσματα σχεδιασμού των νεώτερων κανονισμών υπερκαλύπτουν τις παρατηρημένες σεισμικές δράσεις για όλο το εύρος των ιδιοπεριόδων. Όσον αφορά τους παλαιότερους κανονισμούς παρατηρείται ότι για κτίρια με ιδιοπεριόδους μικρότερες των $\sim 0.2\text{sec}$ οι σεισμικές δράσεις καλύπτονται από τις σχετικές κανονιστικές διατάξεις.



Σχήμα 4. Σύγκριση ελαστικών φασμάτων οριζόντιας επιτάχυνσης (NS and EW component) στην θέση καταγραφής PRE2 με φάσματα Κανονισμών 1959-1985 και ΕΑΚ2003 για έδαφος κατηγορίας Β και Γ (απόσβεση 5%).



Σχήμα 5. Σύγκριση ελαστικών φασμάτων οριζόντιας επιτάχυνσης (NS, EW comp.) στην θέση καταγραφής PRE2 με φάσματα EC8 για έδαφος κατηγορίας Β και C (απόσβεση 5%).

3. Απόκριση των κατασκευών

Η πληγείσα περιοχή εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II του αντισεισμικού κανονισμού ΕΑΚ2003 και έχει ορισθεί ως σεισμική επιτάχυνση εδάφους **24%** της επιτάχυνσης της βαρύτητας. Επίσης με βάση τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 ο νομός Πρέβεζας ανήκει στη ζώνη σεισμικότητας II, για την οποία ίσχυαν οι ακόλουθες τιμές συντελεστών σεισμικής επιβάρυνσης ανάλογα με την επικινδυνότητα των εδαφών: Επικινδυνότητα μικρή (α): **0.06**, Επικινδυνότητα μεσαία (β): **0.08**, Επικινδυνότητα μεγάλη (γ): **0.12**. Σημειώνεται δε ότι με βάση τα πρόσθετα άρθρα του 1984 οι παραπάνω συντελεστές έπρεπε να πολλαπλασιαστούν με 1.5 όταν η σπουδαιότητα των κτιρίων κρίνονταν μεγάλη.



Σύμφωνα με σχετικές εικόνες οι βλάβες εντοπίζονται σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία. Στις κατασκευές αυτές παρατηρούνται ανατροπές και πτώσεις τοιχοποιιών των άνω ορόφων. Τα κτίρια με βλάβες ήταν είτε ακατοίκητα είτε μεγάλης παλαιότητας. Οι αστοχίες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα την πρόκληση βλάβης σε παρακείμενα αυτοκίνητα. Για τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν αναφέρονται σημαντικές αστοχίες αλλά μόνο αποκολλήσεις τοιχοποιιών πλήρωσης από τα περιβάλλοντα πλαίσια οπλισμένου σκυροδέματος. Συνήθεις αστοχίες ήταν επίσης η ανατροπή και πτώση αντικειμένων εντός των καταστημάτων και κατοικιών. Λόγω αυτής της κατάστασης προκλήθηκαν τραυματισμοί σε κατοίκους της περιοχής.

Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία οι μεγαλύτερες ζημιές σε κατοικίες, εντοπίζονται στα χωριά Καναλάκι, την Γλυκή, την Ποταμιά, την Κυψέλη, τη Σκαφιδωτή και το Σκοτεινό. Σοβαρά προβλήματα από πτώσεις βράχων έχουν δημιουργηθεί σε πολλά σημεία του οδικού δικτύου, ειδικά του επαρχιακού. Μεγάλο τμήμα της περιοχής παραμένει χωρίς ρεύμα από βλάβη που έχει προκληθεί στο δίκτυο. Στις παρακάτω εικόνες (1-6) παρουσιάζονται ενδεικτικές βλάβες από την ευρύτερη επικεντρική περιοχή του σεισμού.

