

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ
ΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ 12^{ΗΣ} ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2009 ΠΑΤΡΑ

ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΓΕΦΥΡΑΣ
“ΧΑΡΙΛΑΟΣ ΤΡΙΚΟΥΠΗΣ”
(πρώην ΡΙΟΥ-ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ)

Δρ. Παναγιώτης ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΣ
Αντιπρόεδρος & Διευθύνων Σύμβουλος, ΓΕΦΥΡΑ ΑΕ

Άρης ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ-ΒΛΑΜΗΣ
Διευθυντής Δομικής Συντήρησης, ΓΕΦΥΡΑ ΑΕ

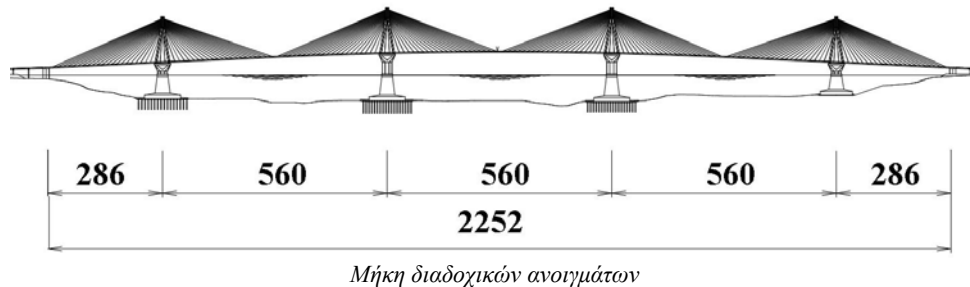
Άκης ΠΑΝΑΓΗΣ
Μηχανικός Ενόργανης παρακολούθησης, ΓΕΦΥΡΑ ΑΕ

Περίληψη

Η ενόργανη παρακολούθηση είναι ένα σχετικά νέο εργαλείο ιδιαίτερα χρήσιμο για τον έλεγχο της συμπεριφοράς ενός δομικού έργου. Η Γέφυρα “Χαρίλαος Τρικούπης” λόγω της σπουδαιότητάς της ενσωματώνει στο πρόγραμμα συντήρησης και διαχείρισης την ενόργανη παρακολούθηση ως αναπόσπαστο τμήμα της. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι στόχοι και οι παράμετροι που καθόρισαν τον σχεδιασμό του συστήματος ενόργανης παρακολούθησης. Επίσης γίνεται μια διεξοδική παρουσίαση του συστήματος από το επίπεδο των αισθητήρων έως την επεξεργασία και διαχείριση των αποκτηθέντων πληροφοριών. Τέλος, σημαντική παράμετρος είναι η διαρκής συντήρηση και παρακολούθηση του ίδιου του συστήματος ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των καταγραφών και η αποτελεσματικότητα του συστήματος.

1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΥΡΙΑΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

1.1 Βασικά χαρακτηριστικά



Η Γέφυρα “Χαρίλαος Τρικούπης” (πρώην Ρίου-Αντιρίου) αποτελεί τμήμα του οδικού άξονα της Δυτικής Ελλάδας και συνδέει την Πελοπόννησο με την Κεντρική Ελλάδα.

Η παραχωρησιούχος εταιρία ΓΕΦΥΡΑ ΑΕ αποτελείται από τη γαλλική εταιρεία VINCI Concessions SAS (57,45%) και άλλες 3 ελληνικές εταιρίες (ΑΚΤΩΡ Παραχωρήσεις ΑΕ, J&P-ΑΒΑΞ ΑΕ, ΑΘΗΝΑ ΑΤΕ) χρηματοδότησε, μελέτησε, κατασκεύασε και διαχειρίζεται μια καλωδιωτή γέφυρα πολλαπλών (5) ανοιγμάτων με τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

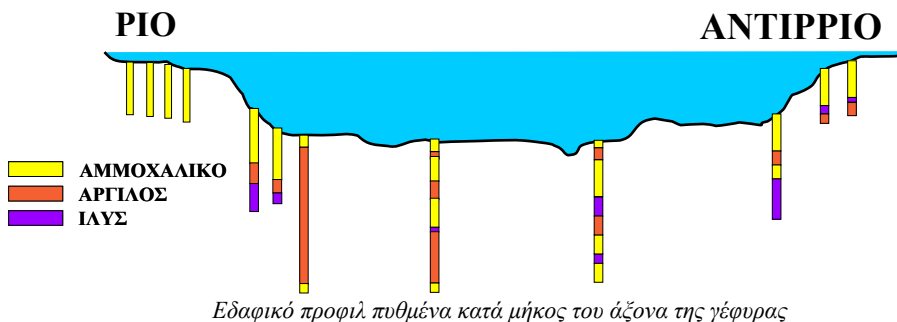
- Αβαθής θεμελίωση σε ενισχυμένο (με μεταλλικά ενθέματα) έδαφος/πυθμένα.
- 4 πυλώνες από Ο/Σ ανά 560 μ, ύψους από 189 έως 227 μ και 2 μεταλλικά αμφιαρθρωτά ακρόβαθρα.
- Κατάστρωμα σύμμικτης διατομής και συνεχούς (χωρίς αρμούς ενδιάμεσα) μήκους 2.2 χλμ, πλήρως αναρτώμενο από την κορυφή των 4 πυλώνων μέσω 368 καλωδίων μήκους από 79 έως 295 μ.
- Εξοπλισμός
 - Αρμοί συστολής/διαστολής υπάρχουν μόνο στα δύο άκρα του καταστρώματος. Οι συγκεκριμένοι αρμοί μπορούν να παραλάβουν σε λειτουργικότητα (SLS) μετατοπίσεις μέχρι και +1,26/-1,15 μ (στην διεύθυνση του άξονα της γέφυρας). Στην οριακή κατάσταση (ULS) ο αρμός μπορεί να παραλάβει μετακινήσεις +2,81/-2,2 μ (επιμήκυνση/βράχυνση ανοίγματος) στην διαμήκη διεύθυνση και ±2,5μ στην εγκάρσια διεύθυνση χωρίς κατάρρευση.
 - Σύστημα σεισμικής απόσβεσης: Στην εγκάρσια κατεύθυνση το κατάστρωμα ενώνεται με τους πυλώνες και τα 2 μεταλλικά ακρόβαθρα με σύστημα σεισμικής απόσβεσης. Αποτελείται από 4 υδραυλικούς αποσβεστήρες σε κάθε πυλώνα και 2 σε κάθε ακραία στήριξη του καταστρώματος. Υπό τα φορτία λειτουργίας το κατάστρωμα συγκρατείται πλευρικά σε 6 σημεία (4 πυλώνες και 2 ακρόβαθρα)

