



Prof. Piotr D. MONCARZ, Ph.D., P.E. moncarz@exponent.com
Exponent Failure Analysis Associates, Stanford University, Kalifornia, USA
Patxi URIZ, Ph.D., P.E. puriz@exponent.com
Exponent Failure Analysis Associate, Menlo Park, Kalifornia, USA

ZMIENNE WARUNKI UŻYTKOWANIA A BEZPIECZEŃSTWO EKSPLOATACJI OBIEKTU BUDOWLANEGO

THE IMPACT OF CHANGE IN USE OR CONDITIONS OF A STRUCTURE ON ITS SAFETY AND PERFORMANCE

Streszczenie Warunki działania i użytkowania konstrukcji ulegają często znacznym zmianom w stosunku do tych zakładanych w czasie projektowania oraz istniejących z początku eksploatacji konstrukcji. Referat niniejszy pokazuje na kilku przykładach wyzwania pojawiającego się gdy zachodzi potrzeba zmiany zastosowania lub warunków pracy istniejącej konstrukcji. Dokładniej zdefiniowane zagrożenie sejsmiczne i wytrzymałość konstrukcji, lepsza znajomość materiałów konstrukcyjnych oraz zmiany zastosowania stanowią wzięte z życia przykłady dla zobrazowania tych problemów. Referat świadomie nie ogranicza tematu do budynków, lecz sięga również do konstrukcji przemysłowych aby pokazać szerokość zakresu omawianego problemu.

Abstract Over the lifetime of a structure the operational conditions and the uses often change substantially from the design time intended uses and initial design conditions. Through several examples, this paper highlights the challenges faced with existing structures and some of the possible consequences of improper design approaches when change of use or operating conditions need to be addressed. Definition of seismic hazard and structural resistance, improved understanding of construction materials, and change of use provide real-life examples to illustrate the issues. The paper intentionally does not restrict the topic to buildings but rather reaches to industrial structures as well to show the problem as a broadly spread one.

1. Wstęp

Spotykane w nowoczesnym świecie przykłady adaptacji budynków magazynowych do produkcji wysokich technologii lub prac laboratoryjnych, przebudowy fabryk z epoki przemysłowej na centra sklepowe i teatry powodują powstanie wymogów bezpieczeństwa i niezawodności przekraczających te, które były przewidywane przez budowniczych tych obiektów. Zmiany w zagęszczeniu ludności i zmiany demograficzne stanowią odrębne wyzwania przy modyfikacji starych budowli do nowych celów i nowych wymogów przepisów budowlanych. Często zmiana ta nie wymaga przeprojektowywania lub modyfikacji istniejącej konstrukcji. Jednakże zdarzają się przypadki kiedy odejście od podstawowych założeń projektowych oraz/lub zmiany użytkowania konstrukcji mogą prowadzić do drastycznych zmian bezpieczeństwa i zachowania konstrukcji. Zmiana użytkowania lub warunków operacyjnych może nie być oczywista, ale to co może się wydawać drobną w nich zmianą może spowodować znaczące zmiany reakcji albo związanego

z nimi ryzyka. Potrzeba uczulenia odpowiednich urzędów, właścicieli oraz projektantów specyficznymi charakterystykami takich przypadków jest nie do przecenienia. Przedstawione tutaj przykłady stanowią wsparcie dla tej tezy.

2. Zagrożenia sejsmiczne

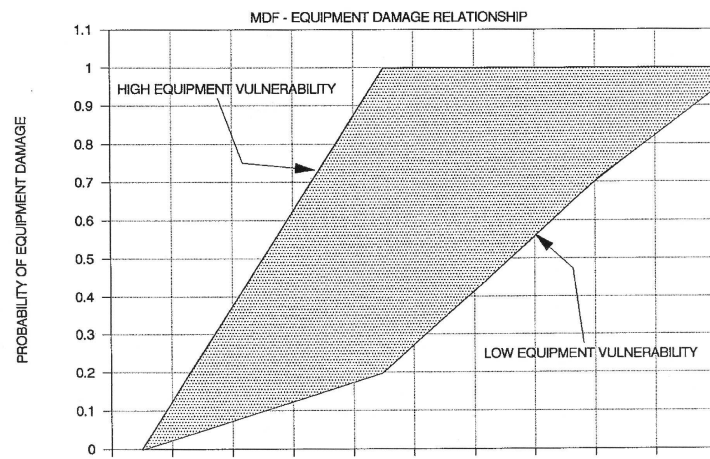
Rozwój inżynierii sejsmicznej wniósł w dwudziestym wieku zapewne jeden z największych wkładów w zmniejszenie liczby śmiertelnych katastrof budowlanych ze wszystkich osiągnięć inżynierii cywilnej. Szybka ewolucja tej dyscypliny, szczególnie w drugiej połowie dwudziestego wieku, spowodowała wiele zmian i ulepszeń dyktowanych lepszym niż uprzednio zrozumieniem charakterystyk obciążenia sejsmicznego oraz mechanizmów obronnych konstrukcji. Poniżej przedstawiono dwa przykłady takich projektów.

