

MARECKI Andrzej¹

Bezpieczeństwo użytkowania miejskich i pozamiejskich mostów drogowych

WSTĘP

Nagle i nieoczekiwane wydarzenie niosące ze sobą negatywne skutki takie jak: straty materialne oraz straty w ludziach to katastrofa. Spektakularna katastrofa mostu wiszącego, która wydarzyła się 7 listopada 1940 r. w Tacoma² w północno-zachodniej części Stanów Zjednoczonych Ameryki zwróciła uwagę inżynierów na znaczenia wpływu parcia wiatru na konstrukcję, jako oddziaływania dynamicznego, które należy uwzględnić podczas projektowania mostów wiszących. Przyczyną katastrofy mostu, oprócz niedostatecznej sztywności przęsła, była także niewystarczająca stateczność aerodynamiczna i związana z nią zbieżność częstości własnej drgań przęsła i pylonów powodująca rezonans.

Prof. A. Jarominiak [1] wymienia cztery zasadnicze grupy przyczyn powodujących katastrofy mostów:

1. Wady materiałowe
2. Wadliwe fundamenty
3. Błędy technologiczne
4. Klęski żywiołowe

Za część z tych przyczyn odpowiada człowiek - mówimy wówczas, że są to katastrofy antropogeniczne wynikające z błędów projektowych lub niedostatecznego nadzoru zarówno na etapie projektowym jak i wykonawczym (statystyki wykazują, że tylko jedna piąta katastrof wynika z niedostatecznej wytrzymałości materiałów).

Dynamiczny rozwój technik obliczeniowych, obligatoryjne badania konstrukcji mostowych o dużych rozpiętościach i nowatorskich technologiach w tunelach aerodynamicznych oraz zintegrowane systemy monitoringu stanu przemieszczeń i dystrybucji sił wewnętrznych znakomicie wpłynęły na bezpieczeństwo użytkowania mostów. Należy jednak podkreślić, że nowe konstrukcje mostowe są tylko niewielkim fragmentem w infrastrukturze drogowej. W skali makro o bezpieczeństwie użytkowania sieci komunikacyjnej decyduje stan techniczny infrastruktury drogowej, a w tym oczywiście stan miejskich i pozamiejskich mostów, wiaduktów przepustów itp.

1. PODSTAWY FORMALNO PRAWNE SYSTEMU OCENY STANU TECHNICZNEGO OBIEKTÓW BUDOWLANYCH UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Dokonywanie przeglądu stanu technicznego obiektów budowlanych i budowli wynika z art. 62 ust. 1 pkt 1 i 2 ustawy Prawo budowlane (Dz.U. z 2013r. poz. 1409), art. 62. 1. Obiekty powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę:

- **okresowej kontroli, co najmniej raz w roku**, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego:
 - a) elementów budynku, budowli i instalacji narażonych na szkodliwe wpływy atmosferyczne i niszczące działania czynników występujących podczas użytkowania obiektu,
 - b) instalacji i urządzeń służących ochronie środowiska,
 - c) instalacji gazowych oraz przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych);

¹ Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej; 00-637; Al. Armii Ludowej 16. Tel +48 22 234-57- 48, a.marecki@il.pw.edu.pl

² Most wiszący w Tacoma miał główne przęsło o długości 840 m., a szerokość 12 m. Było to przyczyną jego wiotkości.

- **okresowej kontroli, co najmniej raz na 5 lat**, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego i przydatności do użytkowania obiektu budowlanego, estetyki obiektu budowlanego oraz jego otoczenia; kontrolą tą powinno być objęte również badanie instalacji elektrycznej i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.

W/w kontrole mogą być przeprowadzone tylko przez osoby posiadające uprawnienia budowlane w odpowiedniej specjalności. Zgodnie z prawem budowlanym, w trakcie przeprowadzania okresowej kontroli należy sprawdzić wykonanie zaleceń z kontroli poprzedniej. Ponadto właściwy organ (powiatowy inspektor nadzoru budowlanego; wojewódzki inspektor nadzoru budowlanego lub Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego) w razie stwierdzenia nieodpowiedniego stanu technicznego obiektu budowlanego lub jego części, mogącego spowodować zagrożenie: życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia bądź środowiska może nakazać również wykonanie kontroli.