μέσω μεταλλικών αμφιαρθρωτών ράβδων. Σε περίπτωση υπέρβασης των φορτίων λειτουργίας ($>10.500\text{kN}\pm 10\%$ για τους πυλώνες και $>3.400\text{kN}\pm 10\%$ για τα ακρόβαθρα) το κατάστημα απελευθερώνεται με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του συστήματος απόσβεσης.

1.2 Περιβαλλοντικές/Γεωμορφολογικές συνθήκες

Ο σχεδιασμός έπρεπε να αντιμετωπίσει έναν εξαιρετικά δυσμενή συνδυασμό περιβαλλοντικών και γεωμορφολογικών συνθηκών όπως:

- Εξαιρετικά ασθενείς εδαφικές αποθέσεις στον θαλάσσιο πυθμένα το βάθος των οποίων ξεπερνά τα 500 μ.
- Η στάθμη θεμελίωσης βρίσκεται σε βάθος μέχρι 65 μ κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Υψηλή σεισμικότητα και ισχυροί άνεμοι
- Μόνιμες τεκτονικές μετακινήσεις.



1.3 Φορτία σχεδιασμού

Οι βασικές παράμετροι που καθόρισαν τον σχεδιασμό της γέφυρας Χαρίλαος Τρικούπης είναι οι ακόλουθες:

- Περίοδος επαναφοράς 2000 ετών του σεισμού σχεδιασμού. Η πιθανότητα υπέρβασης του συγκεκριμένου σεισμού στα 120 χρόνια (περίοδος λειτουργίας) είναι 5%.
- Τεκτονικές μετακινήσεις μέχρι 2m προς κάθε διεύθυνση ανάμεσα σε διαδοχικούς πυλώνες.
- Ταχύτητες ανέμου μέχρι 266 km/h
- Πρόσκρουση πλοίου 180000 τόνων με ταχύτητα 16 κόμβων.

2. ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΔΟΜΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Στόχος της ενόργανης δομικής παρακολούθησης μιας κατασκευής είναι η απόκτηση πληροφοριών σχετικά με την απόκριση/συμπεριφορά σημαντικών στοιχείων του δομήματος υπό τη δράση εξωτερικών φορτίων (κυκλοφοριακά φορτία, άνεμος, σεισμός κλπ) οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- Διασφάλιση ασφαλούς χρήσης και λειτουργίας
- Χαρακτηρισμός των φορτίων που καταπονούν μία κατασκευή (σεισμός, ισχυρός άνεμος, φορτία κυκλοφορίας)
- Επιβεβαίωση των παραδοχών σχεδιασμού.
- Έλεγχο της δομικής της επάρκειας και τον καθορισμό των βέλτιστων επεμβάσεων (διαρκής παρακολούθηση κατάλληλων παραμέτρων).
- Λήψη αποφάσεων σχετικά με την ασφαλή λειτουργία της σε περιπτώσεις υπέρβασης των λειτουργικών φορτίων (π.χ ασφάλεια χρήσης μετά από σεισμό)

Οι στόχοι που καλείται να εκπληρώσει ένα σύστημα ενόργανης δομικής παρακολούθησης είναι και αυτοί που καθορίζουν τον σχεδιασμό του ίδιου του συστήματος. Η επιλογή των υπό παρακολούθηση μεγεθών (επιταχύνσεις, δυνάμεις, μετατοπίσεις κλπ), καθώς και ο τρόπος/μέθοδος παρακολούθησης/καταγραφής που θα επιλεγεί είναι σε άμεση σχέση με τις φορτίσεις που αναμένεται να καταπονήσουν την κατασκευή.

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος δεν μπορεί παρά να είναι προϊόν μιας ανάλυσης επικινδυνότητας διαφόρων αναμενόμενων και μη φορτίσεων/καταστάσεων ώστε να εξασφαλιστεί η αποδοτικότητά του.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα διάφορα μεγέθη που παρακολουθούνται στη γέφυρα “Χαρίλαος Τρικούπης”, οι παράμετροι που επιβάλουν την μέτρηση του συγκεκριμένου μεγέθους καθώς και εκτίμηση του εύρους τιμών που αναμένεται.

