





پارت سازه

PART SAZE STRUCTURAL
ENGINEERING

شرکت مهندسی پارت سازه ساینار

شرکت دانش بنیان رسمی مورد تایید معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

مرکز رشد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

پایش سلامت سازه ای ساختمان ها

(بسته پیشنهادی بیمارستان ها)

دی ماه ۱۳۹۵

در این گزارش در ابتدا به معرفی مختصر شرکت دانش بنیان پارت سازه و بیان برخی فعالیت‌های آن در گذشته در زمینه پایش سلامت سازه‌ها می‌پردازیم و در ادامه به صورت مختصر در مورد برخی مباحث فنی پایش سلامت پل‌ها مطالبی را بیان می‌نماییم و در نهایت ارزیابی سلامت پل فلزی و انجام فرایندهای به روز رسانی مدل المان محدود سازه و تطبیق شرایط طراحی با شرایط موجود ارایه خواهد شد.

۱- معرفی شرکت مهندسی پارت سازه ساینار

شرکت مهندسی پارت سازه در مهرماه ۱۳۹۳ به صورت رسمی توسط معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری به عنوان یکی از معدود شرکت‌های عمرانی دانش بنیان در زمینه مهندسی سازه و زلزله شناخته و معرفی گردید. اعضای هیات علمی شرکت مجموعه‌ای از اساتید و برترین دانشجویان و فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌های برتر کشور می‌باشند که با هدف ارتباط هر چه بیشتر و قوی‌تر دانشگاه و علوم دانشگاهی نوین در زمینه‌ی مهندسی عمران با صنایع و نهادهای اجرایی مرتبط گرد هم آمده‌اند. رییس هیات مدیره شرکت جناب دکتر رضا کرمی محمدی، فوق دکترای مهندسی زلزله از دانشگاه کارلتون کانادا، دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و معاونت آموزشی دانشکده عمران این دانشگاه می‌باشد که تحقیقات بسیار گسترده‌ای در زمینه‌های کنترل سازه‌ها و پایش سلامت سازه‌ها همراه با تربیت بسیاری از دانشجویان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری در کشور صورت داده‌اند. جهت آشنایی با اعضای هیات علمی شرکت به کتابچه پارت سازه که به گزارش حاضر پیوست می‌باشد مراجعه نمایید. همچنین جهت دریافت کتابچه و کاتالوگ می‌توانید به تارنمای شرکت به آدرس اینترنتی www.partsazeco.com مراجعه نمایید.



شکل ۱- نمای صفحه اول سایت شرکت پارت سازه

۲- بیان برخی فعالیت‌های فرهنگ ساز شرکت در زمینه پایش سلامت سازه‌ها
شرکت در نمایشگاه فناوری‌های نوین شهری (مرداد ماه ۱۳۹۴)



شکل ۲- شرکت پارت سازه در دومین فن بازار تخصصی مدیریت شهری- مرداد ۹۴

برگزاری کارگاه آموزشی پایش سلامت سازه‌ها در دانشگاه خواجه نصیر (تابستان ۱۳۹۴)



شکل ۳- برگزاری کارگاه پایش سلامت سازه‌ها در دانشگاه خواجه نصیر - تابستان ۹۴

مصاحبه با برنامه نسیم دانش و معرفی خدمات و فعالیت‌های شرکت (پخش در دی ۱۳۹۴)



شکل ۴- مصاحبه با برنامه نسیم دانش - دی ماه ۹۴

شرکت در نشست تخصصی بهره‌برداری از فناوری‌های صنعت عمران و ساختمان در پارک

فناوری پردیس (بهمن ۱۳۹۴)



شکل ۵- نشست تخصصی صنعت عمران - پارک فناوری پردیس - بهمن ماه ۹۴

شهرداری شیراز

سمینار آموزشی پایش سلامت سازه‌ها در معاونت عمرانی شهرداری شیراز



شکل ۷- برگزاری سمینار آموزشی پایش سلامت سازه‌ها - شیراز-بهمن ماه ۹۴

۳- تصاویر برخی از پروژه های پایش سلامت خاتمه یافته در ایران



۴-



شکل ۸- انجام عملیات پایش سلامت پل فلزی- اصفهان- اسفندماه ۹۴



شکل ۹- انجام عملیات پایش سلامت پل بزرگمهر- اصفهان- اسفندماه ۹۴



شکل ۱۰- انجام عملیات پایش سلامت پل چمران- اصفهان- اسفندماه ۹۴



شکل ۱۱- پروژه پل میدان استقلال



شکل ۱۲ - ارزیابی ساختمان آموزشی دانشکده عمران خواجه نصیرالدین طوسی

Mooring Analysis DuWinAlpha Platform
 SHM Concept for DuWinAlpha Platform
 Mooring System of AmirKabar Drilling Unit
 SHM Concept for DuWinAlpha Platform



Mooring System of AmirKabar Drilling Unit Caspian Sea

The mooring system of the AmirKabar semi-submersible drilling unit, which is located in the Caspian Sea, was calibrated. Therefore the cable (chain) forces of a total of eight winches were measured for different loads and compared against the winch load monitoring system. In case of unacceptable deviations the winch system was adjusted to match the cable (chain) force readings.

The cable (chain) forces were determined by the BRIMOS® 12.1 based method developed by applying the BRIMOS® Recorder with an external 3D-accelerometer. This equipment has been applied worldwide for measurement of cable forces at more than 7 500 cables since 2001. The recorder captured the vibration behavior of cables with an accuracy better than 0.1 %. The cable force was determined from the geometry of the cable, the cable properties and the fundamental frequencies.

Location: Azeri Continental Shelf, Caspian Sea
 Client: The North Drilling Company

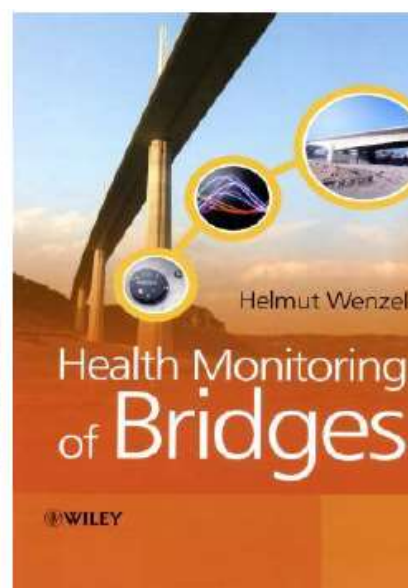
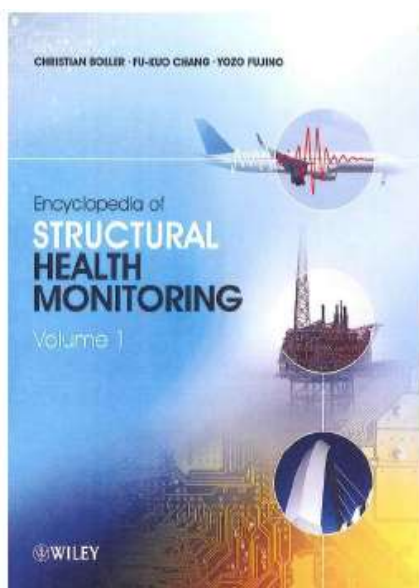
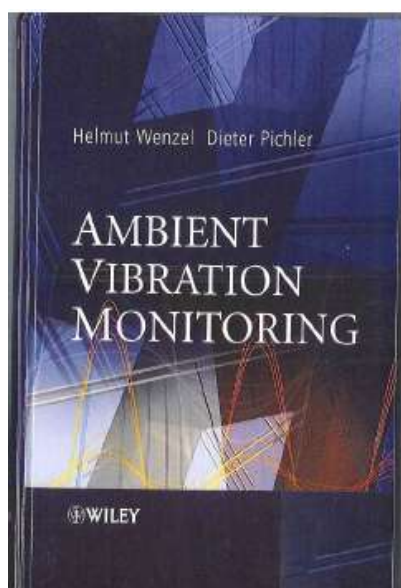
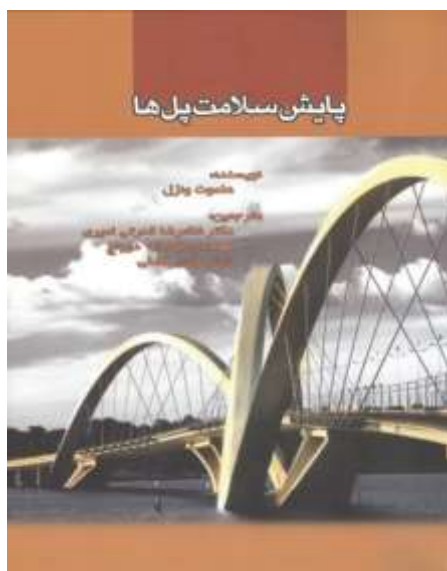
شکل ۱۲ - انجام عملیات پایش سلامت سکوی حفاری امیرکبیر - دریای خزر - ۲۰۱۴