Kontrola ryzyka przy wymogu wysokiej niezawodności sejsmicznej

Kalifornia jest regionem wysokiej aktywności sejsmicznej i stąd poddawana jest wielkiej liczbie małych i średnich i odpowiednio rzadziej, wielkich trzęsień ziemi (7 do 8 w skali Richtera). Stąd też odporność na działania sejsmiczne konstrukcji budowlanych w okolicach San Francisco i w Dolinie Krzemowej jest źródłem wielkiej troski i wymogu wysokiej niezawodności budynków firm, które w jednym czy kilku budynkach komasują całą swą działalność rozwojową i produkcyjną.

Wymagany stopień niezawodności budynku w stosunku do obciążenia sejsmicznego jest nie tylko funkcją prawdopodobnego trzęsienia ziemi lecz również ważności obiektu dla jego właściciela. Przykładem jest budynek w Palo Alto w sercu Doliny Krzemowej, w którym firma obsługująca szeroki wachlarz firm elektronicznych drukiem prototypów mikroskopowych układów scalonych, posiadała unikalne urządzenie będące centralnym

punktem tej produkcji. Ponieważ wymiana tego urządzenia wymagałaby około osiemnastu miesięcy, prawdopodobieństwo uszkodzenia w czasie trzęsienia ziemi musiało być nie zwykle małe. Okazało się, że największą zagrożeniem jest budynek, w którym firma się mieściła. Typowa dla tego rodzaju firm konstrukcja prefabrykowanych ścian żelbetowych (tilt-up) z dachem o konstrukcji stalowo-drewnianych nie spełniała wysokich wymagań bezpieczeństwa sejsmicznego przedstawionych przez zarząd firmy. Rys. 1 przedstawia zastosowaną metodę „negocjacji” między akceptowalnym stopniem zagrożenia urządzenia a maksymalnym dopuszczalnym współczynnikiem uszkodzenia budynku przez trzęsienie ziemi. Czym mniejszy ten współczynnik, tym wyższa cena wzmocnienia budynku. Przy pewnym poziomie, niezależne zabezpieczenie urządzenia wewnątrz budynku okazało się rozwiązaniem optymalnym.



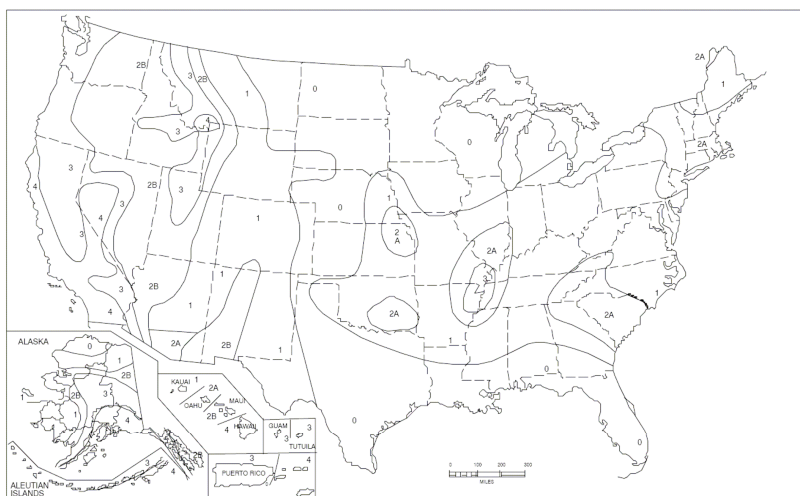
Rys. 1 Ryzyko uszkodzenia sprzętu a wytrzymałość sejsmiczna budynku

3. Zmiany w przepisach budowlanych

Dotyczące trzęsienia ziemi postanowienia przepisów budowlanych mają na celu ochronę życia [1]. Wymagania sejsmiczne przepisów budowlanych zmieniają się w miarę pojawiania się nowych informacji dotyczących zachowania systemów konstrukcyjnych lub ich elementów, albo lepszego niż uprzednio zrozumienia zagrożeń sejsmicznych. Obliczany stopień bezpieczeństwa konstrukcji zmienia się zatem przy każdym udoskonaleniu definicji zagrożenie sejsmicznego albo wytrzymałości konstrukcji. Tak więc, konstrukcja staje się zwykle z czasem "mniej bezpieczną". Pytaniem, na które muszą odpowiadać władze budowlane i właściciel obiektu, jest w którym momencie konstrukcja „staje się” niedostatecznie bezpieczną. Wiedząc, że postanowienia sejsmiczne będą się zmieniać z biegiem czasu (wraz z ogólnymi przepisami budowlanymi), istniejące obecnie postanowienia modelowych przepisów budowlanych stwarzają okazję dla wprowadzenia wymagań podniesienia jakości istniejących konstrukcji na podstawie okresowo obliczanych parametrów.