Μέγεθος	Παράγοντας Επιρροής/ Στόχος παρακολούθησης	Αναμενόμενο εύρος τιμών και λοιπά χαρακτηριστικά
Ταχύτητα ανέμου Διεύθυνση ανέμου	Χαρακτηρισμός φορτίων ανέμου	0-50 m/sec (0-180 χω)
Θερμοκρασία/ σχετική υγρασία αέρα	Χαρακτηρισμός περιβαλλοντικών συνθηκών	50°C(25°C θερμ. αναφοράς) RH=70%
Θερμοκρασία καταστρώματος	Απόκριση καταστρώματος από θερμικά φορτία	1070mm (συνολικά)
Επιτάχυνση Καταστρώματος	Απόκριση σε σεισμό/ισχυρό άνεμο	<2,7g Σεισμός <0,4g Ισχυρός Ανεμος 0,14 έως 0,77 Hz (40 πρώτες

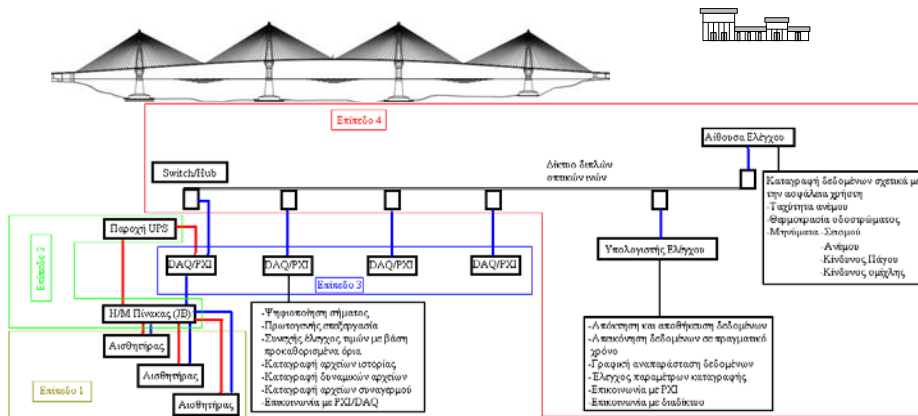
		ιδιοσυχνότητες)
Επιτάχυνση πυλώνων	Απόκριση σε σεισμό	<1,9g στην κορυφή <1,9g στην στάθμη του καταστώματος <1,0 g στην βάση
Επιτάχυνση Εδάφους	Χαρακτηρισμός Σεισμικών φορτίων	Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση 0,48g
Επιτάχυνση Καλωδίων	Απόκριση σε ισχυρό άνεμο	Θεμελειώδεις συχνότητες καλωδίων 0,45 έως 1,23 Hz
Δυνάμεις καλωδίων	Απόκριση σε σεισμό/άνεμο/φορτία κυκλοφορίας	75% Fguts-199 kN
Άνοιγμα/κλείσιμο αρμών διαστολής	Απόκριση σε σεισμό/άνεμο/θερμοκρασιακές μεταβολές	+1260/-1150 mm
Δυνάμεις στις ράβδους σύνδεσης καταστρώματος-πυλώνων	Απόκριση σε σεισμό/άνεμο/τεκτονική μετακίνηση	Δύναμη απελευθέρωσης καταστώματος 10000 kN
Θερμοκρασία οδοστρώματος	Ασφάλεια Χρήστη έναντι πάγου	
Ανίχνευση νερού στην βάση του πυλώνα		

3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΟΡΓΑΝΗΣ ΔΟΜΙΚΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Η επιλογή των υπό παρακολούθηση μεγεθών καθώς και η εκτίμηση του εύρους των τιμών είναι καθοριστικές για την επιλογή τόσο των αισθητήρων όσο και της συνολικής φιλοσοφίας σχεδιασμού του συστήματος δομικής παρακολούθησης.

Η βασική δομή του συστήματος ενόργανης παρακολούθησης της γέφυρας “Χαρίλαος Τρικούπης” περιλαμβάνει τα εξής επίπεδα:

1. Αισθητήρες μέτρησης επιλεγόμενου μεγέθους
2. Σύστημα τροφοδοσίας (παροχής απαιτούμενης ισχύος λειτουργίας αισθητήρων) και μεταφοράς μετρούμενου σήματος.
3. Ψηφιοποίηση/Πρωτογενής επεξεργασία σημάτων
4. Δίκτυο επικοινωνίας και διαχείριση ψηφιοποιημένων σημάτων.



3.1 Επίπεδο 1: Αισθητήρες

Η ενοργάνωση της γέφυρας χρειάζεται ένα σύνολο διαφορετικών αισθητήρων η πλειοψηφία των οποίων παράγει αναλογικό σήμα το οποίο ψηφιοποιείται στο επίπεδο 3. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται το είδος του αισθητήρα, ο συνολικός αριθμός και το εύρος καταγραφής τους.

Αισθητήρες	Αριθμός	Μέγεθος	Χαρακτηριστικά
3D Μετεωρολογικοί Σταθμοί	2	Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου	0~60 m/sec
Επιταχυνσιογράφοι εδάφους	2	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: $\pm 3g$

			(ακτές Ρίου, Αντιρρίου)
Επιταχυνσιογράφοι πυλώνων	12	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: $\pm 3g$ (βάση βάθρου) Εύρος Επιτάχυνσης: $\pm 20g$ (βάση πυλώνα και κορυφή)
Επιταχυνσιογράφοι καταστρώματος	15	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D και 1D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: $\pm 3g$
Επιταχυνσιογράφοι καλωδίων	13	Επιτάχυνση σε τρεις άξονες	3D επιταχυνσιογράφοι Εύρος συχνοτήτων: 0~100Hz Εύρος Επιτάχυνσης: $\pm 3g$
Παραμορφωσιόμετρα στις ράβδους σύνδεσης πυλώνα καταστρώματος	4	Ανηγγμένη παραμόρφωση & υπολογισμός δύναμης	Εύρος: $\pm 1500\mu strain$ $\pm 17000KN$
Δυναμοκυψέλες στα καλώδια	16	Δύναμη	Γραμμική συμπεριφορά έως 320 kN
Μαγνητικά μηκηνσιόμετρα στους αρμούς	2	Μετακίνηση	Μέγιστο Εύρος 3 m
Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας οδοστρώματος	4	Θερμοκρασία	-50 έως +50 °C
Αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας καταστρώματος	5	Θερμοκρασία	-20 έως +80 °C

Το σύνολο των καναλιών καταγραφής ξεπερνά τα 300.



