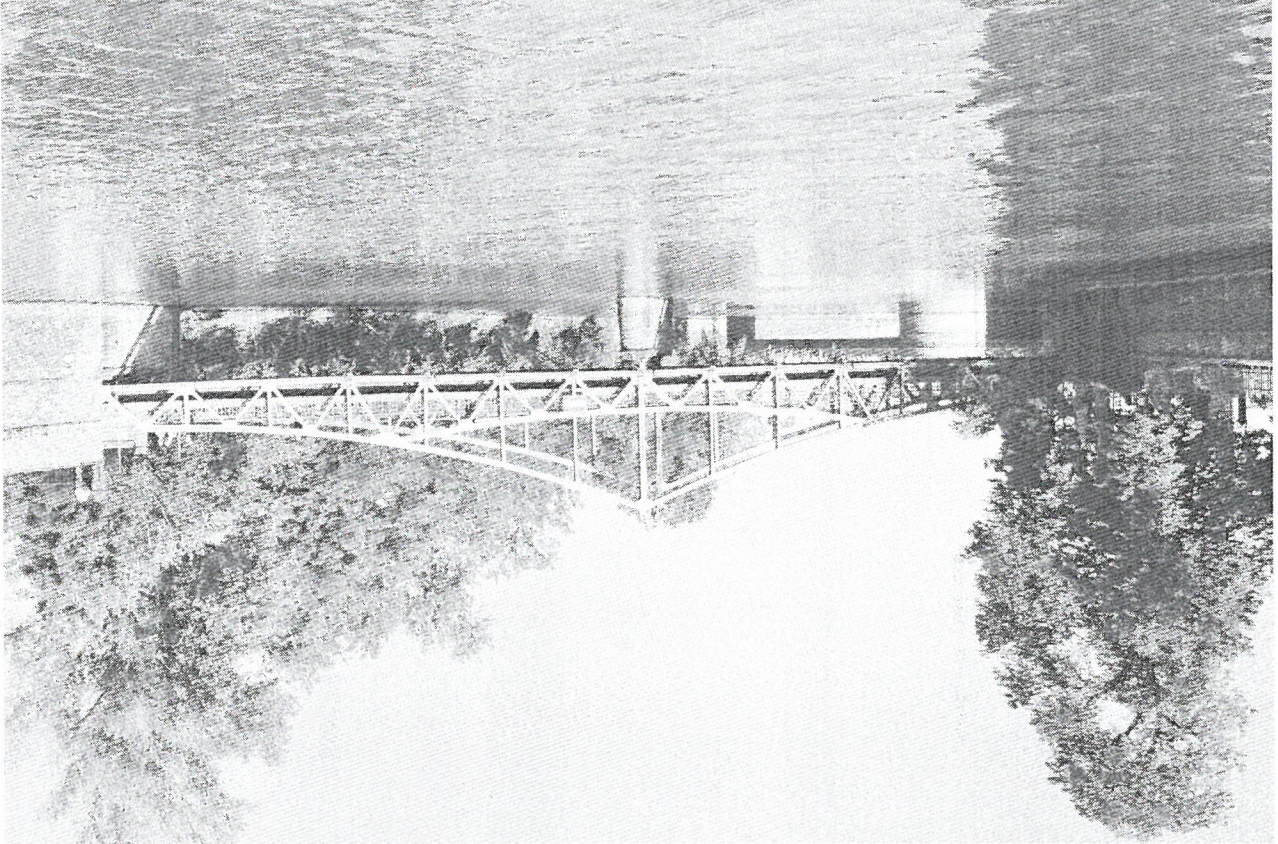


- projektowanie obiektów mostowych
- nowoczesna aparatura do badań nieniszczących
- ekspertyzy techniczne i szkolenia



- specjalistyczna kontrola jakości obiektów komunikacyjnych i budowlanych
- doradztwo w zakresie nowoczesnych technologii i materiałów budowlanych

Wrocław, grudzień 2012r.



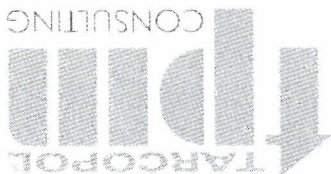
**EKSPERTYZA STANU TECHNICZNEGO  
MOSTU TUMSKIEGO NAD RZEKĄ ODRĄ W CIĄGU  
UL. KATEDRALNEJ WE WROCŁAWIU**

Nr opracowania: TPM-316-TP-2046/2012

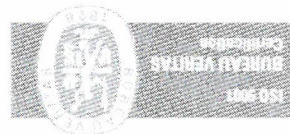
Nr wewnętrzny ZDIUM: 3

Numer JINI: 01004767

TARCOPOL Sp. z o.o. Oddział Wrocław TPM Consulting  
54-611 Wrocław, ul. Stenistowska 27  
tel. 071 795 40 25, tel./fax 071 795 40 28, tel. 0 601 463 888  
NIP: 664-000-01-30 REGON 290005905  
www.tpm-consulting.com.pl e-mail: ipm@tpm-consulting.com.pl



TARCOPOL  
duńsko-polska spółka z o.o.  
27-200 Starachowice  
ul. Skłodowa 16  
tel/fax:  
041 273 24 30, 071 290 56 45  
Nr KRS 000069023  
Sąd Rejestrowy:  
Sąd Rejonowy w Kielcach  
Wyokość kapitału zakładowego:  
79 000 PLN



*[Handwritten signature]*

25.01.2013

(MOSTY)

PL 200332

*Praca została wykonana na zlecenie:*

Zarząd Drog i Urzeczymania Miasta  
ul. Długa 49  
53-633 Wrocław

Firma TARCOPOL Sp. z o.o. Oddział Wrocław TFM Consulting oświadcza, że niniejsze opracowanie jest wykonane zgodnie z Umową FZU/EEED/099/702012 (TPM-316-TP-2046/2012) zawartą w dniu 13.04.2012 roku oraz zgodnie z obowiązującymi przepisami techniczno-budowlanymi, normami i wytycznym, a także, że jest kompletna z punktu widzenia celu, któremu ma służyć.

*Prawa autorskie zastrzeżone.*  
Kopowanie niniejszego opracowania tak w całości jak i części wymaga zgody autorów.

*Zespół autorów:*

Rzeczoznawca № 14/02/R/C/GINB	dr inż. Józef Rabięga	
Asystent uprawnienia 111/DOS/10	dr inż. Wojciech Zieliński – Haber	
Kierownik Oddziału uprawnienia 90/84/WBPP	mgr inż. Ryszard Wodnyński	

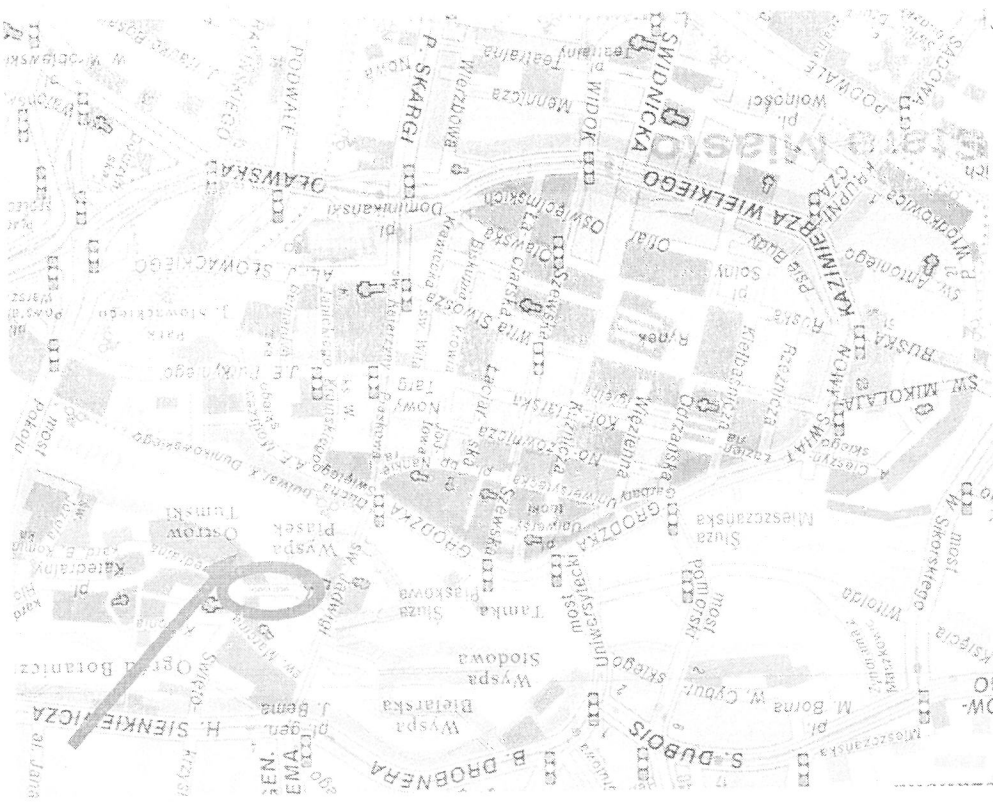
1. PRZEDMIOT OPRAWOWANIA	4
2. CEL I ZAKRES OPRAWOWANIA	4
3. PODSTAWA OPRAWOWANIA	6
4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU	6
5. OPIS KONSTRUKCJI MOSTU I WYPOSZEWANIA	9
5.1. Konstrukcja mostu	9
5.1.1. Dźwigary główne, brama portalowa	9
5.1.2. Płyta pomostu, poprzecznicę, podłużnicę, stężenia	10
5.1.3. Łozyska	11
5.1.4. Podpory	12
5.2. Wyposażenie mostu	13
5.2.1. Izolacja	13
5.2.2. Nawierzchnia jezdni na moście i na dojazdach	13
5.2.3. Krawężniki	14
5.2.4. Kapa chodnikowa (gzymsy, belki podporęczowe)	14
5.2.5. Balustrady, bariery i osłony	15
5.2.6. Urządzenia dyfuzyjne	15
5.2.7. Elementy oświetleniowe	15
5.2.8. Urządzenie odwadniająca (wpusty, sączki, drenaż, kanalizacja deszczowa, separator)	16
5.2.9. Tablice informacyjne	16
5.2.10. Urządzenie kontrolne i rewizyjne (schody, drabinki, wózki rewizyjne itp.)	16
5.3. Przestrzeń podmostowa i otoczenie obiektu	17
5.4. Prace utrzymaniowe - remontowe na moście	17
6. BADANIA KONSTRUKCJI MOSTU	18
6.1. Inwentaryzacja obiektu	18
6.2. Pomiarów niwelacyjnych nawierzchni jezdni i chodnika	19
6.3. Badanie grubości powłok malarskich na elementach przęsła	22
6.4. Pomiarów rzeczywistych grubości elementów trudnodostępnych	24
6.5. Stal konstrukcyjna przęsła mostu	25
7. OCENA STANU TECHNICZNEGO MOSTU	31
7.1. Stan nawierzchni jezdni	31
7.1.1. Stan techniczny chodników (nawierzchnia, kapy, gzymsy, krawężniki)	32
7.2. Stan techniczny balustrad	33
7.3. Stan urządzeń odwadniających	37
7.4. Stan płyty pomostowej i stan izolacji	39
7.5. Stan techniczny urządzeń dyfuzyjnych	40
7.6. Stan techniczny dźwigarów głównych	41
7.7. Stan przyczółków	53
7.8. Stan łożysk	56
7.9. Stan dojazdów	57
7.10. Stan techniczny przestrzeni podmostowej i otoczenia obiektu	58
7.11. Lokalizacja uszkodzeń mostu	59
8. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA PRZĘSŁA MOSTU	61
9. WNIOSKI KOŃCOWE I ZALECENIA UTRZYMANIOWE	84
10. NORMY, ROZPORZĄDZENIA I LITERATURA TECHNICZNA	85

## 1. PRZEDMIOT OPERACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest most drogowy nad rzeką Odra w ciągu ul. Katedralnej na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu.

Numer ewidencyjny obiektu w ZDIUM: 3. JN1: 01004767.

Ustytuowanie obiektu na mapie terenu pokazano na rysunku 1.1.



Rys. 1.1. Ustytuowanie mostu na mapie Wrocławia

## 2. CEL I ZAKRES OPERACOWANIA

**Celem** opracowania jest opis i analiza aktualnego stanu technicznego obiektu, ustalenie ocena i zbadanie jego obecnej nosności, określenie według aktualnie obowiązujących przepisów i norm [1], [2], [3], z uwzględnieniem zmian spowodowanych ubytkami korozyjnymi, zmianami strukturalnymi materiału konstrukcyjnego (starzeniem), uderzeniami pojazdów i innych uszkodzeń zasadniczych elementów nośnych przęsła mostu (np. przestwieliny z okresu II wojny światowej).

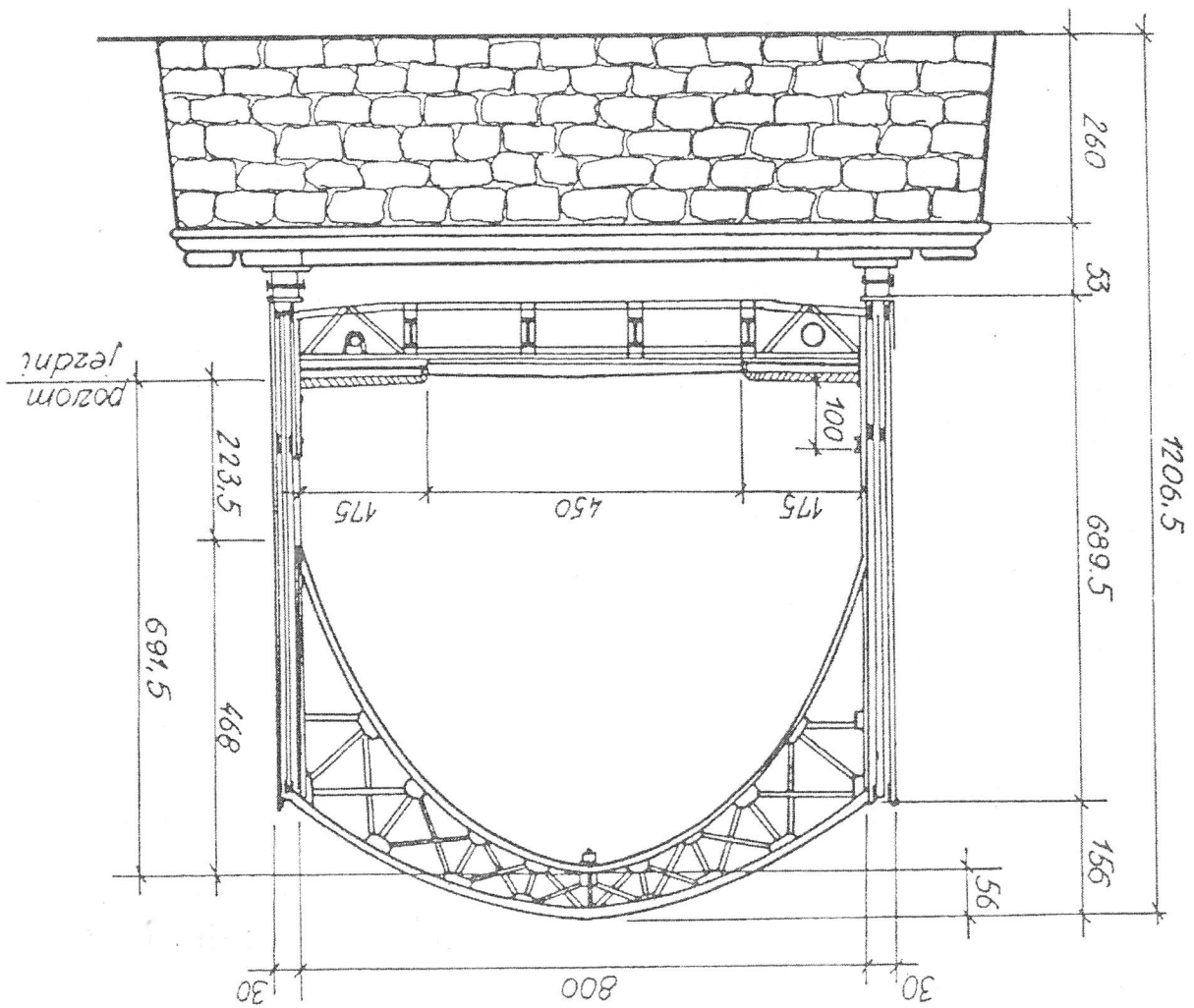
Opracowanie może też zawierać sugestie odnośnie do sposobów odnowy, modernizacji lub wzmocnienia przęsła mostu, w celu jego przystosowania dla przejazdu pojazdów odpowiedniej klasy obciążen wg normy [1].

**Zakres** opracowania w szczególności obejmuje:

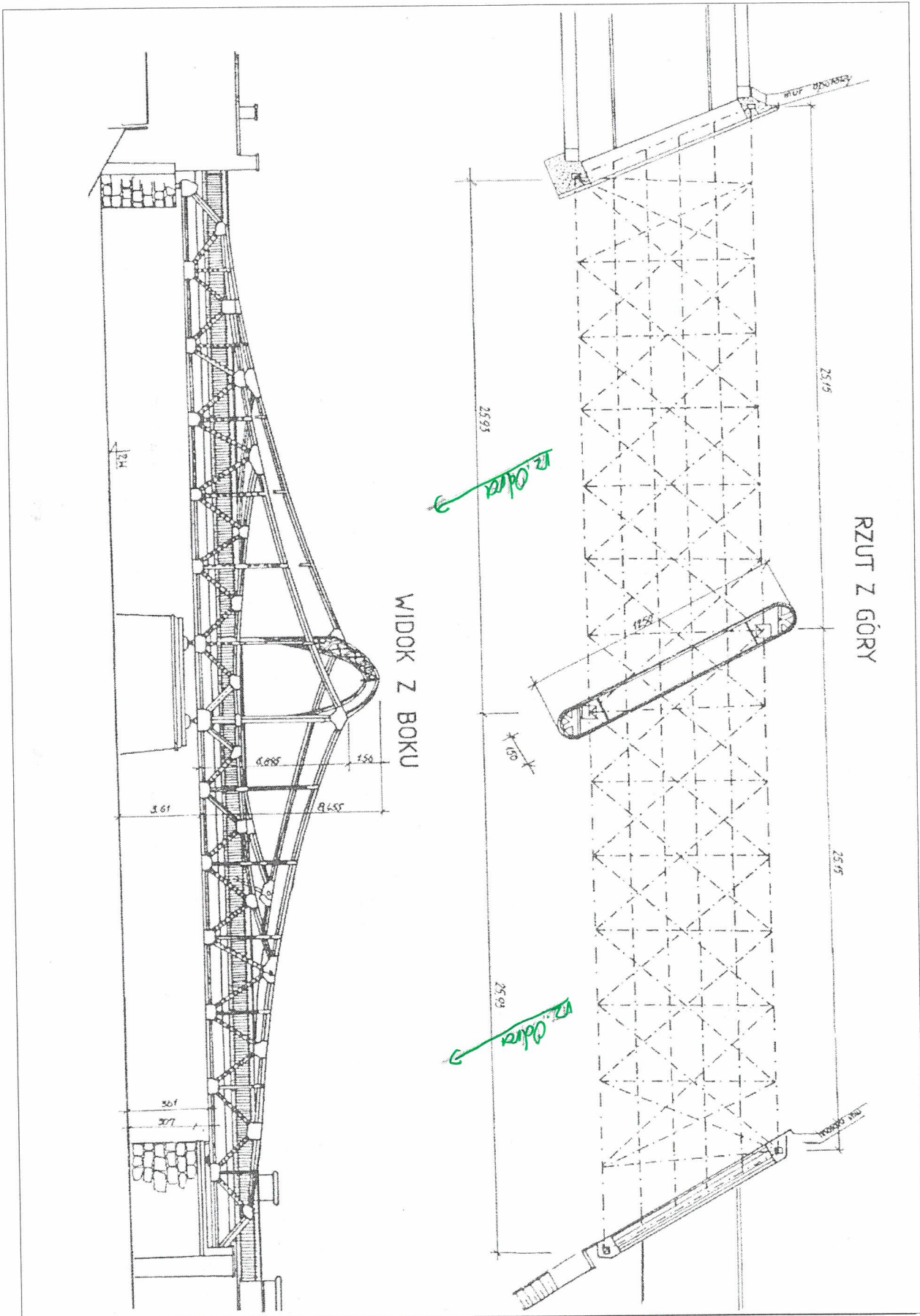
- a) wykonanie oględzin obiektu i jego otoczenia;
- b) sprawdzenie i ocenę stanu technicznego elementów obiektu, wraz z inwentaryzacją całego obiektu, wykonaniem rysunków szkicowych z naniesionymi wartościami pomiarów;
- c) wykonanie pomiarów i podstawowych badań;

- pomiar grubości stalowych elementów konstrukcji.
- wykonanie pomiarów niwelacyjnych pomostu.
- ocenę stanu technicznego ustroju nośnego, łożysk, urządzeń dylatacyjnych.
- ocenę postępu korozji elementów stalowych konstrukcji i wyposażenia wraz z oceną ich wpływu na nośność.
- ocenę aktualnej nośności obiektu ( analiza statyczna – wytrzymałościowa wraz ze schematami statycznymi) i wyznaczenie klasy obciążen.
- orzeczenie o stanie technicznym i ustalenie strategii dalszego postępowania z mostem.
- ocenę potrzeb niezbędnych ograniczeń ruchomych na obiekcie.
- zakres robót budowlanych i konserwatorskich.
- podanie wniosków końcowych na podstawie analiz i przeprowadzonych badań.
- podanie terminów zalecanych prac remontowych wraz ze szczegółowymi ich zakresem.

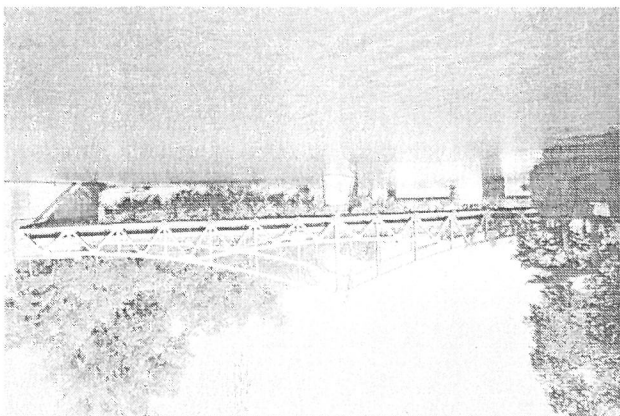
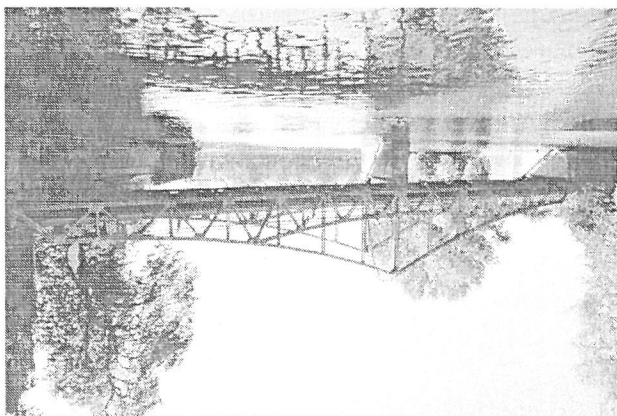
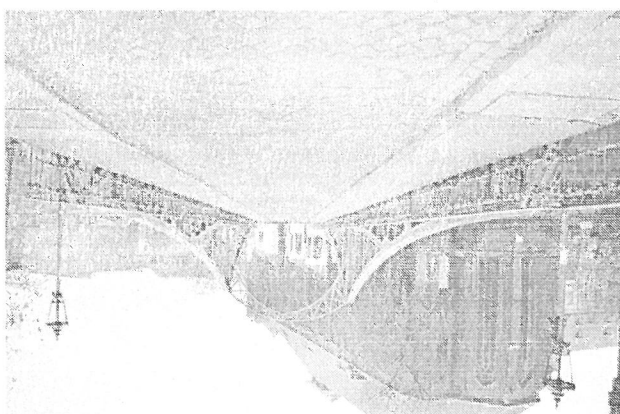
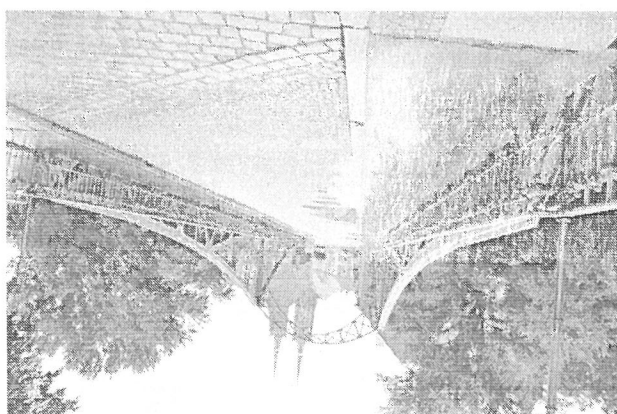




Ekspertyza stanu technicznego mostu Tumskiego nad rzeką Odrą w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu



Rys. 4.1. Ogólne parametry geometryczne mostu

<p>Widok ogólny na most od strony wody górnej</p>	<p>Widok ogólny na most od strony wody dolnej</p>
	
<p>Widok ogólny na most od strony ul. Katedralnej</p>	<p>Widok ogólny na mostu od strony ul. Św. Jadwigi</p>
	

Konstrukcję nośną mostu stanowią dwa stalowe kratownicowe dźwigiary ciągłe, dwuprzęsłowe systemu Gerbera. Kratownice posiadają zmienną wysokość i trzy pasy. W przekroju poprzecznym na filarze dźwigiary główne usztywnione są bramą portalową o konstrukcji stalowej. Pręty kratownic wykonane są z kształtowników walcowanych. Most jest usytuowany w skosie, skutkiem czego brak jest symetrii poprzecznej i podłużnej całej konstrukcji. Podział statki węzłów każdego dźwiguara kratowego jest nierównomierny i niesymetryczny. Dźwigiary rozstawione są w odległości 8,60 m, ich wysokość w osi bramy portalowej wynosi 6,90 m. W przejście od strony Wyspy Piasek, dźwigiary mają po dwa węzły przegubowe.

### 5.1.1. Dźwigiary główne, brama portalowa

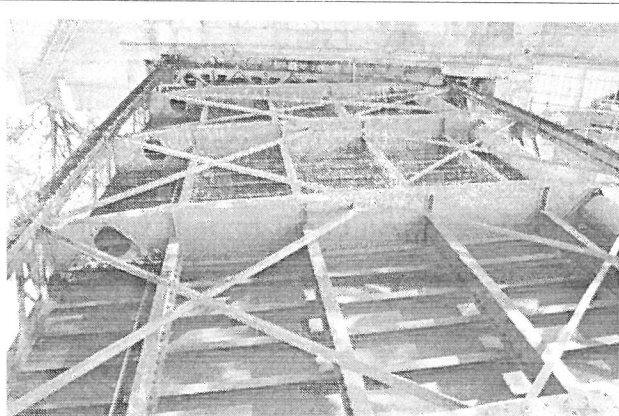
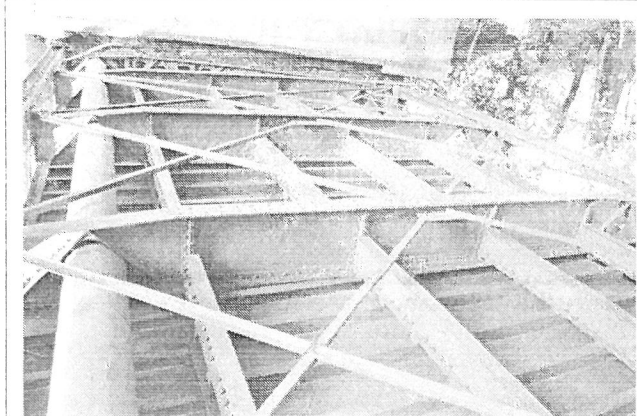

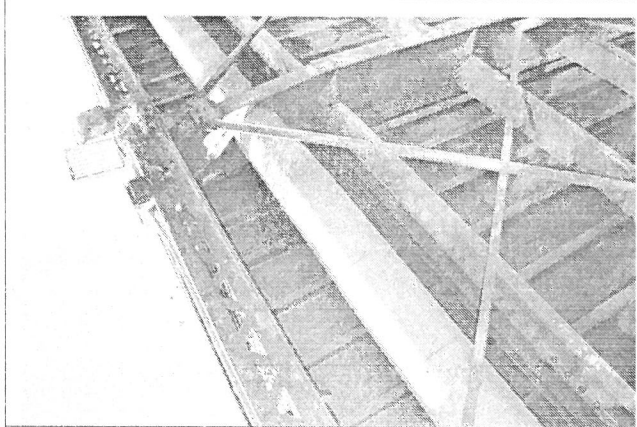
Most jest dwuprzęsłowy, posadowiony w skosie do osi rzeki pod kątem 60°. Wykonany w konstrukcji stalowej nitowanej. Przęsła opierają się na masywnych przyzóbkach kamiennych oraz na filarze kamiennym. Rozpiętości teoretyczne obu przęseł wynoszą 25,93 m (od dolnej wody) i 25,15 m (od górnej wody).