۵- همکاری شرکت پارت سازه با شرکت VCE (Vienna Consulting Engineers) در

زمینه‌ی پایش سلامت سازه‌ها (اسفندماه ۱۳۹۴)

شرکت VCE یک شرکت بزرگ مهندسی مشاور اتریشی می‌باشد که در ۶۹ کشور دنیا بیش از ۷۵۰۰ پروژه در زمینه‌های مختلف مهندسی عمران انجام داده است. انجام بیش از ۱۰۰۰ پروژه پایش سلامت سازه‌ای بر روی پل‌های مختلفی از جمله پل‌های و پل‌های راه-آهن در کشورهای اروپایی و ایالات متحده و ... تنها بخشی از فعالیت‌های صورت گرفته این شرکت در زمینه پایش سلامت سازه‌ها می‌باشد. رئیس شرکت آقای پروفسور هلموت ونزل است که کتابهای مختلفی از وی در زمینه‌ی پایش سلامت سازه‌ای (مخصوصاً در زمینه‌ی پل‌ها) توسط انتشارات جان وایلی به چاپ رسیده است. اخیراً ترجمه برخی کتب ایشان در دانشگاه‌های ایران نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

همچنین انجمن SAMCO (Structural Assessment, Monitoring and Control) که با هدف گسترش علم پایش سلامت در اروپا با همکاری و سرمایه‌گذاری اتحادیه اروپا شکل گرفته است، تحت مدیریت شرکت VCE قرار دارد که تا کنون دستورعمل‌های (Guide Lines) مختلفی برای پایش سلامت سازه‌ها و مخصوصاً پل‌ها در اروپا ایجاد کرده‌اند.



Exclusive Distributorship Certificate

The VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH
Hadikgasse 60, A-1140 Vienna, Austria
(Hereafter referred to as "Supplier")

Exclusively entitles

The PartSaze Saynar Engineers
No. 33 – Sepidar Alley – Sada' Street – Sarve Gharbi Blvd. - Saadat Abad – Tehran –
Islamic Republic of Iran.
(Hereafter referred to as "Distributor")

To market and sell the products and services,

WHEREAS the Supplier designs, manufactures, markets and has proprietary rights on Structural Health Monitoring Products and Services (types: on- or off-line as well as temporary or permanent).

WHEREAS these products are mainly for bridges, dams, tunnels, commercial and industrial buildings.

WHEREAS the Parties desire to secure an exclusive, royalty free and non-transferable distributorship agreement, in order to market the Products and Services of the Supplier (as defined here below) in the Territory.

WHEREAS the exclusive territory for the Distributor is Islamic Republic of Iran.

The following Products are included in this exclusivity agreement:

1) Structural Health Monitoring Services

Main services:

- o Condition assessment of structures by measurements.
- o Expert statements on monitoring reports of the Distributor.

2) Permanent Structural Health Monitoring Systems

Main features of the high-end monitoring system:

- o Fully automatic and independent remote control system
- o Individual and integrated system design solutions
- o Solar power supply or grid connection alternatively UPS
- o Data transmission via Modem or according to the customers' request
- o On-line with alert functions
- o Measurement-interval: 100-1000 Hz.

3) Data Presentation at Web-User-Interface

Main features:

- o At buyer's options
- o On the Web-interface (BRIMOS®) from the Supplier.

R. Schedler
DI Robert Schedler

VCE Vienna Consulting
Engineers ZT GmbH
Hadikgasse 60, 1140 Wien, Austria
T +43 1 887 53 39

Peter Furtner
DI Peter Furtner

شکل ۱۳- همکاری شرکت پارت سازه با شرکت VCE- اسفندماه ۹۴

در اسفندماه ۱۳۹۴ جلسه مشترکی با حضور نمایندگان شرکت پارت سازه و آقای پتر فورتنر نماینده قانونی شرکت VCE و همکار رسمی شرکت پارت سازه در ایران و معاونت عمرانی شهرداری اصفهان صورت گرفت که پیشنهادات بسیار مفیدی در زمینه ایجاد شبکه ملی پایش سلامت پل ها در استان اصفهان ارایه گردید.



شکل ۱۴ - حضور نماینده شرکت VCE در شرکت پارت سازه - اسفندماه ۹۴

۶- پایش سلامت ساختمان ها :

امروزه صاحبان ساختمان ها نیازمند "حس اطمینان خاطر" در خصوص دارایی های ملکی خود هستند . مالکان برج ها و ساختمان ها می خواهند پاسخ این سوال را بدانند که آیا ساختمان شان بعد از رخداد ارتعاشی مانند زلزله یا باد شدید دچار آسیب می شوند یا خیر. سیستم پایش سلامت پارت سازه این امکان را فراهم می آورد تا کارفرمایان گزارش کاملی از ساختمان یا استادیوم خود داشته باشند. این گزارش ها می تواند منجر به تکمیل چرخه خرید و فروش ملک یا اطمینان دهی به ساکنین و حتی شرکت های بیمه گر شود

نمونه های مورد مطالعه

Waste Treatment Plant Rinterzelt

- Client: MA 48, Vienna municipal authorities
- Location: Vienna, Austria
- Checking period: 1996-current



Commerzbank und Dresdner Bank

- Client: European Commission
- Partner : University Darmstadt
- Location: Frankfurt, Germany
- Checking Period: 2002



Deutsche Bank

- Client: European Commission
- Location: Frankfurt, Germany
- Checking Period: 2002



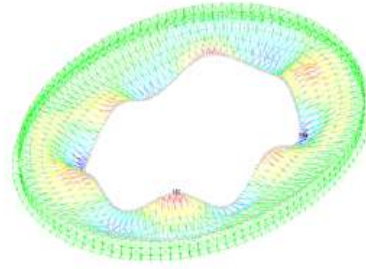
DANUBE TOWER

- Client: Donauturm Aussichts- und Restaurantbetriebsges.m.b.H.
- Location: Vienna, Austria
- Checking Period: 2004
- Services: Dynamic Measurement
Finite Element Simulation



ERNST HAPPEL STADIUM Vienna

Client: City of Vienna, Municipal Department 51
Location: Vienna
Checking Period: since 2011
Services: Initial Dynamic Measurement,
Permanent Monitoring,
Structural Recalculation,
Life Cycle Analysis



Floridotower Vienna

- **Client:** Allgemeine Porr AG
- **Location:** Vienna, Austria
- **Checking Period:** 2001



Gold (AU)-Tower Dubai

- **Client:** Unicom Services JLT
- **Location:** Dubai, VAE
- **Checking Period:** 2013
- **Services:** Dynamic Measurements
Finite Element Simulations
BRIMOS® Performance Assessment
Recommendations



Heritage House, Egham, UK

- Client: Spectris PLC
- Location: Egham, England
- Checking Period: 2013
- Services: Preparation of a structural health monitoring concept
Prefabrication & installation of the system
Calibration
Guidance for the definition of limit values
Operation and maintenance