Μετεωρολογικός σταθμός



Αισθητήρες παραμόρφωσης στις
ράβδους σύνδεσης
καταστρώματος



Δυναμοκυψέλες καλωδίων



Επιταχυνσιογράφοι

3.2 Επίπεδο 2: Τροφοδοσία και μεταφορά σήματος



Ηλεκτρολογικός πίνακας

Για κάθε ομάδα αισθητήρων που τοποθετούνται σε συγκεκριμένο τμήμα της γέφυρας αντιστοιχεί μία μονάδα ηλεκτρικού πίνακα από το οποίο τροφοδοτούνται και στον οποίο καταλήγει το παραγόμενο αναλογικό σήμα.

3.3 Επίπεδο 3: Ψηφιοποίηση και επεξεργασία σήματος



Το αναλογικό σήμα που παράγεται από κάθε αισθητήρα οδηγείται στην

μονάδα ψηφιοποίησης που υπάρχει σε κάθε πυλώνα. Στην μονάδα αυτή το σήμα θα καταγραφεί σε διαχειρίσιμη μορφή από το λειτουργικό σύστημα και θα μεταδοθεί προς το επόμενο επίπεδο διαχείρισης.

Μονάδα ψηφιοποίησης και καταγραφής δεδομένων

3.4 Επίπεδο 4: Δίκτυο επικοινωνίας και διαχείριση δεδομένων



Για τη μεταφορά και τη διαχείριση των πληροφοριών που καταγράφονται υπάρχει ένα τοπικό δίκτυο διπλών οπτικών ινών ώστε να εξασφαλίζεται η σε πραγματικό χρόνο μετάδοση των δεδομένων.

Δίκτυο διπλών οπτικών ινών

4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η σωστή και αποτελεσματική καταγραφή δεδομένων είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους ενός συστήματος ενόργανης δομικής παρακολούθησης δεδομένου ότι το σύνολο της πληροφορίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί περιέχεται στα αρχεία καταγραφής.

Με στόχο λοιπόν την βέλτιστη χρήση της πληροφορίας που μπορεί να αποκτηθεί από τα μεγέθη που παρακολουθούνται, η καταγραφή των δεδομένων γίνεται στις ακόλουθες 2 μορφές:

- Αρχεία ιστορίας διαφορετικής συχνότητας καταγραφής
- Δυναμικά αρχεία

Ο κάθε τύπος αρχείων (καταγραφής) εξυπηρετεί διαφορετικούς στόχους και προσφέρει συγκεκριμένο τύπο πληροφορίας.

4.1 Αρχεία ιστορίας

Στα αρχεία ιστορίας καταγράφονται αυτομάτως σε προεπιλεγμένα τακτά διαστήματα οι μέσες τιμές (0,5 δευτ.) του συνόλου των μετρούμενων μεγεθών και ταξινομούνται ανάλογα με την συχνότητα καταγραφής δεδομένων σε:

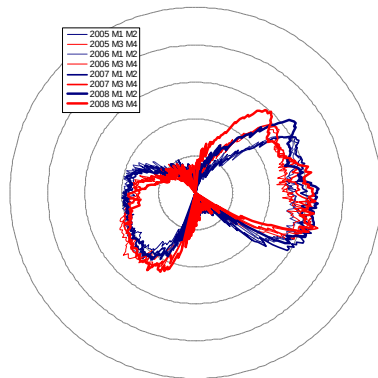
- Ετήσια αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 2 ώρες)
- Μηνιαία αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 30 λεπτά)
- Εβδομαδιαία αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 5 λεπτά)
- Ημερήσια αρχεία ιστορίας (καταγραφή κάθε 30 δευτερόλεπτα)

Ο διαχωρισμός αυτός με βάση την συχνότητα καταγραφής εξυπηρετεί την επεξεργασία των τιμών προσφέροντας ευελιξία στον τρόπο διαχείρισής τους.

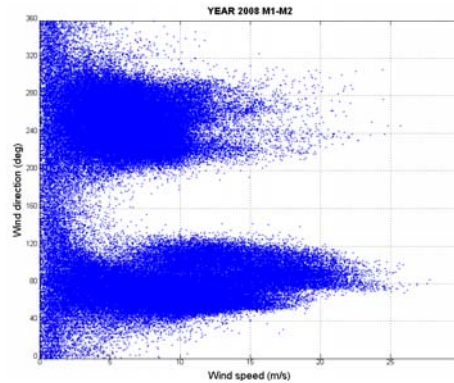
Τα αρχεία αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην παρακολούθηση φαινομένων που η εξέλιξή τους είναι σχετικά αργή όπως:

- Χαρακτηρισμός περιβαλλοντικών φορτίων (άνεμος, θερμοκρασία κλπ)
- Επίδραση θερμοκρασιακών μεταβολών στην ένταση/παραμόρφωση του φορέα.
- Επίδραση ανέμου στην ένταση του φορέα (εξαιρείται η δυναμική απόκριση της κατασκευής)
- Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης του σύμμικτου καταστρώματος

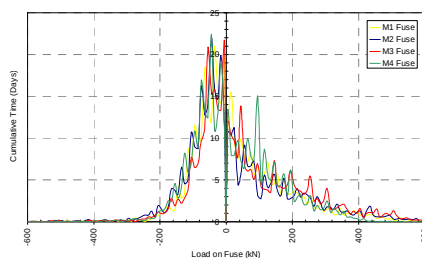
Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζονται ενδεικτικά επεξεργασμένα αποτελέσματα που προκύπτουν από ανάλυση αρχείων ιστορίας και αφορούν την κατηγοριοποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών (άνεμος) και την επίδρασή του στις μετρούμενες πλευρικές δυνάμεις καταστρώματος.