Ponieważ parametry te są nie mogą być oparte na ścisłych obliczeniach, koncepcja "rehabilitacji" istniejącej konstrukcji staje się bardziej kompleksowa wraz ze stałym wzrostem znajomości zagrożenia i reakcji konstrukcji.

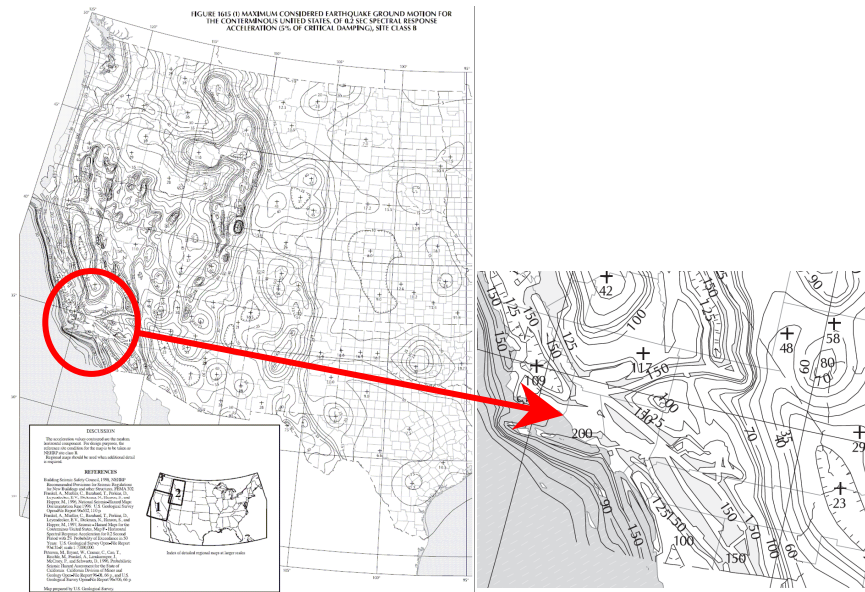
W ubiegłych latach zrozumienie zagrożenia sejsmicznego spowodowało zmiany w wymaganiach projektowych (tj. dot. intensywności trzęsienia ziemi) dla różnych okolic



Rys. 2 Mapa definiująca strefy zagrożenia sejsmicznego, r.1977 (Uniform Building Code 1977).

Stanów Zjednoczonych i przepisy budowlane zostały zmodyfikowane odpowiednio do tych zmian. Dla przykładu pokazano na Rys.2 projektowe względne intensywności sejsmiczne według kodeksu budowlanego z r.1977 [2]. Według tych ustaleń Południowa Kalifornia znajduje się w strefie sejsmicznej 4, a Memphis, Tennessee w strefie sejsmicznej 3. Według siły trzęsienia ziemi oznacza to, że poziom wstrząsów sejsmicznych w Południowej Kalifornii jest o około 25 procent wyższy niż w Memphis. Kodeks budowlany z r. 2003 przedstawił mapy sejsmiczne oparte na nowych badaniach (Rys. 2 i 3), wg których maksymalne przyspieszenie wstrząsów poziomych w Pd. Kalifornii było dwukrotnie większe niż przyspieszenie grawitacyjne, zaś w pobliżu Memphis trzykrotnie. Stąd wymogi projektowania sejsmicznego są obecnie o 30% wyższe dla Memphis niż dla Południowej Kalifornii. Dylematem społeczno-politycznym stają się więc w Memphis nawet stosunkowo nowe budynki. Oczywiście, jest to zasadnicza zmiana w stosunkowo krótkim czasie w rozumieniu istniejącego zagrożenia. Dla tego też nie jest jasne jak uwzględniać tę zmianę w przewidywanym zachowaniu tych konstrukcji.

W tym przypadku przyjmuje się ogólnie, że budynki zbudowane dziesięć lat temu w Kalifornii będą generalnie chroniły życia znajdujących się w nich ludzi w nielicznych przypadkach wstrząsów, może to natomiast nie być słuszne w odniesieniu do konstrukcji, zbudowanych w środkowych stanach USA.