### 5.1. Konstrukcja mostu

## 5. OPIS KONSTRUKCJI MOSTU I WYPOSAŻENIA

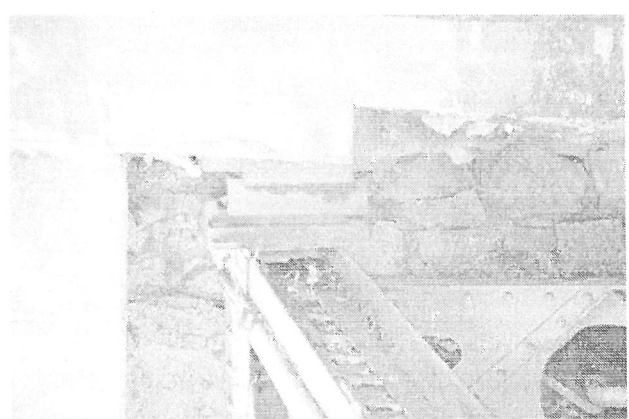
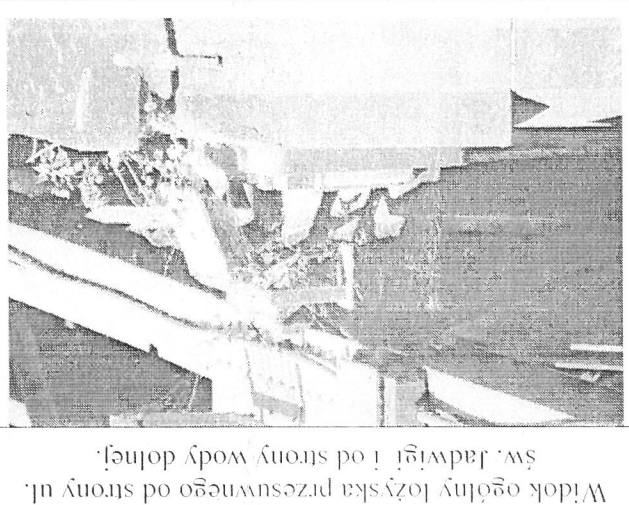
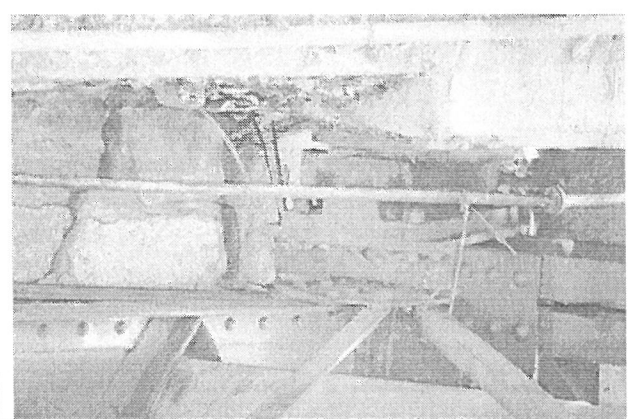
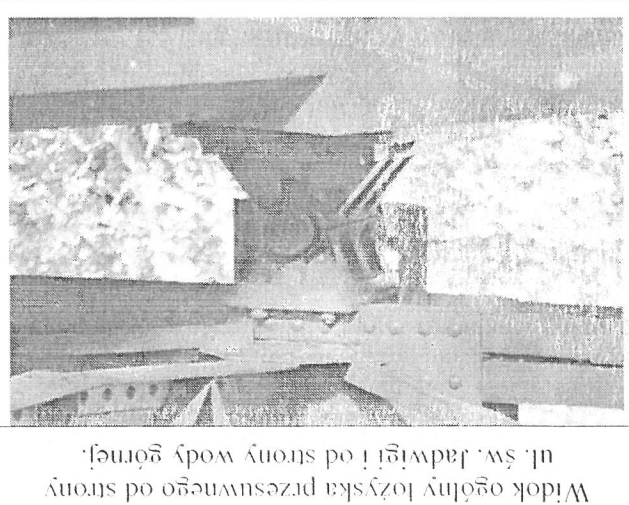
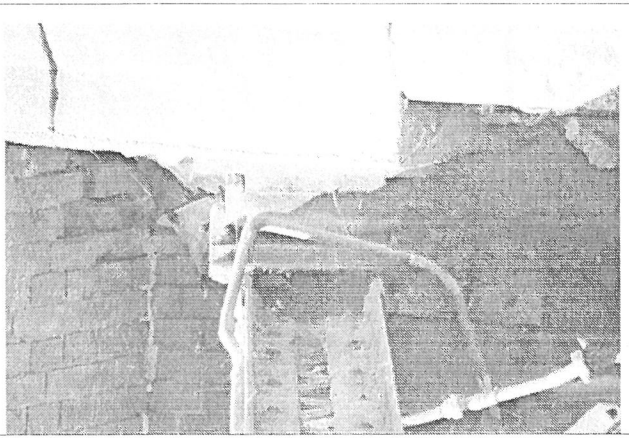
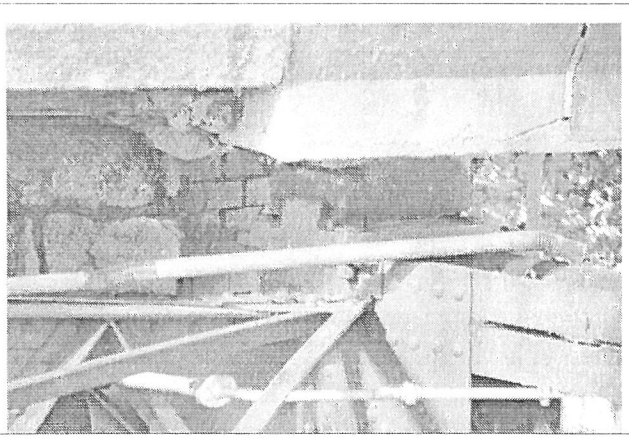
**5.1.2. Płyta pomostu, poprzecznic, podłużnic, stężenia**

Pomost oparty jest na pastie dolnym dźwigarów głównych. Składa się z poprzecznic, podłużnic oraz podłoża z uziębionych blach stalowych. Grubość blachy wynosi 12 mm, a zebra wykonane są z kątowników nierównomiernych 150x100x10 mm przymocowane do podłużnic jest na śruby wysokiej wytrzymałości. Poprzecznic wykonane są jako blachownicę ze środnika 750x10 mm, kątowników 90x90x11 i płaskowników 2x225x11. Rozstaw poprzecznic mocowanych w węzłach pasa dolnego wynosi od 3,35 m do 4,13 m, długość 8,30 m. Podłużnic z dwuteowych belek walcowanych o rozstawie 1,62 m (pośrednie z dwuteownika 320, skrajne z dwuteownika 280).

	<p>Widok ogólny od spodu na przęsto lewobrzeznic. Widok ogólny na stalową płytę pomostową, poprzecznic, podłużnic, stężenia i pas dolny.</p>
	<p>Widok ogólny od spodu na przęsto prawobrzeznic. Widok ogólny na stalową płytę pomostową, poprzecznic, podłużnic i stężenia.</p>
	<p>Widok na płytę pomostową w części chodnikowej od strony wody dolnej</p>
	<p>Widok na płytę pomostową żelbetową w części chodnikowej</p>

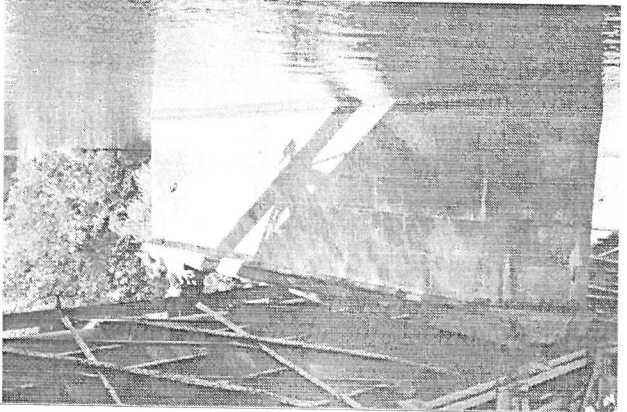

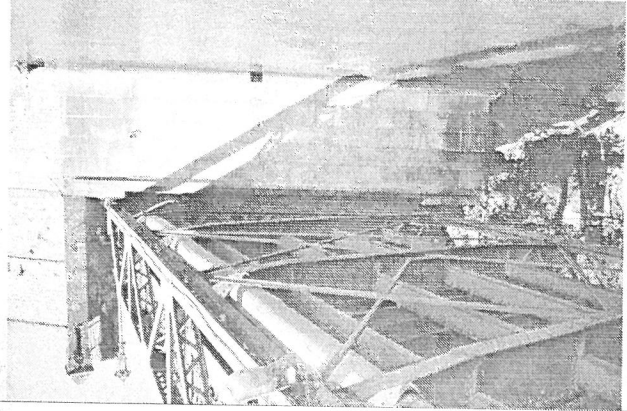

5.1.3. Łożyska

Łożyska stałe przegubowe występują na filarze, a łożyska przesuwnie na przyczółkach.

	<p>Widok ogólny łożyska przesuwnego od strony ul. św. Jadwigi i od strony wody dolnej.</p> 		<p>Widok ogólny łożyska przesuwnego od strony wody dolnej</p> 
	<p>Widok ogólny łożyska przesuwnego na przyczółku prawobrzeżnym od strony wody górnej</p>		<p>Widok ogólny łożyska przesuwnego na przyczółku prawobrzeżnym od strony wody dolnej</p>

#### 5.1.4. Podpory

Konstrukcja mostu wsparta jest na przyczółkach i filarach w nurcie rzeki. Podpory wykonane są z regularnych bloków kamienia o młotkowanej fakturze. Filary posadowiony w nurcie rzeki o wymiarach w planie 12,50 x 1,5 m i wysokości poziomu średniej wody do osi łoziska 3,08 m. Przyczółki wbudowane w mury oporowe skarp brzegowych Wyspy Piasek od strony kościoła N.M. Panny na Piasku i Ostrowa Tumskiego. Most położony w skosie na zwiększającym swą szerokość korycie Odry, stąd różny rozstaw ciosów podłożyskowych. Na przyczółku prawobrzeżnym 8,08 m, filarze 7,80 m, przyczółku lewobrzeżnym 8,50 m.

	<p>Widok na filar od strony lewego brzegu</p>
	<p>Widok przyczółka lewobrzeżnego od strony ul. św. Jadwigi</p>
	<p>Widok na przyczółek prawobrzeżny od strony ul. Katedralnej</p>
	<p>Widok na filar od strony prawego brzegu</p>

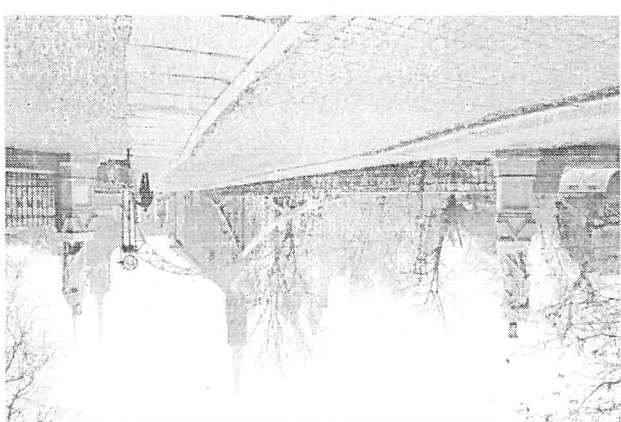
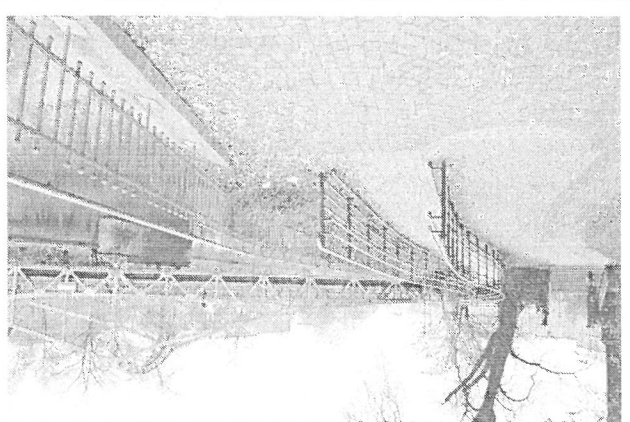
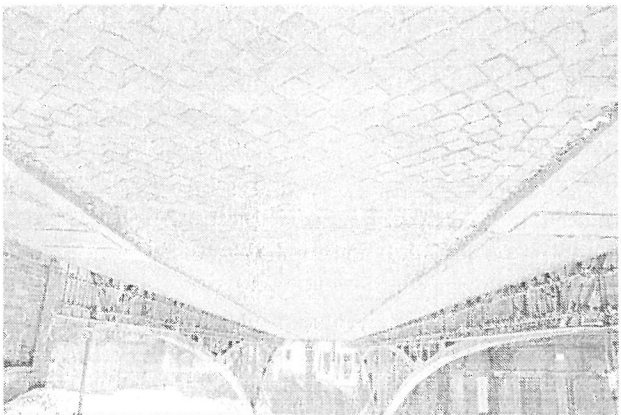
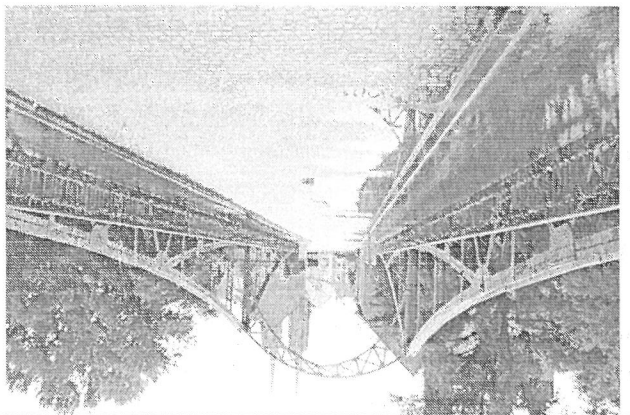
## 5.2. Wyposażenie mostu

### 5.2.1. Izolacja

Na moście zastosowano izolację z papy termozgrzewalnej.

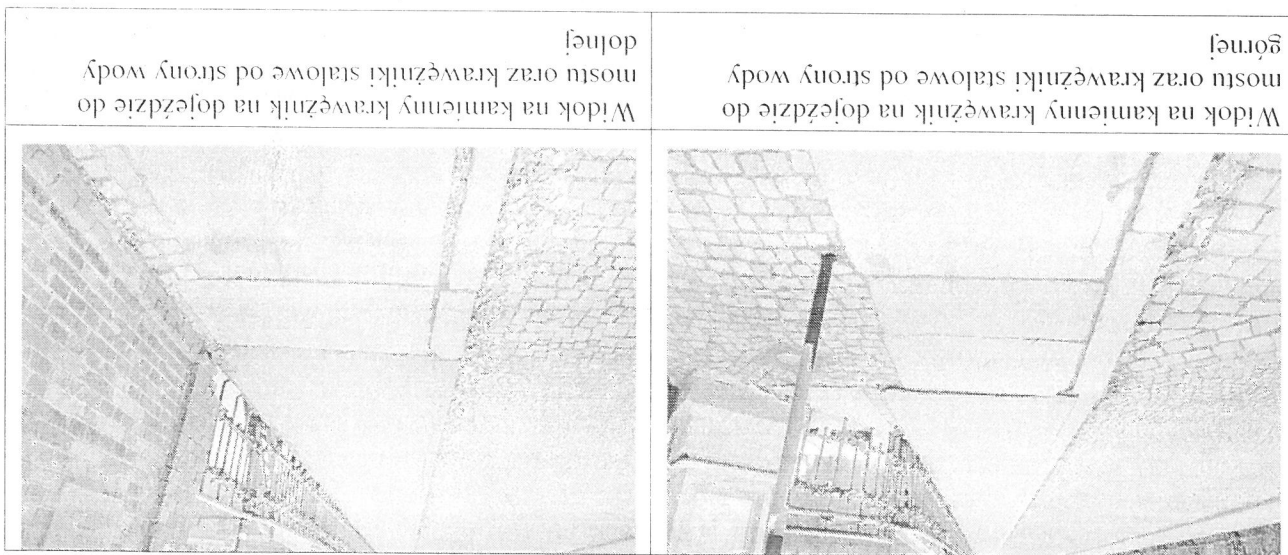
### 5.2.2. Nawierzchnia jezdni na moście i na dojazdach

Nawierzchnia na moście wykonana z kostki granitowej 6x8 cm, ułożonej na podsypce piaskowej stabilizowanej cementem. Izolacja wykonana z papy termozgrzewalnej. Warstwę spadkową oraz warstwę ochronną na izolacji stanowi warstwa asfaltu lanego, uzbitego siatką. Nawierzchnia na dojazdach do mostu z kostki granitowej rzędowej. Szerokość jezdni na moście 4,50 m.

	<p>Widok ogólny na nawierzchnię jezdni i chodnika na dojeździe i dojściu do mostu od strony ul. św. Jadwigi</p>
	<p>Widok dojścia do mostu od strony wyspy Piasek</p>
	<p>Widok ogólny na nawierzchnię jezdni na dojeździe do mostu od strony ul. Katedralnej</p>
	<p>Widok ogólny na nawierzchnię jezdni i chodników na moście</p>

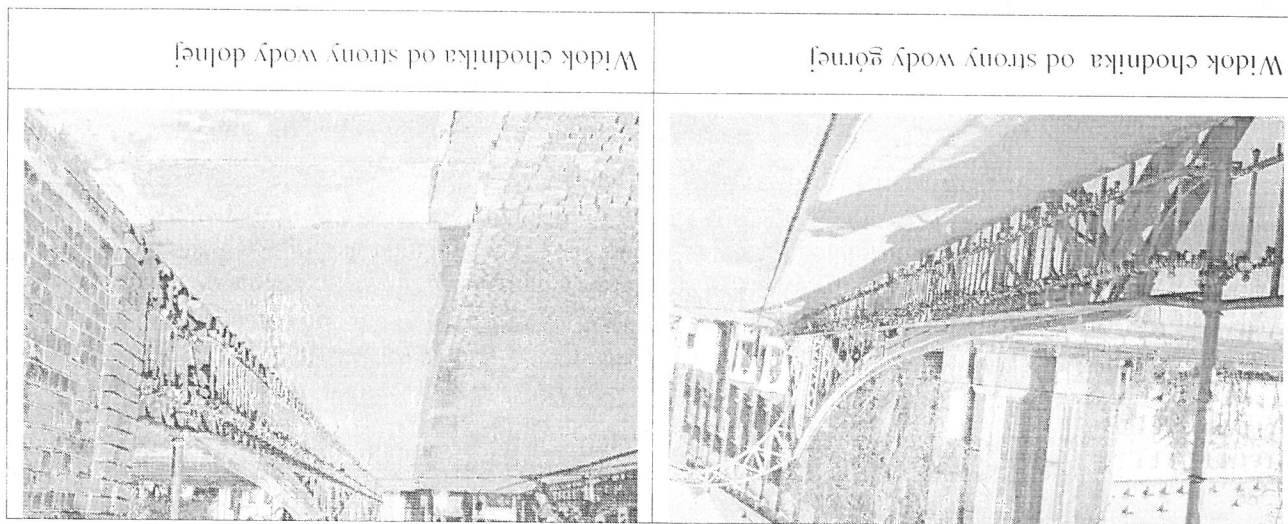
### 5.2.3. Krawężniki

Na obiekcie występują krawężniki stalowe, przyspawane do blaszanej płyty pomostu. Na dojazdach występują krawężniki kamienne, granitowe.



### 5.2.4. Kapa chodnikowa ( gzymsy, belki podbalustradowe)

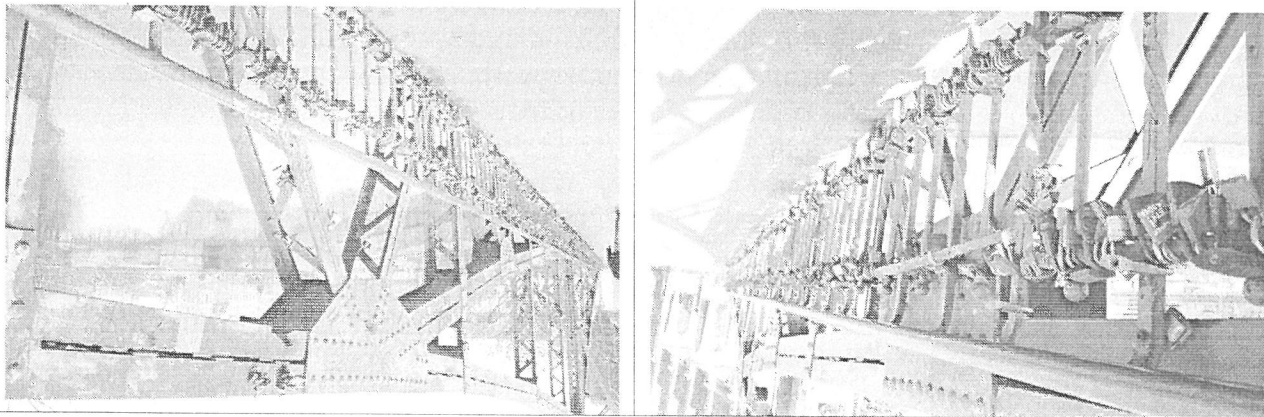
Nawierzchnia na chodnikach jest z asfaltu lanego grubości 4,0 cm zbrojonego siatką. Chodniki obustronne są o szerokości 2 x 1,75 m.



**5.2.5. Balustrady, bariery i osłony**

Na moście występuje balustrada stalowa o wysokości  $h = 100$  cm. Balustrada składa się z pochwyty z rury  $\phi 50$  mm, słupków z płaskownika  $30 \times 25 \times 960$  skręconego w połowie swojej długości, szczeblinek z prętów  $\phi 25$  mm zakończone na końcach metalową kulką o średnicy 40 mm oraz elementów poziomych z płaskownika  $25 \times 6$  mm.

Na obiekcie nie ma barier ochronnych.



Widok ogólny na balustradę od strony wody górnej

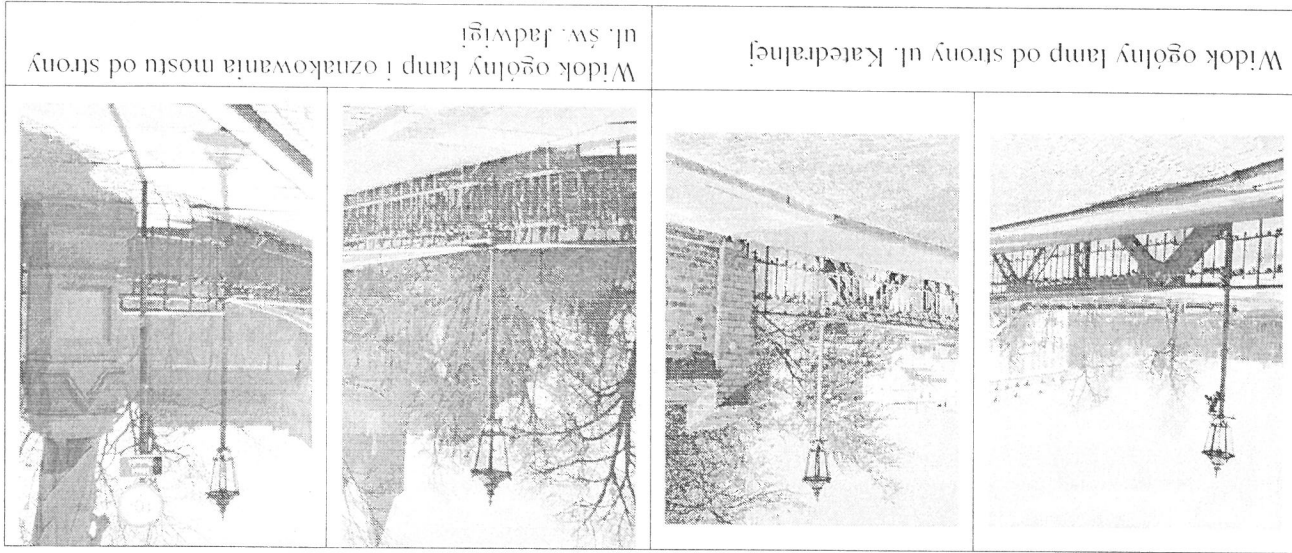
Widok ogólny na balustradę od strony wody dolnej

**5.2.6. Urządzenia dyfuzyjne**

Obiekt posiada urządzenie dyfuzyjne ukryte po powierzchni jezdni.

**5.2.7. Elementy oświetleniowe**

Na moście występują 4 stylowe lampy zabrytkowe po dwie na przyczółku prawobrzeżnym i dwie na przyczółku lewobrzeżnym.

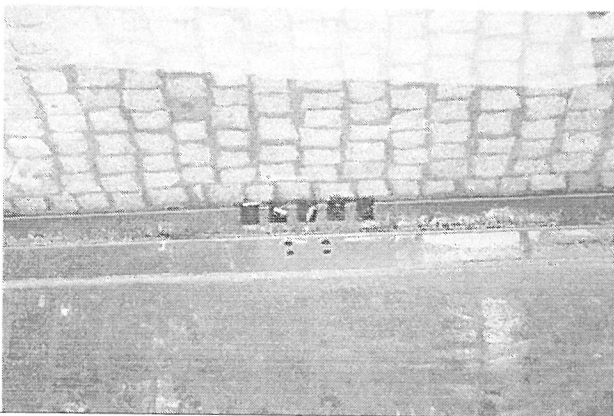
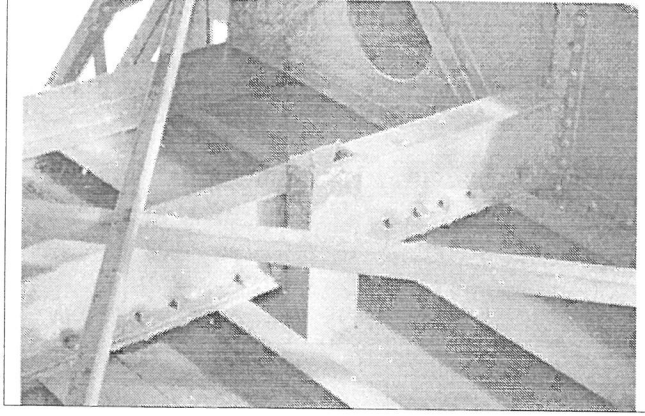


Widok ogólny lamp od strony ul. Katedralnej

Widok ogólny lamp i oznakowania mostu od strony ul. Św. Jadwigi

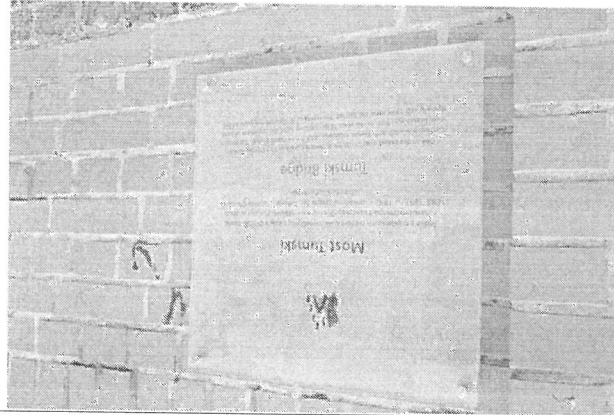
**5.2.8. Urządzenie odwadniające (wpusty, sączki, drenaz, kanalizacja deszczowa, separatory)**

Na obiekcie jest 6 wpustów mostowych stalowych usytuowanych w krawężniku stalowym.

	
<p>Wpust mostowy od strony wody dolnej</p>	<p>Widok prostokątnej stalowej rury odwodnienia</p>

**5.2.9. Tablice informacyjne**

Przed mostem od strony ul. św. Jadwigi jest znak informacyjny o nazwie mostu.

	<p>Widok dwujęzycznej tablicy informacyjnej o moście od strony św. Jadwigi</p> <p><b>Most Tumski</b></p> <p>Jedną z najstarszych przepraw we Wrocławiu, łącząca Ostrów Tumski z Plaskiem (Wyspa Plaskowa). Obecny most stalowy powstał w latach 1888-1892, w 1893 r. ustawiono rzeźby św. Jadwigi i św. Jana Chrzciciela, dłuta G. Grunenberga.</p> <p><b>Tumski Bridge</b></p> <p>One of the oldest river crossings in Wrocław, connecting Ostrów Tumski (Cathedral Island) with Wyspa Plaskowa. AKA Plask Island). The present steel bridge was built in the years 1888-1892, in 1893 the sculptures of Saint Hedwig and Saint John the Baptist, the works of G. Grunenberg, were added.</p>
---	--

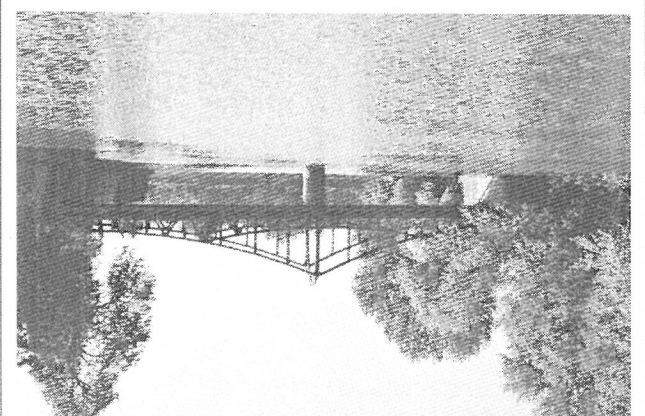
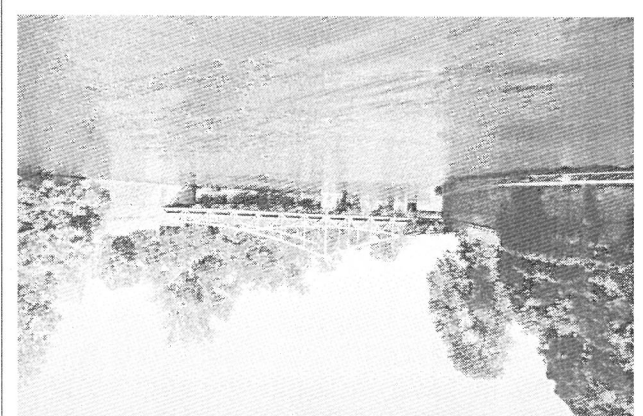
**5.2.10. Urządzenie kontrolne i rewizyjne (schody, drabinki, wózki rewizyjne itp.)**

Brak schodów skarpowych na prawym brzegu Odry utrudnia dojście do spodu obiektu.

Szczegóły konstrukcji podpor i przęsł mostu znajdują się w Archiwum ZDIUM, natomiast na rysunku 4.1 niniejszego opracowania pokazano ogólne wymiary obiektu.

W ostatnich latach prowadzono bieżące prace utrzymaniowe w obrębie mostu.

#### 5.4. Prace utrzymaniowe - remontowe na moście

Widok otoczenia obiektu od strony wody dolnej	Widok otoczenia obiektu od strony wody górnej
	

#### 5.3. Przestrzeń podmostowa i otoczenie obiektu

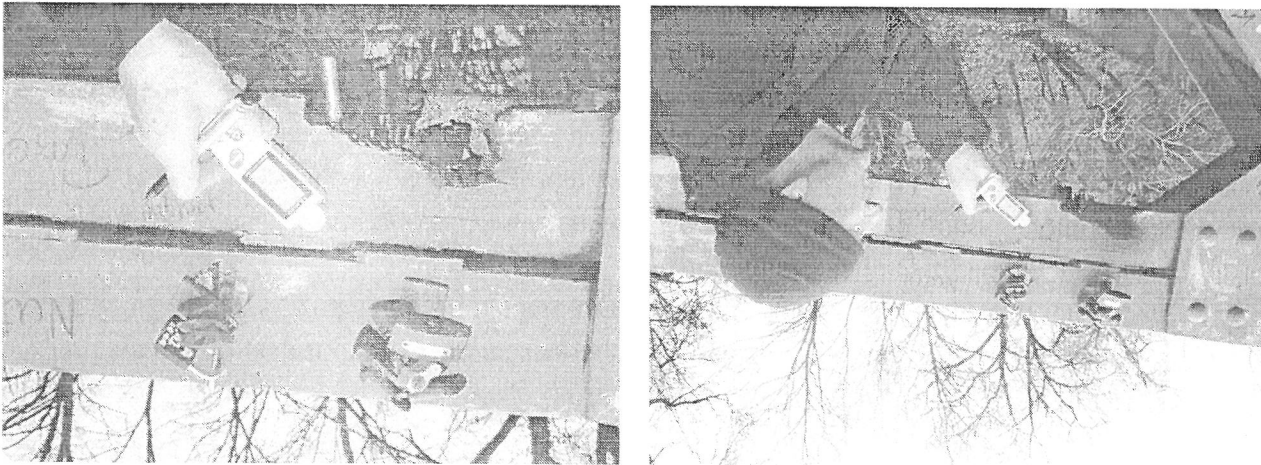
## 6. BADANIA KONSTRUKCJI MOSTU

### 6.1. Inwentaryzacja obiektu

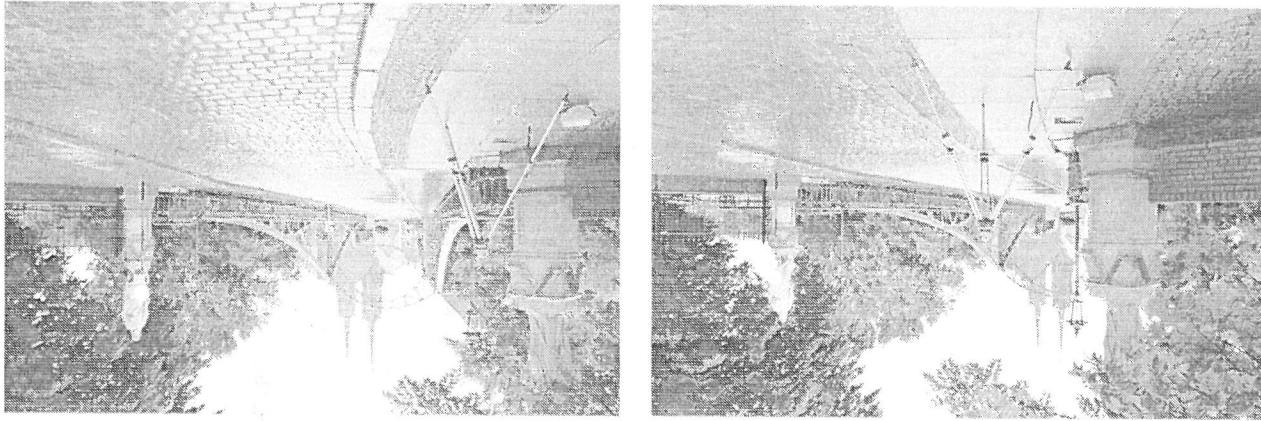
Zastosowano tradycyjne środki i przyrządy stosowane przy tego rodzaju pomiarach, a więc niwelator, przymiar, suwmiarkę, grubościomierz ultradźwiękowy, ultrametr oraz drobny osprzęt (młotek, przecinak, drabiny itp.).