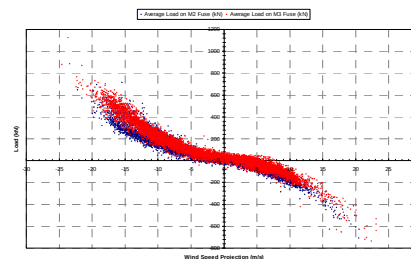
Υπολογισμός μέσης ταχύτητας ανέμου ανα διεύθυνση



Γραφική απεικόνιση ταχύτητας ανέμου σε σχέση με την διεύθυνση τους



Υπολογισμός χρονικής εμφάνισης πλευρικών φορτίων καταστώματος



Υπολογισμός επιρροής ανέμου στην πλευρική δύναμη καταστώματος

4.2 Δυναμικά αρχεία

Στα δυναμικά αρχεία καταγράφεται το σύνολο των μετρούμενων μεγεθών με ρυθμό καταγραφής τα 100Hz. Η διάκριση των αρχείων αυτών γίνεται με βάση την αιτία δημιουργίας τους ως εξής:

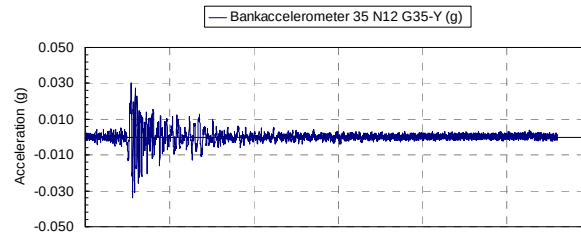
- Αυτόματα (η καταγραφή τους γίνεται αδιάλειπτα κάθε 2 ώρες)
- Συναγερμού (η καταγραφή τους ξεκινά από υπέρβαση ενός ορίου που έχει τεθεί ανά μετρούμενο μέγεθος και συμπεριλαμβάνει και συγκεκριμένο χρονικό διάστημα προ του συναγερμού)
- Εξ απαίτησης (η καταγραφή τους μπορεί να ξεκινήσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή από τον Χρήστη)

Τα δυναμικά αρχεία είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τον υπολογισμό της δυναμικής απόκρισης της κατασκευής καθώς η συχνότητα καταγραφής (100Hz) επιτρέπει την αποτύπωση όλου του χρήσιμου φάσματος συχνοτήτων απόκρισης της κατασκευής. Μέσω αυτών των αρχείων μπορούν να μελετηθούν τα εξής φαινόμενα:

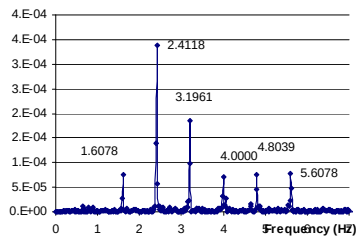
- Σεισμική απόκριση της κατασκευής
- Χαρακτηρισμός του επιπέδου της σεισμικής έντασης (δημιουργία φάσματος απόκρισης)

- Μέτρηση των δυναμικών χαρακτηριστικών της κατασκευής (π.χ. ιδιοσυχνότητες ταλάντωσης, ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης κλπ) και επαλήθευση των θεωρητικών εκτιμήσεων
- Δυναμική απόκριση της κατασκευής υπό άνεμο

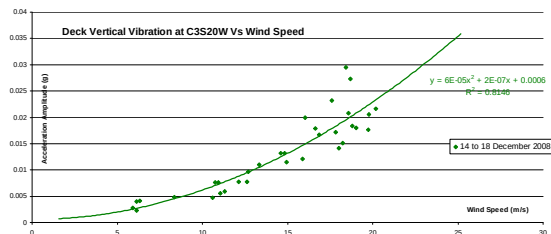
Ακολουθεί στα επόμενα σχήματα συνοπτική παρουσίαση δυναμικών καταγραφών και επεξεργασμένων αποτελεσμάτων αυτών.



Δυναμική καταγραφή επιτάχυνσης εδάφους σε σεισμό



Αναγνώριση ιδιοσυχνοτήτων καλωδίου
(Fourier)



Σχέση μέγιστης επιτάχυνσης καταστρώματος
(κατακόρυφη συνιστώσα) με την ταχύτητα ανέμου

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τακτική καταγραφή δυναμικών αρχείων (αυτόματα) εξασφαλίζει και τον έλεγχο της ποιότητας του καταγραφόμενου δυναμικού σήματος.

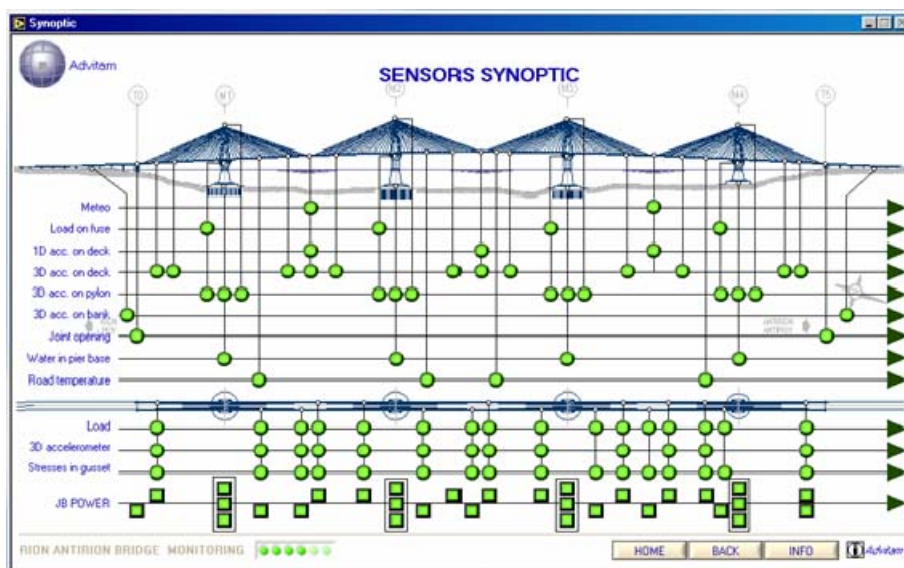
5. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η συνολική διαχείριση και εποπτεία του συστήματος ενόργανης δομικής παρακολούθησης στηρίζεται σε ένα εξειδικευμένο λογισμικό το οποίο μπορεί να δώσει με σαφήνεια τις απαιτούμενες πληροφορίες αλλά και εξασφαλίζει τον πλήρη έλεγχο όλων των παραμέτρων που απαιτούνται. Η ανάπτυξη του λογισμικού έχει γίνει σε Labview, γλώσσα που έχει αναπτυχθεί από την National Instrument προσανατολισμένη σε αντίστοιχες εφαρμογές.