Rys. 3. Sprecyzowana mapa zagrożenia sejsmiczne (przyspieszenia), r. 2003
(International Building Code, 2003)

4. Poprawa zrozumienia odporności na wstrząsy sejsmiczne



Rys. 4. Badania na University of California, Berkeley pokazały złamanie tężnika przy odkształceniach mniejszych od przewidywanych

Ostatnie badania wykazują, że nawet konstrukcja zbudowana zgodnie z istniejącymi przepisami budowlanymi może nie zapewnić zabezpieczającej życie reakcji w czasie przyjętego w projektowaniu poziomu wstrząsów sejsmicznych [3]. Pytaniem jest zatem, co zrobić z nie dawno zbudowanymi budowlami, które nie zapewnią zamierzonego ani spodziewanego zachowania w czasie trzęsienia ziemi?

Wyniki pełnorozmiarowych badań wskazują na poważne błędy w projektowaniu oraz konstrukcji koncentrycznie stężonych ram stalowych [4]. Przewidywane

zachowanie konstrukcji w pełni zgodnych z przepisami może być znacznie gorsze niż myślano poprzednio. Wytyczne dotyczące oceny zachowania tych układów przed omawianymi badaniami przeceniały ich nośność. Nawet wytyczne stosowane przy sejsmicznym wzmacnianiu tych konstrukcji przeceniały ich nośność. Wnioski wynikające ze zmian w zrozumieniu zarówno zagrożenia, jak i przewidywanego zachowania istniejących, niedawno zbudowanych konstrukcji, są tematem bieżącej debaty. Wprowadzenie w życie tych wniosków wymaga również zaangażowania ze strony polityczne, ponieważ proces modyfikacji istniejących przepisów budowlanych i ich wprowadzenie wymagają długiego czasu, a w międzyczasie budowane są nadal niewłaściwie zaprojektowane konstrukcje.

5. Konsekwencje zmian w systemie przemysłowym

Poniższe przykłady dają pogląd na zmiany w użytkowaniu konstrukcji, które mogły się wydawać prostym rozszerzeniem lub zmianą użytkowania istniejącego, a stały się przyczyną katastrofy konstrukcji.

“Ulepszanie procesu” wiórków poliestrowych

Zakład produkował wiórki poliestrowe, używane następnie do produkcji włókna poliestrowego. Wiórki produkowane były w ten sposób, że początkowo produkowano “monomer”, który następnie polimeryzowano dla otrzymania polimeru. Zakład był projektowany i zbudowany w latach 1970-ych z zastosowaniem technologii opartej na dwóch składnikach chemicznych, które w czasie reakcji wytwarzały monomer oraz metanol jako produkt uboczny. Odzysk produktu ubocznego wymagał nakładów finansowych oraz zmian w produkcji, zapotrzebowanie rynku na produkowane ilości było niewielkie, oraz stanowił zagrożenie bezpieczeństwa.

W połowie lat osiemdziesiątych zmodyfikowano proces technologiczny przez zastosowanie innych surowców chemicznych, w wyniku czego uzyskiwano ten sam monomer, ale produktem ubocznym stała się woda. Wprawdzie istniejące w zakładzie urządzenia uznano za odpowiednia dla nowego procesu, ale w praktyce okazało się że podstawowe zbiorniki uległy zniszczeniu, spowodowanemu wiekiem i warunkami pracy. Zapewnienie bezpiecznej i wydajnej pracy wymagało wymiany podstawowych zbiorników oraz urządzeń pomocniczych, związanych z procesem.

Zbiornik magazynowy benzyny przystosowany do etanolu

W dniu pokazanego na rys.5 cylindrycznego zbiornika o średnicy 56 cali i wysokości 48 cali o pojemności 22.000 baryłek odkryto pęknięcia. Zbiornik zbudowany był z nisko-węglowej stali ASTM.A36 o grubości 1/4 cala. Początkowo w zbiorniku przechowywano benzynę; kilka razy przeprowadzano naprawę spoin, a później stał przez jakiś czas nie używany. Uszkodzone miejsca odległe od starych spoin naprawiano przez nakładanie prostokątnych stalowych łat o grubości 1/4 cala, przyspawanych wzdłuż obrzeży; według dokumentacji używano do spawania prętów E7024. Na rys.6 pokazano pęknięcie łaty.