Za pomocą pomiarów inwentaryzacyjnych określono grubości poszczególnych przekrojów kratownicy. Grubość ścianek kątowników po zmierzeniu suwmiarką lub grubościomierzem wzięto z tablic pochodzących z lat budowy obiektu. Stwierdzono ubytki korozyjne (np. co do grubości dźwigarów głównych, poprzecznic), zostały one uwzględnione w aktualnej dokumentacji, przy sprawdzaniu nośności mostu.

Dokumentacja pomiarów inwentaryzacyjnych oraz uszkodzeń obiektu jest pokazana na rysunkach i niżej zamieszczonych fotografiach.



Pomiar grubości powłoki malarskiej



Pomiary niwelacyjne na pomostie obiektu

Rys. 6.1.1. Przebieg pomiarów inwentaryzacyjnych na obiekcie

## 6.2. Pomiar niwelacyjny nawierzchni jezdni i chodnika na moście

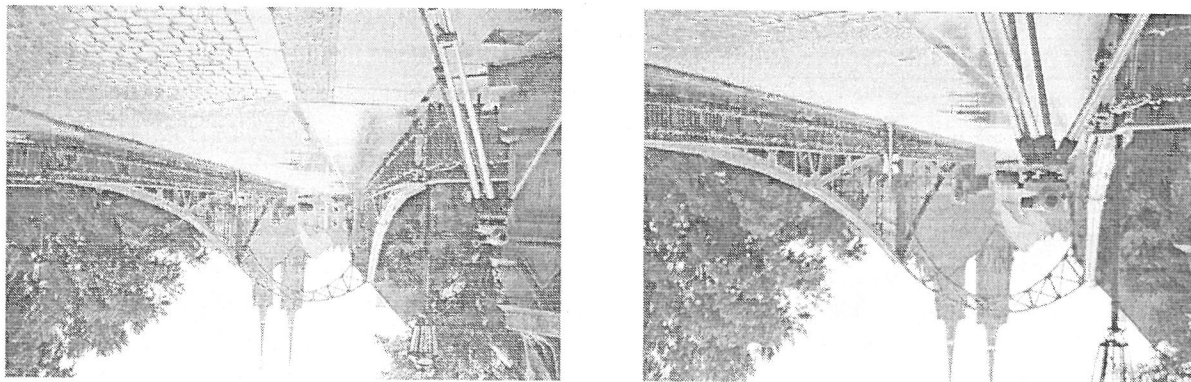
### Przebieg i zakres pomiarów

Pomiar niwelacyjny na pomoście obiektu przeprowadza się w celu rozpoznania elementów nieprawidłowości w spadkach poprzecznych i podłużnych.

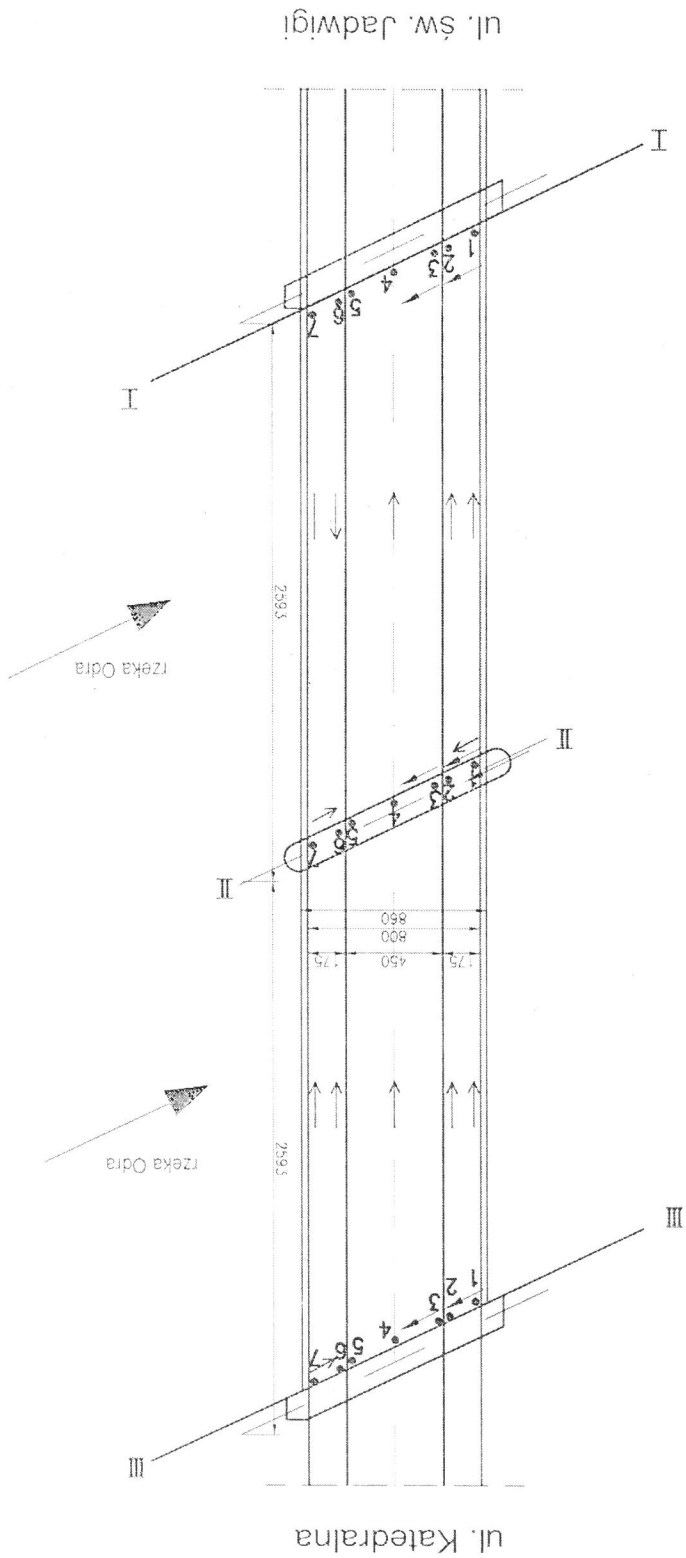
W trakcie niwelacji mostu i pomiarów inwentaryzacyjnych (rys. 6.2.1.) wykonano między innymi niwelację jezdni i chodników w trzech przekrojach na długości przęsła mostu.

Użyto niwelatora samopozycjonującego oraz składaną latę mierniczą długości 4 m.

Niwelowano punkty w charakterystycznych miejscach obiektu nad podporami, głównie dla rozpoznania spadków podłużnych oraz ustalenia ich poziomu dla ewentualnego odtworzenia w razie przebudowy obiektu. Wykaz wyznaczonych wysokości (rzędne robocze) z dokładnością do 1 mm w stosunku do punktu wysokościowego za który przyjęto poziom w środku rozpiętości mostu w osi obiektu punkt nr 4 w przekroju nr II podano odpowiednio w tabeli 6.2.1. Szkic sytuacyjny lokalizacji punktów pomiarowych oraz kierunku spadków podłużnego i poprzecznego pokazano na rysunku 6.2.3.



Rys. 6.2.1. Pomiar niwelacyjny na moście

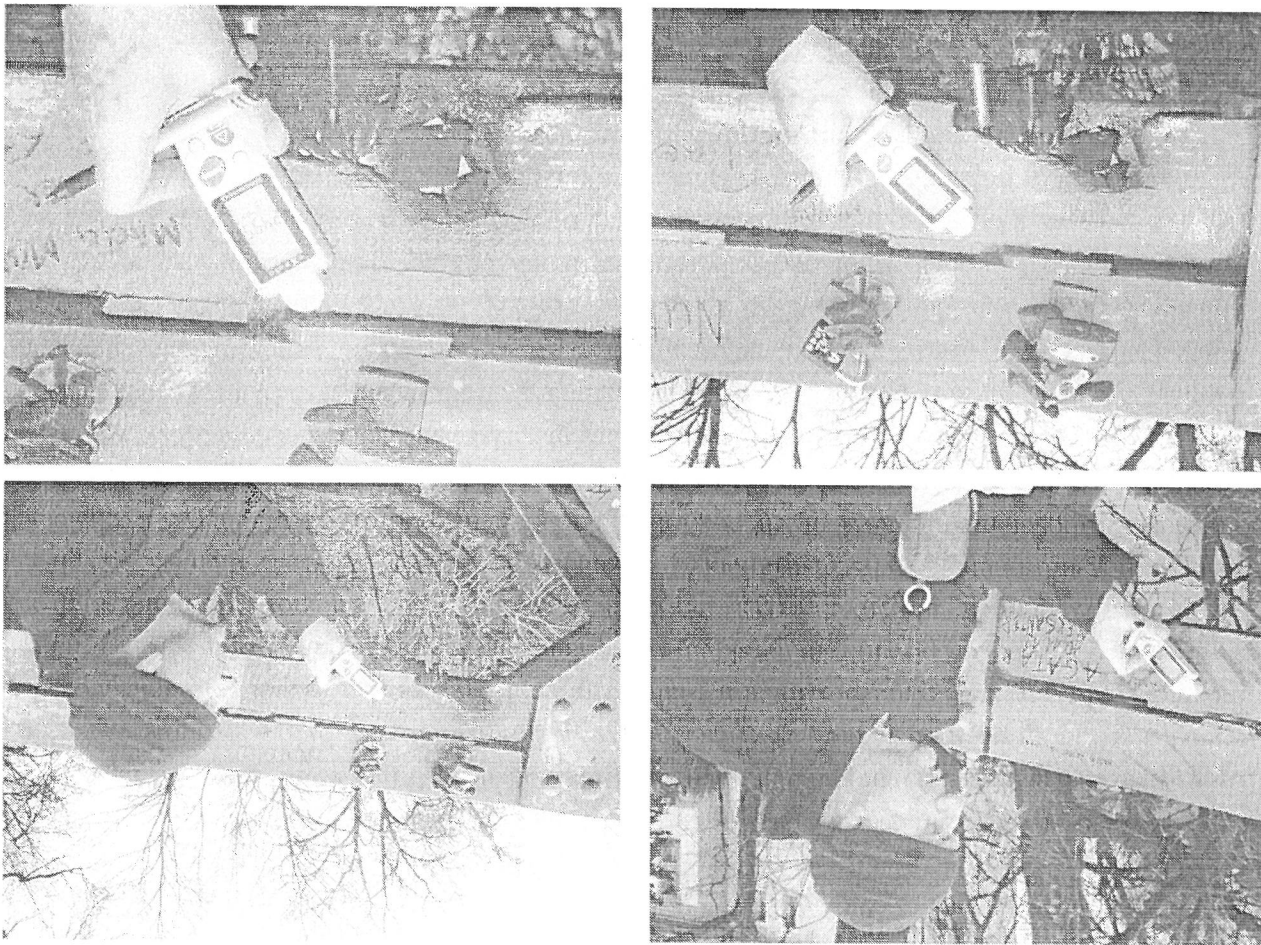


Rys. 6.2.3. Usytuowanie przekrojów i punktów pomiarowych podczas pomiarów niwelacyjnych na moście.

### 6.3. Badanie grubości powłok malarskich na elementach przęsla mostu

#### Przebieg i zakres pomiarów

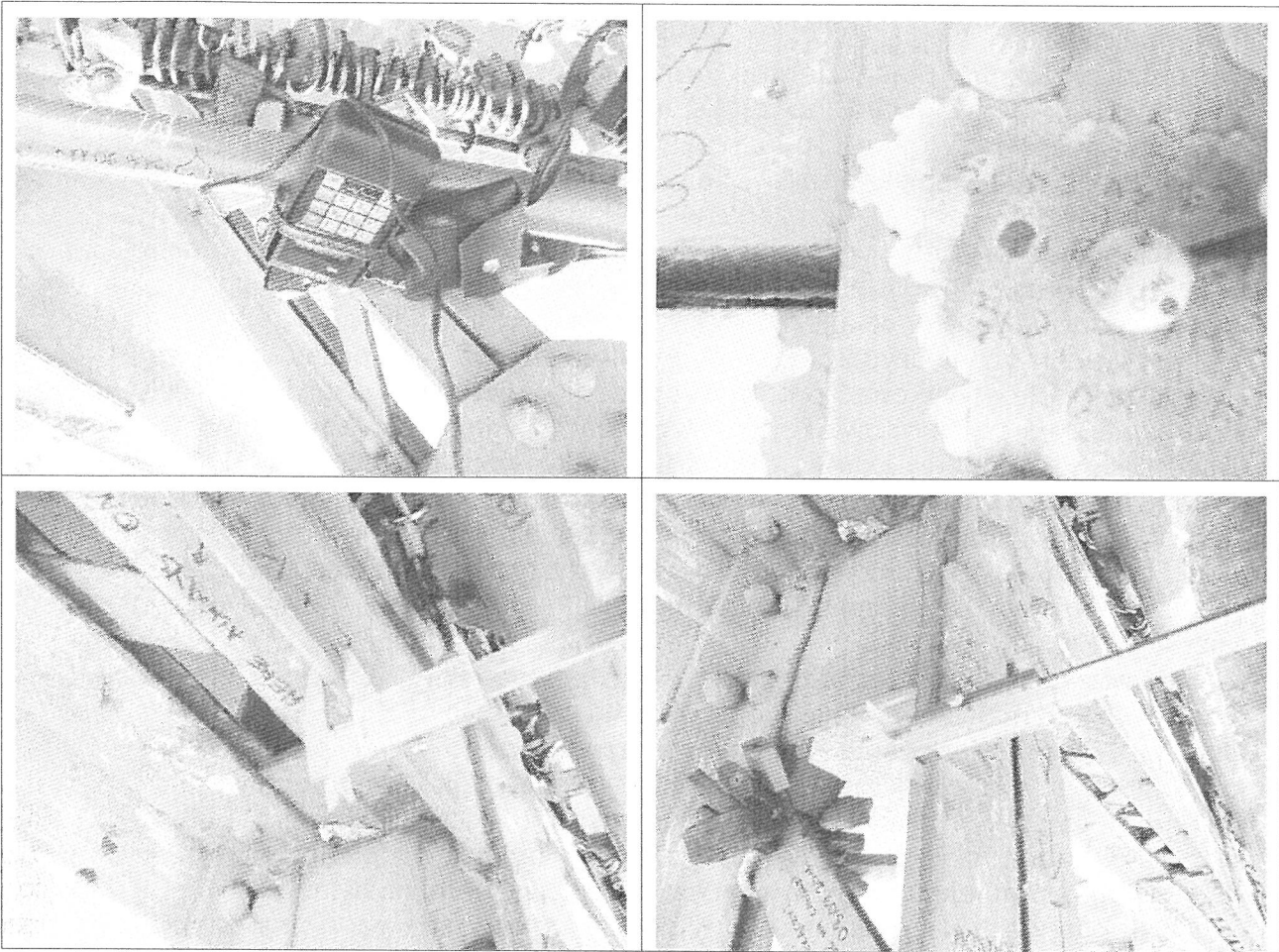
W celu stwierdzenia stanu antykorozyjnego zabezpieczenia przęsla stalowego trzeba było rozpoznać grubość powłok malarskich oraz ich rodzaj w miejscach gdzie była ona nieuszkodzona. Na podstawie zewnętrznych oględzin można było stwierdzić, że zabezpieczenie antykorozyjne powłokami malarskimi było wykonane przed kilkudziesięciu laty. Pomiary grubości powłok malarskich wykonano na balustradach z obu stron i na kratowych dźwigarach głównych. (rys. 5.2). Do pomiaru grubości powłok malarskich zastosowano ultrametr, czyli instrument przeznaczony do szybkich i nieniszczących pomiarów grubości niemagnetycznych powłok malarskich na podłożach magnetycznych, o nazwie ElektroPhysik „eXacto” (rys. 5.2).



Rys. 5.2. Pomiary grubości powłok malarskich na konstrukcji mostu ( na przęslach kraty widoczne ubytki stali oraz zawieszona kłódka)

#### **6.4. Pomiar rzeczywistych grubości elementów trudno dostępnych**

Podczas uzupełniających pomiarów inwentaryzacyjnych trudno dostępnych elementów przęsa, napotkano na trudności w pomiarze ich grubości za pomocą suwmiarki (z powodu nierównych krawędzi blach i punktowych ubytków korozyjnych pasów i środków). Wykorzystano w tym celu grubościomierz MG 232M, który przeznaczony jest do szybkich i nieniszczących pomiarów grubości w zakresie  $2 \div 199,9$  mm z rozdzielczością 0,1 mm. Można nim mierzyć grubości konstrukcji o różnych kształtach, płaskich i zakrzywionych, a przede wszystkim grubości ścian jednostronnie dostępnych takich jak środki dźwigarów skrzynekowych, pasy blachownic o nierównych krawędziach, zbiorniki, rury, kadłuby statków itp. Dokładność pomiaru, dla przedziału od  $2 \div 199,9$  mm wynosi  $\pm 1\% \pm 0,1$  mm. MG 232M jest grubościomierzem ultradźwiękowym. Składa się z głowicy i elektronicznego układu pomiarowego zasilanego z baterii. Grubościomierz ultradźwiękowy przetwarza przy pomocy głowicy ultradźwiękowej impulsy elektryczne otrzymane z nadajnika na drgania ultradźwiękowe. Wprowadzona do mierzonego materiału fala ultradźwiękowa po odbiciu się od jego dna, wraca do głowicy. Czas trwania impulsu nadajnika do momentu powrotu fali ultradźwiękowej jest proporcjonalny do grubości badanego materiału. Mikroprocesor w zależności od realizowanej funkcji steruje transmisją danych przetworzonymi do pamięci na wyświetlacz lub blokuje przetwarzanie w chwili komunikacji z użytkownikiem.



Rys. 6.4.1. Pomiar grubości nakładek pasa górnego przy użyciu suwmiarki i grubościomierza ultradźwiękowego

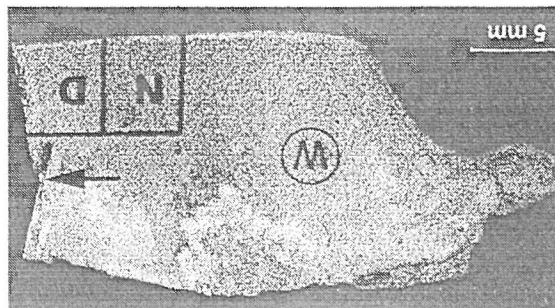
## SPRAWOZDANIE Z BADAŃ PRÓBEK POBRANYCH Z MOSTU TUMSKIEGO WE WROCŁAWIU

### 6.5. Stal konstrukcyjna przesił mostu

W celu rozpoznania gatunku stali przesia pobrano próbkę z pręta kratownicy ( w miejscu uszkodzenia).

### 1. Informacje wstępne

Przedmiotem badań była próbka pobrana z mostu Tumskiego we Wrocławiu wybudowanego w obecnej postaci w latach 1888-1889 („nowy żelazny most” wg M. Łagiewskiego – Mosty Wrocławia – Wyd. Ossolineum, 1989 r.). Próbka do badań została pobrana z VI krzyżulca od „wody dolnej”. Rozmiary próbki wyklucały przeprowadzenie próby wytrzymałości na rozciąganie oraz badań udarności stali, z której został wykonany krzyżulec (rys. 1).



Rys. 1. Ogólny widok próbki pobranej z VI krzyżulca mostu Tumskiego

Po usunięciu warstwy zielonej farby ochronnej oraz znajdujących się pod tą warstwą produktów korozji z obszaru na rys. 1, oznaczonego jako „W”, pobrano wióry do analizy chemicznej. Z miejsca oznaczonego literą „D” pobrano próbkę (zgiąd wzdłużny) do badań mikroskopowych w stanie dostarczenia (poeksploatacyjnym).

Litera „N” oznaczono próbkę poddaną wyżarzaniu normalizującemu w temperaturze 950 °C w czasie 1,5 godziny. Próbkę pokazaną na rys. 1 wycięto piłką do metalu w taki sposób, aby część przekroju mogła zostać złamana. W ten sposób uzyskano powierzchnię zawierającą przelom (rys. 2). Przelom ten ma rozbudowaną topografię powierzchni oraz liczne rozwarstwienia. Powstały one w miejscach licznych skupień wtrąceń niemetalicznych. Wstępne obserwacje mikroskopowe (rys. 3) wykazały także, iż zielone pokrycie ochronne zostało wykonane niestannie (tj. bez usunięcia przed malowaniem warstwy produktów korozji z powierzchni stali).

2.1.1. Próbkę w stanie poeksplotacyjnym (dostarczenia) Jak wynika z rys. 4 i 5 zmienny korozyjny na powierzchni badanych próbek miały charakter wżerowy. W stali zaobserwowane bardzo dużą ilość wrażeń niemetalicznych – głównie w postaci odkształconych blaszyc, wielofazowych siareczków (także tlenków, azotków i krzemianów) – rys. 6 i 7. Część z nich, w czasie wykonywania zgięć, uległa wykruszeniu (czarne miejsca w obszarach dużych wydzielen wrażeń niemetalicznych).

## 2. Wyniki badań mikroskopowych

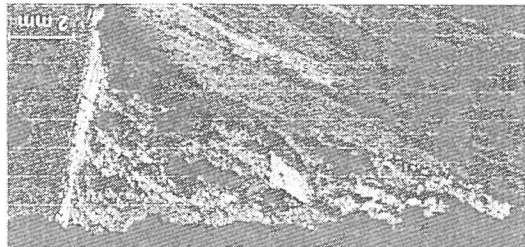
oraz po normalizowaniu.

Wymienione powyżej badania przeprowadzono dla próbki w stanie poeksplotacyjnym

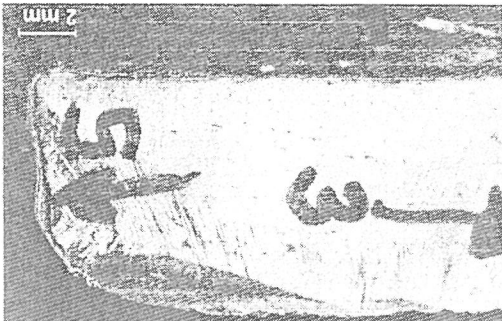
Zwick LBMK, ver 1.5.

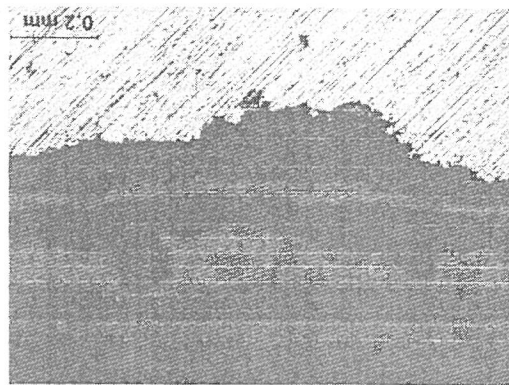
3. Pomiar twardości metodą Vickersa przy obciążeniu 10 kg zgodnie z wymogami normy PN-EN ISO 6507-1:1999. Do pomiarów użyto twardościomierza firmy Zwick LBMK, ver 1.5.
  2. Chemiczną analizę gravimetryczną. Wióry do analizy pobrano z obszaru „W” (rys. 1) metodą nawiercania z całej grubości dostarczonej próbki po uprzednim oczyszczeniu powierzchni zewnętrznych z produktów korozji i osadów tak, by uzyskać powierzchnie o polysku metalicznym.
  1. Badania metalograficzne metodami mikroskopii świetlnej zgięć wzdłużnych w stanie nietrawionym i po wytrawieniu 5% HNO<sub>3</sub> („nitrat”).
- Przeprowadzone prace obejmowały:

Rys. 2. Widok powierzchni przecięcia (zaznaczonej strzałką na rys. 1) z fragmentem przetłamanym i powierzchniami po cięciu

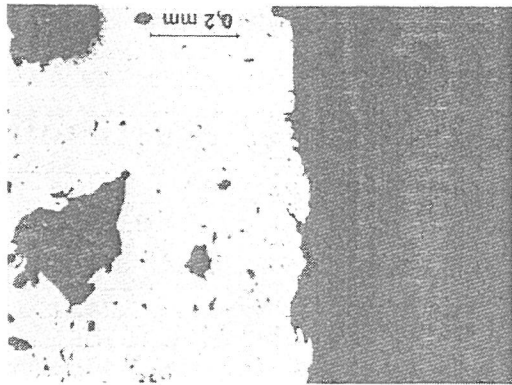


Rys. 3. Fragment przekroju próbki z odsłoniętymi od powierzchni próbki warstwami pokrycia ochronnego. Pod farbą znajdują się porowate produkty korozji

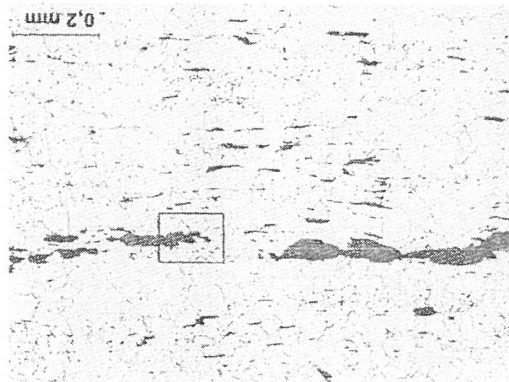




Rys. 4. Fragment zładu metalograficznego przed polerowaniem. Widoczny wizerunek korozyjny. Powyżej wizerunku widoczne dwie ciemne warstwy produktów korozji i szarej warstwy pokrycia ochronnego.



Rys. 5. Inny fragment zładu metalograficznego po wypolerowaniu. Widoczne pęknięcia zmiany korozyjne na powierzchni zewnętrznym próbki oraz liczne wtrącenia niemetaliczne.



Zgląd nitrowiony

Rys. 6. Mikrostruktura próbki w stanie poeksploatacyjnym (dostarczenia). Zroźnicowane, co do wielkości, ziarna ferrytu z licznymi rozłożonymi pasmowo wtrąceniami niemetalicznymi.



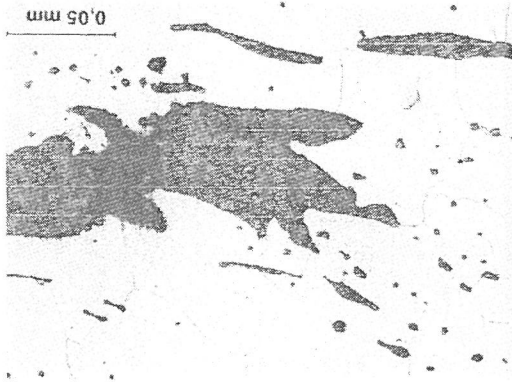
Traw. 5% $HNO_3$

Rys. 7. Powiększenie obszaru zglądu zaznaczonego ramką na rys. 6. Zroźnicowane, co do wielkości, ziarna ferrytu o kształtach zbliżonych do równobocznych. Na granicach ziaren nie obserwuje się wydzielen cementytu.

Traw. 5% $HNO_3$

Rys. 8. Obszar próbki zawierający niewielkie ilości wydzielen węglików i azotków wewnątrz ziaren ferrytu. Strzałkami zaznaczono miejsca występowanie cementytu na granicach ziaren.

Traw. 5% $HNO_3$

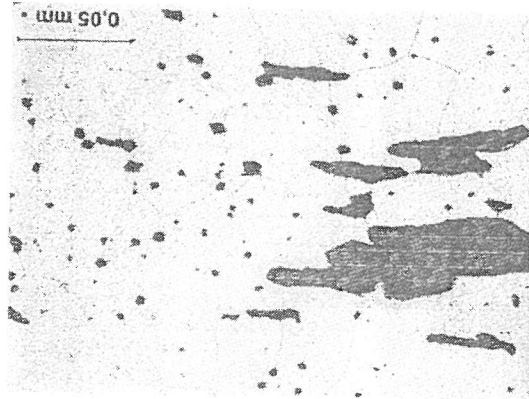


Zgląd nitrowiony

Reasumując wyniki obserwacji mikroskopowych próbki w stanie poeksplatacyjnym można stwierdzić, że badana stal ma strukturę ferrytyczną pozabawioną nawet niewielkich obszarów perlitu. Jest to stal niskowęglowa, w której stwierdza się, na niewielkich granicach, obecność cementytu trzecziorzędowego (rys. 8). Badana stal nie wykazuje wyraźnych cech degradacji struktury. Tylko w jednym obszarze próbki stwierdzono występowanie węgla i azotków.

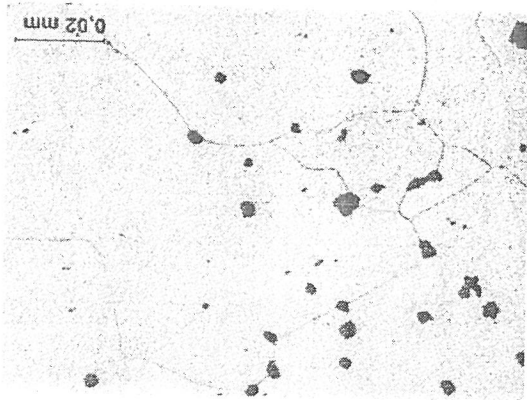
## 2.2. Probka w stanie normalizowanym

Przyjętym sposobem odwarzania struktury początkowej (wyjściowej) stali niskowęglowych, podlegających długotrwałej eksploatacji w warunkach obciążen dynamicznych jest zastosowanie wyzarcia normalizującego. Ten zabieg obróbki cieplnej stosowano konsekwentnie w poprzednich opracowaniach i zastosowano także w przypadku próbki pobranej z mostu Tumskiego. Strukturę tej próbki zilustrowano na rys. 9 i 10.



Rys. 9. Struktura równowagowych ziaren ferrytu z licznymi wielofazowymi wtrąceniami niemetalicznymi.

Traw. 5% $\text{HNO}_3$



Rys. 10. Powiększenie obszaru zglądu pokazanego na rys. 9. Ziarna ferrytu bez odczki cementytu i wydzieleń węgla i azotków.

Traw. 5% $\text{HNO}_3$

Obserwacje wykazały pewne rozdrobnienie ziaren ferrytu z zachowaniem zróżnicowania ich wielkości dziedziconej ze stanu poeksplatacyjnego. Zróżnicowanie struktur badanej stali w stanie poeksplatacyjnym i po normalizowaniu nie było duże. Może to świadczyć, że do budowy mostu Tumskiego zastosowano stal w stanie normalizowanym.

3. Wyniki analizy chemicznej i pomiarów twardości

W tabeli 1 podano wyniki grawimetrycznej analizy chemicznej. W tabeli tej zestawiono również składy chemiczne stali zgrzewnej, zlewnej i współczesnej stali gatunku 08X. W tabeli zestawiono porównawczo te gatunki stali, gdyż w toku wcześniejszych badań stwierdzono, że wykonywano z nich elementy mostów i wiaduktów.

Tabela 1. Wyniki analizy chemicznej

Twardość	Skład chemiczny [%]						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
Analiza grawimetryczna	0,100	0,200	0,300	0,068	0,035	ślady	ślady
Stal zgrzewna	0,018 ±0,350	mieokr. ±0,330	mieokr. ±0,330	mieokr. ±0,470	mieokr. ±0,056	-	-
Niskowęglowa stal zlewna	0,050 ±0,200	0,350 ±0,500	0,010 ±0,050	0,060 ±0,100	0,030 ±0,040	-	-
Stal 08X PN-89/H-84023/05	0,050 ±0,110	0,250 ±0,500	max. 0,040	max. 0,040	max. 0,040	0,150	0,150
							$HF_{min} = 140$

Przeprowadzone pomiary twardości wykazały, że średnia twardość próbki w stanie poeksploatacyjnym (dostarczenia) wynosi 116 HV<sub>10</sub> (tj. 110 HB). Natomiast po wyzarzaniu normalizującym średnia twardość wyniosła 132 HV<sub>10</sub> (tj. 126 HB).

Na podstawie składu chemicznego i pomiarów średniej twardości ziarna określono przybliżoną wartość wytrzymałości na rozciąganie badanej stali, która wynosi  $R_m = 328$  MPa. Przybliżona wartość  $R_m$  wyliczona na podstawie pomiarów twardości w stanie poeksploatacyjnym wynosi  $R_m = 374$  MPa, a po normalizowaniu  $R_m = 428$  MPa.