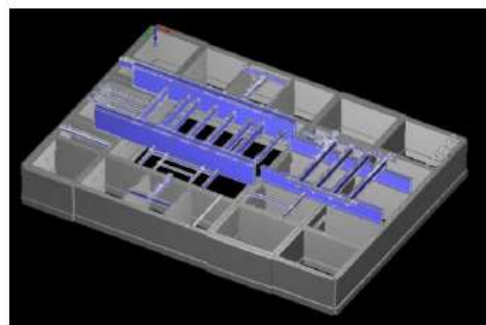
NPP Kozloduy

- Client: European Commission FP7
- Location: Kozloduy, Bulgaria
- Checking Period: 2009-now
- Services: Dynamic initial & long term Measurement
BRIMOS®-Assessment and Rating



Girder grid - Power Station Simmering

- Client: Wienstrom
- Location: Vienna, Austria
- Checking Period: 2008 - 2014
- Services: Dynamic measurement
BRIMOS® - Assessment and rating
Finite Element Simulation



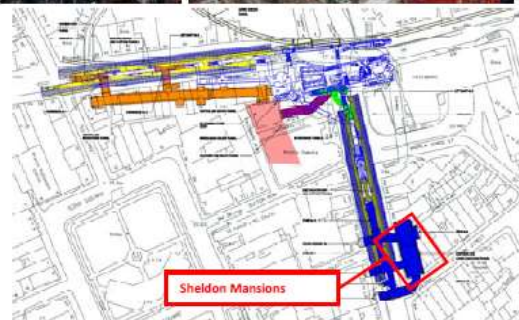
Mariinsky Theatre

- Client: Mageba SA
- Location: St. Petersburg, Russia
- Checking Period: 2013



Crossrail – Tottenham Court Station Shaldon Mansions - Building Health Survey with BRIMOS®

- Client: Taylor Woodrow BAM Nuttall Joint Venture
- Location: London, GB
- Checking Period: 2012-2013
- Services: Dynamic Measurement
BRIMOS® - Assessment

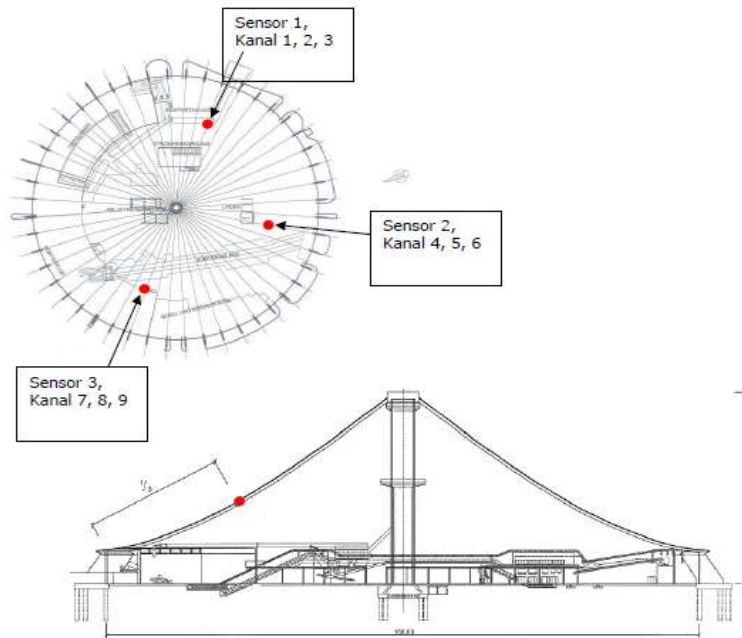


SPV – Spinbath Building Line 1-3

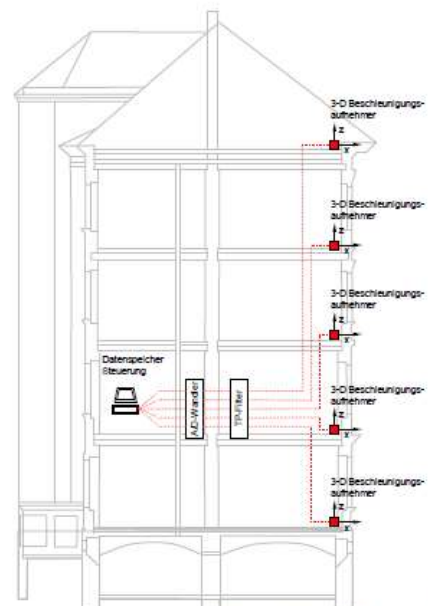
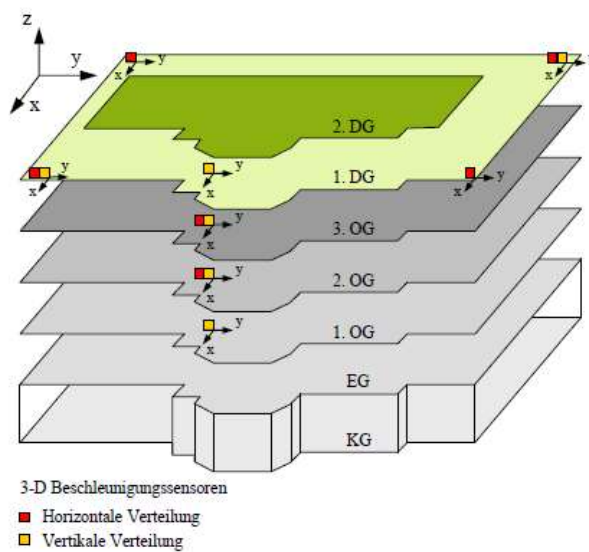
- Client: South Pacific Viscose
- Location: Java, Indonesia
- Checking Period: 2014
- Services: Condition Assessment and Risk Analysis,
Life Cycle Engineering,
Maintenance Planning



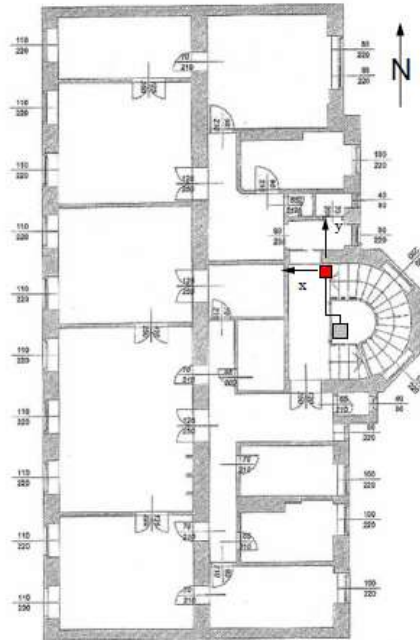
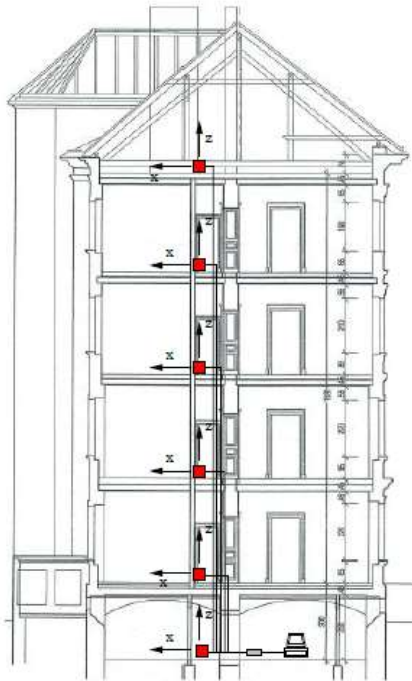
Industrial Buildings – Vienna