W związku z wymogami utlenianego paliwa, zbiornik na benzynę przystosowano do magazynowania etanolu i napełniono go etanolem. Kilka miesięcy po napełnieniu zbiornika etanolem stwierdzono że zbiornik cieknie. Po opróżnieniu zbiornika odkryto szereg pęknięć w pobliżu niektórych spoin. Na rys.8 i 9 przedstawiono mikrograf pokazujący całość ściegu spoiny, strefę rekrytalizowaną pod wpływem ciepła (HAZ) oraz mikrostruktury podstawowego metalu w pobliżu pęknięcia łaty. Jak widać, pęknięcia znajdują się w metalu bazowym z daleka od ściegu spoiny oraz widocznej (rekrytalizowanej) strefy HAZ. Mikrostruktura metalu bazowego składa się głównie z ziaren ferrytu, z mniejszością rozsianych w nich kolonii perlitu, typowo dla stali A36. Jak pokazuje mikrograf, pęknięcia są głównie międzyziarniste, mogą być rozgałęzione lub mieć stępione wierzchołki. Rys.8 pokazuje również że próbka nałożonej spoiny szwu ma liczne pęknięcia, zaczynające się w odległości kilku dziesiątych cala od siebie.

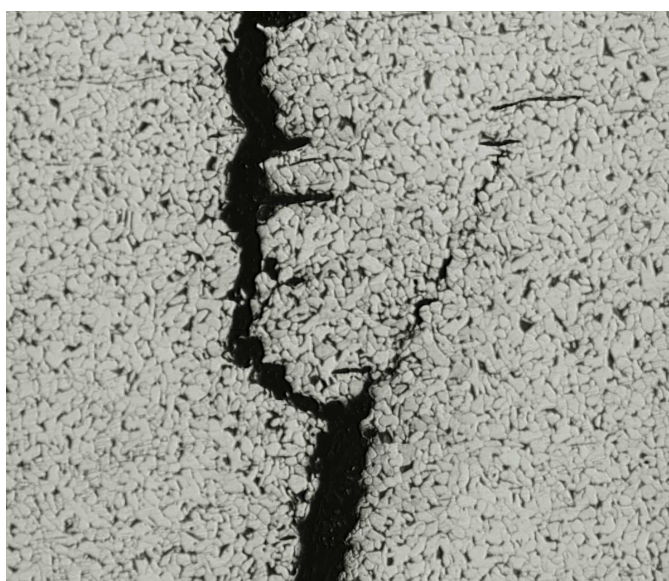
Mikrografy świadczą o tym, że pęknięcia spowodowane były prawdopodobnie pęknięciami na skutek naprężeniowego pęknięcia korozyjnego (stress corrosion cracking (SCC)). W czasie tego pęknięcia równoczesna obecność trzech czynników: dostatecznego naprężenia rozciągającego, wrażliwego metalu oraz korozyjnego medium, powoduje powstawanie pęknięć posuwających się od powierzchni metalu. Naprężeniowe pęknięcie korozyjne nie występuje przy braku jednego z tych czynników..

Etanol jest utleniaczem mającym polepszyć spalanie paliwa i zmniejszyć emisję spalin emisji przez wspomnienie redukcji tlenku węgla (CO), lotnych składników organicznych oraz zawieszonych w gazie cząstek stałych, stanowiących zagrożenie dla zdrowia [5]. W związku

ze zwiększonym zastosowaniem etanolu powstało wiele nowych terminali. W czasie wprowadzania nowego produktu na nowy rynek wyłaniają się często problemy okresu przejściowego. W tym przypadku problemem okresu przejściowego okazały się “naprężeniowe pęknięcia korozyjne” zbiorników magazynowych oraz systemów zbiorników i rurociągów [6]. W przeszłości producenci i przedsiębiorstwa przesyłowe etanolu dostarczali przez wiele lat etanol bez żadnych doniesień o naprężeniowych pęknięciach korozyjnych. Obejmuje to setki zbiorników w terminalach różnych systemów, jednak w ciągu ostatnich dziesięciu lat szereg użytkowników miało znaczne uszkodzenia tego typu w zbiornikach magazynowych oraz systemach zbiorników i rurociągów ostatnio przystosowanych lub zbudowanych do obsługi etanolu. Pomimo że absolutna liczba tych pęknięć jest niewielka, API i przemysł uznały że problem jest godny szybkiej uwagi, ponieważ pęknięcia zbiorników i rurociągów mają szansę stania się czynnikiem zagrażającym środowisku.



Rys. 5 Zbiornik benzyny przystosowany do przechowywania etanolu.