Do obowiązków zarządcy drogi należy dokonywanie w/w przeglądów dla dróg publicznych oraz drogowych obiektów inżynierskich.



Fot. 1. Estakada miejska (fot. A. Marecki 2012)

Drogowe obiekty inżynierskie zdefiniowane w § 1 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Z 2000r. Nr 63, poz. 735 z późn. zm.) to:

- **obiekty mostowe** - budowle przeznaczone do przeprowadzenia drogi, samodzielnego ciągu pieszego lub pieszo-rowerowego, szlaku wędrówek zwierząt dziko żyjących lub innego rodzaju komunikacji nad przeszkodą terenową, w szczególności: mosty, wiadukty, estakady, kładki,
- **tunele** - budowle przeznaczone do przeprowadzenia drogi, samodzielnego ciągu pieszego lub pieszo-rowerowego, szlaku wędrówek zwierząt dziko żyjących lub innego rodzaju komunikacji przez przeszkodę terenową lub pod nią, w tym przejścia podziemne,
- **przepusty** - budowle o przekroju poprzecznym zamkniętym, przeznaczone do przeprowadzenia cieków, szlaków wędrówek zwierząt dziko żyjących lub urządzeń technicznych przez nasyp drogi,
- **konstrukcje oporowe** - budowle przeznaczone do utrzymywania w stanie stateczności nasypu lub wykopu.



Fot. 2. Most miejski (fot. A. Marecki 2009)

2. WPŁYW WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH ORAZ CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH I UTRZYMANIA OBIEKTÓW MOSTOWYCH NA ICH STAN TECHNICZNY

Orientacyjny projektowy okres użytkowania mostu powinien wynieść wg obowiązującej normy [2, s.19] 100 lat. Oznacza to, że przy projektowaniu mostów konieczne jest uwzględnienie nie tylko oczekiwanych warunków środowiskowych, składu, właściwości i zachowania się materiałów, specyfiki konstrukcji, jakości wykonania i poziomu kontroli ale również systemu utrzymania obiektu.

Utrzymania rozumianego, jako całokształt działań technicznych i organizacyjnych zapewniających właściwy poziom przydatności do użytkowania i gwarantujący zachowanie odpowiedniego do wymogów eksploatacyjnych stanu technicznego mostu

Stan techniczny drogowych obiektów inżynierskich, miejskich i pozamiejskich ulega stałej degradacji. Wynika to z obiektywnych warunków eksploatacyjnych i oddziaływania środowiska oraz starzenia się materiałów, z których wykonane są elementy ustroju nośnego i wyposażenia konstrukcji mostowej.

Obiekt mostowy poddany jest następującym grupom oddziaływań:

1. Oddziaływania eksploatacyjne
2. Oddziaływania środowiskowe
3. Wpływ czasu

Projektując konstrukcję przyjmujemy w stanach granicznych nośności i użyteczności kombinacje prawdopodobnego najniekorzystniejszego układu obciążeń. Obserwowana obecnie w transporcie drogowym stała tendencja wzrostu nacisków na osie oraz wzrost masy pojazdów, nawet przy kontrolowanych (legalnych) przejazdach powoduje znaczne obciążenie konstrukcji. Występują ekstremalne obciążenia statyczne i dynamiczne. Następstwem takich przeciążeń może być skrócenie projektowanego czasu eksploatacji.

Podobnie wzrastające zanieczyszczenie środowiska, używanie środków chemicznych do zwalczania gołodzi, 100-krotne w ciągu roku przejście temperatury przez 0, przyspiesza i zwielokrotnia procesy korozyjne. Bezpośrednim efektem tych zjawisk jest destrukcja materiałów konstrukcyjnych, która w ekstremalnych przypadkach może prowadzić do swego rodzaju „dezintegracji strukturalnej ustroju nośnego”. Niekorzystna dla konstrukcji mostowych jest również wzrastająca emisja dwutlenku węgla i związków siarki. Obserwujemy znaczny wzrost korozji

chemicznej podpór mostowych, które bezpośrednio stykają się z wodami zanieczyszczonymi związkami amonu występującymi w nawozach sztucznych.