Buildings



Sensor Layout

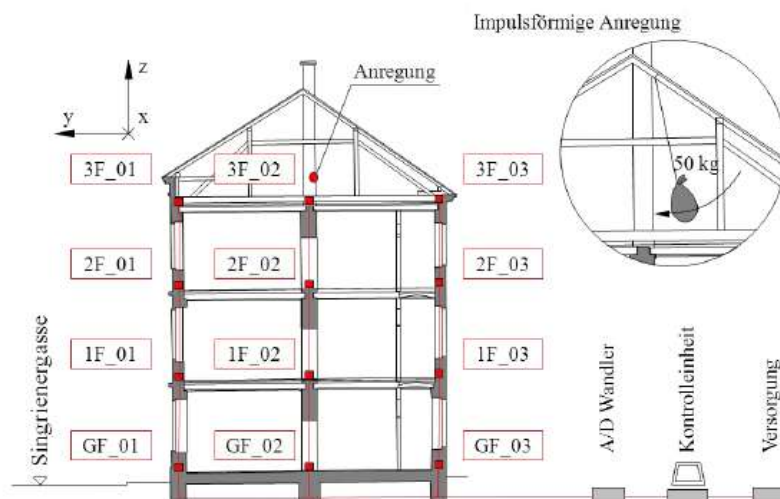



VCE

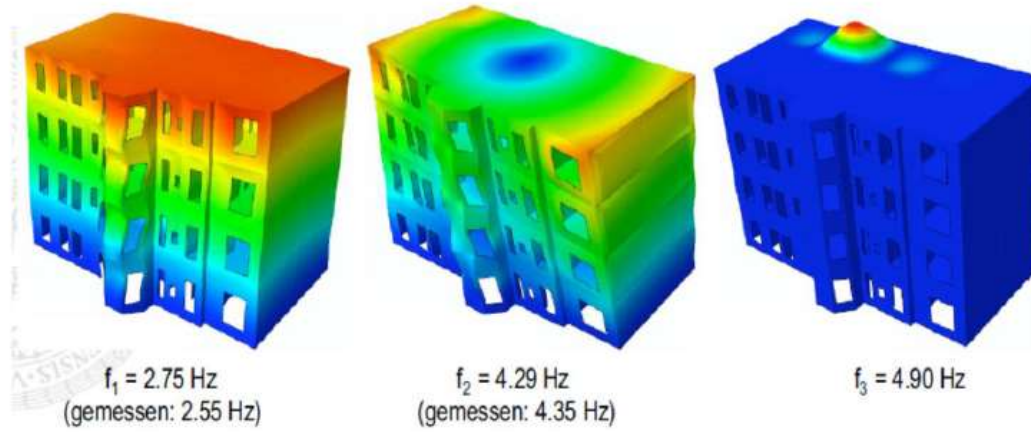
Measurement Technology



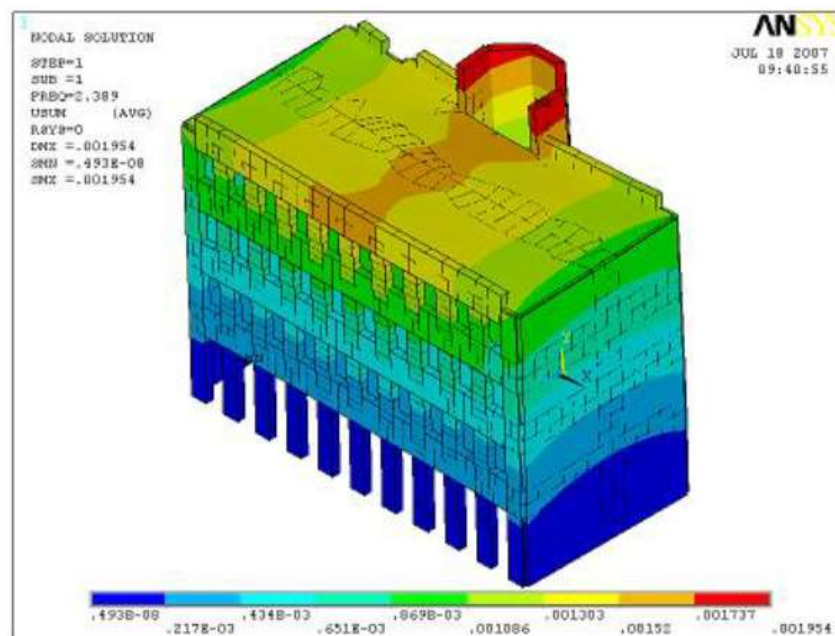
Optional: Excitation



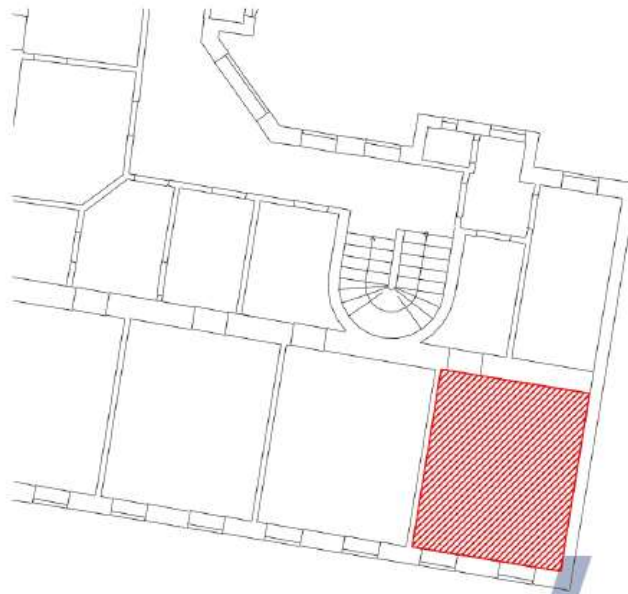
FE Modeling in ANSYS



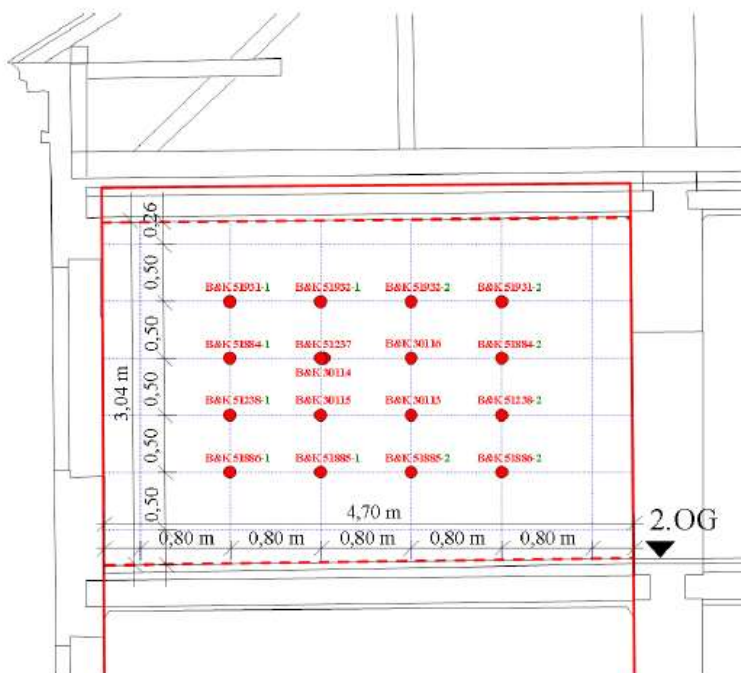
FE Model Update



Assessment of Floors

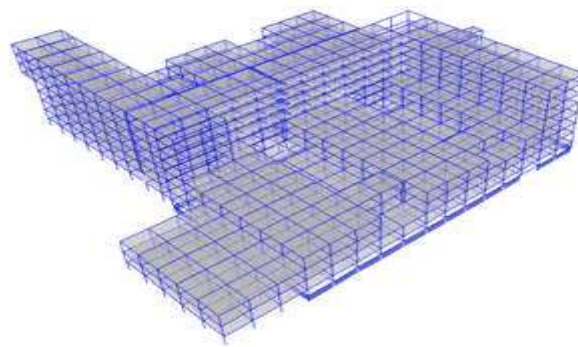


Assessment of Walls



۸- نمونه بیمارستان های مورد پایش

Marga Margar Hospital



barros lucos hospital



Crossrail – Tottenham Court Station Shaldon Mansions - Building Health Survey with BRIMOS®