Wyliczony na podstawie wykonanej analizy chemicznej równoważnik węgla C<sub>eq</sub> wynosi 0,15. Wypływa stąd wniosek o dobrej spawalności metalurgicznej badanej stali.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych prac można sformułować następujące wnioski:

- Stal dostarczona do badań pochodziła z mostu Tumskiego we Wrocławiu pod względem składu chemicznego, struktury i oszacowanych właściwości mechanicznych odpowiada wymogom stawianym dla stali zgrzewnej (tabela 1). Stal ta znajdowała się w powszechnym użyciu do 1904 roku.

- Obserwacje mikroskopowe nie wykazały w strukturze badanej stali wyrażonych cech degradacji.
- W badanej próbie stwierdzono obecność zmian korozyjnych (korozja wzetowa) oraz niestaryanny sposób zabezpieczenia przeciwkorozyjnego. Powierzchnia próbki była malowana bez usunięcia produktów korozji oraz warstw ochronnych.

*dr inż. Grzegorz Pękalski  
Instytut Materiałoznawstwa  
i Mechatyki Technicznej  
Zakład Materiałoznawstwa*

*Eukon Konof*

## 7. OCENA STANU TECHNICZNEGO MOSTU

Do oceny stanu technicznego elementów mostu przyjęto zgodnie z wymogami „Instrukcji przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich” GDDR.A. Warszawa 2005 [18], w sposób podany w tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Skala ocen elementów mostu

Ocena	Stan	Opis stanu elementu
0	awaryjny	ulegił zniszczeniu lub przestał istnieć
1	przedawaryjny	przydaność użytkowa wykazuje nieodwracalne uszkodzenia dysfunkcyjne
2	nieдостateczny	wykazuje uszkodzenia obniżające przydatność użytkową, ale możliwe do naprawy
3	niepokojący	wykazuje uszkodzenia, których nie naprawienie spowoduje skrócenie okresu bezpiecznej eksploatacji
4	zadawalający	wykazuje zanieczyszczenia lub pierwsze objawy uszkodzeń pogarszających wygląd estetyczny
5	odpowiedni	bez uszkodzeń i zanieczyszczeń możliwych do stwierdzenia podczas przeglądu

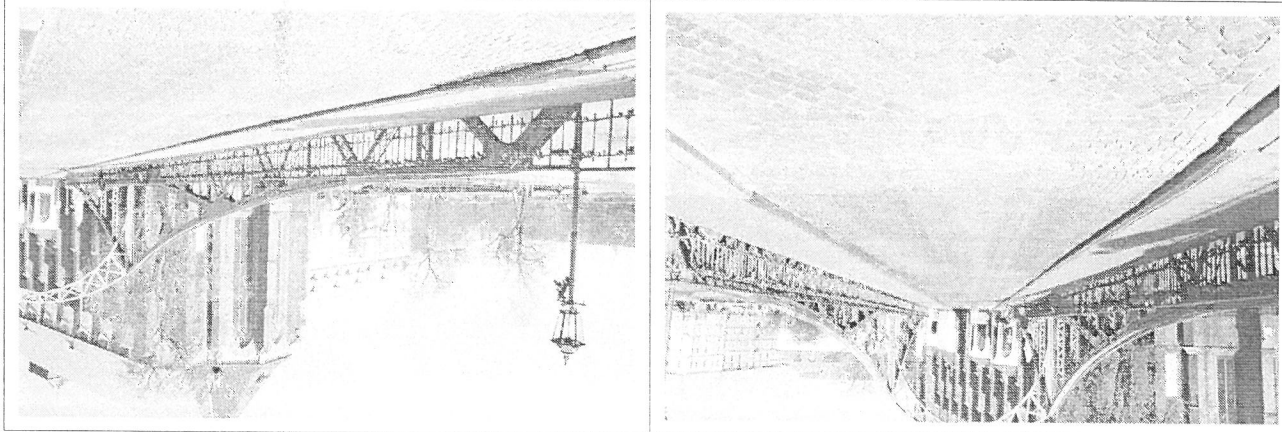
Tabela 7.2. Skala i kryteria oceny izolacji

Ocena	Stan	Opis stanu elementu
0	awaryjny	występują rozległe przecieki powodujące zmniejszenie trwałości elementów
2	nieдостateczny	występują nieliczne małe przecieki; miejscowa naprawa może zatrzymać proces niszczenia elementów
5	odpowiedni	brak objawów wskazujących na nieszczelność izolacji

## 7. OCENA STANU TECHNICZNEGO MOSTU

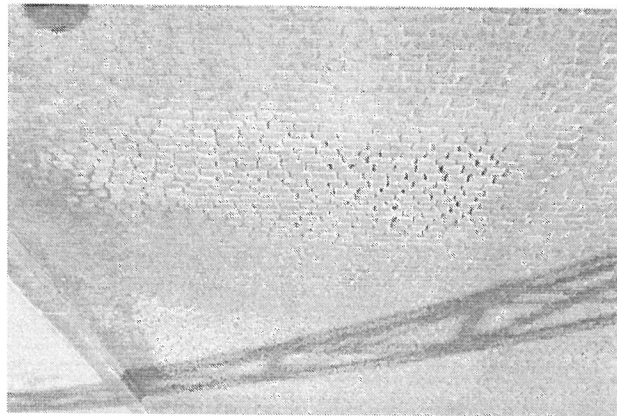
### 7.1. Stan nawierzchni jezdni

Stan techniczny jezdni na moście i na dojazdach do obiektu jest zadowalający.



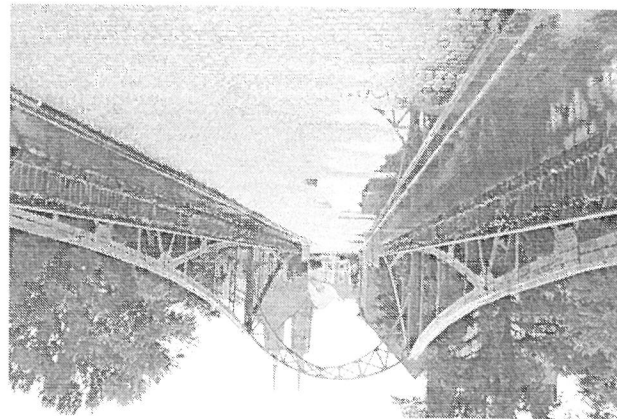
Stan nawierzchni z kostki kamiennej na dojeździe do mostu od strony ul. Katedralnej jest zadowalający

Stan nawierzchni z kostki kamiennej na moście od strony ul. Katedralnej jest zadowalający



Braki spoin w nawierzchni z kostki kamiennej na moście nad filarem

Braki spoin w nawierzchni z kostki kamiennej na moście w połowie długości


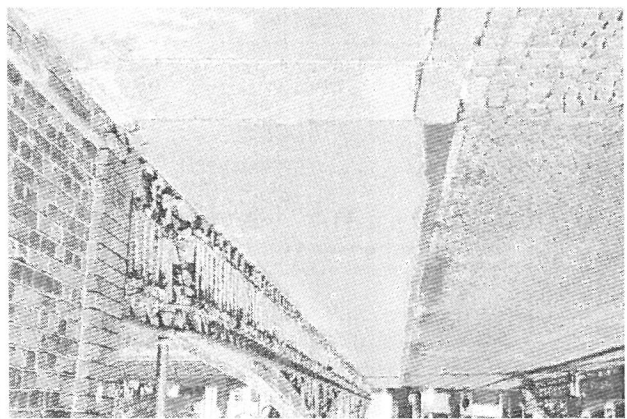
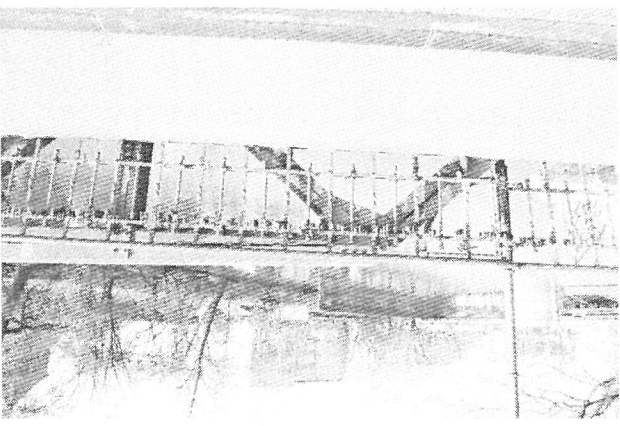
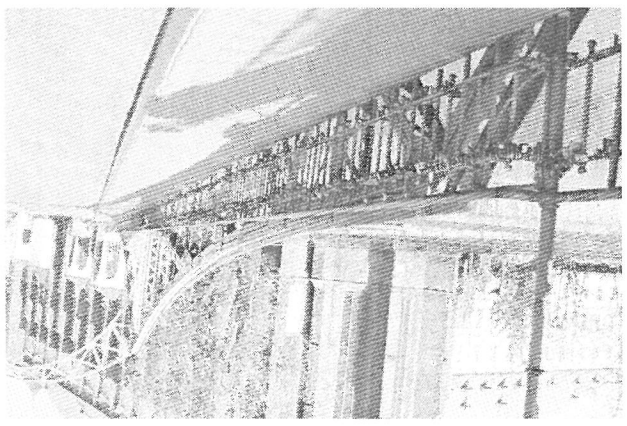
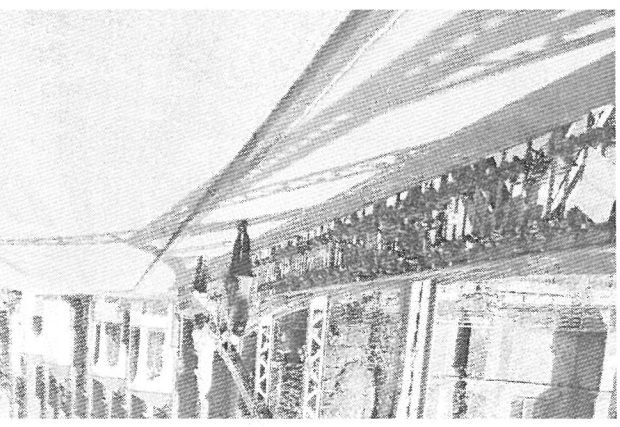
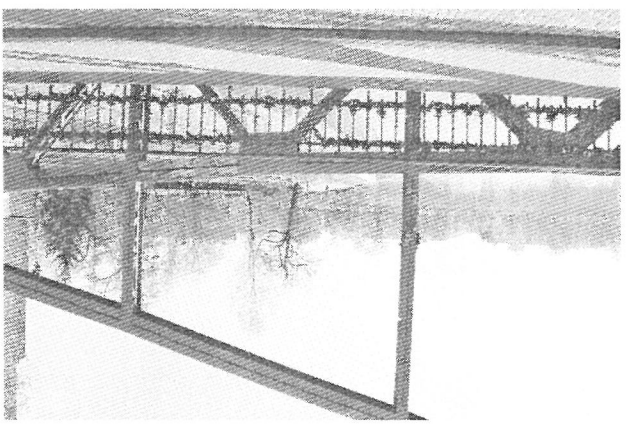


Zastoiska wody na moście od strony wody dolnej



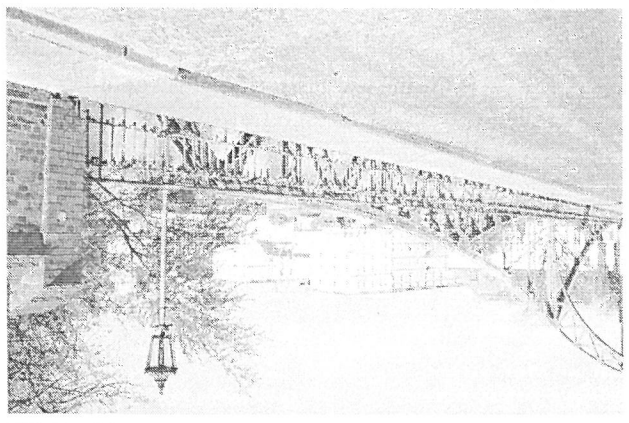
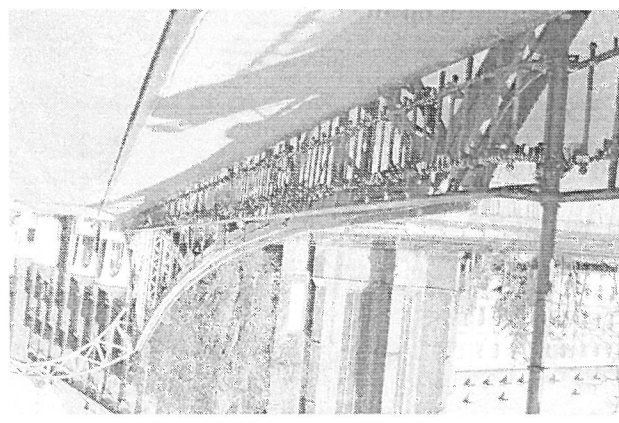
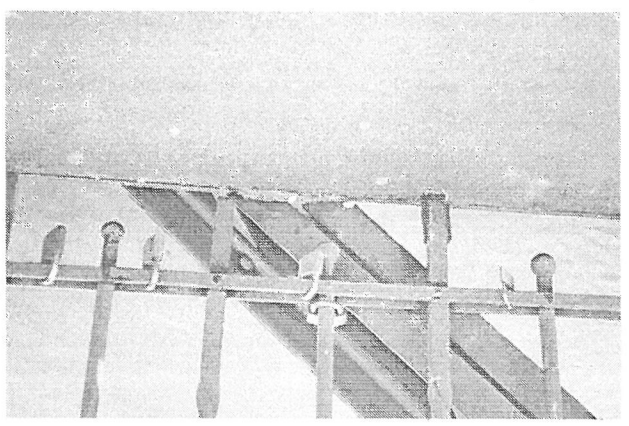
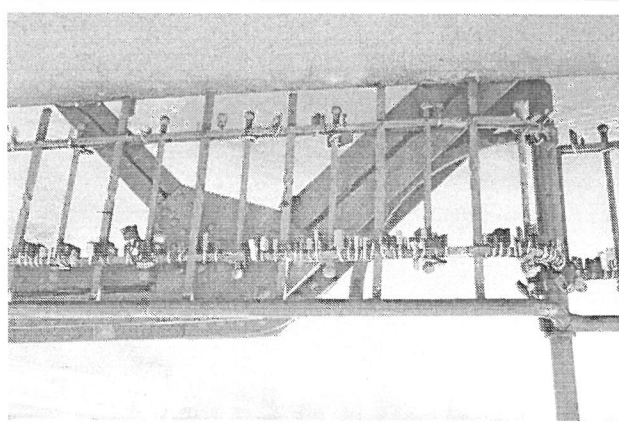
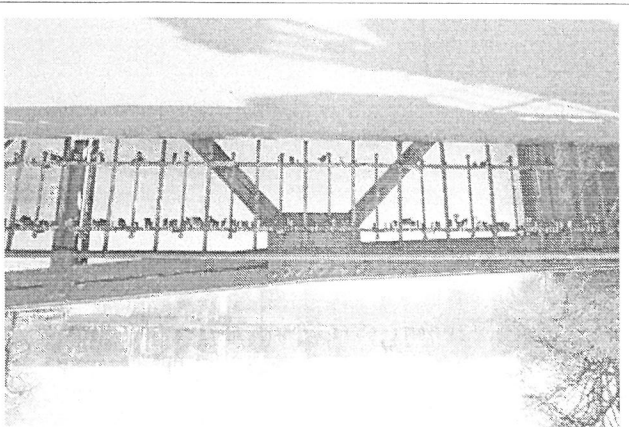
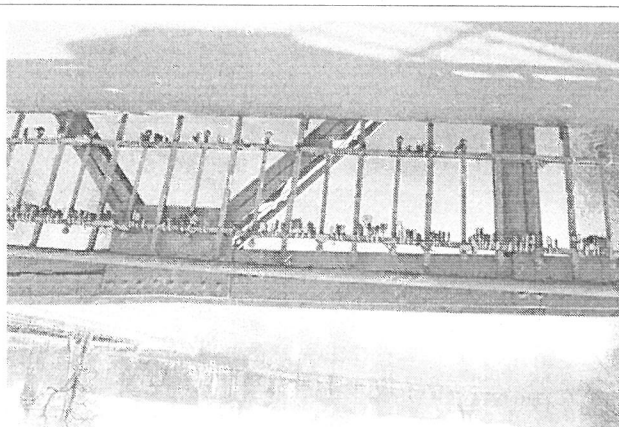
Zastoiska wody na moście od strony wody dolnej

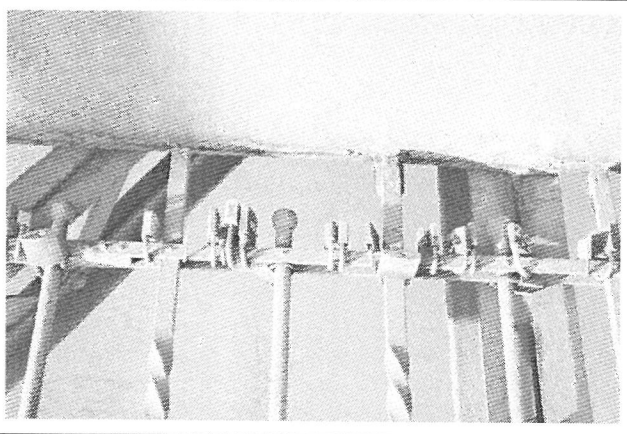
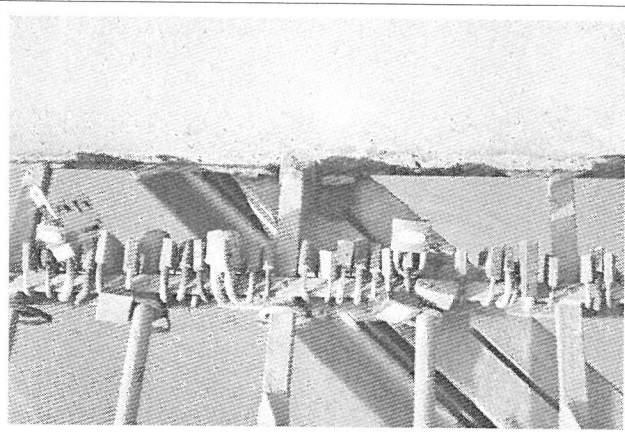
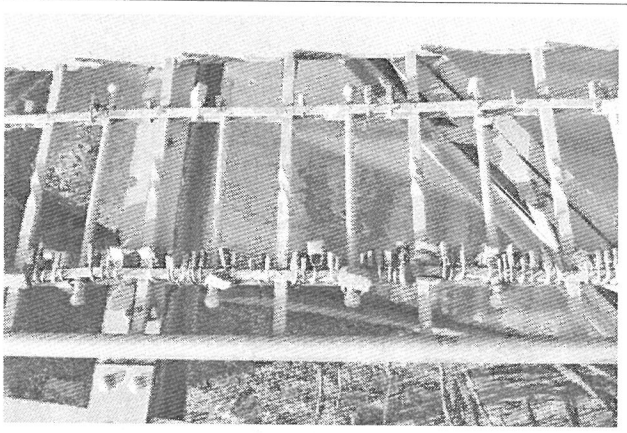
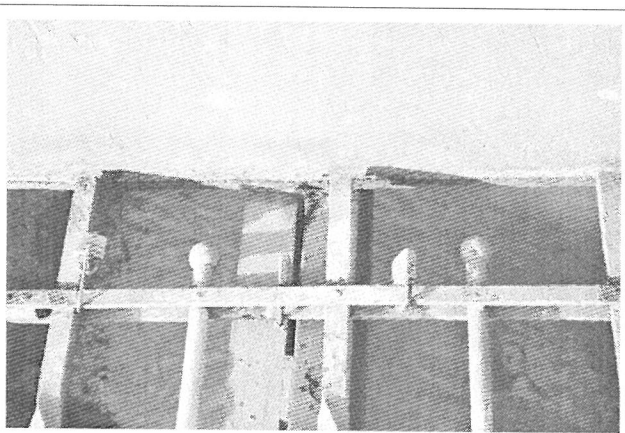
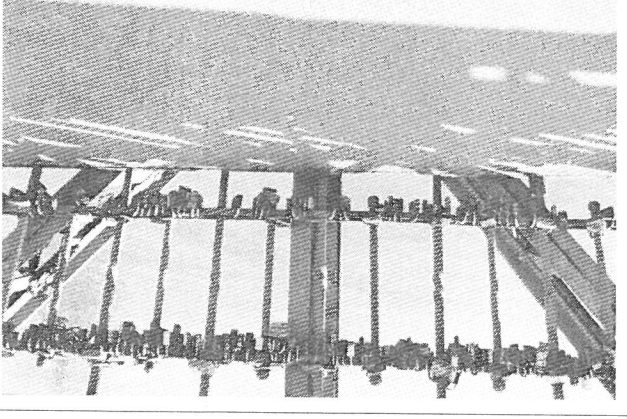
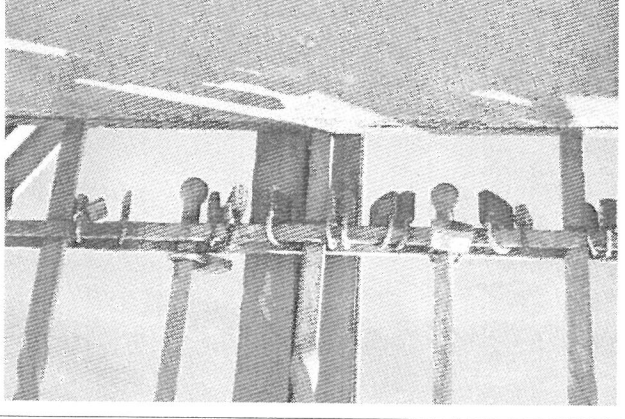
7.1. Stan techniczny chodników (nawierzchnia, kapy, gzymsy, krawężniki)  
Stan techniczny chodników jest zadowalający.

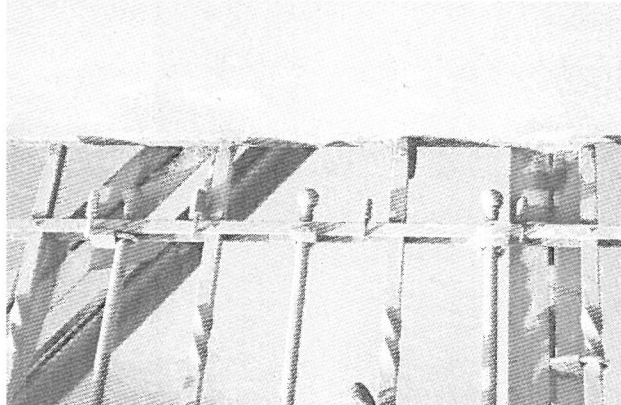
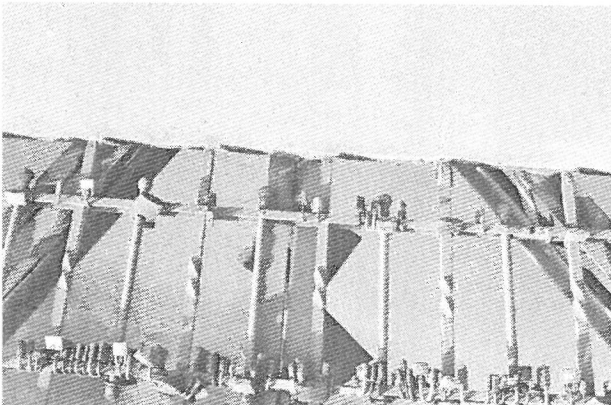
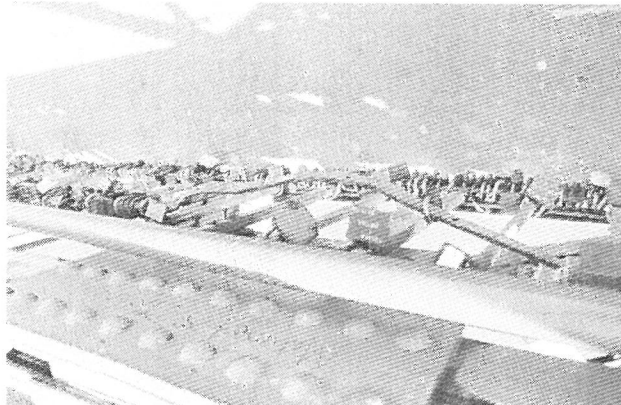
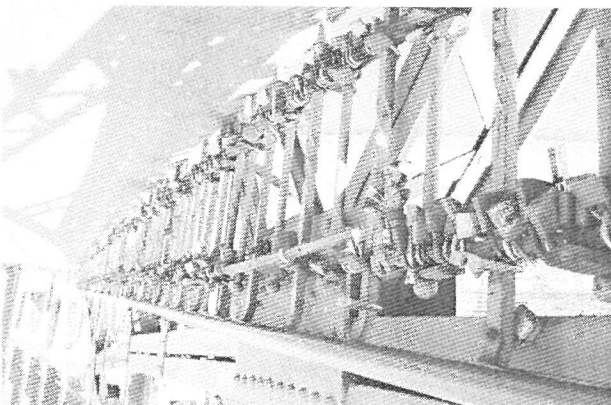
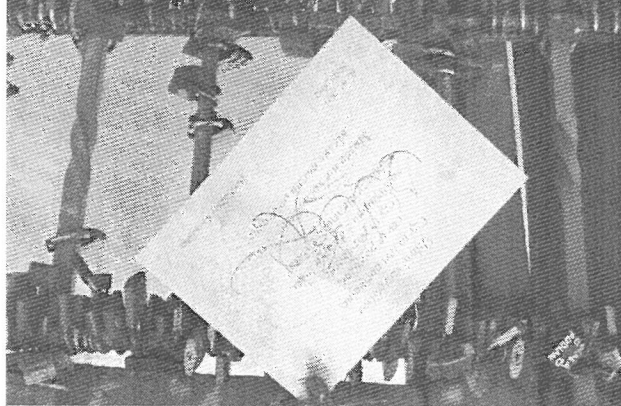
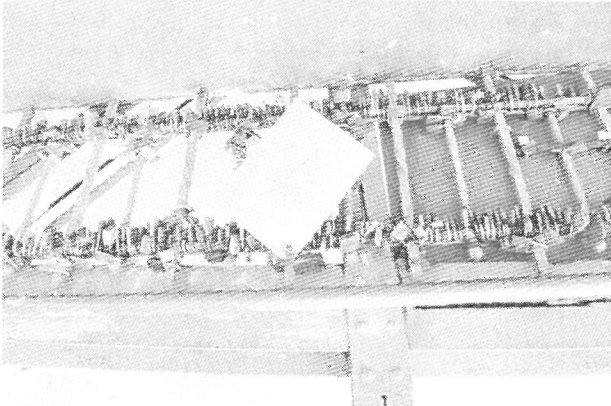
	
	
	
<p>Widok stalowego krawężnika i chodnika od strony wody dolnej i od ul. Katedralnej</p>	<p>Widok chodnika od strony wody dolnej i od strony ul. Katedralnej</p>
<p>Widok chodnika od strony wody dolnej i od strony ul. św. Jadwigi</p>	<p>Widok chodnika od strony wody górnej</p>

**7.2. Stan techniczny balustrad**

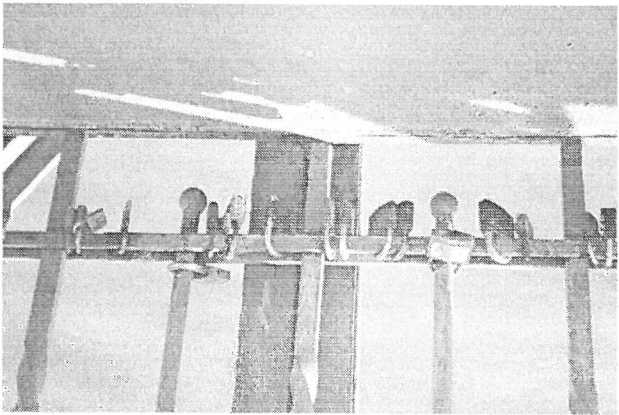
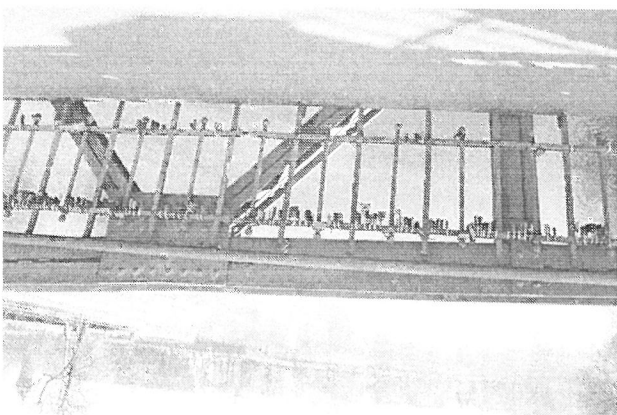
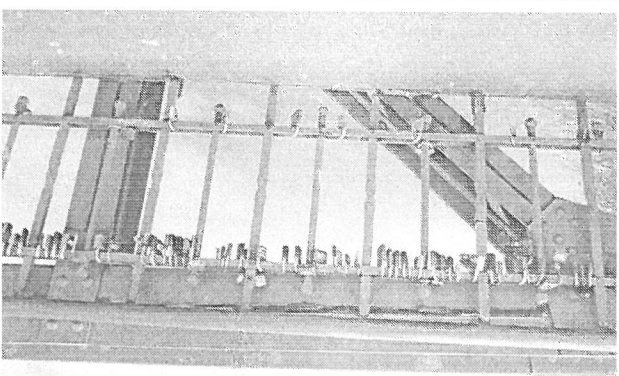
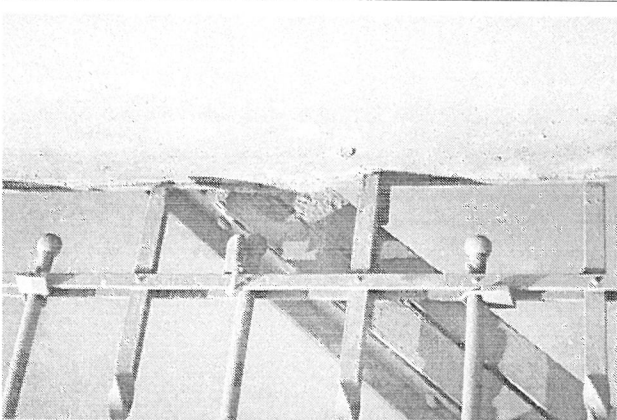
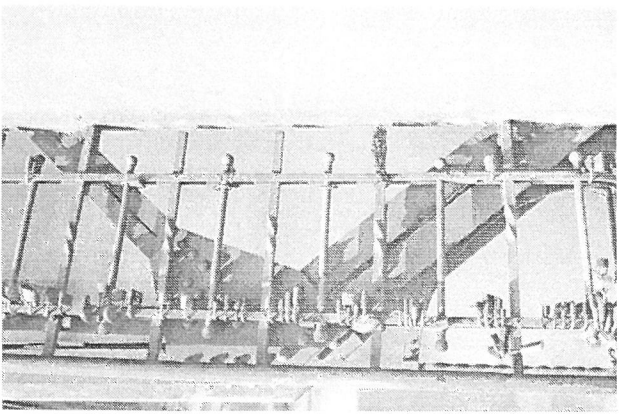
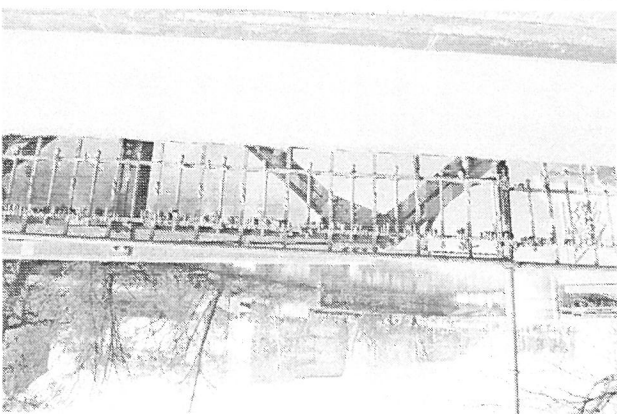
Stan techniczny balustrad jest niepokojący.