Obiekty mostowe starzeją się w naturalny sposób. Degradacja obiektów mostowych spowodowana wiekiem jest przewidywalna w przypadku konstrukcji wykonanych z materiałów o znanych cechach fizycznych. Niestety eksperymenty konstrukcyjne i niedostateczna kontrola wykonania, szczególnie w drugiej połowie XX w., spowodowała, że w Polsce wybudowano setki mostów, których degradacja jest nieprzewidywalna.

Opisane wyżej zjawiska wymagają od administratorów sieci drogowej prowadzenia systematycznych działań, których celem jest niedopuszczenie do nagłej utraty nośności elementów konstrukcyjnych mostu. Pomocny może w tym być system oceny stanu technicznego drogowych obiektów inżynierskich z powodzeniem rozwijany i stosowany na sieci dróg krajowych.



Fot. 3. Korozja konstrukcji mostowej (fot A. Marecki 2010)

3. SYSTEM OCENY STANU TECHNICZNEGO DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH

Modelowy system kontroli drogowych obiektów inżynierskich powinien obejmować zgodnie z zaleceniami zarządcy krajowej sieci dróg t.j. Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad następujące czynności:

1. **Przegląd bieżący** obiektu inżynierskiego polegający na kontroli wizualnej (lustracja z poziomu jezdni i terenu) dokonywanej w ramach patrolowych objazdów sieci drogowej. Celem takiego przeglądu jest wykrycie uszkodzeń, które bezpośrednio zagrażają bezpieczeństwu ruchu drogowego. Wykonywany jest nie mniej niż raz na sześć miesięcy. Wyniki są protokołowane tabelarycznie w systemie zero jedynkowym i przechowywane przez okres trzech lat. Negatywny wynik przeglądu skutkuje natychmiastowym przeprowadzeniem przeglądu podstawowego obiektu, poza rocznym planem przeglądów.
2. **Okresowa kontrola roczna** - przegląd podstawowy jest to kontrola dokonywana co najmniej raz w roku w II lub II kwartale. Może też być wykonana w trybie awaryjnym w związku z wynikami w/w opisanego przeglądu bieżącego. Celem jest ocena i rejestracja aktualnego stanu technicznego obiektu, jak również określenie warunków bezpiecznej eksploatacji oraz potrzeb i zakresu niezbędnych robót bieżącego utrzymania i remontów.
3. **Okresowa kontrola pięcioletnia** - przegląd rozszerzony jest to kontrola dokonywana co najmniej raz na pięć lat w celu oceny i rejestracji aktualnego stanu technicznego obiektu, przydatności obiektu do użytkowania, estetyki obiektu oraz jego otoczenia, jak również określenia warunków

bezpiecznej eksploatacji, potrzeb i zakresu niezbędnych robót bieżącego utrzymania oraz remontów. W ramach przeglądu rozszerzonego należy ponadto przeprowadzić badanie instalacji elektrycznej, odgromowej i wentylacyjnej umożliwiającej użytkowanie obiektu.

4. **Przegląd szczegółowy** jest to szczegółowa kontrola wszystkich elementów konstrukcji z podstawowymi pomiarami i badaniami, dokonywana w celu oceny i udokumentowania stanu technicznego obiektu oraz określenia warunków bezpiecznej eksploatacji, rodzaju i zakresu remontu lub przebudowy. Podstawowe badania i pomiary wykonywane podczas przeglądu podstawowego i rozszerzonego to:

- ostukiwanie młotkiem o masie 0,5 kg,
- odkuwanie fragmentów skorodowanych warstw,
- nawiercanie wybranych fragmentów konstrukcji drewnianej wiertłem \varnothing 5 mm,
- pomiar rozwartości rys,
- obmiar uszkodzeń sprzętem pomiarowym.

W czasie przeglądu rozszerzonego, oprócz oględzin, podstawowych badań i pomiarów, należy wykonać dokumentację fotograficzną obiektu i uszkodzeń.

5. **Ekspertyza** jest to opracowanie obejmujące ocenę stanu technicznego całego obiektu lub jego części, wydane na podstawie specjalistycznych badań, pomiarów i obliczeń, w celu ustalenia przydatności do użytkowania i niezbędnych zasad utrzymania obiektu. Ekspertyzy wykonują instytucje i / lub zespoły specjalistów kompetentne w zakresie przedmiotu ekspertyzy, dysponujące niezbędną do tego aparaturą.