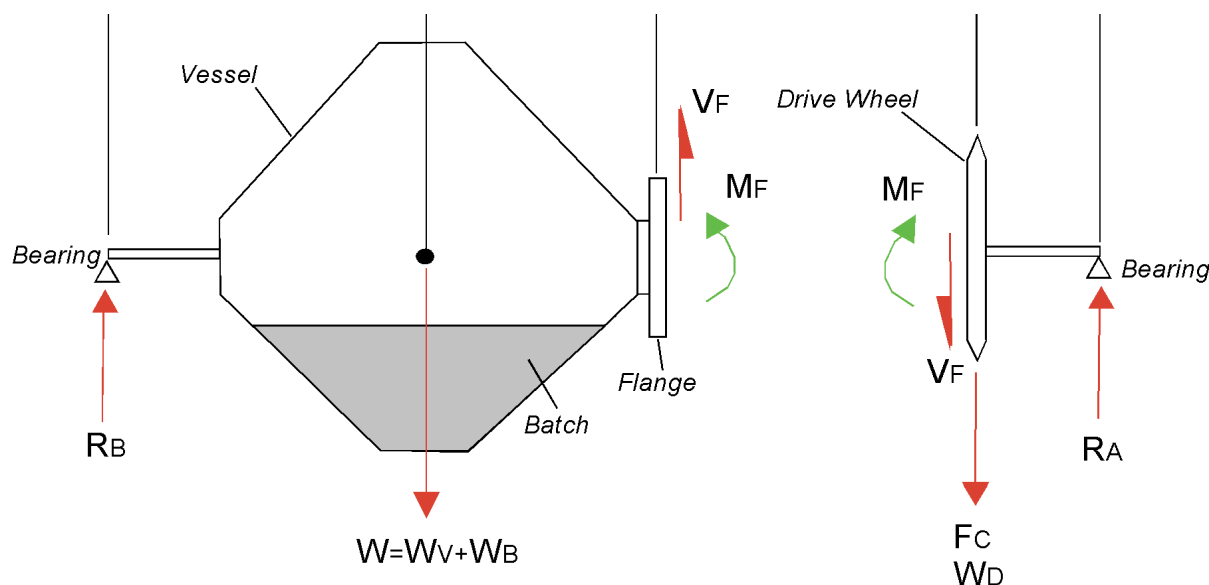
Rys. 6 Mikrograf rozgałęzionego międzyziarnowego pęknięcia koło spoiny (200X).

Ostatnie prace badawcze, finansowane przez API i Renewable Fuel Association oceniły wpływ wody, kwasu octowego (CH_3COOH), tlenu, inhibitora korozji, chlorku, metanolu (CH_3OH), denaturatu oraz produktów korozji na powstawanie naprężeniowych pęknięć korozyjnych stali w etanolu ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) [7]. Denaturat, będący inhibitorem korozji, ani kwasowość, w granicach określonych specyfikacją etanolu stosowanego jako paliwo, nie okazują znacznego wpływu na powstawanie takich pęknięć. Zawartość wody w granicach od 170 ppm do 1% ciężaru również nie ma znacznego wpływu na ich powstawanie. Okazało się, że największy wpływ na powstawanie naprężeniowych pęknięć korozyjnych ma potencjał korodujący pod wpływem tlen [8].

Wpływ skali, niedbały projekt zmian, czy niewłaściwe instalowanie?

W jednym z zakładów farmaceutycznych w Francji zastosowano zbiornik dużej suszarki obrotowej do suszenia proszku. Zbiornik wykonany jest z dwóch złączonych podstawami stożków; jeden z nich ustawiony jest wierzchołkiem do góry, drugi wierzchołkiem do dołu. Cały zbiornik obraca się dookoła poziomej osi. Napęd zbiornika stanowi koło zębate (podobne do rowerowego dużego koła napędowego), przymocowane śrubami do kołnierza na

boku zbiornika (rys 7). Omawiany zbiornik miał średnicę. ok. 3m. Zakład użytkował przez wiele lat bez żadnych problemów zbiorniki podobnego typu i pochodzące od tego samego producenta, ale mniejsze, o średnicy ok.1,5m.



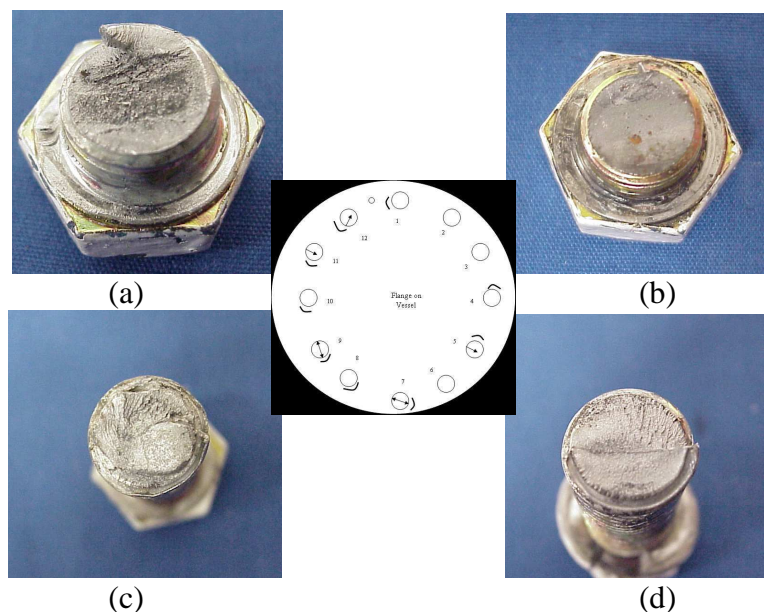
Rys. 7 Schematyczny rysunek pokazujący siły i momenty, działające na połączenie śrubowe między kołem napędowym i zbiornikiem