	<p>Balustrada od strony wody dolnej i od ul. Katedralnej – widoczne kłódki uszkadzające powłokę malarską mostu.</p>		<p>Widok na balustradę od strony wody górnej i od ul. Katedralnej – widoczne kłódki uszkadzające powłokę malarską mostu.</p>
	<p>Korozyjna słupka na połączeniu z chodnikiem</p>		<p>Widok na balustradę od strony wody górnej i od ul. Katedralnej – widoczne kłódki uszkadzające powłokę malarską mostu.</p>
	<p>Widok na balustradę od strony wody górnej i od ul. Katedralnej – widoczne kłódki uszkadzające powłokę malarską mostu.</p>		<p>Widok na balustradę od strony wody górnej i od ul. Katedralnej – widoczne kłódki uszkadzające powłokę malarską mostu.</p>

<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody górnej</p>	<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody górnej</p>
	
<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody górnej</p>	<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody górnej</p>
	
<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody górnej</p>	<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody górnej</p>
	

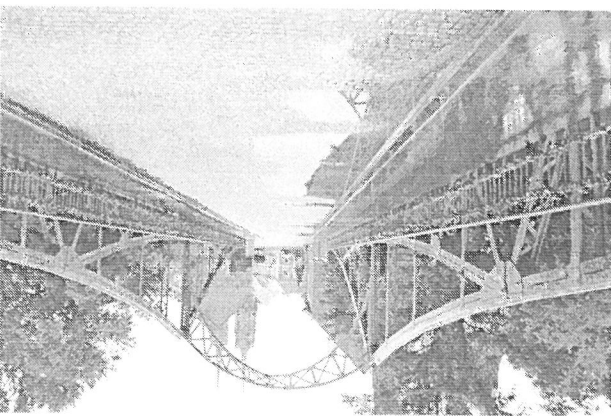
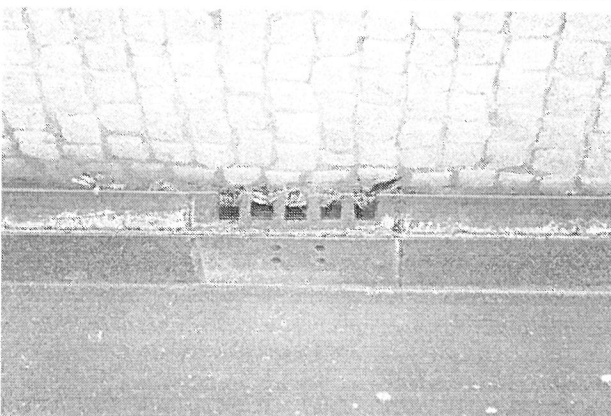
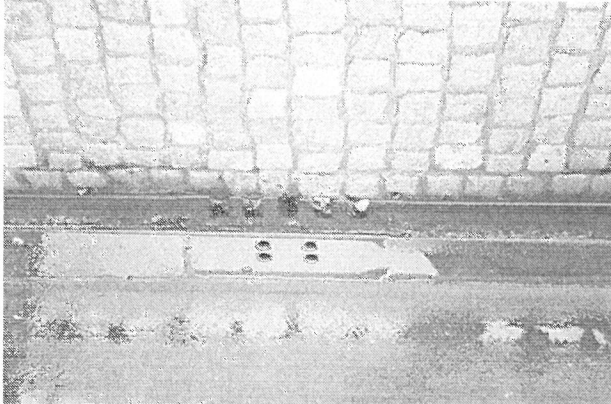

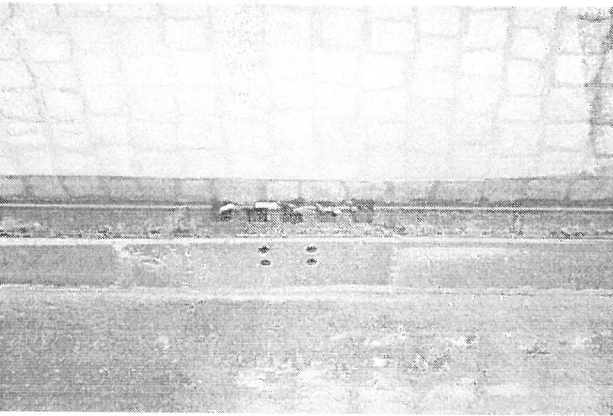
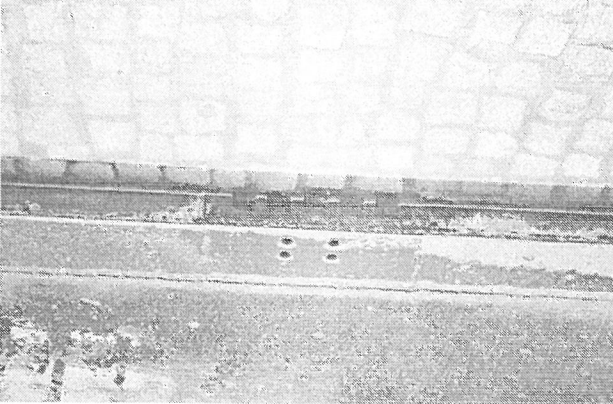
	<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody (górnej)</p>		<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody (górnej)</p>
	<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody (górnej)</p>		<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozja prętów balustrady od strony wody (górnej)</p>
	<p>Zagracająca zabezpieczeniową blachą od strony wody (górnej) konstrukcją balustrady uszkodzająca</p>		<p>Zagracająca zabezpieczeniową blachą od strony wody (górnej) konstrukcją balustrady uszkodzająca</p>

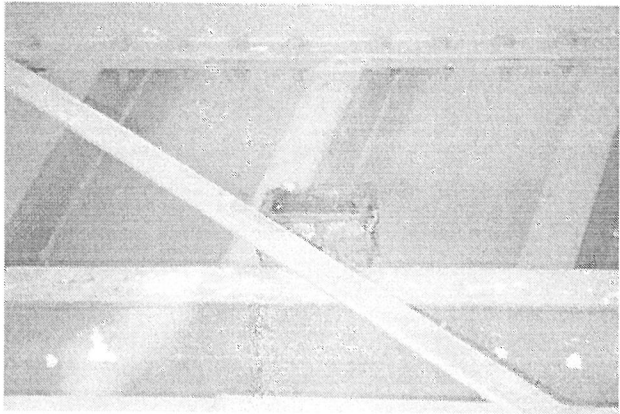

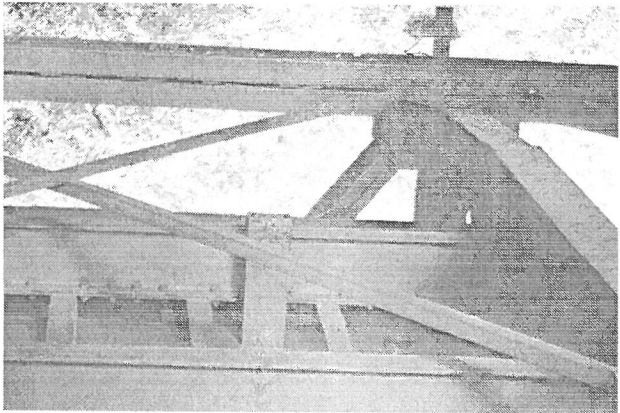
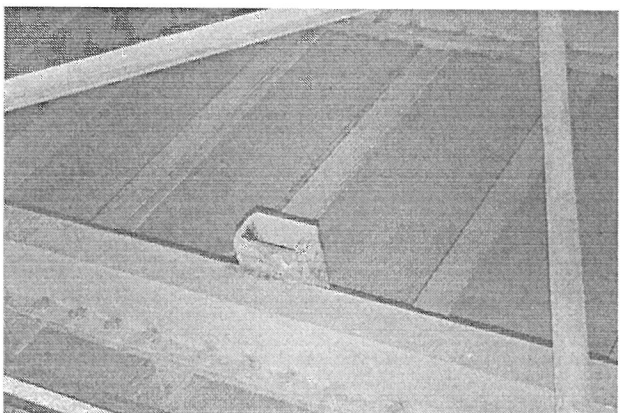
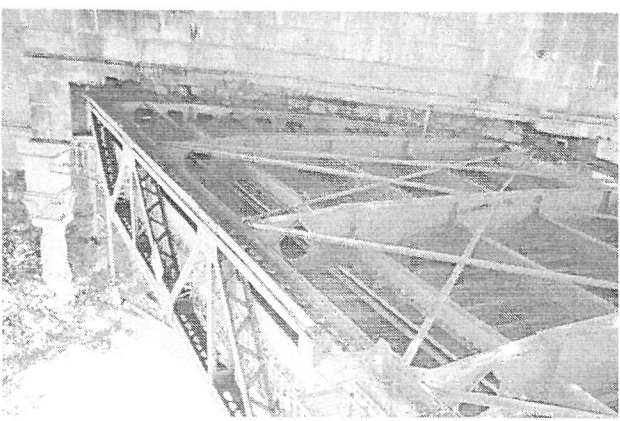
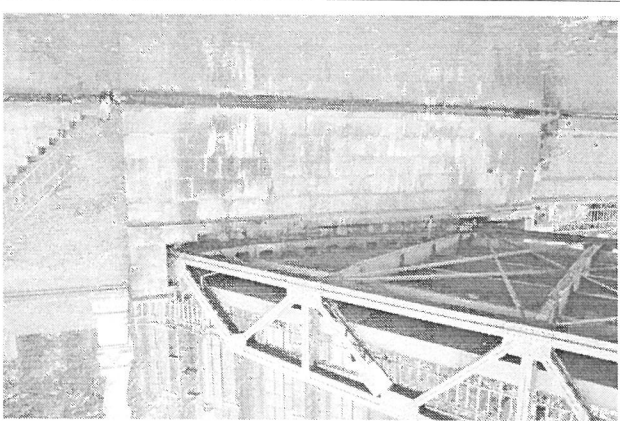
Ekspertyza stanu technicznego mostu Tunskiego nad rzeką Odry w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu

<p>Korozyja słupka balustrady na połączeniu z nawierzchnią chodnika od strony wody dolnej</p>	<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej balustrady przez zawieszanie kłódek i korozyja prętów balustrady od strony wody dolnej</p>
	
<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej balustrady przez zawieszanie kłódek i korozyja prętów balustrady od strony wody dolnej</p>	<p>Korozyja słupka balustrady na połączeniu z nawierzchnią chodnika od strony wody dolnej</p>
	
<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej przez zawieszanie kłódek i korozyja prętów balustrady od strony wody dolnej i od ul. św. Jadwigi</p>	<p>Widok na balustradę od strony wody górnej i od ul. św. Jadwigi – widoczne kłódki uszkadzające powłokę malarską mostu.</p>
	

### 7.3. Stan urządzeń odwadniających

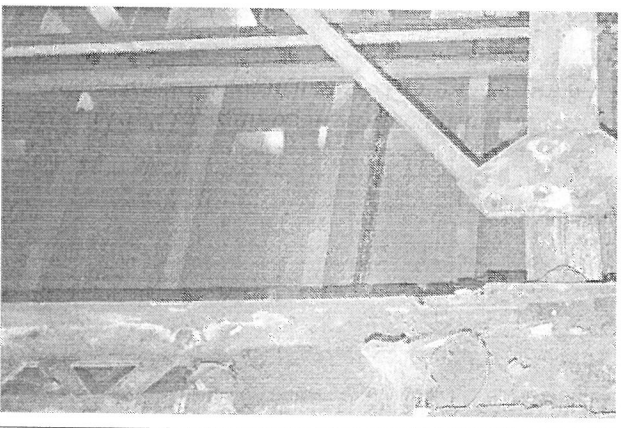
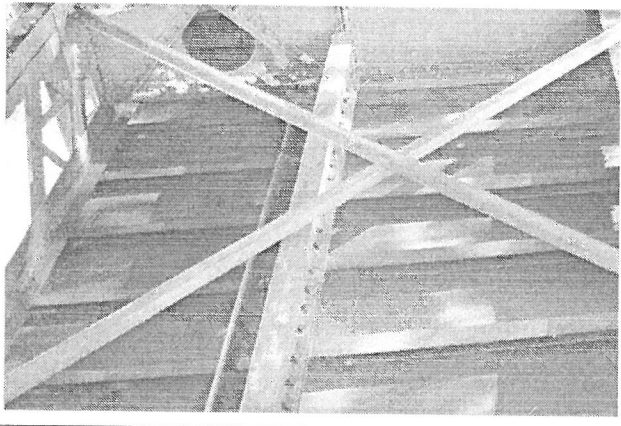
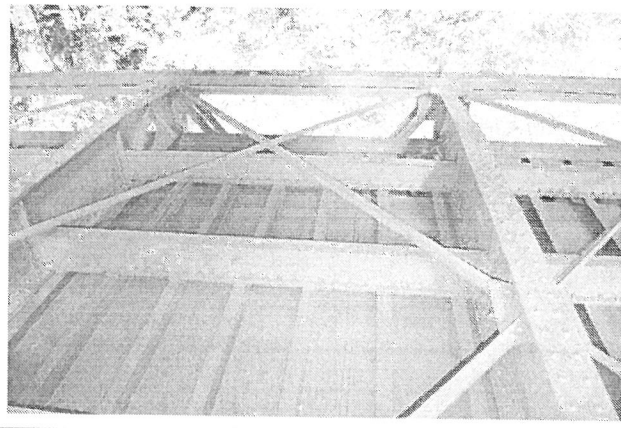
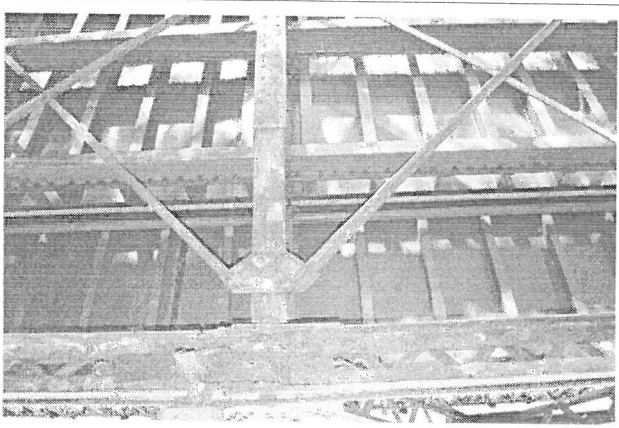
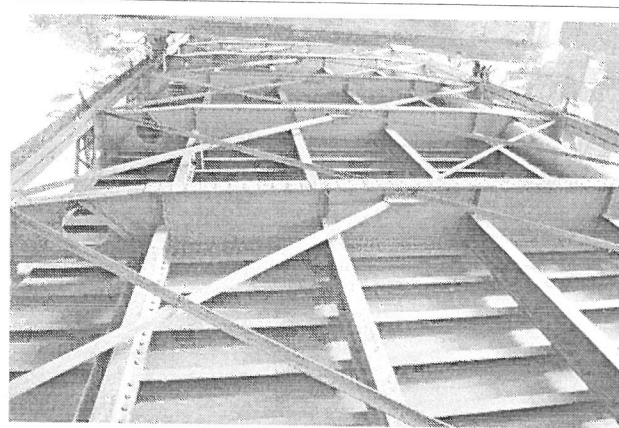
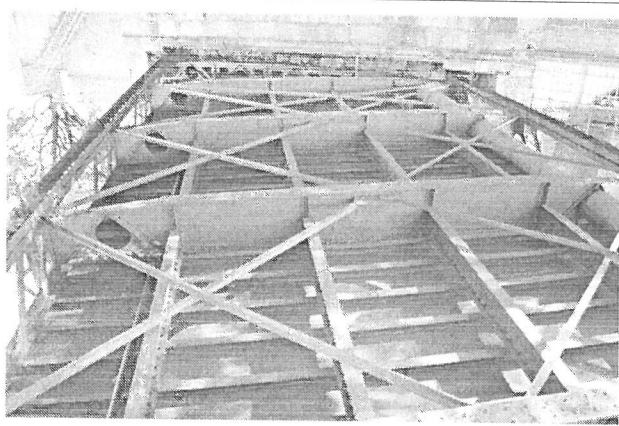
Stan techniczny urządzeń odwadniających jest niepokojący. Wpusty mostowe od strony wody dolnej są niedrożne – świadczą o tym zastoiska wody zalegające na moście po deszczu. Zastosowane wpusty nie spełniają dzisiejszych norm ochrony środowiska – woda bezpośrednio z jezdnii leci do rzeki. (brak separatora).

	<p>Zastoiska wody na moście od strony wody dolnej świadczą o niedrożności wpustów</p>		<p>Niedrożny wpust mostowy – zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne zapychające wpust</p>
	<p>Niedrożny wpust mostowy – zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne zapychające wpust</p>		<p>Zastoiska wody na moście od strony wody dolnej świadczą o niedrożności wpustów</p>
	<p>Niedrożny wpust mostowy – zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne zapychające wpust</p>		<p>Niedrożny wpust mostowy – zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne zapychające wpust</p>

<p>Korożja rury spustowej odwodnienia mostu – woda bezpośrednio spływa do rzeki ( brak separatora)</p>	<p>Korożja rury spustowej odwodnienia mostu – woda bezpośrednio spływa do rzeki ( brak separatora)</p>
	
<p>Korożja rury spustowej odwodnienia mostu – woda bezpośrednio spływa do rzeki ( brak separatora)</p>	<p>Korożja rury spustowej odwodnienia mostu – woda bezpośrednio spływa do rzeki ( brak separatora)</p>
	
<p>Widok przęsa lewobrzezkiego od strony wody dolnej – widok rur spustowych odwodnienia</p>	<p>Widok przęsa lewobrzezkiego od strony wody dolnej</p>
	

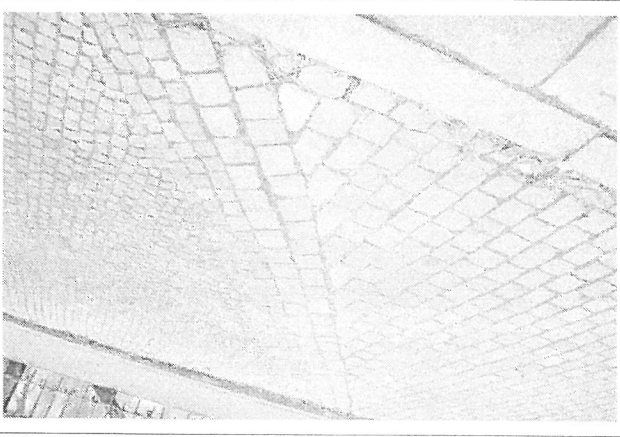
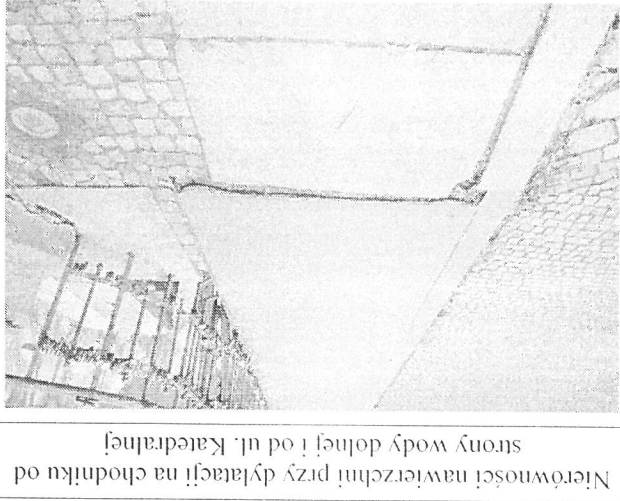
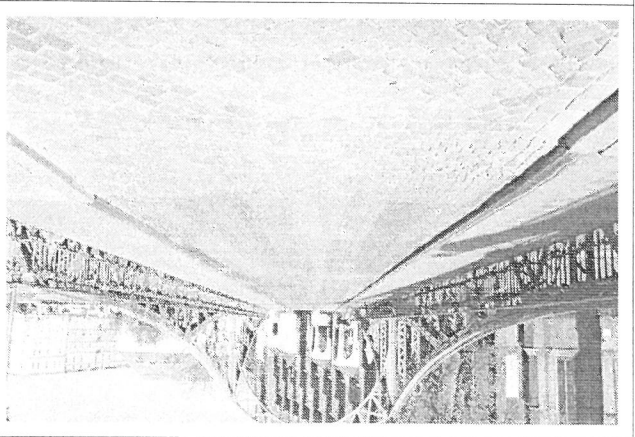
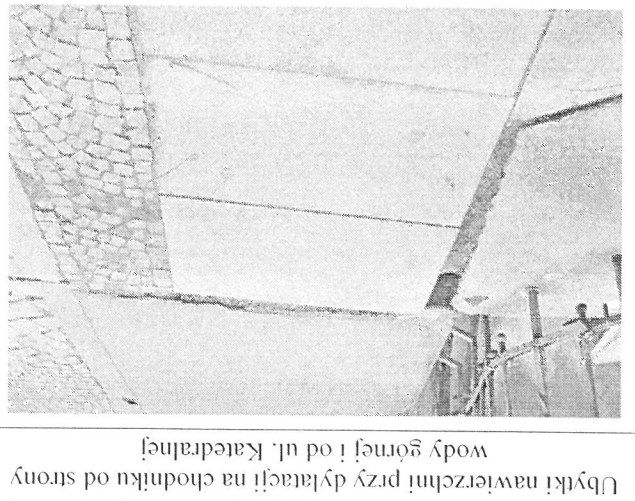
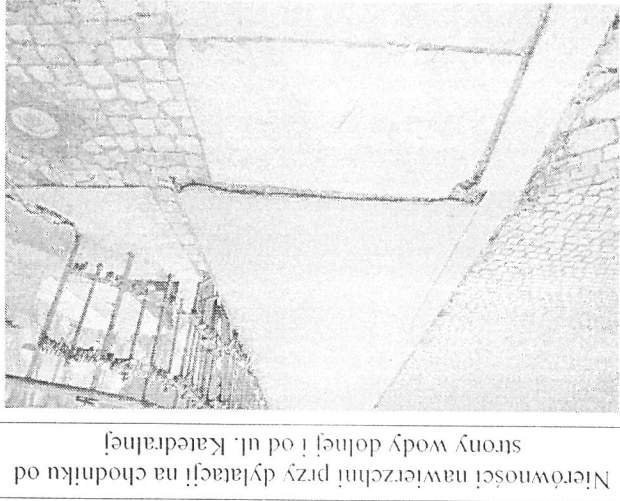
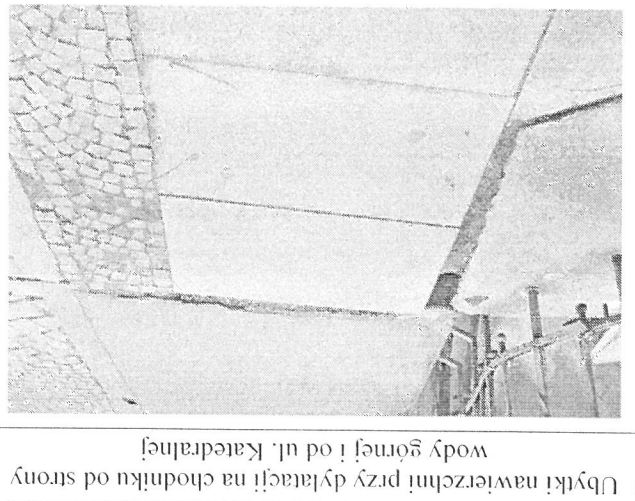
**7.4. Stan techniczny płyty pomostowej i stan izolacji**


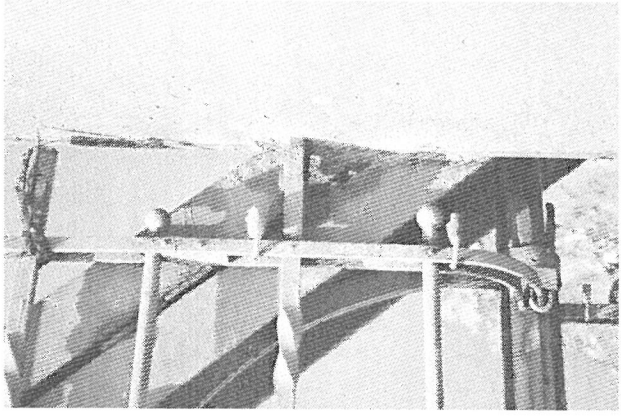
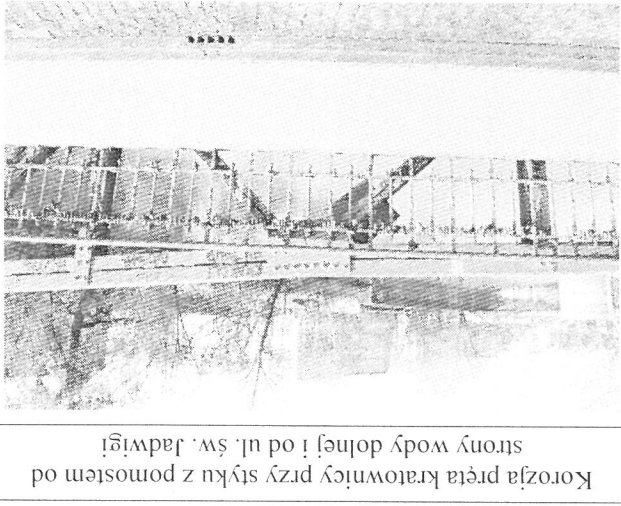
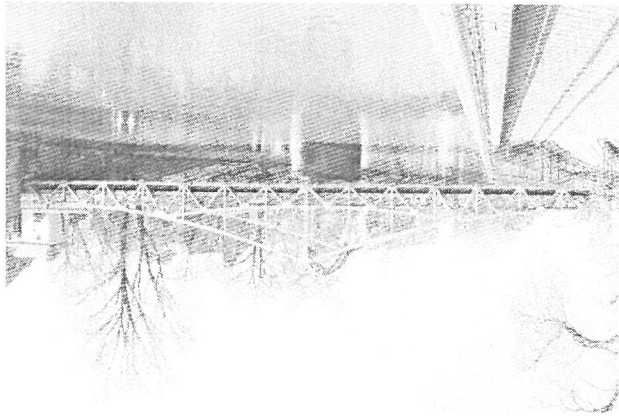
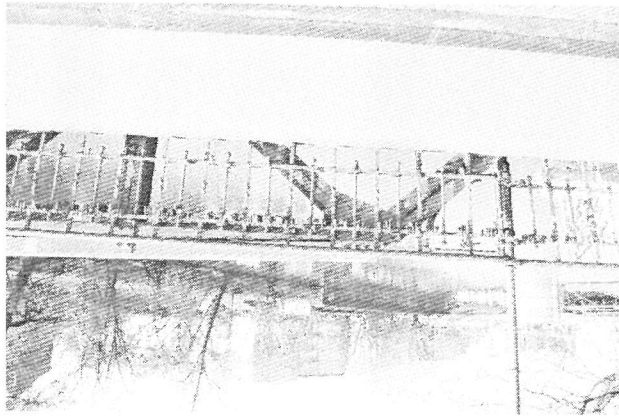
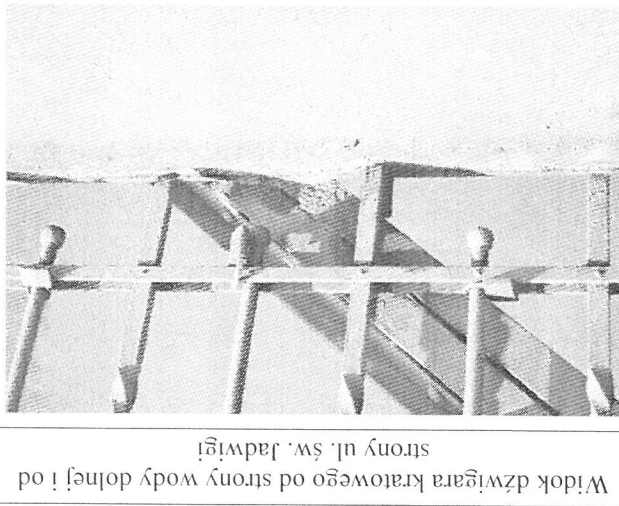
Stan techniczny płyty pomostowej jest niepokojący (korozja powierzchniowa blachy). Stan techniczny izolacji jest niedostateczny.

	<p>Korozja powierzchniowa blachy pomostu, poprzecznicę i pasą dolnego dźwigara kratowego od strony wody dolnej</p>		<p>Korozja powierzchniowa blachy pomostu w przśle lewobrzeżnym</p>
	<p>Korozja powierzchniowa pasą dolnego kratownicy</p>		<p>Korozja powierzchniowa blachy pomostu w przśle lewobrzeżnym</p>
	<p>Widok na płytę pomostową, poprzecznicę, podłużnicę i stężenia w przśle lewobrzeżnym – od strony filara</p>		<p>Widok na płytę pomostową, poprzecznicę, podłużnicę i stężenia w przśle lewobrzeżnym – od strony przyczółka</p>

**7.5. Stan techniczny urządzeń dylatacyjnych**

Na obiekcie nie ma typowych urządzeń dylatacyjnych. Stan połączenia mostu z dojazdem w części jezdni jest zadawalający. Stan połączenia mostu z dojazdami w części chodnika jest niepokojący ze względu na występujące tu nierówności.