Przeglądy podstawowe i rozszerzone powinny być przeprowadzane przez inspektora - osobę posiadającą uprawnienia budowlane w odpowiedniej specjalności, należąca w czasie wykonywania kontroli do izby inżynierów budownictwa i legitymującą się odpowiednim zaświadczeniem wydanym przez tę izbę oraz przeszkoloną w zakresie wykonywania przeglądów podstawowych i rozszerzonych drogowych obiektów inżynierskich.

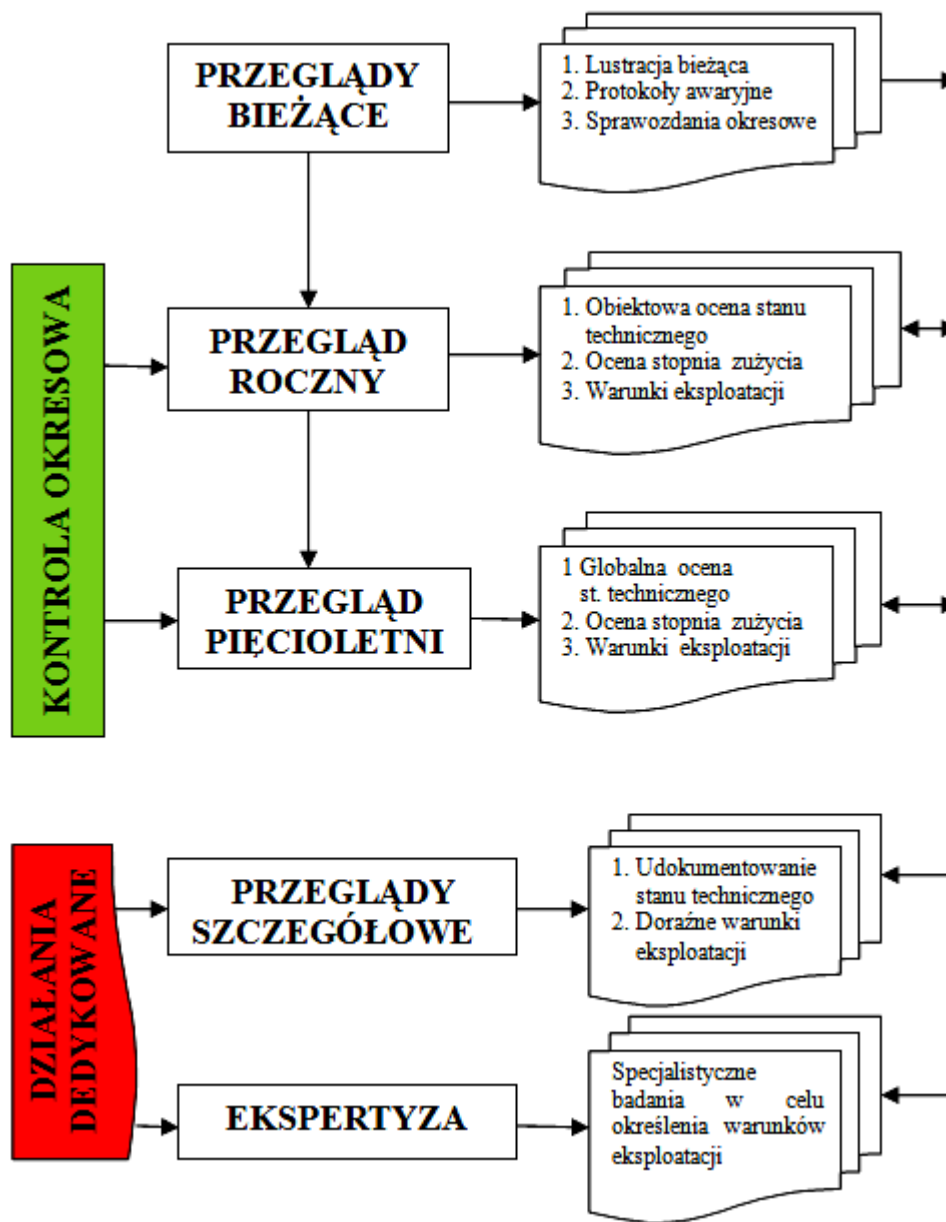
W celu ujednoczenia wyników kontroli i oceny stanu technicznego konstrukcji wprowadzono jednolity system oznakowania i oceny. Pozwala to na bezpośrednie porównanie stanu technicznego i uwalnia ocenę od subiektywnych czynników. Na rysunku 1 pokazano Schemat kontroli stanu technicznego obiektów zarządzanych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad. Widać na nim dwa obszary działań systemowych. Obszar pierwszy to ustawowe kontrole okresowe. W drugim polu znajdują się badania specjalistyczne dedykowane wynikami kontroli okresowych. Zakres tych badań uzależniony jest od oceny okresowej.