Po około jednym roku pracy duży zbiornik spadł po uszkodzeniu połączenia śrubowego. Większość śrub uległa pęknięciu zmęczeniowemu (rys 8). Badanie wytrzymałościowe wykazało, że wstępne napięcie w śrubach było zaledwie wystarczające dla utrzymania koła dociśniętego do kołnierza, nie zapewniając marginesu bezpieczeństwa zapobiegającego pęknięciu zmęczeniowemu.

Naprawa polegała na zastąpieniu śrub (które były wykonane z nietwardzonej stali 5,6) twardszymi śrubami, które mogły być dokręcone do wyższego napięcia wstępnego. Okazało się, że sposób zamocowania na większym zbiorniku był identyczny, jak stosowany na mniejszych zbiornikach. Tak więc nie można tu nawet "winić" efektu skali za zaistniałe uszkodzenie. Był to po prostu zwykły błąd w projektowaniu zmiany.

6. Wymaganie ochrony przeciwpożarowej

Wymagania dotyczące ochrony przeciwpożarowej i systemu alarmowego zmieniają się w czasie. Bardziej surowe przepisy dotyczące określenia klasy ogniodporności materiałów budowlanych, podziału na strefy pożarowe przestrzeni zabudowanej, nowoczesne systemy wykrywające i ostrzegawcze nawet w budynkach jednorodzinnych, jak również bardziej surowe przepisy dotyczące dróg ewakuacyjnych przyczyniają się częściowo do powodzenia w zmniejszeniu strat materialnych i śmiertelnych wypadków w wyniku pożaru. Kiedy jednak przebudowa konstrukcji odbywa się z niewłaściwym zrozumieniem tych przepisów lub ich rażącym pominięciem, zdarzają się tragedie pożarowe. Często się zdarza, że właściciel nie wie o obowiązku formalnego wystąpienia o zmianę pozwolenia na zmianę użytkowania lub gęstości zamieszkania, wydawanego przez właściwe władze. Wydawanie zezwoleń stanowi urzędową działalność, mającą na celu ochronę zdrowia, bezpieczeństwa i dobrobytu ludności.



Rys. 8. Zniszczenie śrub połączenia
 (a), (b), - zmęczenie w śrubach 5 i 6, (c) – mechaniczne przeciążenie w śrubie 8. (d) – Zmęczenie (ok.50% powierzchni przełomu) z późniejszym przeciążeniem mechanicznym

Stosując się do urzędowych wymagań, właściciele mogą zmniejszyć ryzyko oraz/lub swoją odpowiedzialność. Przepisy winny być sformułowane tak, aby mogły być przyjęte przez środowisko jako nadające się do zaakceptowania.

- **Pożar stacji - West Warwick, RI, 20 luty 2003**

Zmiana obciążenia powierzchni podłogi pomieszczenia, wynikającego z ilości zajmujących lokal ludzi (bez uwzględnienia stołów i krzeseł), spowodowana przeznaczeniem lokalu na cele rozrywkowe (większe zagęszczenie) bez zastosowania odpowiednich poprawek w drogach ewakuacyjnych stała się przyczyną śmierci stu ludzi na skutek pożaru w czasie koncertu.

- **Przebudowa mieszkania – Brooklyn, NY, 23 sierpień 2005**

Po śmierci wykonawcy w wyniku pożaru i wybuchu w czasie przebudowy podpiwniczenia na dwa lokale mieszkalne bez pozwolenia właściciel budynku został oskarżony o zabójstwo, wynikające z zaniedbania, oraz o nielegalną przebudowę, a dzierżawca o nielegalną przebudowę.

- **Nielegalna fabryka – Kalkuta, Indie, 22 listopad 2006**

Właściciele budynku i przedsiębiorstwa są oskarżeni o nielegalną przebudowę budynku mieszkalnego na fabrykę torebek skórzanych i o spowodowanie śmierci dziewięciu robotników w wyniku pożaru.

- **Magazyn mebli i materacy – Nowy Jork, NY, 16 grudzień 2003**

Nie zatwierdzona zmiana użytkowania drugiego piętra budynku magazynowego spowodowało śmierć strażaka w czasie gaszenia pożaru w magazynie. Odpowiednia zmiana pozwolenia na takie użytkowanie wymagałaby zastosowania systemu automatycznego gaszenia w całym magazynie i umożliwiła opracowanie właściwego planu zapobiegania pożarom.