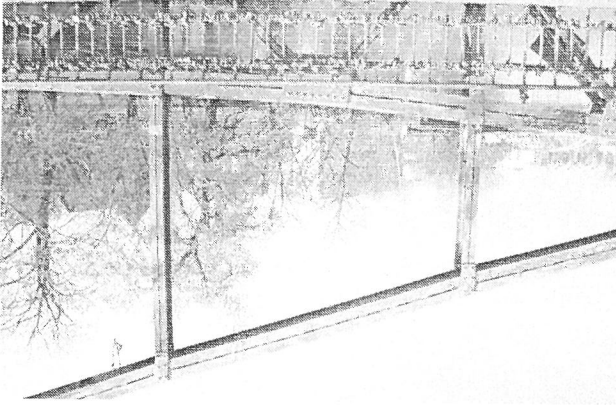
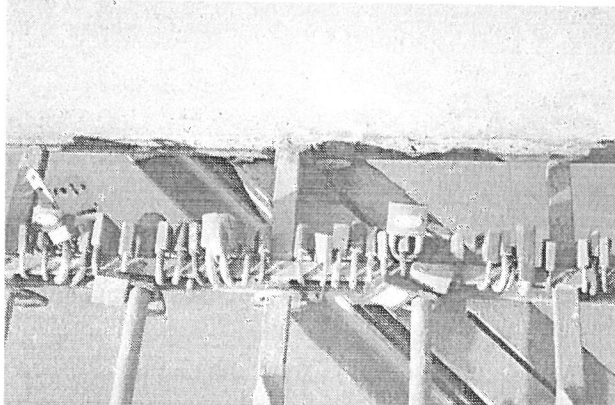
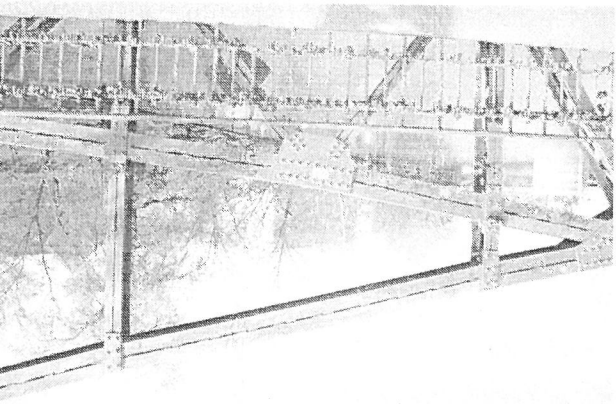
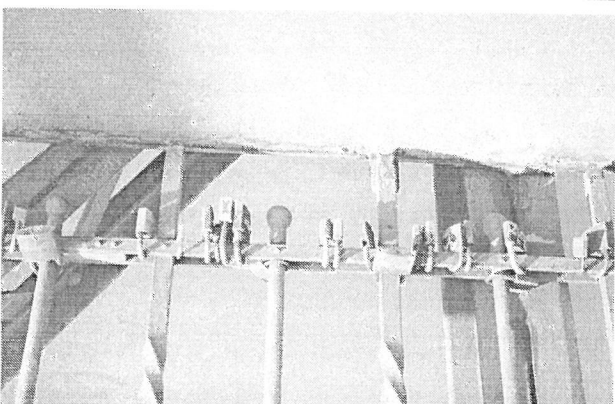
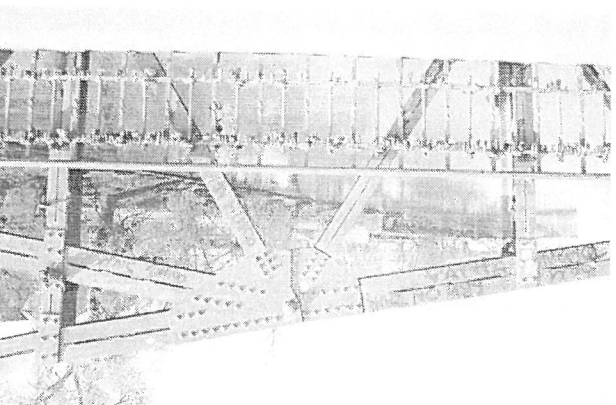
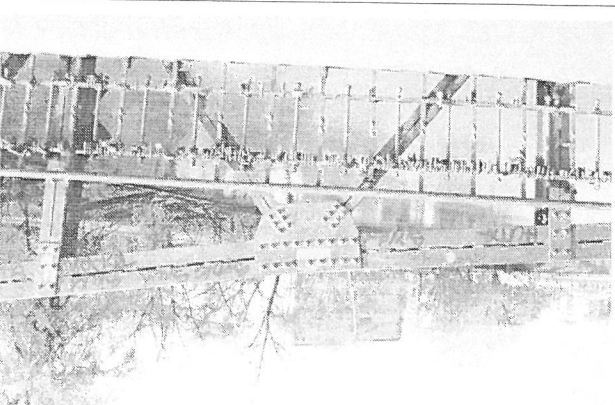
	<p>Widok połączenia mostu z dojazdem od strony ul. Katedralnej – nie wykazuje ono uszkodzeń</p>
	<p>Nierówności nawierzchni przy dojeździe od strony ul. Katedralnej</p>
	<p>Widok połączenia mostu z dojazdem od strony ul. Katedralnej – nie wykazuje ono uszkodzeń</p>
	<p>Ubytki nawierzchni przy dylatacji na chodniku od strony wody górnej i od ul. Katedralnej</p>
	<p>Nierówności nawierzchni przy dylatacji na chodniku od strony wody dolnej i od ul. św. Jadwigi</p>
	<p>Nierówności, ubytki nawierzchni przy dylatacji na chodniku od strony wody górnej i od ul. św. Jadwigi</p>

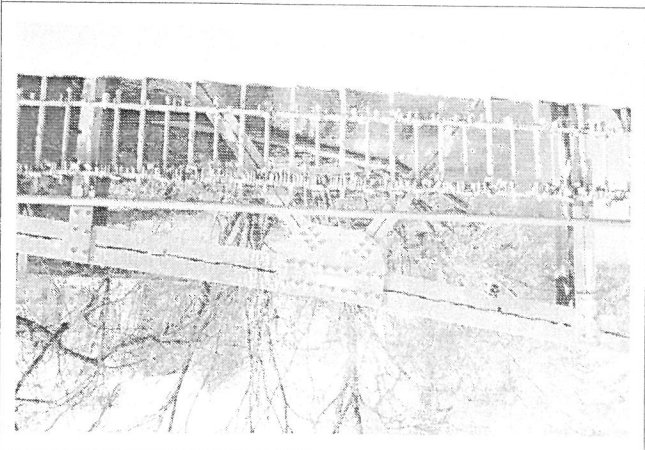
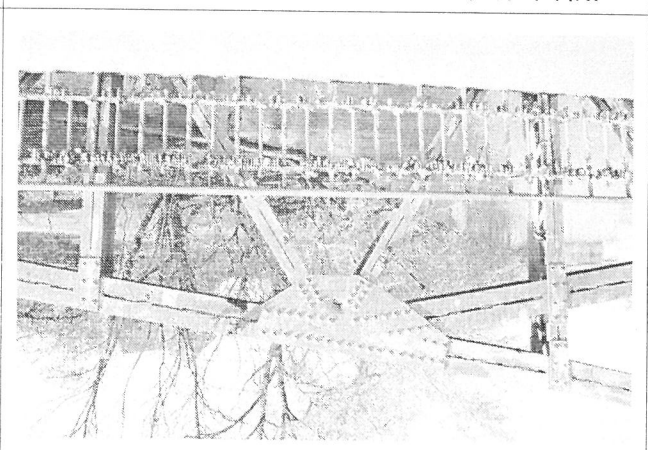
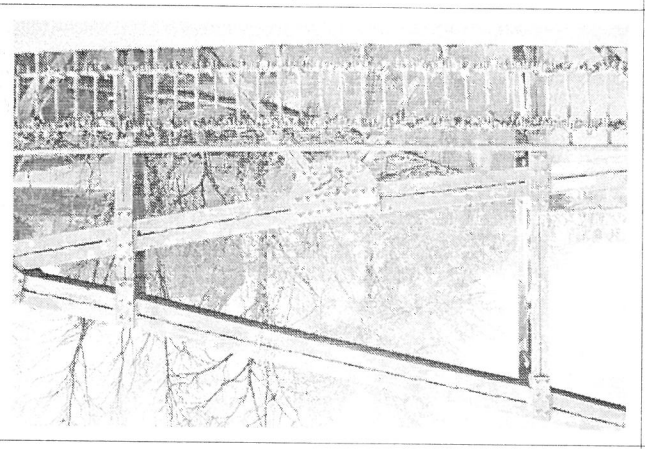
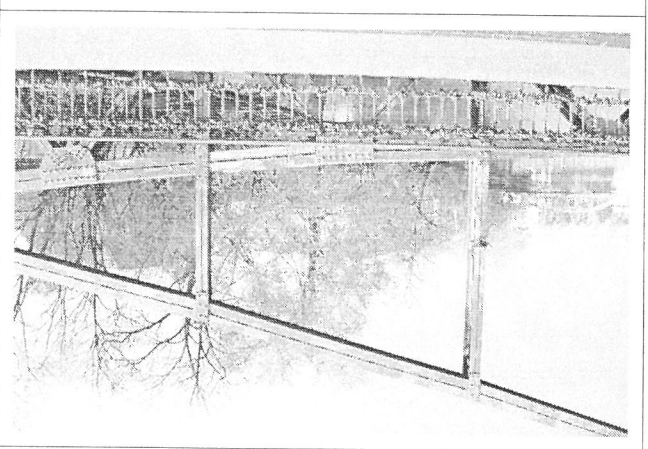
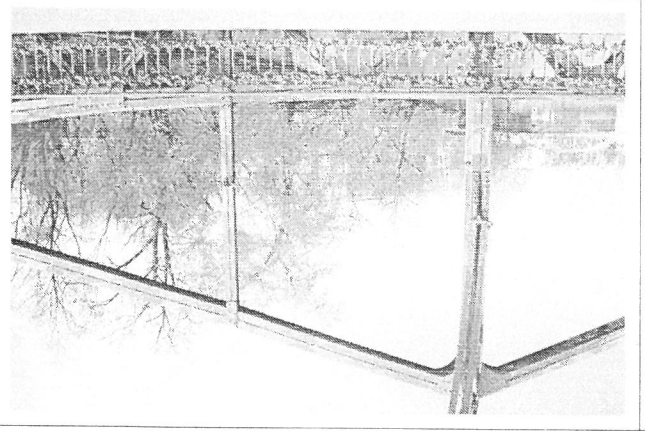
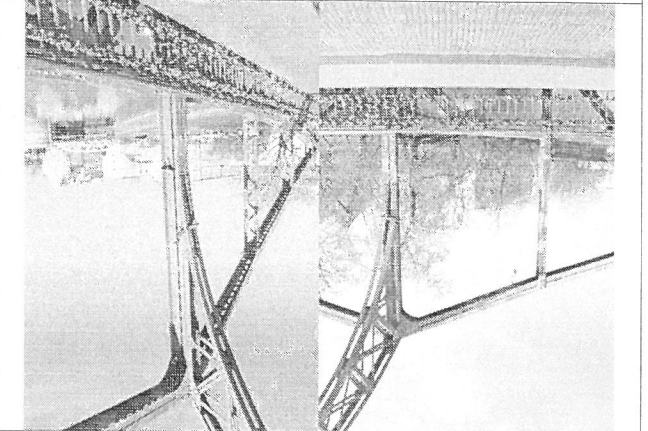
	<p>Widok na kratowe dzwigary mostu od strony wody górnej</p>		<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej i od strony ul. św. Jadwigi</p>	
	<p>Koroza pręta kratownicy przy styku z pomostem od strony wody dolnej i od ul. św. Jadwigi</p>			<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej i od strony ul. św. Jadwigi</p>
	<p>Koroza pręta kratownicy przy styku z pomostem od strony wody dolnej i od ul. św. Jadwigi</p>	<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej i od strony ul. św. Jadwigi</p>	<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej i od strony ul. św. Jadwigi</p>	

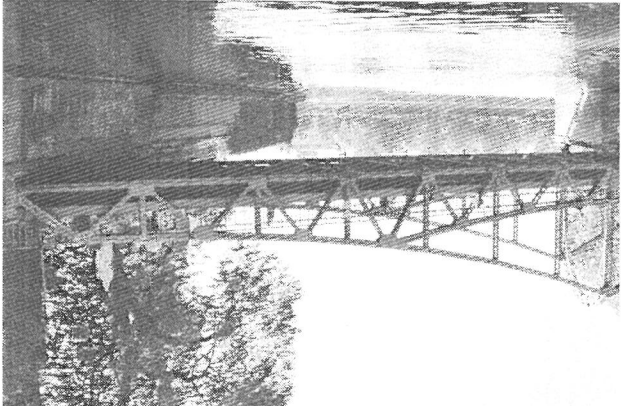
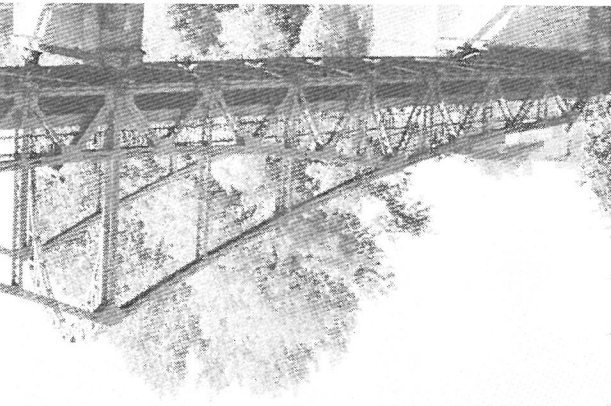
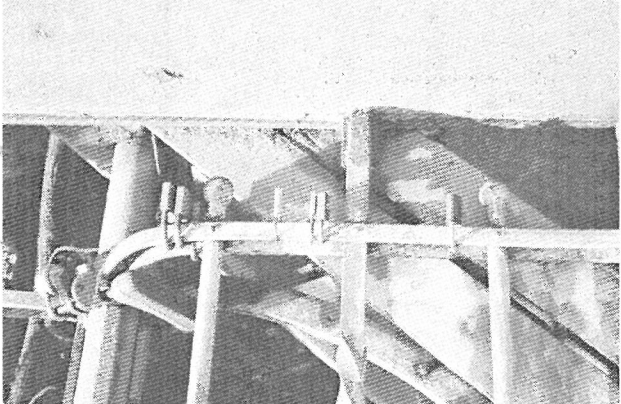
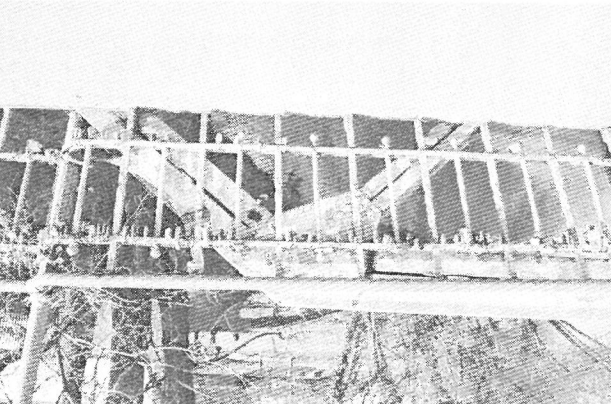
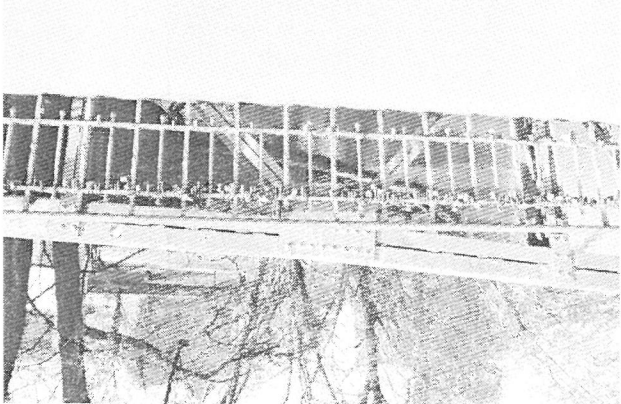
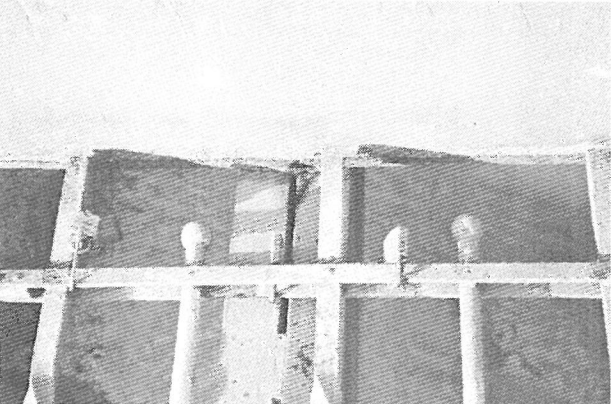
Stan techniczny dźwigarów głównych jest niepokojący.

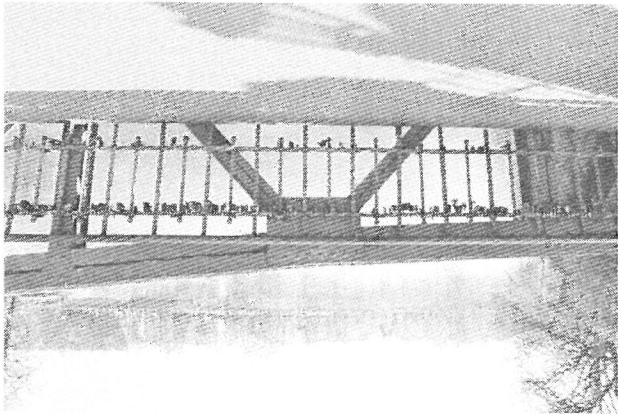
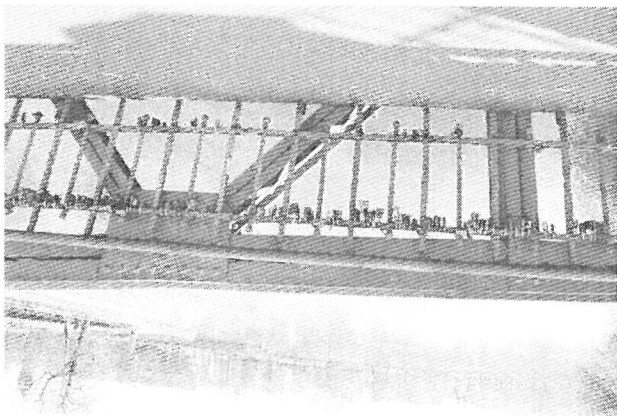
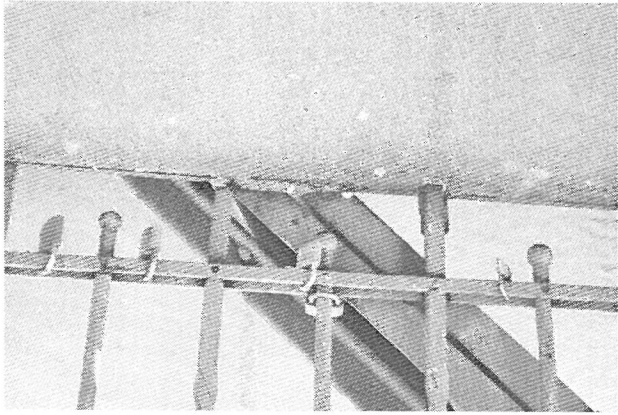
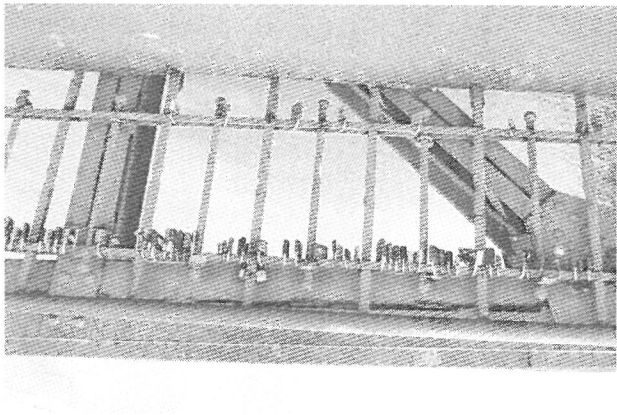
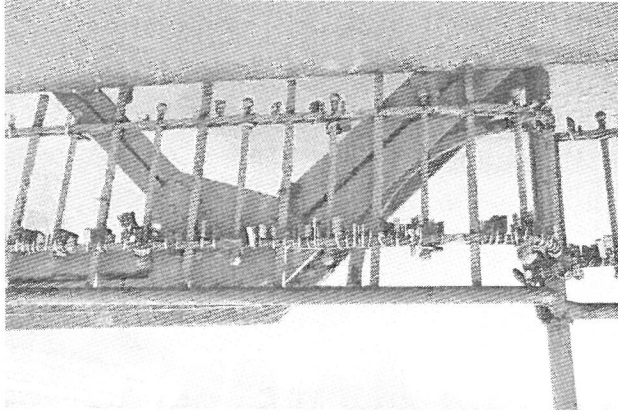
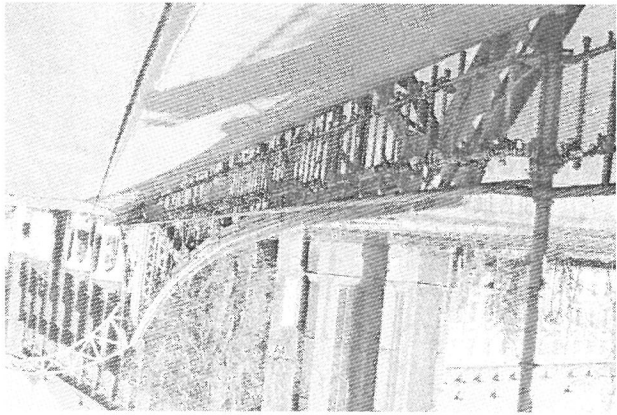
### 7.6. Stan techniczny dźwigarów głównych

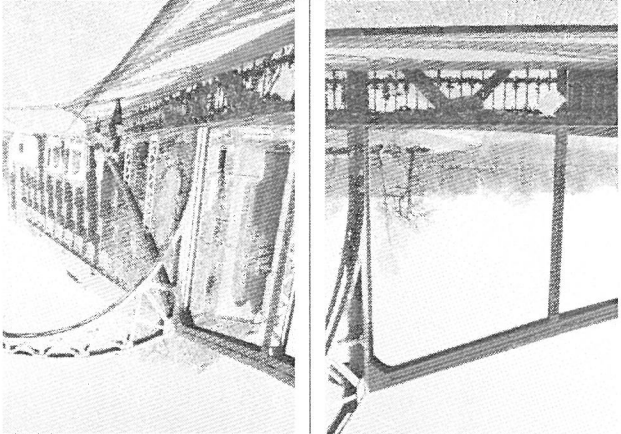
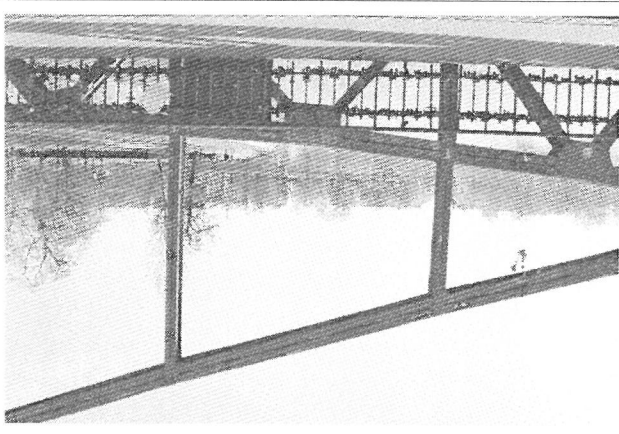
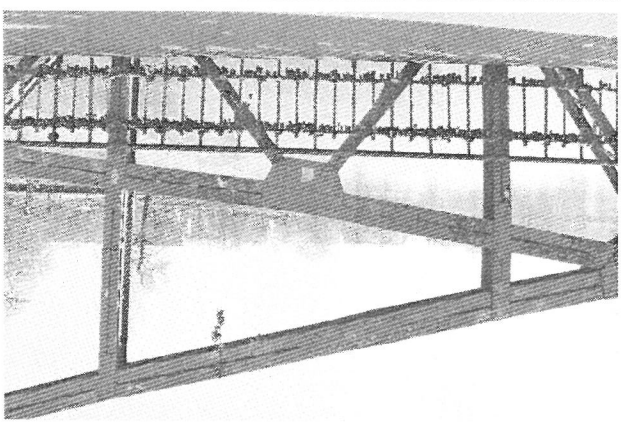
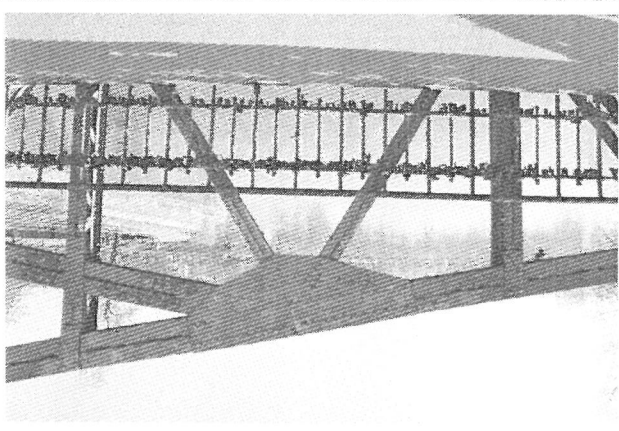
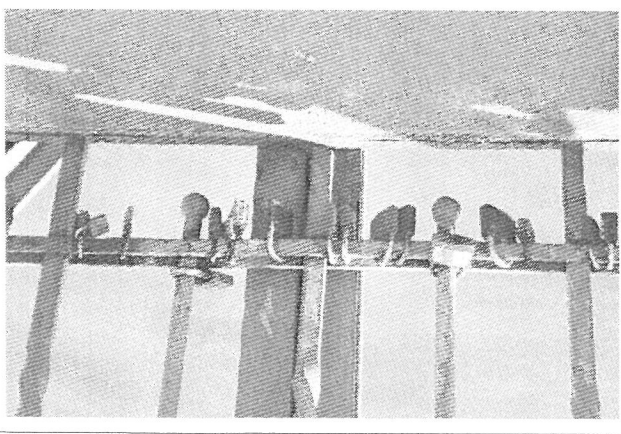
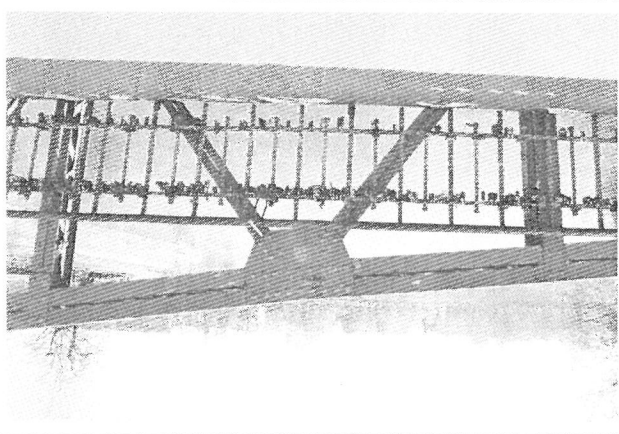
Ekspertyza stanu technicznego mostu Tuńskiego nad rzeką Odry w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu




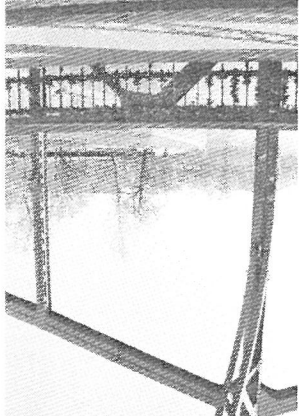
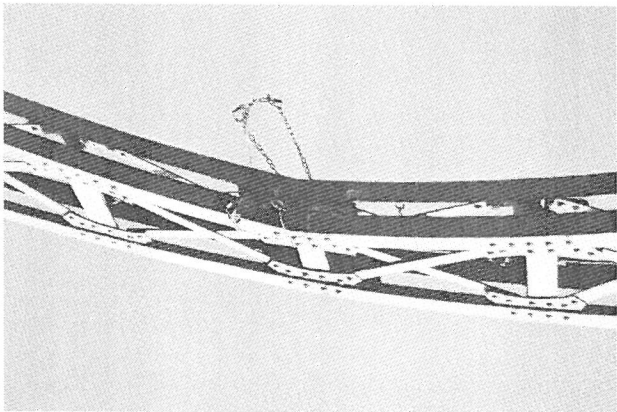
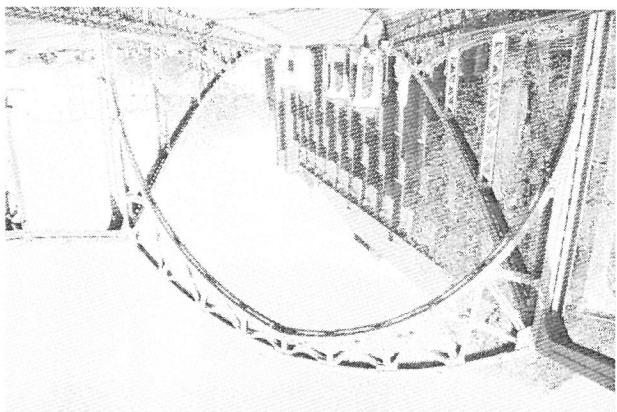
<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej</p> 	<p>Koroza krzyżulca i balustrady kratownicy od strony wody dolnej</p> 
<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej</p> 	<p>Koroza prętów kratownicy od strony wody dolnej</p> 
<p>Widok przegubu od strony wody dolnej</p> 	<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej i od strony ul. św. Jadwigi</p> 

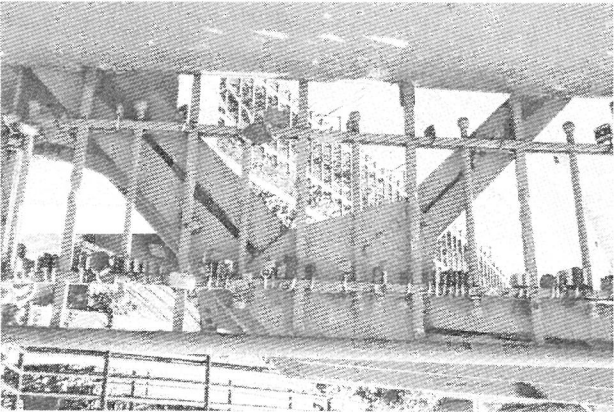
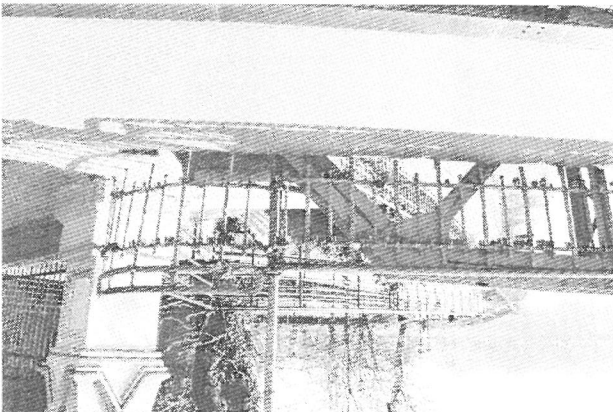
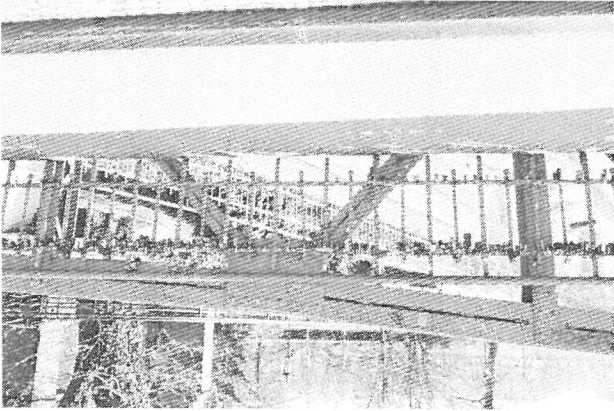
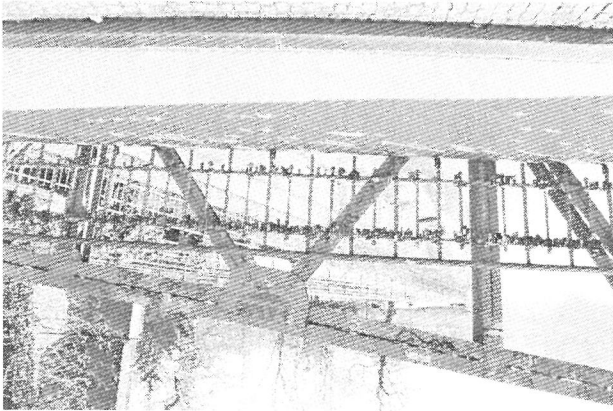
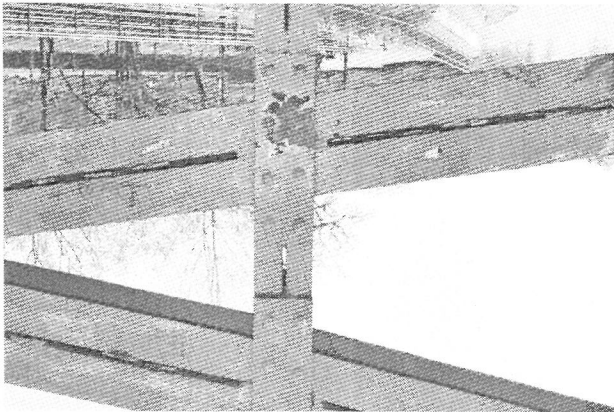
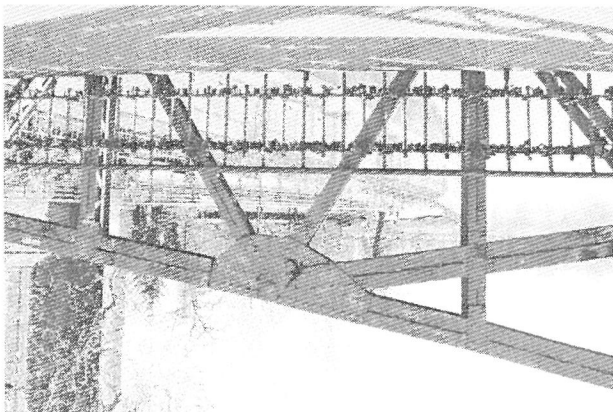
<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej</p>	<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej ( widoczne ubytki materiału prętów kratownicy)</p>
	
<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej</p>	<p>Widok dzwigara kratowego od strony wody dolnej</p>
	
<p>Widok ramy portowej od strony wody dolnej</p>	<p>Widok ramy portowej od strony wody dolnej i od strony wody górnej</p>
	