- Client: Taylor Woodrow BAM Nuttall Joint Venture
- Location: London, GB
- Checking Period: 2012-2013
- Services: Dynamic Measurement
BRIMOS® - Assessment



۹- کارزار پایش سلامت بیمارستان ها

با توجه به هدف در نظر گرفته شده در خصوص ارزیابی سریع سازه بیمارستانی و اجزای باربر وزنی مانند ستون ها، تیرها و سقفها و اعضای بابر جانبی مانند باندنها و اعضای قاب خمشی، توضیحاتی راجع به فرآیند پایش سلامت ساختمان ها بابه کارگیری تجهیزات ابزاردقیق خدمتتان ارائه خواهیم داد تا لزوم استفاده از این چنین روش ها همگام با تکنولوژی جهانی برای ارزیابی و آسیب یابی سازه بیش از پیش روشن گردد.

در طول زمان بهره‌برداری از سازه‌ها ممکن است آسیب‌هایی در قسمت‌های حیاتی آنها ایجاد شده و به مرور زمان گسترش یابد؛ عوامل بسیاری از قبیل وارد آمدن نیروهای بزرگ‌تر از نیروهای پیش‌بینی شده، شرایط نامناسب پیرامون سازه، قرار گرفتن در معرض تغییرات شدید آب و هوایی، خطاهای ساخت، ضربه، خستگی، خوردگی و ... می‌توانند منجر به وقوع آسیب سازه‌ها شوند. در هنگام زلزله نیز وارد آمدن بارهای بیشتر از حد طراحی یا بارهای پیش‌بینی نشده می‌تواند منجر به ایجاد آسیب‌های موضعی یا کلی گردد.

از گذشته تعیین وضعیت سلامت و یا آسیب دیدگی سازه‌ها، مخصوصا سازه‌های با اهمیت نظیر پل ها، سدها، تونل ها، ساختمان‌های با تعداد ساکنان بالا و یا دارای تجهیزات گران قیمت، ساختمان‌های مهم که لازم است بهره‌برداری آنها متوقف نگردد (مانند بیمارستان‌ها)، ساختمان‌های تاریخی و ... همواره حائز اهمیت بوده است. در این بین بیمارستان‌ها به لحاظ موارد زیر از حساسیت بالاتری برخوردار هستند:

- ۱- بیمارستان‌ها در هنگام زلزله به عنوان یک محل امن برای پناه گرفتن در دید عموم مردم شناخته می‌شود که باید قابلیت خدمت‌رسانی بی‌وقفه داشته باشد.
- ۲- بیمارستان‌ها محل رجوع آسیب دیدگان در هنگام زلزله هستند که این امر میزان مراجعه به این مکان را در هنگام زلزله چند برابر می‌کند.
- ۳- بیمارستان‌ها همواره محل نگهداری از بیمارانی ست که قابلیت انتقال برای آنها وجود ندارد یا بسیار دشوار است.
- ۴- بیمارستان‌ها به دلیل وجود بیماران تحت مراقبت نیازمند حضور تیم‌های پزشکی و پرستاری و درمانی هستند که تا زمانی که بیماران در آنجا حضور دارند نیز امکان تخلیه این افراد در هنگام زلزله وجود ندارد.
- ۵- بیمارستان‌ها دارای تجهیزات گران قیمتی (در بعضی مواقع در تراز با ارزش خود ساختمان) هستند که همواره باید در محل امن نگهداری شوند.

با توجه به موارد ذکر شده کنترل سلامت سازه بیمارستان‌ها در ۴ هنگام بسیار حایز اهمیت است:

- ۱- در هنگام ساخت که نحوه و کیفیت ساخت و تطابق آن با سازه طراحی کنترل گردد.
- ۲- در هنگام بهره‌برداری؛ تا در صورت ایجاد آسیب در همان مراحل ابتدائی تشکیل آسیب، آن را تشخیص دهیم.
- ۳- در هنگام زلزله؛ تا امن بودن یا امن نبودن کلی و ناحیه‌ای بیمارستان مشخص گردد. این امر باعث می‌گردد تا تخلیه بیمارستان در آخرین مراحل قابلیت خدمت‌رسانی و قبل از احتمال فروریزش اعلام گردد.
- ۴- بعد از رخداد زلزله: توسط سیستم‌های پایش سلامت سازه‌ای می‌توان بعد از رخداد زلزله به طور خودکار به محل و میزان آسیب‌های ایجاد شده در سازه دست پیدا کرد که این امر زمان توقف بهره‌برداری از بیمارستان را به دلیل انجام عملیات بازسازی و بهسازی، به طرز چشمگیری کاهش می‌دهد.

بر اساس شیوه‌ی کلاسیک و قدیمی، بررسی وضعیت سازه با استفاده از بازبینی چشمی توسط یک متخصص انجام می شود که این مسئله چند ضعف عمده دارد:

- ۱ - به صورت ذاتی طبیعتاً خطای این روش بالا می‌باشد.
 - ۲ - پوشیده بودن اجزای اصلی و همین‌طور اتصالات سازه و همچنین بخش های داخلی سازه یکی دیگر از مشکلات بازرسی چشمی است. بسیاری از خرابی ها از بخش های داخل المان ها آغاز می شود که با چشم قابل رویت نمی باشد.
 - ۳ - امکان دسترسی به بسیاری از بخش های برخی از سازه ها به طور کلی وجود ندارد.
 - ۴ - امکان سنجش عملکرد بعضی از المان ها در سازه به صورت بازرسی های سنتی وجود ندارد که عملاً طیف گسترده و بسیار تاثیرگذار از المان ها را شامل می‌شوند.
- بر این اساس روش های ارزیابی غیرمخرب به وجود آمد. ارزیابی غیرمخرب وضعیت سلامت سازه ها موضوع علم نوین پایش سلامت سازه- هاست. این ارزیابی معمولاً سه هدف عمده را مد نظر قرار می‌دهد:

۱ - پایش سلامت سازه‌ای به عنوان فراهم‌کننده‌ی اطلاعات مورد نیاز در بحث ترمیم و مقاوم‌سازی سازه‌ها. در این مورد علاوه بر تعیین موقعیت مکانی آسیب‌ها و نیز شدت آنها می‌توان هزینه‌ی ترمیم و مقاوم‌سازی و نیز مدت زمان لازم برای انجام عملیات ترمیم و مقاوم- سازی را نیز برآورد نمود.

۲ - ابزاری به جهت برآورد و تخمین باقیمانده‌ی عمر مفید سازه؛ دانستن باقیمانده‌ی عمر سازه می‌تواند منجر به اخذ تصمیم درست در قبال سازه از طرف مالک، بیمه‌گذار، ساکنین و ... گردد.

۳ - ابزاری به جهت اعلام هشدار قبل از خرابی سازه و نیز تعیین مسیرهای فرار و نقاط امن سازه در مواقع بحرانی مانند جنگ، زلزله (کاهش تلفات پس لرزه ها)، بادهای شدید و

به طور کلی روش های انجام ارزیابی غیرمخرب در گذشته بیشتر به صورت روش های تست محلی بوده است. این روش ها عبارتند از:

الف) روش‌های آکوستیک و اولتراسونیک.

ب) روش‌های میدان مغناطیسی.

پ) رادیوگرافی.

ت) روش‌های جریان ادی.

ث) روش‌های میدان حرارتی.

روش های فوق دارای چند ضعف و ایراد عمده می‌باشند:

۱ - برای استفاده از این روش ها باید محدوده مکان آسیب از قبل مشخص باشد چرا که انجام تست موضعی بر روی کل یک سازه عملاً امکان پذیر نمی باشد.