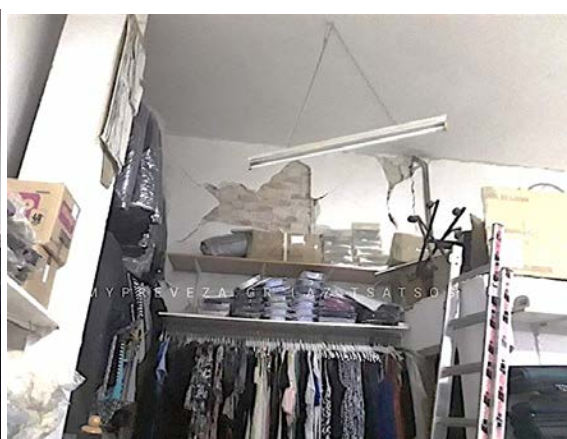
Σύμφωνα με το κλιμάκιο της ΔΑΕΦΚ Βορείου Ελλάδας και την Περιφέρεια Ηπείρου, στην Παραμυθιά από την πρώτη μέρα των αυτοψιών προέκυψαν 10 κατοικίες ακατοίκητες όλες μονοκατοικίες από φέρουσα τοιχοποιία με σοβαρές αστοχίες. Το κλιμάκιο της ΔΑΕΦΚ είναι επί τόπου από της 21/3/20 το πρωί για αυτοψίες (πρωτοβάθμιος έλεγχος) σε κατοικήσιμα μη κατοικήσιμα, με βάση το έντυπο που αρχικά διαχωρίζει τις κατοικίες σε κατοικήσιμες και μη ενώ οι έλεγχοι θα συνεχισθούν και τις επόμενες ημέρες. Η Παραμυθιά βρίσκεται στην επικεντρική περιοχή και οι κατοικίες που αστόχησαν είναι κυρίως κτισμένες πριν τον 2ο παγκόσμιο πόλεμο, χωρίς καμμία αντισεισμική πρόβλεψη. Τόσο τα νέα κτίρια όσο και αυτά που κτίσθηκαν με τους παλαιότερους αντισεισμικούς κανονισμούς δεν υπέστησαν βλάβες από τις σεισμικές δράσεις. Για τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν αναφέρθηκαν σημαντικές αστοχίες αλλά μόνο αποκολλήσεις τοιχοποιιών πλήρωσης από τα φαντώματα των πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος



Εικόνα 1. Ανατροπή τοιχοποιίας ορόφου σε κτίριο από φέρουσα τοιχοποιία (πηγή Flash.gr).



Εικόνα 2. Πτώση υλικού από ράφια καταστήματος (πηγή Flash.gr).



Εικόνες 3,4. Αποκόλληση τοιχοποιίας πλήρωσης από το περιβάλλον πλαίσιο οπλισμένου σκυροδέματος.



Εικόνες 5,6. Πτώση τοιχοποιιών από ορόφους σε δρόμο και αυτοκίνητο (πηγή, +PLUS.GR).



4. Προκαταρκτικά συμπεράσματα

- Από την εφαρμογή εμπειρικών σχέσεων πρόβλεψης των εδαφικών σεισμικών κινήσεων προέκυψε ότι οι μέγιστες τιμές εδαφικής επιτάχυνσης στην ευρύτερη επικεντρική περιοχή, δεν υπερέβησαν την τιμή 10% της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g).
- Λαμβάνοντας υπόψη εμπειρικές σχέσεις μήκους ρήγματος-μεγέθους σεισμού (Παπαζάχος και Παπαζάχου 2003) μπορούμε να εκτιμήσουμε με ικανοποιητικό επίπεδο εμπιστοσύνης ότι ο σεισμός M5.6 ήταν ο κύριος σεισμός που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο σεισμικό ρήγμα.
- Τα φάσματα σχεδιασμού των σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών καλύπτουν τις σεισμικές δράσεις που αναπτύχθηκαν από το σεισμό της 21/3/2020 (M5.6).
- Οι βλάβες εντοπίζονται σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία ενώ για τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν αναφέρθηκαν σημαντικές αστοχίες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το δίκτυο του ΙΤΣΑΚ, Μ.Ε. ΟΑΣΠ, εγκαταστάθηκε και παρακολουθείται σε στενή συνεργασία της τ. Διεύθυνσης Τεχνικής Σεισμολογίας και του Εργαστηρίου του ΙΤΣΑΚ. Η MSc Πληροφορικός Κ. Κωνσταντινίδου Κυριακή και ο Πολιτικός Μηχανικός Στρ. Ζαχαρόπουλος έχουν την ευθύνη για την εύρυθμη 24ωρη λειτουργία του δικτύου Η/Υ του ΙΤΣΑΚ και την επαφή με το δίκτυο SYZEFXIS για τη μεταφορά δεδομένων στο Υπολογιστικό Κέντρο του ΙΤΣΑΚ στη Θεσσαλονίκη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κωνσταντινίδου, Κ., Ν. Θεοδουλίδης, Β. Μάργαρης, Χρ. Παπαϊωάννου και Α. Σαββαΐδης (2016): Δεδομένα & Υπηρεσίες για Εκτίμηση Σεισμικών Δράσεων Σχεδιασμού και Βλαβών σε Πραγματικό Χρόνο στον Ελληνικό Χώρο, Πρακτ. Πανελλήνιο Συνέδριο Σκυροδέματος «Κατασκευές από Σκυρόδεμα», Θεσσαλονίκη, 10-12 Νοεμ. 2016.
- Παπαζάχος, Β.Κ. και Κ.Β. Παπαζάχου (2003). Σεισμοί της Ελλάδας Γ' Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη σελ. 286.
- Ganas A., Oikonomou I.A. and Tsimi (2013). NOA faults: a digital database for active faults in Greece. Bull. Geol. Soc. Gr, **47**, 518-530, <http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.11079>
- King J., D. Sturdy and J. Whitney (1993). The landscape geometry and active tectonics of northwest Greece Bull. Geol. Soc. Am., **105**, 137-161 doi: 10.1130/0016-7606.