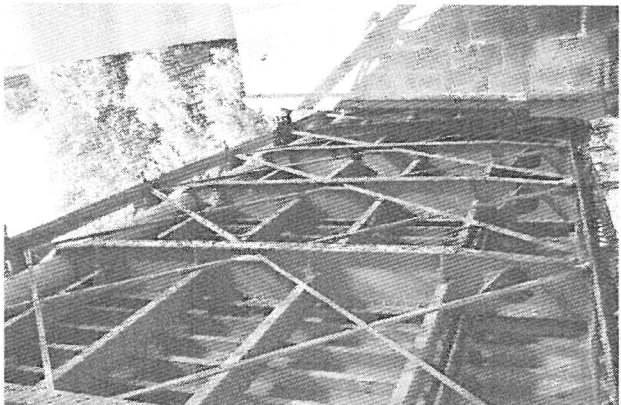
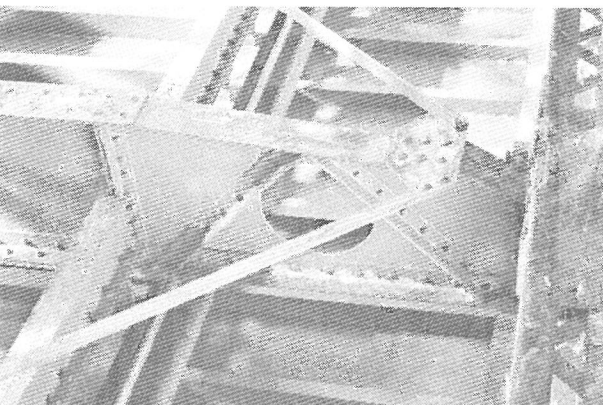
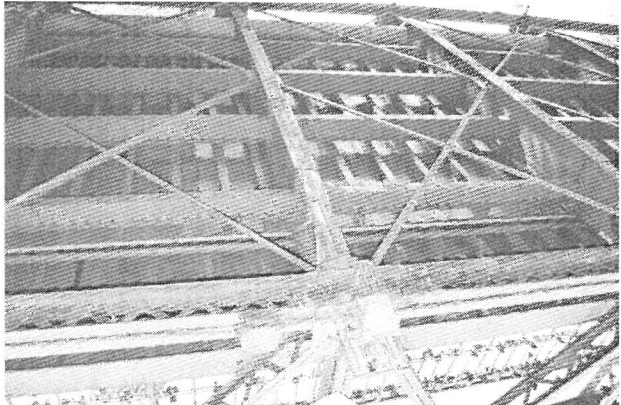
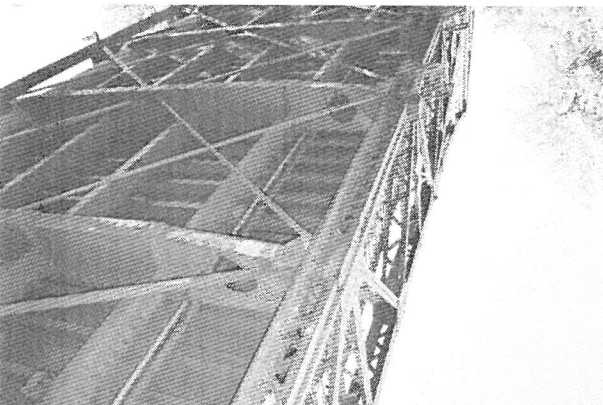
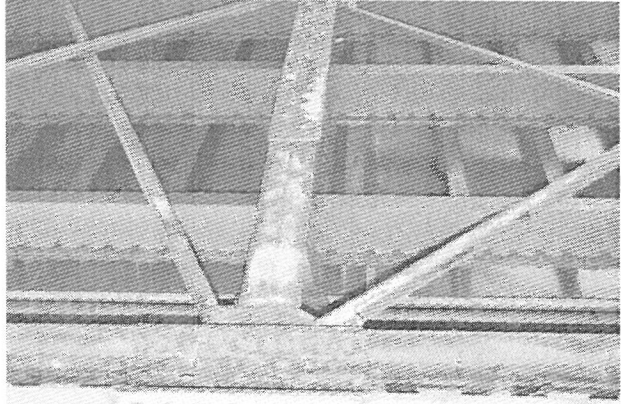
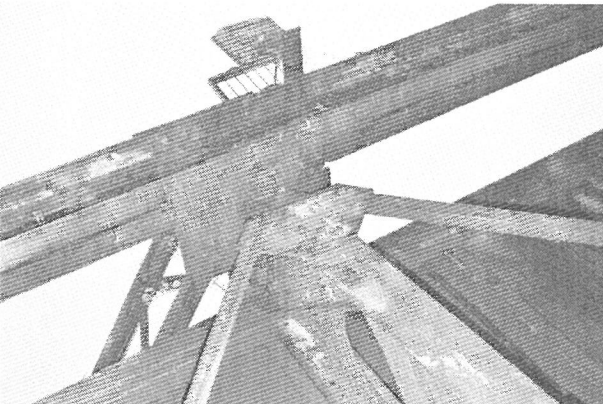
<p>Widok przęsła lewobrzeżnego od strony wody dolnej</p> 	<p>Widok przęsła prawobrzeżnego od strony wody dolnej</p> 
<p>Koroza prętów kratownic i słupków balustrady na połączeniu z pomostem od strony wody dolnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody dolnej</p> 
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody dolnej</p> 	<p>Koroza prętów kratownic i słupków balustrady na połączeniu z pomostem od strony wody dolnej</p> 

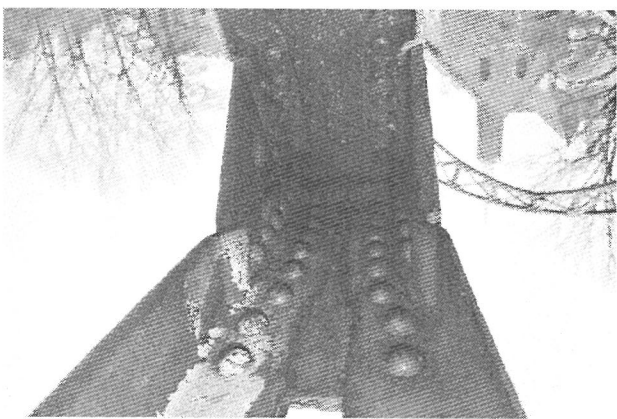

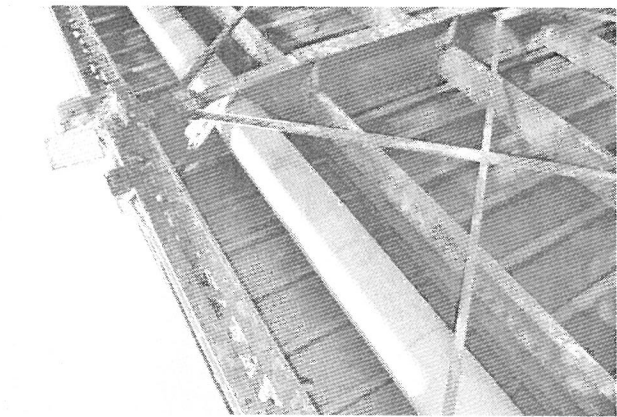
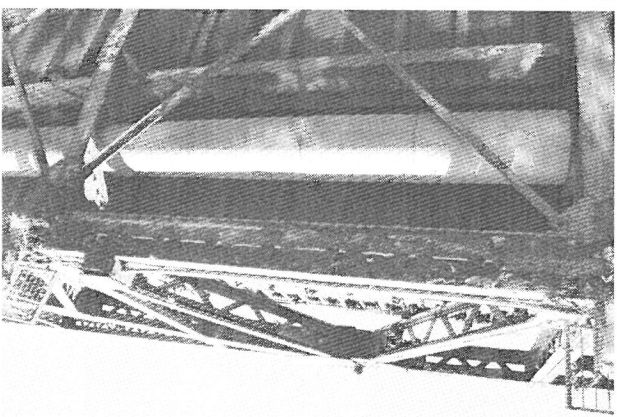
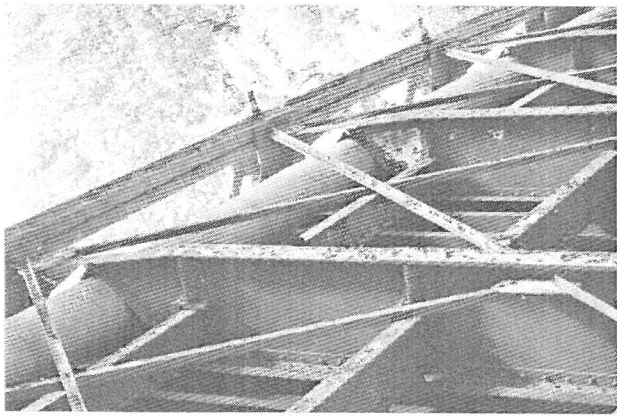
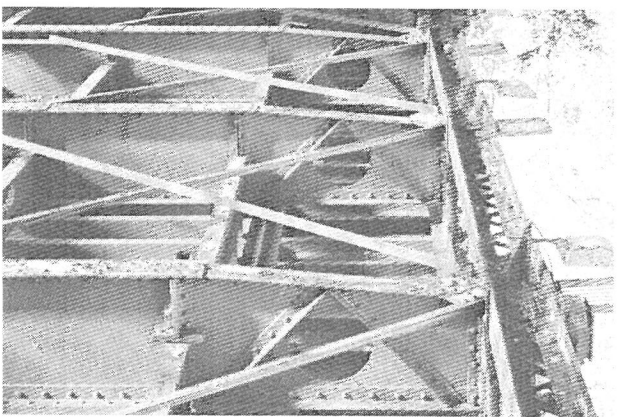
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 
<p>Koroza prętów kratownicy na połączeniu z pomostem od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej i od ul. Katedralnej</p> 	<p>Widok na dźwigar kratowy od strony wody górnej i od ul. Katedralnej</p> 

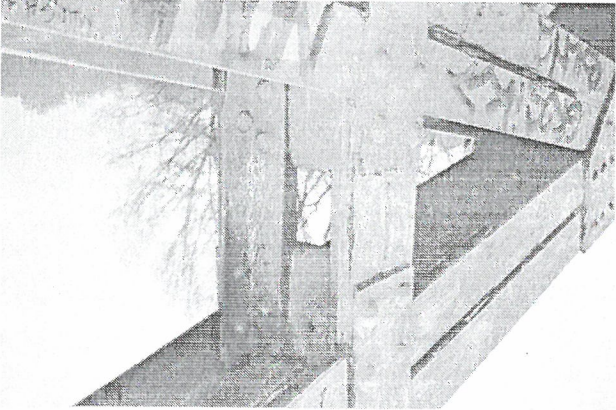


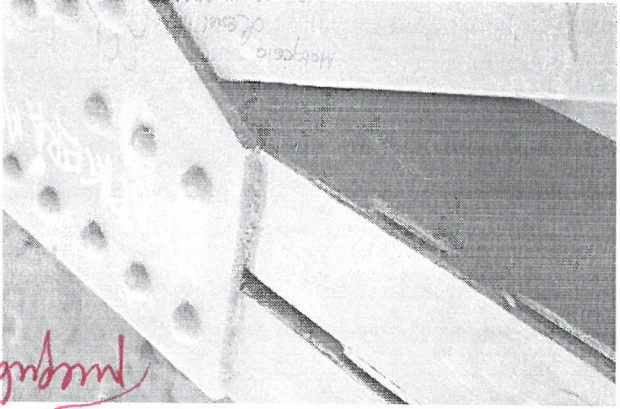

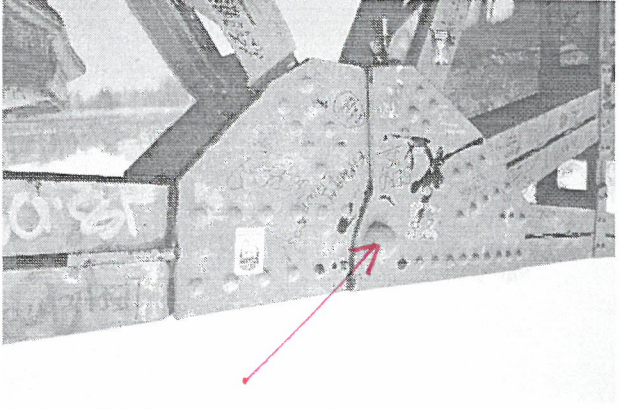
<p>Widok ramy portalowej od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 
<p>Korozja prętów kratownicy na połączeniu z pomostem od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 


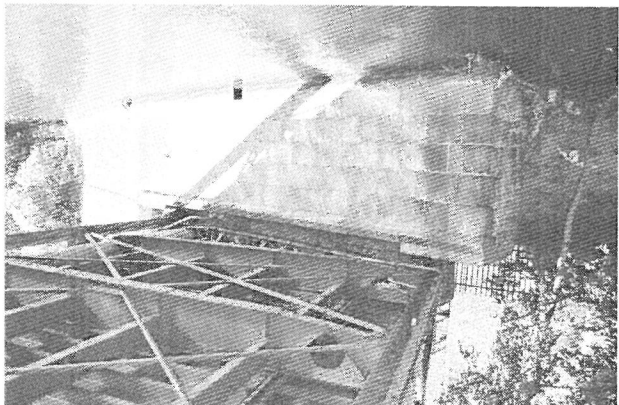
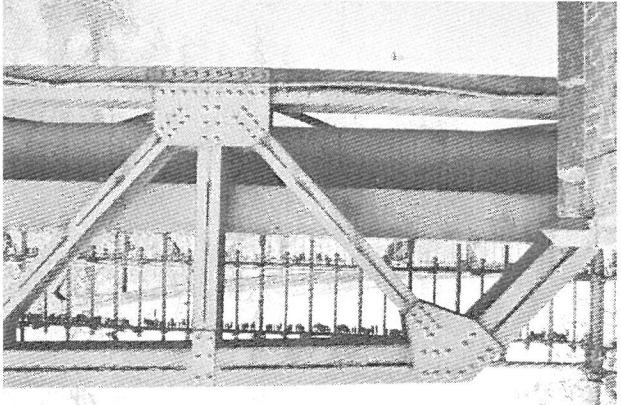
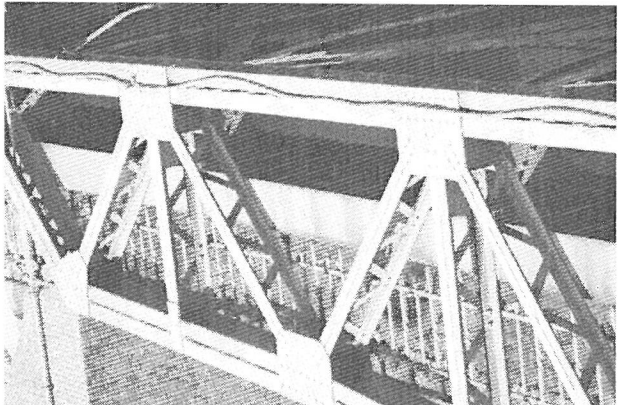

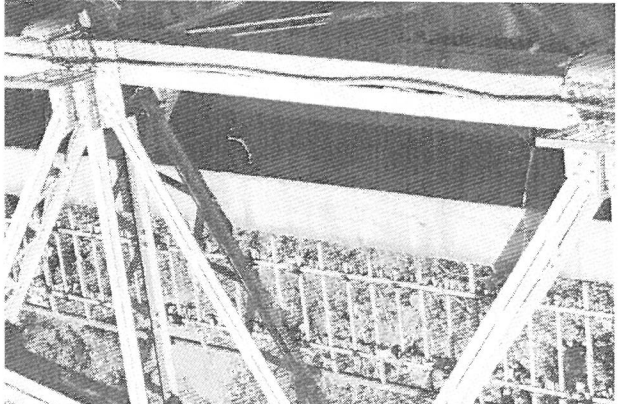
<p>Uszkodzenia powłoki malarskiej i korozja prętów kratownicowy od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej. Uszkodzenia powłoki malarskiej i korozja prętów kratownicowy</p> 
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 
<p>Korozja pasa dolnego ramy portowej. Zwiszone kłódki do prętów ramy.</p> 	<p>Widok ramy portowej od strony ul. Katedralnej</p> 

<p>Koroza prętów kratownicy na połączeniu z pomostem od strony wody górnej</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej.</p> 
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej.</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej.</p> 
<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej. Uszkodzenia powłoki malarskiej i koroza prętów kratownicy</p> 	<p>Widok dźwigara kratowego od strony wody górnej. Uszkodzenia powłoki malarskiej i koroza prętów kratownicy</p> 

	
<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy i pasa dźwigara głównego i poprzeczny</p>	<p>Powierzchniowa korozja węzła łączącego pas dolny dźwigara głównego i poprzeczny</p>
	
<p>Powierzchniowa korozja węzła łączącego pas dolny dźwigara głównego i poprzeczny</p>	<p>Powierzchniowa korozja węzła łączącego pas dolny dźwigara głównego i poprzeczny</p>
	

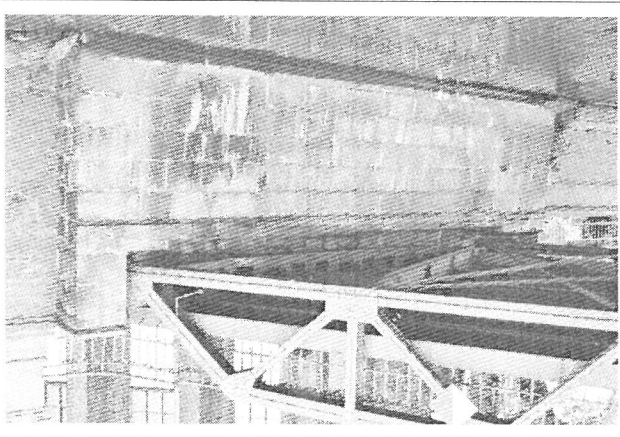
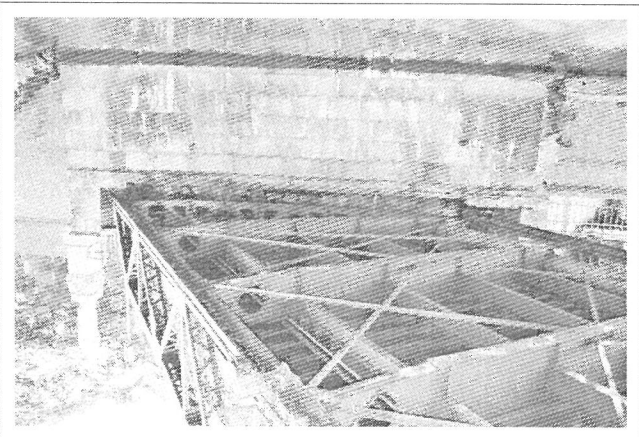
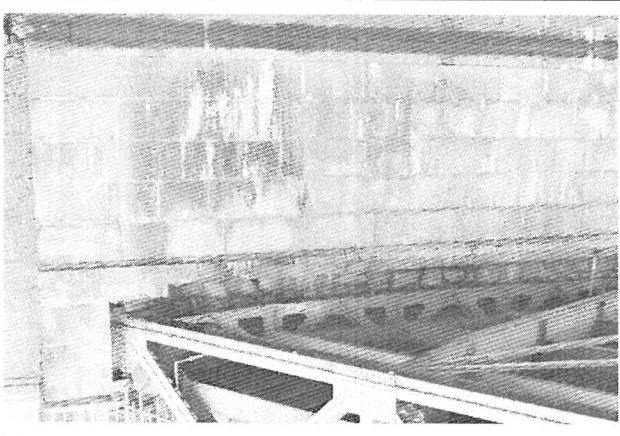
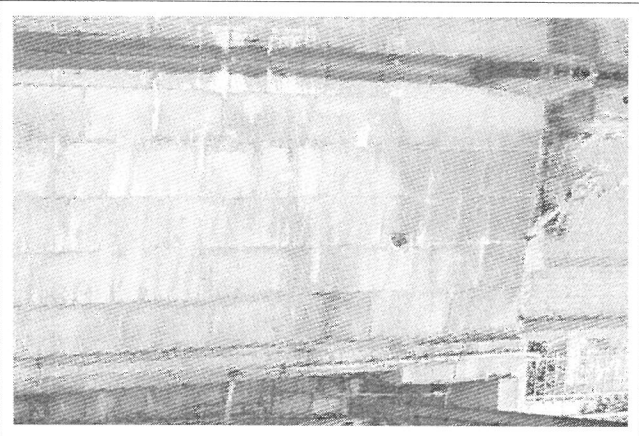
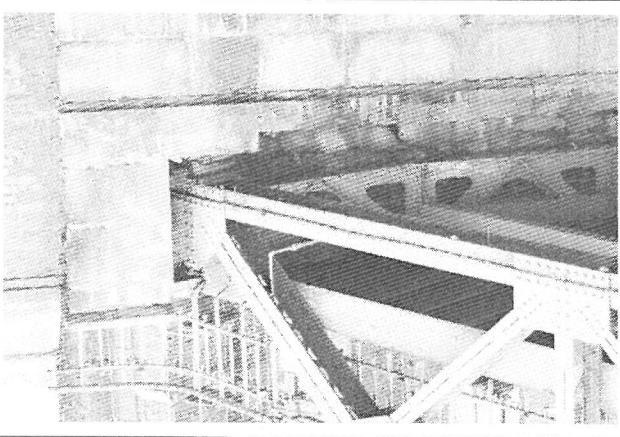
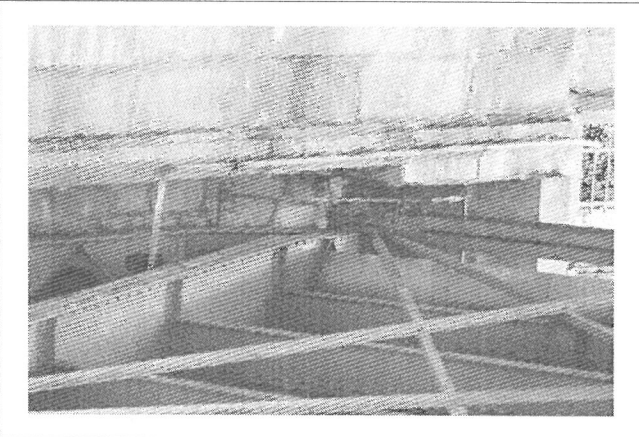
<p>Powierzchniowa korozja węzła kratownicy od strony wody górnej</p> 	<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy, pasa dolnego poprzecznic i stężeń</p> 
<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy, pasa dolnego poprzecznic i stężeń</p> 	<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy, pasa dolnego poprzecznic i stężeń</p> 
<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy i pasa dolnego poprzecznic</p> 	<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy i pasa dolnego poprzecznic</p> 



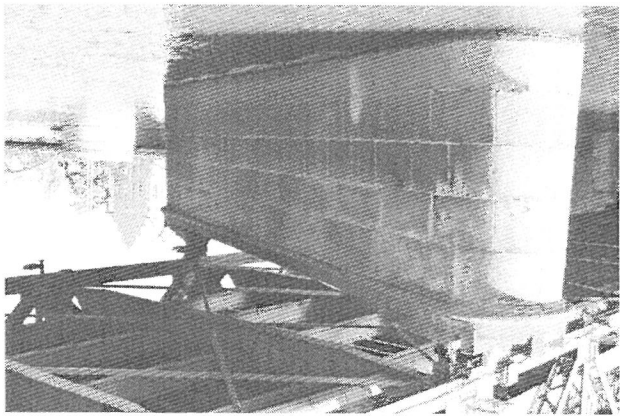

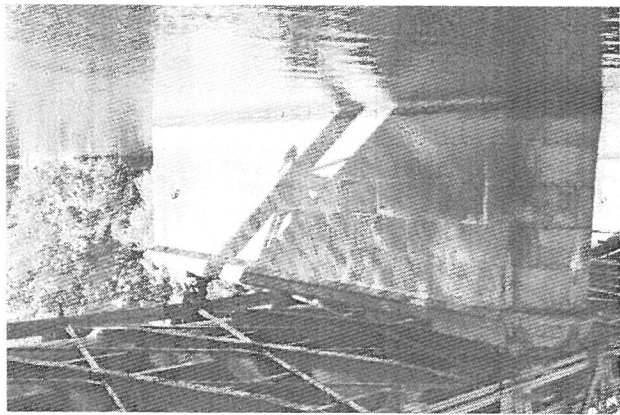
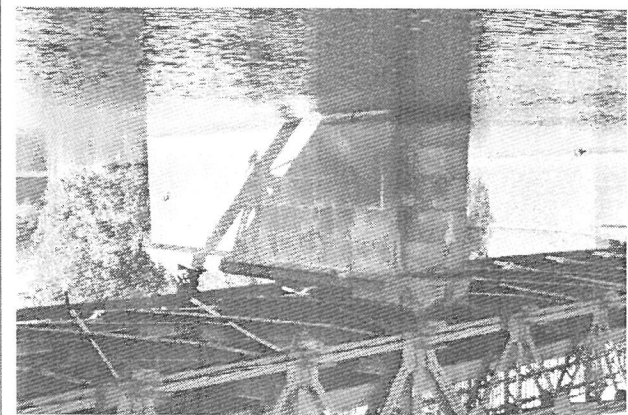
<p>Korozja pomiędzy blachą węzłową a prętami kratownic</p> 	<p>Korozja pomiędzy prętami kratownic</p> 
<p>Korozja pomiędzy prętami kratownic</p> 	<p>Korozja pomiędzy blachą węzłową a prętami kratownic</p> 
<p>Korozja pomiędzy blachą węzłową a prętami kratownic</p> 	<p>Widok przegubu oraz korozja pomiędzy blachą węzłową a prętami kratownic (mida)</p> 

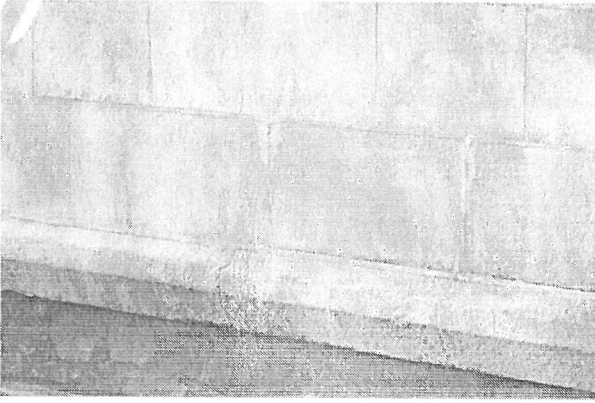
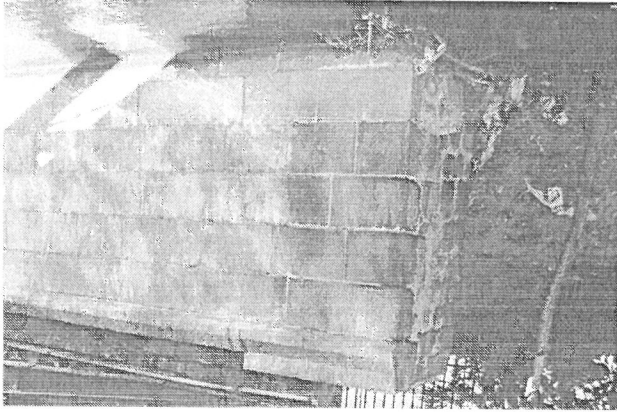
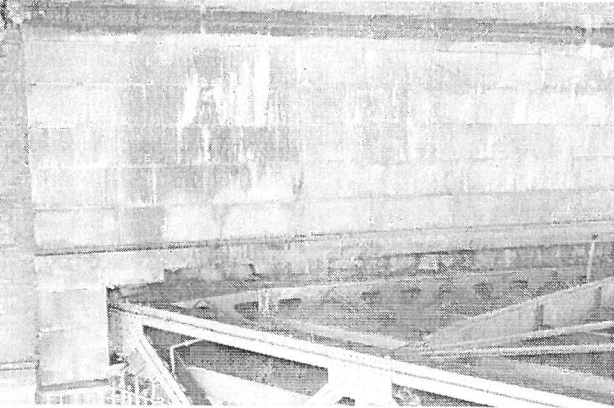
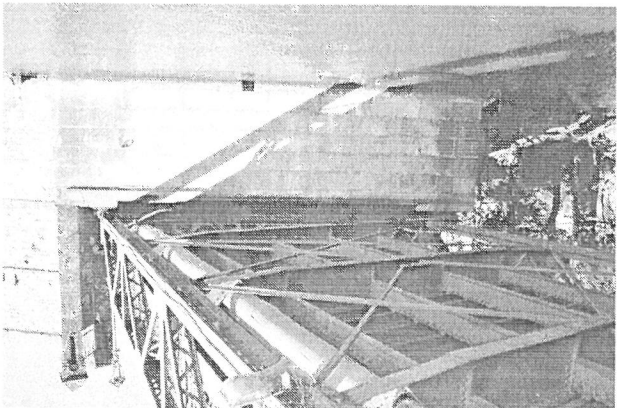
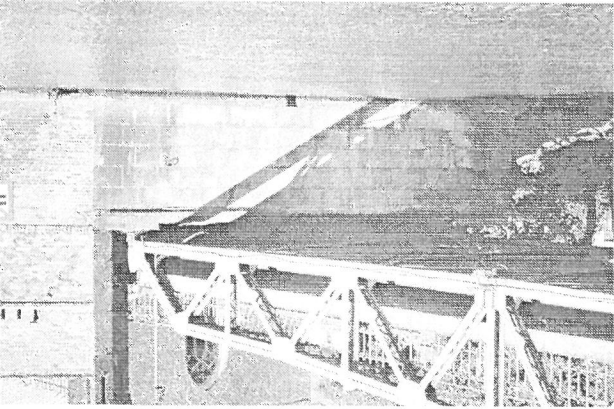
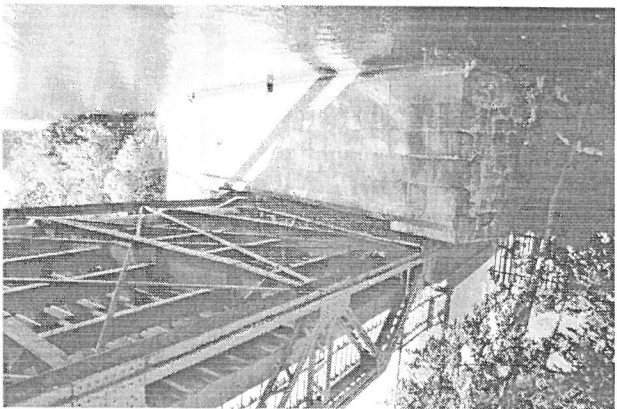
<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy i pasa dolnego poprzecznicy</p> 	<p>Powierzchniowa korozja pasa dolnego kratownicy i pasa dolnego poprzecznicy</p> 
<p>Korozja powierzchniowa gzymsu i pasa górnego i dolnego dźwigara kratowego od strony wody górnej</p> 	<p>Korozja powierzchniowa gzymsu od strony wody górnej</p> 
<p>Korozja powierzchniowa gzymsu od strony wody górnej</p> 	<p>Korozja powierzchniowa gzymsu od strony wody górnej</p> 

7.7. Stan przyczółków

Stan techniczny przyczółków jest niepokojący.