۲ - محدوده مورد نظر باید حتماً قابل دسترسی باشد. همانگونه که قبلاً دیدیم در بسیاری از مواقع دسترسی به بخش های مختلفی از سازه امکان پذیر نمی باشد.

۳- در اغلب موارد لازم است که بهره برداری از سازه برای مدتی متوقف گردد تا بررسی ها و تست های لازم انجام گردد. این مسئله در بسیاری از موارد امکان پذیر نمی باشد و یا اینکه ممکن است خسارت های مالی به بار آورد.

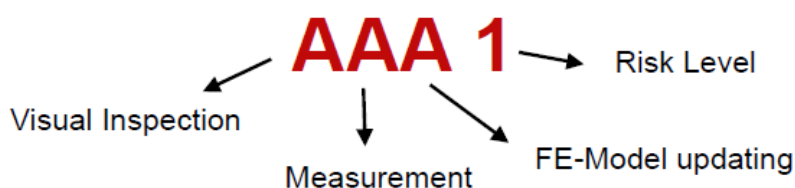
۴- ارزیابی با این روش ها معمولاً بسیار زمان بر و پرهزینه است.

با توجه به ایرادات ذکر شده، امروزه انجام تمام عملیات پایش سلامت سازه با این روش ها محدود به سازه های کوچک و نیز آسیب یابی در سطوح قابل دسترسی (خارجی) سازه ها می گردد. البته به عنوان مکمل پایش سلامت در برخی موارد از روش های ذکر شده استفاده می شود. با توجه به تمام موارد ذکر شده نیاز به روشی که بتواند در کنار دقت بالا با هزینه کم از لحاظ مالی و زمانی قابل اجرا باشد وجود داشته است. بر این اساس روش های پایش سلامت بر مبنای اطلاعات لرزه ای سازه توسعه داده شده اند. در این روش ها از نکته زیر استفاده می شود:

هر آسیبی در سازه منجر به تغییر در مشخصات فیزیکی سازه (جرم، سختی و میرایی) می گردد؛ این مسئله منجر به تغییر در ویژگی های دینامیکی (فرکانس مودها، بردار شکل مودها، میرایی مودها، توابع انتقال، پاسخ سازه و ...) سازه خواهد شد.

امروزه پروژه های بسیاری در زمینه ی پایش سلامت پل ها، سدها و ساختمان ها در دنیا با استفاده از اطلاعات لرزه ای انجام می گردد؛ در واقع در حال حاضر قریب به اتفاق پروژه های بزرگ که عملیات پایش سلامت کلی (و نه موضعی در مکانی خاص) بر روی آنها انجام می - گردد از پایش سلامت بر مبنای اطلاعات لرزه ای استفاده می نمایند. در شکل زیر نمونه ای از خروجی نرم افزار پایش سلامت جهت اعلام وضعیت سازه نمایش داده شده است.

Classification and Bridge Rating



Risk Level		What to do
Low	Info	Regular operation
Moderate	Info	Long term action
Considerable	Show Development	Mid term action
High	Demonstrate Risk	Immediate action
Extreme	Show Default	Automatic Alert, ACTION

Risk Level / BRIMOS Rating

Considerable

visual (subjective)

BRIMOS software

FE model update

A

A

C

Risk Level

Low

Moderate

Considerable

High

Extreme

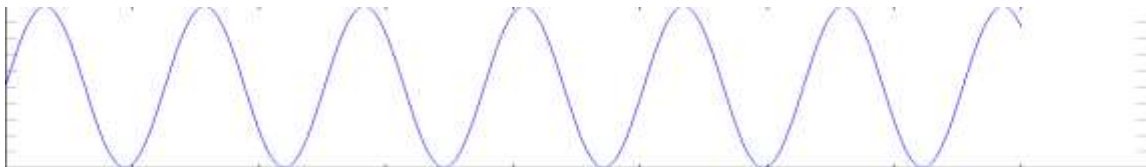
Categories:

- Category A: good condition
- Category B: good condition with local damage
- Category C: problematic condition

۱۰- مراحل کلی پایش سلامت سازه‌ای بر مبنای اطلاعات لرزه‌ای

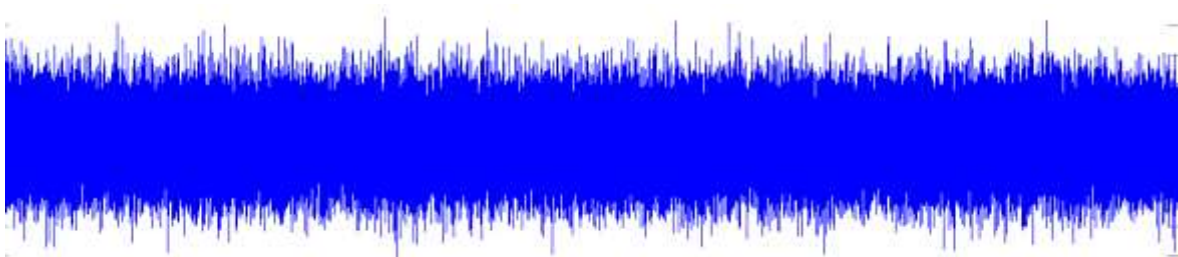
۱- جمع‌آوری پاسخ سازه

الف) پاسخ سازه در اثر یک ارتعاش اجباری جمع‌آوری می‌گردد. به عنوان مثال یک تحریک هارمونیک با فرکانس و دامنه‌ی مشخص توسط دستگاه‌هایی که بدین منظور ساخته شده‌اند و یا توسط انسان به سازه اعمال می‌گردد.



شکل ۱۶- ارتعاش اجباری

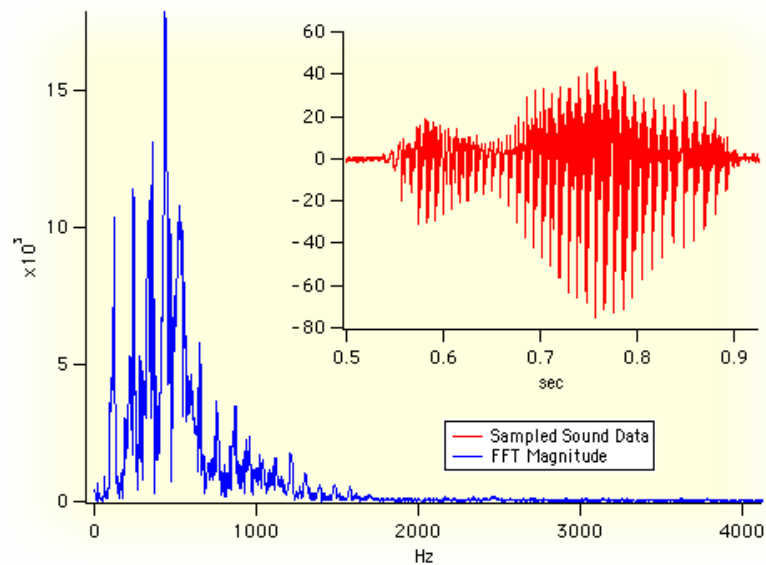
ب) پاسخ سازه تحت ارتعاش محیطی که در هر محل با توجه به اثر باد، عبور ترافیک، انسان، لرزش طبیعی زمین، حرکت قطارهای زیرزمینی مترو و به طور ذاتی و طبیعی وجود دارد جمع‌آوری می‌شود.



شکل ۱۷- ارتعاش محیطی

۲- استخراج اطلاعات مورد نیاز از پاسخ سازه.

در این مرحله پارامترهای سازه از قبیل فرکانس‌های مودی کلی و محلی، نسبت‌های میرایی مودی کلی، بردارهای شکل مودی و ... استخراج می‌شوند.



شکل ۱۸- استخراج اطلاعات

۳- تحلیل و پردازش اطلاعات سازه.