Tab .1. Skala i kryteria oceny przydatności do użytkowania po kontroli pięcioletniej [3]

Ocena	Przydatność do użytkowania	Kryterium oceny
5	odpowiednia	parametr spełnia lub przewyższa wymagania użytkowników
2	ograniczona	parametr nie spełnia uzasadnionych oczekiwań użytkowników lub spełnia je częściowo - nie wymaga się natychmiastowych prac remontowych lub przebudowy
0	niedostateczna	parametr nie spełnia uzasadnionych oczekiwań użytkowników - wymagane jest natychmiastowe przeprowadzenie prac interwencyjnych, pilne wykonanie remontu lub przebudowy obiektu

Tab. 2. Skala i kryteria oceny elementów [5]

Ocena	Stan	Opis stanu elementu
5	odpowiedni	bez uszkodzeń i zanieczyszczeń możliwych do stwierdzenia podczas przeglądu
4	zadawalający	wykazuje zanieczyszczenia lub pierwsze objawy uszkodzeń pogarszających wygląd estetyczny
3	niepokojący	wykazuje uszkodzenia, których nienaprawienie spowoduje skrócenie okresu bezpiecznej eksploatacji
2	niedostateczny	wykazuje uszkodzenia obniżające przydatność użytkową, ale możliwe do naprawy
1	przed awaryjny	Wykazuje na nieodwracalne uszkodzenia dyskwalifikujące przydatność użytkową
0	awaryjny	uległ zniszczeniu lub przestał istnieć



Rys.1. Schemat kontroli stanu technicznego obiektów zarządzanych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad

Tab 2. Katalog uszkodzeń [3]

OZNACZENIE I RODZAJ USZKODZENIA		USZKODZONY MATERIAŁ										
		BETON	DREWNO	CEGLA	KAMIEŃ	STAL			GUMA	ASFALT	GRUNT	TWORZYWO SZTUCZNE
						KONSTRUKCYJNA	SPRĘŻAJĄCA	ZBROJENIOWA				
N	Zanieczyszczenia	NB	ND	NC	NK	NS	NP	-	NG	NA	NT	NM
W	Wegetacja roślin	WB	WD	WC	WK	WS	-	-	WG	WA	WT	WM
C	Przecieki wody	CB	CD	CC	CK	CS	CP	-	CG	CA	CT	CM
O	Osady lub wykwity	OB	OD	OC	OK	os	OP	-	OG	-	-	OM
A	Zniszczenie zabezpieczeń antykorozyjnych	AB	AD	AC	AK	AS	AP	AZ	-	-	-	-
K	Korozja, gnicie, starzenie	KB	KD	KC	KK	KS	KP	KZ	KG	KA	-	KM
R	Zarysowania i pęknięcia	RB	RD	RC	RK	RS	RP	RZ	RG	RA	-	RM
L	Uszkodzenia łączników	LB	LD	LC	LK	LS	LP	LZ	LG	-	-	LM
D	Deformacje	DB	DD	-	-	DS	DP	DZ	DG	DA	-	DM
P	Przemieszczenia, osiadanie	PB	PD	PC	PK	PS	PP	PZ	PG	PA	PT	PM
B	Zablokowanie, ograniczenie ruchu	BB	BD	-	-	BS	BP	-	BG	-	-	BM
U	Ubytki, braki lub erozja materiału	UB	UD	UC	UK	US	UP	UZ	UG	UA	UT	UM
Z	Zniszczenie struktury materiału	ZB	ZD	ZE	ZK	ZS	ZP	ZZ	ZG	ZA	-	ZM

Tab. 3. Skala i kryteria oceny przydatności do użytkowania po kontroli pięcioletniej [3]