Οι βασικές λειτουργίες που εκτελούνται μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού είναι:

- Συνοπτική παρουσίαση όλων των μετρούμενων μεγεθών που υπερβαίνουν τα αντίστοιχα όρια που τους έχουν τεθεί.
- Παρουσίαση σε πραγματικό χρόνο των μετρούμενων τιμών
- Δυνατότητα γραφικής απεικόνισης και επεξεργασίας όλων των αρχείων καταγραφής που δημιουργούνται.
- Καταγραφή όλων των συμβάντων ώστε να μπορεί να γίνεται αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος.
- Δυνατότητα καθορισμού όλων των ορίων συναγερμού για κάθε μετρούμενο μέγεθος.
- Δυνατότητα επιλογής όλων των παραμέτρων καταγραφής (όπως συχνότητα και διάρκεια καταγραφής) μέσα στα όρια που τίθενται από τον εκάστοτε αισθητήρα/επεξεργαστή.
- Δυνατότητα να επαναπροσδιοριστεί η βαθμονόμηση του σήματος (συντελεστές κλίμακας (scale) και αντιστάθμισης (offset)) για κάθε καταγραφόμενο μέγεθος.
- Εξασφαλίζει την επικοινωνία με τους υπολογιστές καταγραφής ώστε να υπάρχει δυνατότητα διαχείρισής τους από απόσταση.
- Παροχή όλων των απαιτούμενων πληροφοριών στο Κέντρο Ελέγχου που αφορά την ασφάλεια των Χρηστών.

Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού που αντιστοιχεί σε διάφορες λειτουργίες του.



Απεικόνιση της κατάστασης του συνόλου των αισθητήρων. Η χρωματική απεικόνιση μεταβάλλεται σε πραγματικό χρόνο (πράσινο σε κόκκινο) ανάλογα με το εάν έχει ξεπεραστεί το εκάστοτε όριο συναγερμού κάθε καταγραφόμενου μεγέθους.

Sensor measure parameterization

Advitam

M1 SENSOR MEASURE PARAMETERIZATION

Stay Acc. | Strain gages (1) | Strain gages (2) | Load cells | Deck Acc. | Pylon Acc. | Bank Acc. | Joint | Temperatures | JB power | Load fuse

Signal	Location	Sensor ref.	Channel name	Channel ref.	unit	a	b	c	d	formula ref.	offset	Hight aberrant signal	Low aberrant signal	Aberrant signal variation	Measure
0.006	1518E	2779-X	X	E3-X	g	0	0	1.04932	0	1	0.055	0	0	0	-0.049 Offset
0.015	1518E	2779-Y	Y	E3-Y	g	0	0	-1.0298	0	1	-0.012	0	0	0	-0.003 Offset
-0.958	1518E	2779-Z	Z	E3-Z	g	0	0	-1.0449	0	1	0.991	0	0	0	0.010 Offset
0.378	1518W	2778-X	X	E4-X	g	0	0	1.04932	0	1	0.004	0	0	0	0.392 Offset
0.265	1518W	2778-Y	Y	E4-Y	g	0	0	-1.0266	0	1	0.097	0	0	0	-0.369 Offset
-0.409	1518W	2778-Z	Z	E4-Z	g	0	0	-1.0298	0	1	0.904	0	0	0	-0.482 Offset
0.036	1N17E	2774-X	X	E7-X	g	0	0	-0.9950	0	1	0.004	0	0	0	-0.039 Offset
0.272	1N17E	2774-Y	Y	E7-Y	g	0	0	1.03842	0	1	0.221	0	0	0	0.061 Offset
-0.902	1N17E	2774-Z	Z	E7-Z	g	0	0	-1.0298	0	1	0.971	0	0	0	-0.042 Offset
0.201	M1M2W	2644-X	X	E9W-X	g	0	0	-0.9891	0	1	0.019	0	0	0	-0.218 Offset
0.328	M1M2W	2644-Y	Y	E9W-Y	g	0	0	0.98814	0	1	0.098	0	0	0	0.227 Offset
-0.597	M1M2W	2644-Z	Z	E9W-Z	g	0	0	-1.0214	0	1	0.867	0	0	0	-0.257 Offset
-0.991	M1M2E	6116-Z	Z	D9E-Z	g	0	0	-1.0482	0	1	1.005	0	0	0	0.034 Offset

SAVE

RION ANTIION BRIDGE MONITORING

MODES HOME BACK INFO Advitam

Πίνακας εισαγωγής συντελεστών προσαρμογής στο μετρούμενο σήμα

Acquisition & alert parameters

Advitam

Acquisition and record on alert parameters

Frequencies

Acquisition frequency	500	Hz
Detection frequency	100	Hz
Record frequency	100	Hz

Duration

Record duration	50	seconds
Pre trigger	5	seconds

Threshold smoothing

Threshold smoothing period	600	seconds
----------------------------	-----	---------

Update parameters 

SAVE

RION ANTIRION BRIDGE MONITORING

MODES  

HOME BACK INFO 

Πίνακας εισαγωγής παραμέτρων καταγραφής δυναμικών αρχείων

6. ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η έως τώρα επιτυχημένη διαχείριση του συνόλου των δεδομένων που αποκτούνται μέσω του συστήματος ενόργανης δομικής παρακολούθησης αποτελεί έναυσμα για την περαιτέρω βελτίωση και αυτοματοποίηση του συστήματος.