در این مرحله یا به صورت مستقیم بر روی اطلاعات مرحله ۱ و یا بر روی اطلاعات مرحله ۲ با استفاده از الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای مختلف پردازش انجام می‌شود و در پایان این مرحله وضعیت سلامت و یا عدم سلامت و همچنین نقاط احتمالی آسیب‌دیده مشخص می‌گردد.

۱۱- ساختمان های بلند - اثر باد بر روی ساختمان های بلند

مهندسی سازه با توجه به محدودیت های آن

در دهه گذشته ساخت و ساز ساختمان های بلند به شدت افزایش یافته است. شهر فرانکفورت یک نمونه نمایان از توسعه آسمان خراش ها می باشد. در این میان مدیران و برنامه ریزان شهری حد ۳۰۰ متر را برای ارتفاع ساختمان در شهر تعیین کرده اند. جدا از مشکلات اجتماعی و اقتصادی ناشی از این تغییرات، مهندسان سازه نیز در مواجهه با موانع و نگرانی های زیر در مورد ساخت و ساز و رفتار دینامیکی ساختمان در ارتفاع های بلند، قرار خواهند گرفت:

- آیین نامه های موجود طراحی ساختمان در برابر باد در حال حاضر برای ساختمان ها با حداکثر ارتفاع ۲۰۰ متر می باشند که ممکن است به نتایج تحلیل خوبی نیانجامد.
- بادهای و طوفان های شدیدی که در سال های گذشته اتفاق افتاد که ممکن است خود به دلیل تغییرات آب و هوای جهانی نیز باشد باعث وارد آمدن آسیب های جدی به ساختمان ها شده است.
- فشار اقتصادی اعمال شده به پروژه که خود به دلیل تفکر BOT (قرارداد ساخت، بهره برداری و واگذاری) و ایجاد حداکثر راندمان اقتصادی است، منجر به ساخت و ساز ساختمان های مرتفع و باریک شده است. این نوع برج ها بیشتر در معرض بارهای باد خواهند بود که باعث ایجاد مشکلاتی نظیر "لرزش های قابل توجه" شده است.
- اثرات دینامیکی متقابلی که ساختمان های بلند در مجاورت یکدیگر بر روی هم ایجاد می کند به طرز مطلوبی مطالعه نشده است. تاثیر این گونه رفتارهای پناهگاهی که باعث افزایش و کاهش بار باد به دلیل ماهیت دینامیکی باد می شود، فقط به صورت ابتدایی مطالعه شده است.

تاثیرات اقتصادی و اجتماعی

- از دیدگاه اجتماعی و اقتصادی مشکلات زیر می توانند ارتباط با روند افزایشی ساخت ساختمان های بلند رخ بدهد:
- ساخت سازه های بلند در یک منطقه شهری باعث ایجاد شرایط خاص جدید برای الگوهای بادی و در نتیجه تغییر در شرایط آب و هوایی آن منطقه خواهد شد.
- پدیده "nozzle" در اثر همجواری ساختمان های بلند رخ می دهد که خود باعث تشدید باد خواهد شد. در نتیجه :
 - کاهش چشمگیر راحتی برای عبور و مرور در هنگام باد
 - افزایش سروصدای باد را به همراه خواهد داشت
- مشکلات به وجود آمده در اثر رفتار سازه های لاغر و بلند باعث ایجاد لرزش های قابل توجه در سازه می شود. این لرزش ها می تواند تاثیرات منفی بر روی سلامتی و کیفیت زندگی ساکنان یا کارکنان آن داشته باشد.

اقدامات و عملیات پروژه SAMCO با سرمایه گذاری و نظارت اتحادیه اروپا

در حال حاضر هیچ تحقیقاتی درباره بررسی رابطه بین پاسخ سازه و بارهای باد مناسب طراحی وجود ندارد. با این حال، این بررسی ها برای ارزیابی و توسعه استانداردهای و مقررات جدید برای ساختمان های بلند ضروری است. در واقع این پروژه اهداف زیر را دنبال می کند :

چندین سازه بلند در اروپا، که در میان آنها بلندترین ساختمان در اروپا، کامرزبانک (Commerzbank) واقع در فرانکفورت، بیش از یک دوره ۲ سال تحت مانیتورینگ هستند. با استفاده از نصب سیستم های دائمی پایش سلامت سازه بر روی این ساختمان های بلند، ارتعاش ناشی از باد به طور مستمر در ارتباط با سرعت باد ثبت شده است. این سیستم ها می تواند داده های دینامیکی بسیار مفیدی در ارتباط با تعیین پاسخ و رفتار سازه های بلند در رخداد های باد ایجاد کند. پس از شناسایی ارتباط دو پارامتر (ارتعاش و سرعت باد) و ارزیابی رفتار سازه، می توان به نتایج بسیار مفیدی در خصوص اثرات باد با الگوهای مختلف بر روی ساختمان های بلند دست پیدا کرد.

VCE - با تجربه بلند مدت خود در ارزیابی سازه ها و مانیتورینگ - در همکاری با دانشگاه Darmstadt (موسسه سازه های بتنی و مواد) این پروژه را به انجام رسانده است. این موسسه به تازگی به عنوان یک متخصص در زمینه ساختمان های بلند و یک "عضو" جدید به شبکه پایش سلامت اروپا SAMCO پیوسته است (<http://www.tu-darmstadt.de>)

اهداف پروژه

در ابتدا دو ساختمانی که به وسیله تجهیزات ابزار دقیق پایش سلامت تجهیز می شوند عبارت اند از Commerzbank با ارتفاع ۲۵۹ متر و Dresdner-Bank با ارتفاع ۱۶۶ متر. روش مورد استفاده بر پایه نرم افزار پایش سلامت BRIMOS، توسعه یافته توسط VCE است. تجهیزات و حسگرهای BRIMOS مورد استفاده در این پروژه ها در بالاترین ارتفاع ممکن در ساختمان نصب شده اند که در مورد ساختمان Commerzbank در ارتفاع حدود ۲۰۰ متر و در مورد ساختمان Dresdner-Bank در ارتفاع حدود ۱۶۶ متر واقع شده است.

برخی از جزئیات تجهیزات

- رکورد (Recorder) مورد استفاده در این پروژه شامل یک جعبه کوچک به همراه یک سنسور لرزه نگار، یک سیستم جمع آوری داده و ذخیره سازی، یک سیستم GPS و یک مودم است. در ادامه به جزئیات بیشتری در مورد تجهیزات اشاره شده است:
 - سنسور شتاب سنج سه بعدی با دقت ارتعاشات تا 10^{-9} g (= زمین گرانش) و در یک محدوده فرکانس بین ۰.۱ هرتز و ۵۰ هرتز است.
 - سیستم جمع آوری و ذخیره سازی داده ها به طور مداوم اندازه گیری و ضبط داده ها هنگامی که یک داده از آستانه تعریف شده عبور می کند آغاز می شود.
 - از GPS برای هم زمانی داده ها استفاده می شود.
- و با استفاده از مودم انتقال داده ها از طریق ارتباطات از راه دور میسر می شود.