Ocena	Przydatność do użytkowania	Kryterium oceny
5	odpowiednia	parametr spełnia lub przewyższa wymagania użytkowników
2	ograniczona	parametr nie spełnia uzasadnionych oczekiwań użytkowników lub spełnia je częściowo - nie wymaga się natychmiastowych prac remontowych lub przebudowy
0	niedostateczna	parametr nie spełnia uzasadnionych oczekiwań użytkowników - wymagane jest natychmiastowe przeprowadzenie prac interwencyjnych, pilne wykonanie remontu lub przebudowy obiektu

WNIOSKI

Systematyczna kontrola stanu technicznego mostów miejskich i pozamiejskich, szczególnie uwzględniając specyfikę zasobów mostowych w Polsce, wymaga konsekwentnego stosowania spójnego systemu oceny. Należy podkreślić wrażliwość diagnostyki na subiektywną ocenę, szczególnie na etapie badań i obserwacji *in situ* podczas bieżących przeglądów. Zaproponowany katalog ujednoczonych opisów uszkodzeń (Tab. 2) oraz skwantyfikowana skala oceny stopnia destrukcji w dużym stopniu relatywizuje i uniezależnia wynik od osoby przeprowadzającej inspekcję.

W systemie wskazano ścieżkę krytyczną, postępowanie kryzysowe w przypadku zagrożenia awarią lub katastrofą. Są to działania dedykowane wykonywane przez interdyscyplinarne, specjalnie przeszkolone zespoły uprawnionych specjalistów, których zadaniem jest zdefiniowanie przyczyn destrukcji grożących katastrofą budowlaną oraz wskazanie działań zaradczych, opracowanie programów naprawczych oraz zaproponowanie warunków bezpiecznej eksploatacji obiektu mostowego

Streszczenie

W artykule omówiono logistykę systemu kontroli oraz przeglądów drogowych obiektów inżynierskich, których celem jest wykrycie zagrożeń bezpieczeństwa ich użytkowania i utrzymywania w należytym stanie technicznym i estetycznym. Działania te mają również na celu niedopuszczenie do nadmiernego pogorszenia właściwości użytkowych i sprawności technicznej drogowych obiektów inżynierskich, a w tym mostów, wiaduktów, przepustów itp. Nadrzędnym celem tego procesu jest zagwarantowanie bezpieczeństwa użytkownikom sieci transportowej i komunikacyjnej oraz zminimalizowanie kosztów rewitalizacji lub ponownego integralnego włączenie obiektu w strukturę układu drogowego i transportowego aglomeracji miejskiej lub pozamiejskiej. Przedstawiono uwarunkowania formalno-prawne oraz schemat systemu oceny stanu technicznego obiektu mostowego. Scharakteryzowano przyczyny procesu dezintegracji strukturalnej konstrukcji mostowych. Przeanalizowano obowiązujący system porównawczej oceny stopnia zużycia elementów konstrukcyjnych.

THE SAFETY OF UTILIZING URBAN AND NON-URBAN ROAD BRIDGES

Abstract

This paper describes the logistics of monitoring systems and inspections of road structures which are meant to determine safety threats associated with their use and ensure that they are kept in an proper technical and aesthetic condition. The above actions also aim to avoid excessive deterioration of the utility value and condition of road structures, including bridges, viaducts, culverts, etc. The main goal of the above process is ensuring the safety of the transport network users, as well as minimizing costs associated with a structure's revitalization or undertaking work meant to once again integrate it into the road and transport networks of urban and non-urban areas. The paper describes the formal and legal background, contains an overview of the road bridge condition evaluation system, outlines the causes of structural disintegration of road bridges, analyzes the currently employed structural element wear and tear comparative evaluation system.

BIBLIOGRAFIA (styl Nagłówek 1)

1. Jarominiak A., Rosset A., *Katastrofy i awarie mostów*. WKŁ, Warszawa 1986 r.
2. PN-EN 1990, *Eurokod podstawy projektowania*. PKN, Warszawa 2004
3. Zarządzenie Nr 14 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 07.07.2005 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 lutego 2005 r. w sprawie numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom mostowym i tunelom., Dz.U. z 2005 r. Nr 67, poz.582
5. Jarominiak A., *Przeglądy obiektów mostowych*.