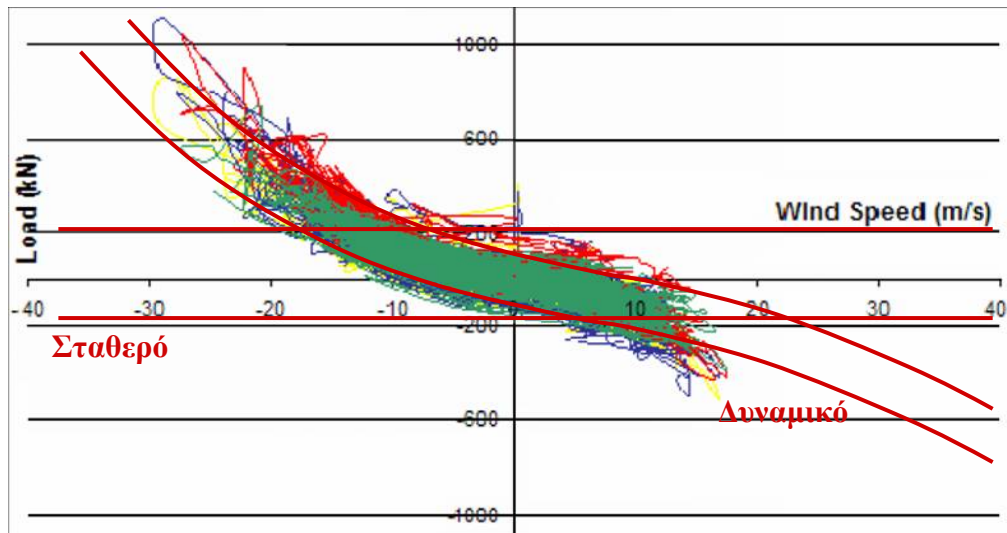
Οι τιθέμενοι υπό ανάπτυξη στόχοι μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία:

- Μείωση του πλήθους των καταγραφών στις ουσιωδώς χρήσιμες για την εξαγωγή όλων των απαιτούμενων πληροφοριών.
- Προσαρμογή των καταγραφών (διάρκεια/συχνότητα) στο είδος της εκάστοτε φόρτισης ώστε να είναι δυνατή η οποιαδήποτε ανάλυση σύμφωνα με τις προδιαγραφές εξειδικευμένων αναλυτών.
- Δυνατότητα αυτοδιάγνωσης του συστήματος καταγραφής και αυτόματη ενημέρωση για την ανάγκη και το επίπεδο εξωτερικής (ανθρώπινης) επέμβασης.
- Αναγνώριση, κατηγοριοποίηση εξαιρετικών γεγονότων (σεισμός/ ισχυρός άνεμος), αυτόματη παραγωγή εκθέσεων και ενημέρωση συγκεκριμένων τεχνικών ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων γίνεται μέσω ενός συνόλου «έξυπνων» αποφάσεων που μπορεί αυτόματα να λαμβάνονται χωρίς την ανθρώπινη μεσολάβηση.

Αναλυτικότερα, η μείωση του πλήθους των καταγραφών μπορεί να επιτευχθεί μέσω της επιλογής δυναμικών ορίων συναγερμού, τα οποία λαμβάνουν υπόψη την φυσική/αναμενόμενη συμπεριφορά της κατασκευής.

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η διαφορά ανάμεσα στα σταθερά και τα δυναμικά όρια συναγερμού. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το δυναμικό όριο λαμβάνει υπόψη του την μεταβολή της πλευρικής δύναμης του καταστρώματος σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου.

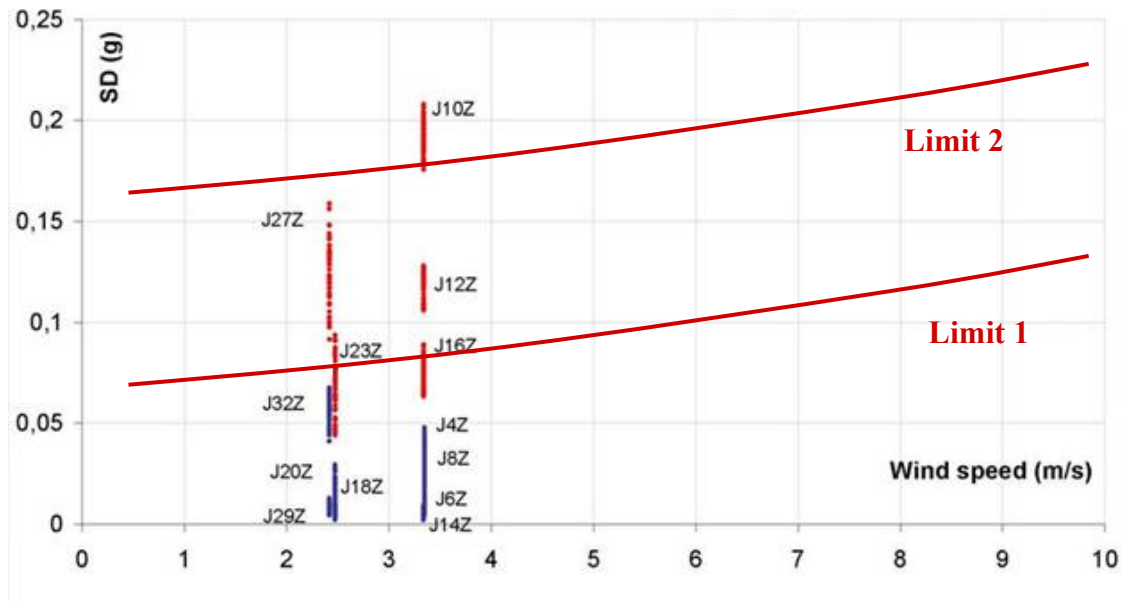


Σύγκριση σταθερών και δυναμικών ορίων συναγερμού

Τα κύρια χαρακτηριστικά για την προσαρμογή του συστήματος στις συγκεκριμένες απαιτήσεις που θέτει ένας ισχυρός άνεμος είναι:

- Αλλαγή της συχνότητας και της διάρκειας καταγραφής σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ανάλυσης (η αύξηση της διάρκειας επιδρά θετικά στην ποιότητα της πληροφορίας για τις χαμηλές ιδιοσυχνότητες όπως αυτές του καταστρώματος)
- Επαλήθευση του συμβάντος μέσω δυναμικά μεταβαλλόμενων ορίων και κανόνων που προκύπτουν από την πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής
- Αυτοματοποιημένη διαδικασία παρουσίασης των δεδομένων σε μορφή έκθεσης (όταν ξεπερνούνται τα προαναφερθέντα όρια) και ενημέρωση σχετικά με την διαχείριση της κυκλοφορίας.

Στο επόμενο γράφημα δίνεται ένα παράδειγμα επιβεβαίωσης της ταλάντωσης ενός καλωδίου (μέσω της ταυτόχρονης υπέρβασης των δυναμικών ορίων και από άλλα καλώδια). Η υπέρβαση του πρώτου ορίου οδηγεί στην δημιουργία δυναμικού αρχείου συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ενώ η υπέρβαση του δεύτερου ορίου θα σήμαινε την δημιουργία εκθέσεως με χρήσιμες και σχετικές πληροφορίες.



Χρήση δυναμικών ορίων για την επιβεβαίωση του συμβάντος και την προσαρμογή των σχετικών δυναμικών καταγραφών

Η αντίστοιχη λειτουργία για την περίπτωση σεισμικού γεγονότος θα προέβλεπε τα εξής:

- Αναγνώριση του σεισμικού γεγονότος σε πραγματικό χρόνο μέσω των μετρήσεων των επιταχυνσιογράφων.
- Κατηγοριοποίηση του γεγονότος με βάση την απόκριση της κατασκευής όπως αυτή μετρήθηκε από προκαθορισμένους αισθητήρες (πχ δυναμη στα καλώδια, πλευρικές δυνάμεις καταστρώματος κλπ)
- Σύνταξη έκθεσης με το σύνολο της πληροφορίας σχετικά με την απόκριση της γέφυρας
- Αυτόματη ενημέρωση μέσω διαφορετικών οδών (email, sms, ηχογραφημένο μήνυμα) συγκεκριμένων τεχνικών για την λήψη των απαραίτητων μέτρων
- Ενημέρωση του Κέντρου Ελέγχου της γέφυρας και πιθανή αυτόματη πρόταση για τον περιορισμό/κλείσιμο της κυκλοφορίας.
- Δημιουργία εντύπου με όλη την απαιτούμενη πληροφορία σχετικά με την απόκριση της κατασκευής.

7. ΔΙΑΡΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΓΙΑ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η πολυπλοκότητα ενός συστήματος διαρκούς ενόργανης παρακολούθησης το οποίο πρέπει να είναι σε θέση οποιαδήποτε στιγμή να παρέχει αξιόπιστες μετρήσεις, επιβάλλει την διαρκή και συνεπή συντήρηση και παρακολούθησή του.

Οι βασικοί άξονες που ακολουθούνται στη γέφυρα “Χαρίλαος Τρικούπης” για την συνεχή διασφάλιση της ποιότητας των αποτελεσμάτων είναι:

- Διαρκής παρακολούθηση των καταγραφών (δυναμικών και ιστορικών αρχείων)
- Καταγραφή κάθε παρατηρούμενης υποβάθμισης της ποιότητας των δεδομένων
- Ενημέρωση εξειδικευμένων τεχνικών για την αξιολόγηση και την επίλυση πιθανών προβλημάτων
- Ετήσιος πλήρης έλεγχος του συστήματος δομικής παρακολούθησης (επίπεδα 1 έως 3)
- Εξειδικευμένη συντήρηση κάθε 5 χρόνια με έλεγχο βαθμονόμησης όλων σχεδών των αισθητήρων.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι αυξημένες απαιτήσεις για την εξασφάλιση της δομικής υγείας μιας εξαιρετικά σημαντικής γέφυρας όπως η γέφυρα “Χαρίλαος Τρικούπης” είναι αυτές που επιβάλλουν την υιοθέτηση τεχνολογιών αιχμής. Σε αυτή την κατεύθυνση η ύπαρξη ενός συστήματος διαρκούς ενόργανης δομικής παρακολούθησης καθίσταται αναγκαία για τον προσδιορισμό ενός πλήθους παραμέτρων σημαντικών για την διαχείριση της γέφυρας. Συνοψίζοντας:

- Η ενόργανη δομική παρακολούθηση αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για την εξασφάλιση συνεχούς παρακολούθησης της δομικής υγείας της κατασκευής παρέχοντας εξαιρετικής σπουδαιότητας πληροφορίες που δεν μπορούν να αποκτηθούν διαφορετικά.
- Είναι σημαντική η συνεισφορά του στην διαχείριση και την καθημερινή λειτουργία της γέφυρας δίνοντας λεπτομερείς και ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια έναντι περιβαλλοντικών και άλλων φαινομένων σε πραγματικό χρόνο.