شرکت پارت سازه با دارا بودن اعضای هیئت علمی متخصص هم اکنون تکنولوژی پایش سلامت سازه ها را در کشور بومی سازی کرده است و همچنین جهت کسب تجربه های عملی جهانی در این زمینه، به عنوان نماینده انحصاری شرکت VCE اتریش (www.vce.at) از تجربیات آن همکار نیز بهره گرفته است. شرکت VCE با اجرای بیش از ۶۰۰۰ پروژه در ۶۹ کشور دنیا، جزو معدود شرکت های دارای فناوری پیشرفته "پایش سلامت سازه ها" در دنیا شناخته شده است. شرکت پارت سازه آمادگی دارد با استفاده از حسگرهای بسیار دقیق و انجام عملیات ارزیابی غیرمخرب بر روی کلیه سازه ها اعم از پل ها، ساختمان های مهم (بیمارستان ها، هتل ها، مراکز مدیریت بحران، استادیوم و سالن های ورزشی، مراکز خرید بزرگ و...)، نیروگاه ها و سازه های حساس نظامی و غیرنظامی، نسبت به تهیه و ارائه اطلاعات ذیل به کارفرمایان محترم اقدام نماید :

- ۱- بررسی و ارزیابی مداوم وضعیت سلامت سازه بصورت خودکار و دایمی و نمایش آن بصورت بر خط (online)
- ۲- شناسایی و تعیین سریع و بهنگام نقاط آسیب دیده موجود در سازه به صورت خودکار (محل و درصد آسیب) که توسط بازرسی های چشمی قابل رویت نیستند و جلوگیری از انتشار و گسترش آسیب.
- ۳- مشخص نمودن امن بودن یا نبودن کلی سازه بعد از وارد آمدن نیروهای شدید بر سازه بصورت خودکار.
- ۴- به روز رسانی مدل المان محدود سازه به جهت ایجاد تطابق با سازه ی واقعی

حسگرها

برای انجام عملیات پایش سلامت بر مبنای اطلاعات لرزه ای حسگرهای اصلی که مورد نیاز می باشند حسگرهای شتاب می باشند. هر چند می توان بسته به درخواست کارفرما از حسگرهای کرنش، دما، باد، سرعت، جابه جایی و ... نیز استفاده نمود. تعداد، نوع و مدل حسگرهایی که در پل کار گذاشته می شود به دقت و خروجی های پایش سلامت مورد نظر کارفرما بستگی دارد.

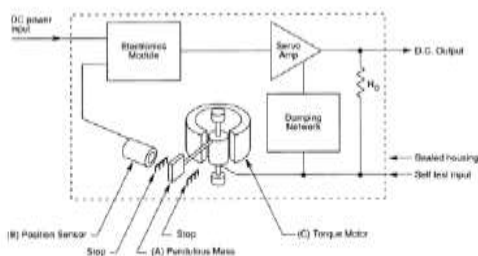
لازم به ذکر است که عملیات پایش سلامت را می توان به دو صورت دائمی و دوره ای انجام داد. در پایش سلامت دایم لازم است که کارفرما حسگرها و سایر سخت افزار مورد نیاز را خریداری نموده و در محل به صورت دائم نصب نماید و اطلاعات توسط یک سیستم مرکزی دائما کنترل گردد؛ در این حالت کارفرما هزینه سخت افزارها را نیز پرداخت می نماید که منجر به شناخت رفتار دایمی از سازه و آسیب یابی دقیق تر و سریع تر از سازه خواهد شد. اما در پایش سلامت دوره ای بسته به حساسیت سازه در یک فاصله ی زمانی مشخص (مثلا ۳ ماهه یا ۶ ماهه) حسگرهای لازم موقتا بر روی سازه قرار داده شده و پاسخ ها جمع آوری و پردازش می گردند و گزارش وضع موجود و مقایسه ای با وضع سازه در گذشته ارایه می گردد و در صورت بروز آسیب تمهیدات لازم اندیشیده می شود. در این حالت کارفرما تنها هزینه ی نرم افزار و پردازش را پرداخت می نماید و حسگرها توسط شرکت پارت سازه تامین می گردد. حسگرهایی که شرکت پارت سازه از آن برای اهداف پایش سلامت استفاده می کند از نوع GeoSig یا Sherborne Sensors هستند. شرکت GeoSig سوییس یا Sherborne آمریکا از خوش نام ترین سازندگان حسگر Force Balance در جهان می باشند که حسگرهای آنها در ایران در حال حاضر در سدهایی مانند کرخه و کارون ۴ و ... استفاده می شود. انجام عملیات همگام سازی داده ها (Synchronizing) توسط GPS

صورت گرفته است. نرخ نمونه گیری در تمامی آزمون‌ها ۲۰۰ نمونه بر ثانیه و تعداد حسگرهای شتاب به کار گرفته شده بسته به نوع پروژه تعیین می گردد که هریک دارای سه مولفه شتاب در راستای عمود بر هم می باشد. شکل زیر مشخصات حسگرهای به کار گرفته شده را نشان می دهد.

AC-63 / AC-62 / AC-61 Force Balance Accelerometer

Features

- ❑ Full Scale ± 2 g (0.5, 1, 3 or 4 g optional)
- ❑ Bandwidth DC to 100 Hz optional to 250 Hz
- ❑ Dynamic Range > 120 dB
- ❑ Offset stability
- ❑ Temperature and drift compensation
- ❑ Downhole version (AC-63-DH) is also available
- ❑ Robust suspension system
- ❑ Single Bolt Mounted Enclosure provides up to $\pm 10^\circ$ of Levelling Adjustment



Features

- ❑ Available in ranges from ± 1 g to ± 20 g
- ❑ High resolution down to 0.05 mg
- ❑ Closed loop force balance system
- ❑ Flight qualified versions available
- ❑ Self-Test facility
- ❑ DC Input – DC Output
- ❑ Manufactured to AS9100C and ISO 9001:2008 standards
- ❑ 1g bias option to compensate for earth's gravity (A220 only)



Applications

- ❑ Flight test monitoring
- ❑ Accident data collection
- ❑ Structural health monitoring
- ❑ Flight simulators
- ❑ Braking control in mass transit systems
- ❑ Road bed analysis
- ❑ Data acquisition systems
- ❑ Low frequency analysis

شکل ۱۹- حسگر شتاب به کار گرفته شده

- بازه اندازه گیری (0.5, 1 or 3 g optional) ± 2 g :
- عرض باند اندازه گیری DC to 50 or up to 250 Hz
- محدوده دینامیکی > 120 dB

لازم به ذکر است برای انجام آزمون‌های ارتعاش محیطی بر روی سازه که اغلب با محدوده بسیار پایینی از مقادیر شتاب روبه‌رو هستیم، باید از حسگرهای با دقت زیاد و محدوده دینامیکی بالاتر از ۱۲۰ dB استفاده کنیم.

در نهایت می‌توان اعلام کرد با توجه به نگرانی‌های موجود کارفرمایان شامل :

- ۱- رخدادهای گذشته برای سازه و آیا اینکه در اثر این رخداد سازه مورد نظر دچار آسیب شده است ؟
- ۲- آیا سازه در طول زمان بهره‌برداری و به مرور زمان دچار آسیب‌های ناشی از بارگذاری‌های نامتعارف، شرایط آب و هوایی و باد، لرزش‌های دینامیکی ناشی از زلزله، انفجار یا عبور ماشین‌آلات سنگین، عبور خطوط مترو و ... شده است ؟
- ۳- آیا سازه بلافاصله بعد از رخداد زلزله دچار آسیب شده است و قابلیت ادامه به بهره‌برداری دارد یا نیازمند اعلام سریع هشدار تخلیه به ساکنین می‌باشد؟
- ۴- بعد از رخداد زلزله اعضای آسیب‌دیده سازه کجا و این آسیب‌ها به چه میزان هستند؟ در صورت دانستن این موضوع کمترین زمان در مراحل بهسازی و نهایتاً توقف بهره‌برداری از سازه صرف خواهد گردید.
- ۵- آیا مشخصات استاتیکی و دینامیکی مصالح مورد استفاده در ساخت سازه و پیش‌فرض‌های طراحی یکسان هستند؟
- ۶- آیا سامانه‌ای برای اعلام دائمی و برخط وضعیت سلامت سازه به کارفرما و تیم‌های نگهداری از سازه وجود دارد؟

تمام سوالات و نگرانی‌های فوق‌الذکر توسط سیستم‌های پایش سلامت سازه‌ای پاسخ داده می‌شود. این فرآیند در کشورهای اروپایی و آمریکا به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل زیر تنها بخشی از پروژه‌های صورت گرفته توسط شرکت VCE نمایش داده شده است.

Monitoring Reference Projects