7. Szczelność budynku i problemy wilgoci

Środowisko wewnątrz budynku jest zależne od konstrukcji i znajdujących się w niej materiałów, oraz od kontroli jakości powietrza. W nowoczesnych budynkach, opierających swą wodoszczelność oraz sprawność energetyczną na nieprzepuszczalności materiałów i konstrukcji elewacji, znajdująca się w budynku wilgoć nie może wydostać się na zewnątrz. Przy skondensowaniu tej wilgoci na wewnętrznej stronie ściany fasadowej pojawiają się warunki dla powstania zagrzybienia zagrażającego warunkom zdrowotnym wewnątrz budynku. Przykładem takich sytuacji może być naprawa popękanych betonowych elewacji nałożoną warstwą nieprzepuszczalnych elastomerów. W południowo wschodniej części USA kondensacja w wietrzonych podpiwniczeniach była spowodowana klimatyzacją wewnątrz budynku. Zewnętrzna wilgotna i gorąca atmosfera w kontakcie z chłodną powierzchnią skraplała się powodując niszczenie drewnianych konstrukcji podłogowych.

Przepływ wilgoci przez betonową podłogę wylaną na gruncie

Nierównowaga wilgotności pomiędzy podłożem, na którym wylewana jest płyta podłogowa, a środowiskiem wnętrza budynku powoduje migrację wilgoci poprzez płytę do wnętrza budynku. Zjawisko to nazywane jest często "migracją pary wodnej", co jest nie zgodne z naturą tego zjawiska ponieważ wilgoć wędruje jako ciekła woda albo roztwór zawierający rozpuszczone minerały. Gdy woda migruje przez beton rozpuszcza ona znajdujące się w paście cementowej ługi i przenosi na powierzchnię płyty, gdzie wilgoć odparowuje, pozostawiając wysoką koncentrację ługów przy powierzchni płyty. Przepływ wilgoci w górę stwarza nacisk na każde nieprzepuszczalne pokrycie podłogowe. Dlatego też kleje, mocujące pokrycie podłogowe do betonu, muszą być dostatecznie silne aby stawić opór temu naciskowi oraz dostatecznie odporne na wysoką koncentrację ługów aby z czasem nie uległy zniszczeniu.



Rys. 9 Pęcherz wody i powietrza pod winylową wykładziną wylaną bezpośrednio na płycie betonowej

8. Wnioski

Przepisy budowlane, normy projektowe i budowlane są najbardziej skuteczne gdy zakład jest budowany i użytkowany zgodnie z początkowymi założeniami. Zmiana użytkowania lub nowe zrozumienie zagrożeń, na które zakład może być narażony, wymagają szczegółowego przeanalizowania warunków bezpieczeństwa istniejącego systemu. Analiza taka powinna być przeprowadzona z zastosowaniem poziomu i sposobu zwracania uwagi, różniącymi się od stosowanych zwykle przy projektowaniu i budowie nowych konstrukcji. Nawet stosunkowo małe zmiany w stosunku do przewidywanych w czasie projektowania i budowy wymogów obciążeń i zastosowania konstrukcji mogą stać się źródłem poważnych konsekwencji i awarii.

Literatura

1. Structural Engineers Association of California, "Seismic Design Recommendations of the SEAOC Seismology Committee" Sacramento, CA, 1999.
2. International Conference of Building Officials, "Uniform Building Code," Whittier, California, 1997.
3. Uriz, Patxi "Towards Earthquake Resistant Design of Concentrically Braced Steel Structures," University of California, Berkeley, Department of Civil and Environmental Engineering, Doctoral Dissertation, December, 2005.
4. Walterio Lopez, "Steel Example 1: Concentrically Braced Frames," SEAONC Spring Seminar: SEI/ASCE 41-06 Seismic Rehabilitation of existing buildings, March-April 2007.
5. Kane, R. D., N. Sridhar, et al. (2005). "Stress corrosion cracking in fuel ethanol: A recently recognized phenomenon." *Materials Performance* 44(12): 50-55.
6. Goodman, R. A. (2003). *Ethanol Stress Corrosion Cracking Research*. Washington, , American Petroleum Institute.
7. Kane, R. D., N. Sridhar, et al. (2005). "Stress corrosion cracking in fuel ethanol: A recently recognized phenomenon." *Materials Performance* 44(12): 50-55.
8. Sridhar, N., K. Price, et al. (2006). "Stress corrosion cracking of carbon steel in ethanol." *Corrosion(Houston, Tex.)* 62(8): 687-702.