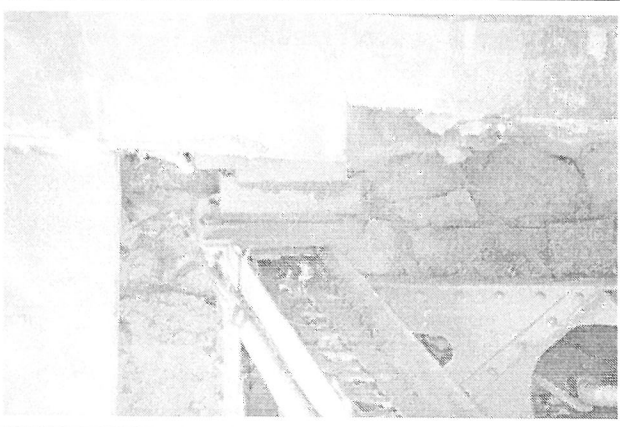
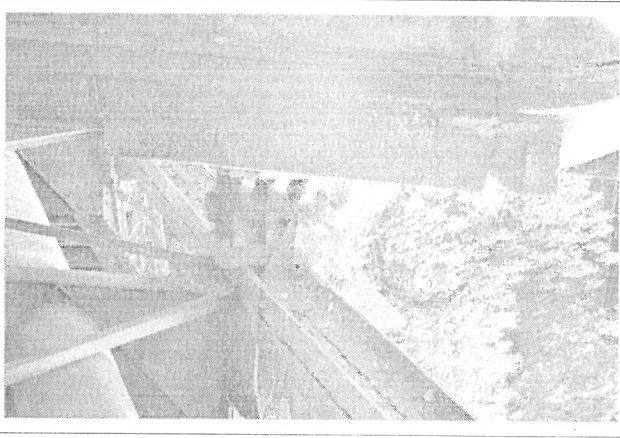
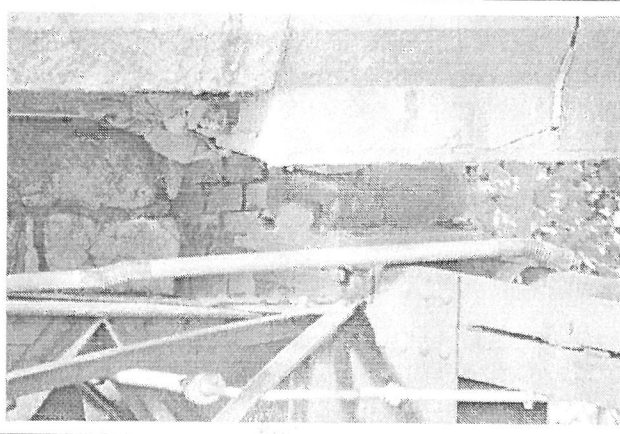
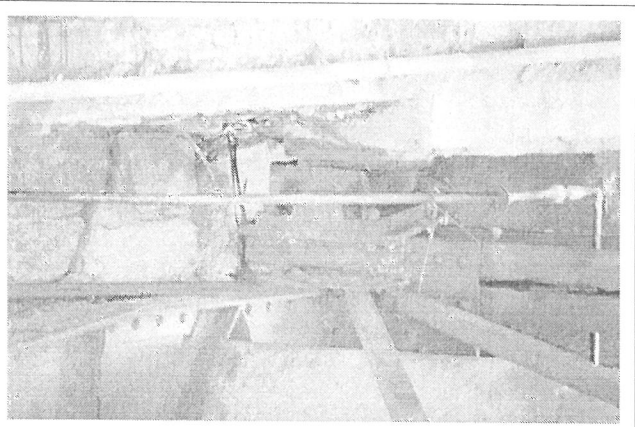
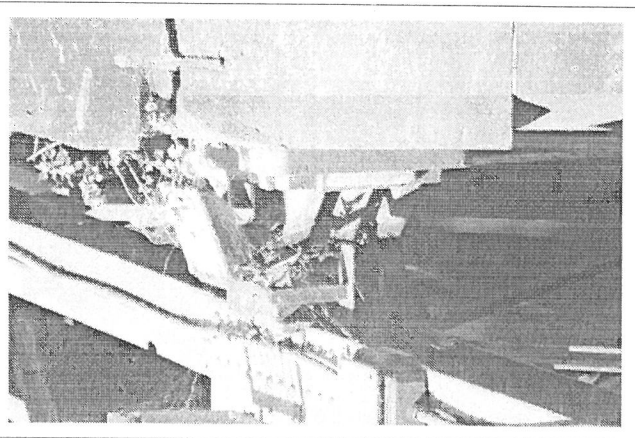
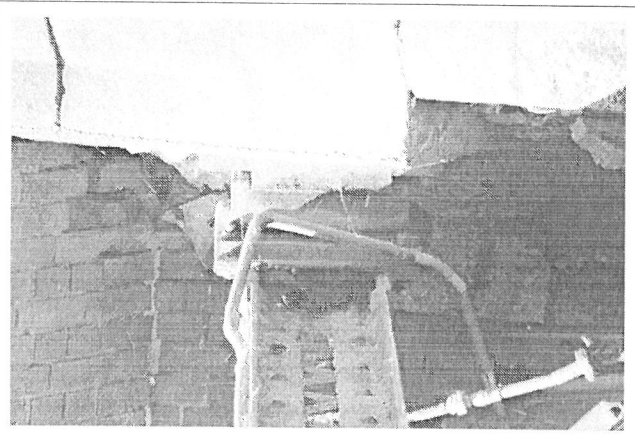
	
Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka lewobrzeżnego	Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka lewobrzeżnego
	
Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka lewobrzeżnego	Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka lewobrzeżnego
	
Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka lewobrzeżnego	Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka lewobrzeżnego

<p>Zabrudzenia i białe zaciekł na kamieniach filara</p>	<p>Zabrudzenia i białe zaciekł na kamieniach filara</p>
	
<p>Zabrudzenia i białe zaciekł na kamieniach filara</p>	<p>Zabrudzenia i białe zaciekł na kamieniach filara</p>
	
<p>Zabrudzenia i białe zaciekł na kamieniach filara</p>	<p>Zabrudzenia i białe zaciekł na kamieniach filara</p>
	

<p>Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka prawobrzeżnego</p> 	<p>Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka prawobrzeżnego</p> 
<p>Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka prawobrzeżnego</p> 	<p>Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka prawobrzeżnego</p> 
<p>Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka prawobrzeżnego</p> 	<p>Zabrudzenia i białe zacieki na kamieniach przyczółka prawobrzeżnego</p> 


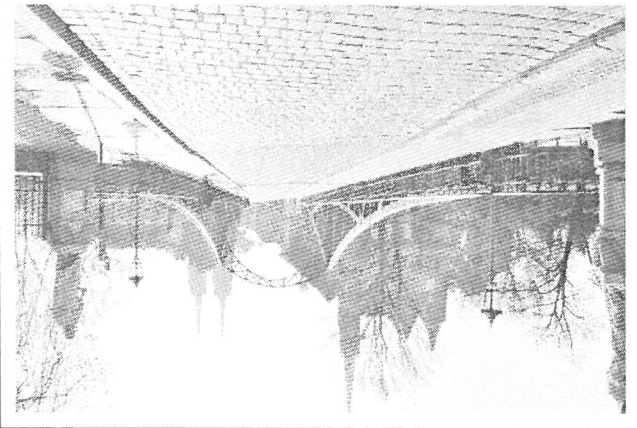
**7.8. Stan łożysk**

Stan techniczny łożysk jest niepokojący.

	<p>Zabrudzenia i korozja łożyska przesuwnego na przyczółku lewobrzeżnym od strony wody dolnej</p>		<p>Zabrudzenia łożyska stałego na filarze smarem grafitowym od strony dolnej</p>		<p>Zabrudzenia i korozja łożyska przesuwnego na przyczółku prawobrzeżnym od strony wody dolnej</p>
	<p>Zabrudzenia i korozja łożyska przesuwnego na przyczółku lewobrzeżnym od strony wody górnej</p>		<p>Zabrudzenia łożyska stałego na filarze smarem grafitowym od strony górnej. Wegetacja roślin na filarze przy łożysku stałym oraz rozsunięte bloki kamienne</p>		<p>Zabrudzenia i korozja łożyska przesuwnego na przyczółku prawobrzeżnym od strony wody górnej oraz rozsunięte bloki kamienne</p>

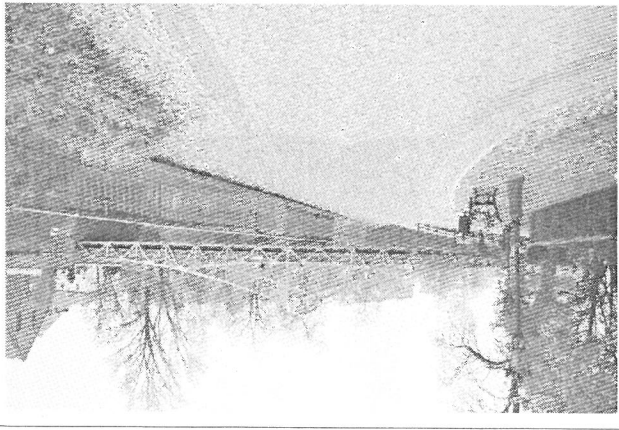
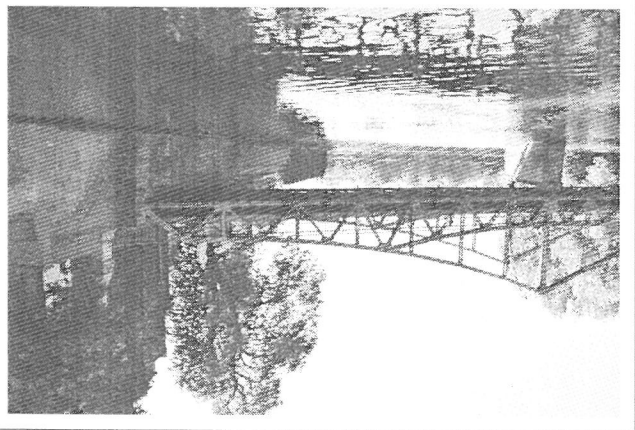
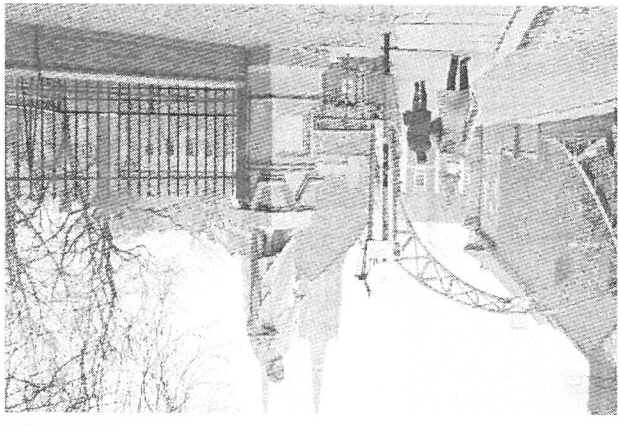

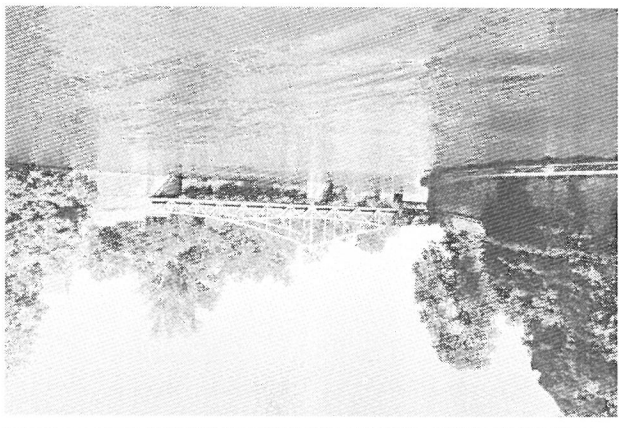

7.9. Stan dojazdów

Stan techniczny dojazdów i dojść do mostu jest zadowalający.

	
<p>Widok nawierzchni z płyt kamiennych na dojeździe do mostu od strony ul. św. Jadwigi od strony górnej</p>	<p>Widok nawierzchni z kostki kamiennych na dojeździe do mostu od strony ul. św. Jadwigi</p>
<p>Widok nawierzchni z kostki kamiennych na dojeździe do mostu od strony ul. Katedralnej</p>	<p>Widok nawierzchni z płyt kamiennych na dojeździe do mostu od strony ul. św. Jadwigi od strony dolnej – ubytki materiału wypełniającego pomiędzy płytami granitowymi</p>
<p>Widok podjazdu dla wózków od strony bulwaru Piotra Włostowica</p>	<p>Widok schodów na dojeździe do mostu od strony bulwaru Piotra Włostowica</p>

7.10. Stan techniczny przestrzeni podmostowej i otoczenia obiektu

Stan techniczny przestrzeni podmostowej i otoczenia obiektu jest zadowalający.

	
	
	
<p>Widok dojścia do mostu od strony bulwaru Piotra Włostowica</p>	<p>Widok lewobrzeznej przesiada mostu i lewobrzeznej nabrzeża od strony wody dolnej – stan zadowalający</p>
<p>Widok figury św. Jadwigi od strony ul. św. Jadwigi i od strony wody górnej</p>	<p>Widok figury św. Jadwigi od strony ul. św. Jadwigi i od strony wody dolnej</p>
<p>Widok nabrzeża i mostu od strony wody górnej</p>	<p>Niezabezpieczona rozdzielnia elektryczna od strony wody górnej przy przyczółku lewobrzeżnym</p>

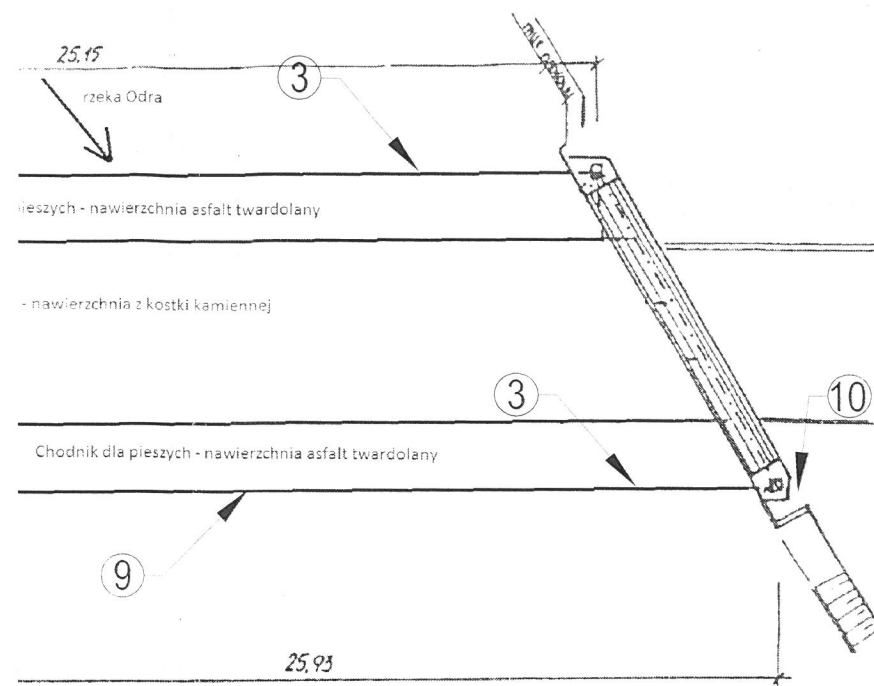
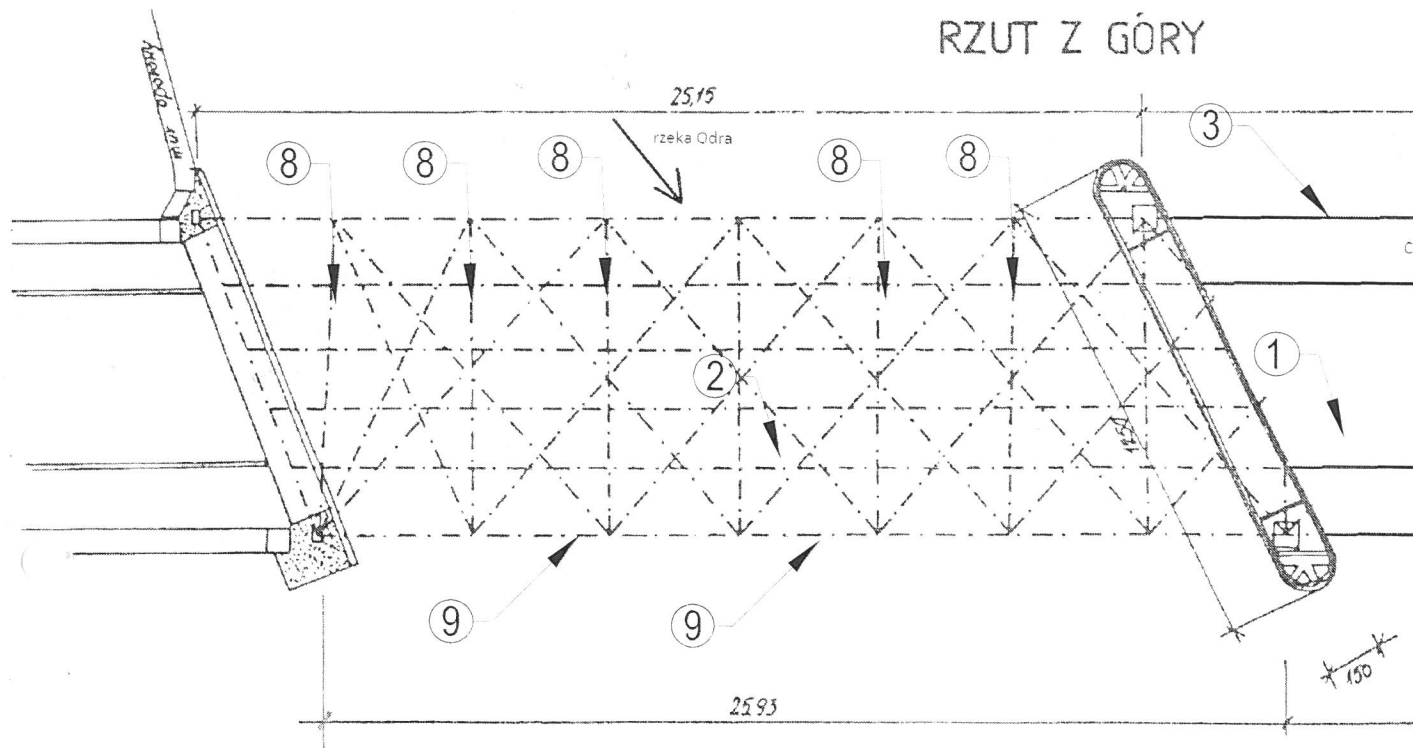
Przystępując do inwentaryzacji i lokalizacji uszkodzeń przedmiotowego mostu brano pod uwagę takie rozpoznanie ich rodzaju i zakresu, aby była możliwa na tej podstawie ocenić dalszą przydatność elementu (lub jego fragmentu przęsta), a w konsekwencji mieć podstawy uzasadniające do podjęcia decyzji o:

- dalszym zachowaniu mostu w eksploatacji, zakresie robót utrzymaniowych i naprawczych, określeniu ilości lat dalszego użytkowania oraz wprowadzeniu ewentualnych ograniczeń ruchowych (prędkość i nośności użytkowej).

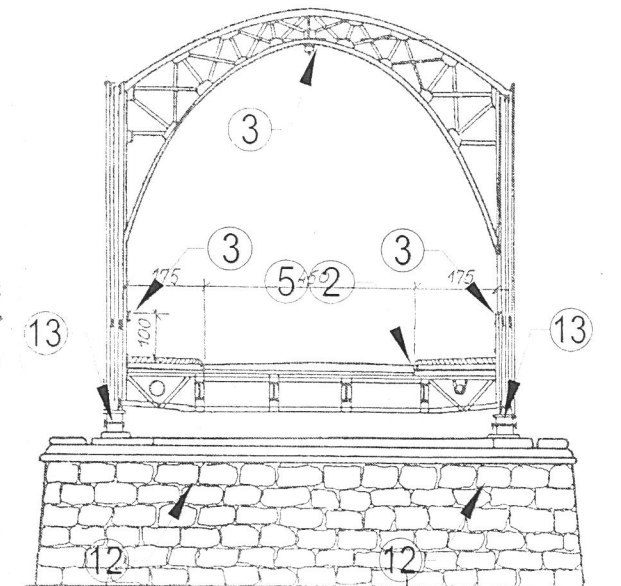
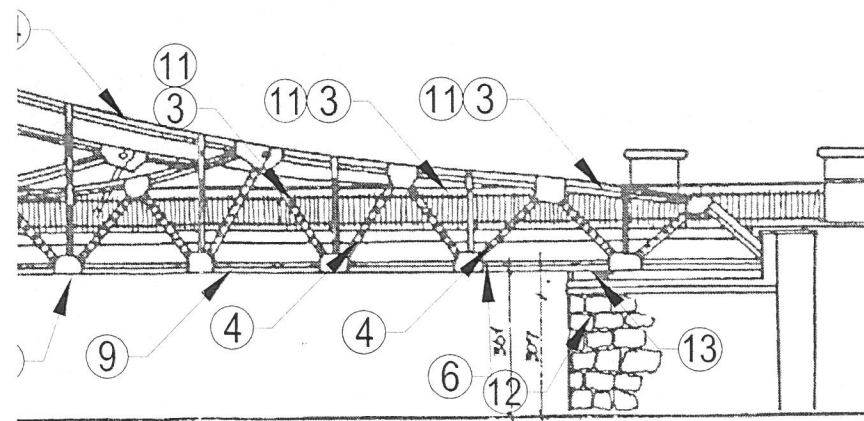
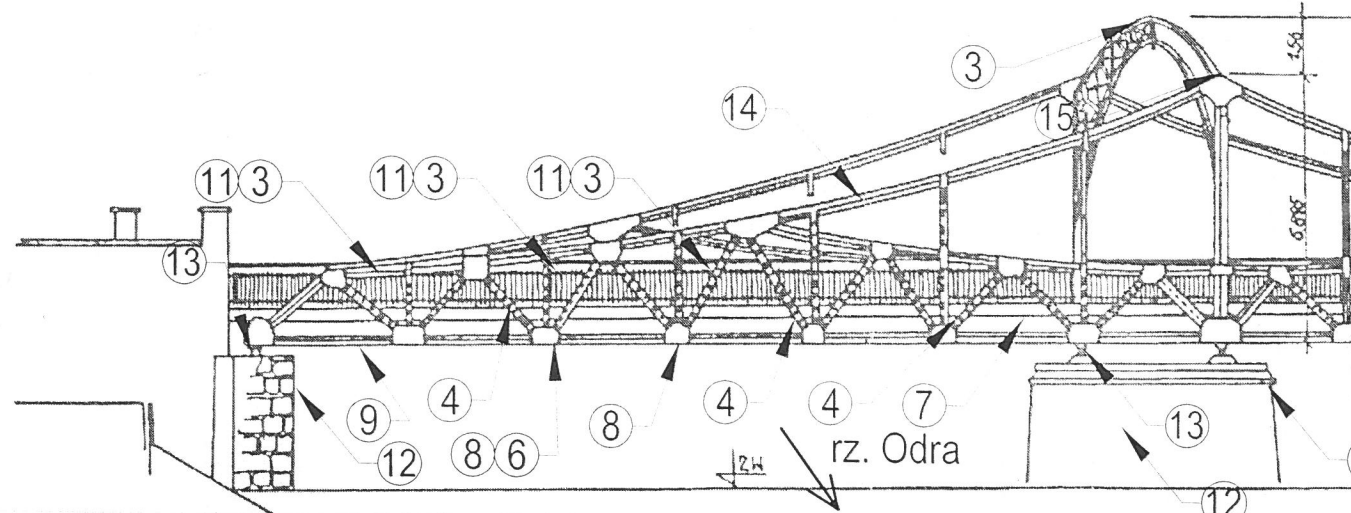
Dlatego stwierdzone uszkodzenia i nieprawidłowości konstrukcyjne oceniano pod kątem jakościowym, a mniej pod kątem ilościowym. Stwierdzone uszkodzenia elementów mostu zinventaryzowano i pokazano schematycznie na rysunku 7.11.1, oraz na wcześniejszych fotografiach. Oddają one skalę i zakres zniszczeń obiektu po 120 latach jego użytkowania.

#### 7.11. Lokalizacja uszkodzeń mostu

Uytuowanie różnych uszkodzeń obiektu pokazano na rysunku 7.11.1.



WIDOK Z BOKU



Oznaczenie i rodzaj uszkodzeń

- ① Brak spoin w nawierzchni jezdni z kostki kamiennej
- ② Zastoiska wody na pomoście (jezdni)
- ③ Zawieszane kłódki na balustradzie (na całej długość mostu) i konstrukcji mostu uszkadzające powłokę malarską
- ④ Korozja prętów kratownicy na połączeniu z chodnikiem
- ⑤ Nieodróżne wpusty odwodnienia
- ⑥ Korozja rur spustowych odwodnienia (od spodu przesła)
- ⑦ Korozja blachy pomostu (od spodu)
- ⑧ Korozja powierzchniowa poprzeczni

- ⑨ Korozja powierzchniowa pasa dolnego dźwigara kratowego
- ⑩ Ubytki i nierówności nawierzchni na dojeściu do mostu
- ⑪ Uszkodzenia powłoki malarskiej i korozja konstrukcji stalowej
- ⑫ Zabrudzenia i białe zacieki na podporach
- ⑬ Zabrudzenia i korozja łożysk
- ⑭ Znaczne ubytki materiału prętów dźwigara kratowego
- ⑮ Nieodtworzone po zniszczeniach II wojny detale dekoracji mostu w obrębie filara

Rys. 7.11.1 Inwentaryzacja uszkodzeń mostu

## 8. ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA PRZESŁA MOSTU

### 8. Analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji przęsła mostu

W niniejszym rozdziale przedstawiono obliczenia statyczne - wytrzymałościowe ustroju nośnego stalowego, dwu przęsłowego drogowo - pieszego mostu Turskiego. Konstrukcję nośną mostu stanowią dwa dźwigary kratownicowe w układzie statycznym dwóch belek kratownicowych połączonych przegubowo w jednym przęśle (układ Gerbera). Obliczenia statyczne - wytrzymałościowe przeprowadza się w celu oszacowania nośności obiektu na obciążenie drogowe o wartości 15T (klasa E wg PN 85/S-10030) oraz 10T (obciążenie użytkowe 5/S10 wg Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych wydanej przez GDDKIA z 2004r.). Obliczenia zawierają analizę stanu granicznej nośności SGN oraz stanu granicznego użytkowania SGU w zakresie linowo - sprężystym pracy konstrukcji stalowej. Obliczeniowej analizie nośności w zakresie SGN poddano elementy kratownicowego dźwigara głównego w postaci jego elementów składowych tj. pasów górnych i dolnych, słupków i krzywulców oraz elementy drugorzędne rusztu tj. poprzecznicę i podłużnicę jak i elementy sięgającej ramy portalowej. Stan graniczny użytkowania SGU sprawdzono w zakresie przemieszczeń pionowych konstrukcji.

W celu potwierdzenia nośności obiektu przyjęto następującą procedurę badawczą:

- 1) utworzenie numerycznego modelu konstrukcji przęsła odwzorowującego analizowaną konstrukcję. Model obiektu wykonano w oparciu o fragmenty dokumentacji archiwalnej obiektu, informację zawarte w orzeczeniu technicznym odnoszące przedmiotowego obiektu z 2004r. oraz informację zawarte w publikacjach naukowych dotyczących przebudowy obiektu, które w niezbędnym zakresie zweryfikowano w trakcie bieżącej inwentaryzacji przeprowadzonej podczas wizji lokalnej i oględzin obiektu. Do analizy statycznej wykorzystano program Robot Millennium przeprowadzający obliczenia w oparciu o algorytm Metody Elementów Skończonych;

- 2) obciążenie modelu mostu ciężarem własnym, ciężarem wyposażenia i urządzeń obcych oraz tłumem pieszyc na chodnikach;

- 2) obciążenie modelu w postaci sił odwzorowujących normowe obciążenie drogowe klasy E (15T) wg PN-85/S-10030 jak i obciążenie użytkowe 5/S10 (10T) wg Instrukcji GDDKIA.

- 3) zestawienie wyników obliczeń statycznych dla analizowanego przekroju oraz przeprowadzonych według PN-82/S-10052 w zakresie naprężeń normalnych i stycznych uzyskanych dla poszczególnych przypadków obciążenia konstrukcji oraz porównanie ich z wytrzymałością obliczeniową stali elementów konstrukcji.

- 4) zestawienie wyników ugięć konstrukcji dźwigarów głównych uzyskanych dla poszczególnych przypadków obciążenia i porównanie ich z warunkami normowymi odnoszące ugięć dopuszczalnych wg PN-82/S-10052.

### 8.1. Zestawienie obciążeń

Wartości poszczególnych obciążeń zestawiono na podstawie wartości podanych w PN 85/S-10030. Współczynniki obciążeń do obliczeń SGN mostu przyjęto w oparciu o PN 85/S-10030. Obciążenia stałe takie jak ciężar konstrukcji stalowej przyjęto ze współczynnikiem obliczeniowym 1,2 (0,9), natomiast wyposażenie ze współczynnikiem 1,5 (0,9). Obciążenia zmienne tłemem pieszych przyjęto ze współczynnikiem obliczeniowym 1,3 (0,0), natomiast obciążenie drogowe klasy E ze współczynnikiem 1,5 (0,0). W wartości obciążenia zmiennego w postaci pojazdu K oraz pojazdu S10 uwzględniono wartość współczynnika dynamicznego.

#### 8.1.1. Obciążenia stałe

##### 8.1.1.1. Ciężar konstrukcji stalowej

stal konstrukcyjna	78,5	kN/m <sup>3</sup>	stal konstrukcyjna	78,5	kN/m <sup>3</sup>
dotatek na nitowanie	2,7	kN/m <sup>3</sup>	dotatek na nitowanie	2,7	kN/m <sup>3</sup>
char.			suma	81,2	kN/m <sup>3</sup>
obl. max			wsp. max		
obl. min			wsp. min		
char. [kN/m <sup>2</sup> ]			char. [kN/m <sup>2</sup> ]		
81,2			81,2		
1,2			1,2		
97,4			97,4		
0,9			0,9		
					73,1

##### 8.1.1.2. Ciężar nawierzchni jezdni

warstwy konstrukcji nawierzchni jezdni	cięż. jedn. [kN/m <sup>3</sup> ]	grubość [m]	char. [kN/m <sup>2</sup> ]	wsp. max	obl. max [kN/m <sup>2</sup> ]	wsp. min	obl. min [kN/m <sup>2</sup> ]
kostka granitowa 6/8	27	0,07	1,9	1,5	2,8	0,9	1,7
podpypka piaskowa	18	0,05	0,9	1,5	1,4	0,9	0,8
asfalt lany	23	0,03	0,7	1,5	1,0	0,9	0,6
izolacja 2 x papa zgrzewana	14	0,02	0,3	1,5	0,4	0,9	0,3
asfalt lany	23	0,04	0,9	1,5	1,4	0,9	0,8
plyta pomostowa			1,3	1,2	1,6	0,9	1,2
suma			6,0	1,43	8,6	0,9	5,4

##### 8.1.1.3. Ciężar nawierzchni chodnika

warstwy konstrukcji nawierzchni chodnika	cięż. jedn. [kN/m <sup>3</sup> ]	grubość [m]	char. [kN/m <sup>2</sup> ]	wsp. max	obl. max [kN/m <sup>2</sup> ]	wsp. min	obl. min [kN/m <sup>2</sup> ]
asfalt lany	23	0,04	0,9	1,5	1,4	0,9	0,8
plyta pomostowa			1,0	1,2	1,2	0,9	0,9
suma			1,9	1,34	2,6	0,9	1,7

##### 8.1.1.4. Ciężar balustrady

char. [kN/m]	1,0			
wsp. max	1,5			
obl. max [kN/m]	1,5			
wsp. min	0,9			
obl. min [kN/m]	0,9			

### 8.1.2. Obciążenia zmienne

Rozpiętość teoretyczna przęsła  $L_1 = 2 \times 25,54\text{m}$

Współczynnik dynamiczny dla ww. rozpiętości teoretycznej  $L_1 = 1,22$

8.1.2.1. Obciążenie tłumem pieszych

Układ	char.	wsp. max	[kN/m]	[-]	[kN/m]
1 (P)	2,5	1,3	3,3		
2 (PD)	2,5	1,2	3,0		

8.1.2.2. Obciążenie równomiernie rozłożone q dla klasy E (15T) na jezdni

Układ	char.	wsp.obl.	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1 (P)	1,2	1,5	1,8		
2 (PD)	1,2	1,25	1,5		

8.1.2.3. Obciążenie pojazdem K dla klasy E (15T) na jezdni

Układ	rodzaj obciążenia	char.	[kN]	[-]	[kN]	char. dyn.	wsp. dyn.	[kN]	[-]	[kN]	wsp. max	obl. max	1 (P)		2 (PD)				
													pojazd K	240	1,22	293,4	1,5	440,0	pojazd K
														1 koto	30	1,22 <td>36,7 <td>1,25 <td>45,8</td> </td></td>	36,7 <td>1,25 <td>45,8</td> </td>	1,25 <td>45,8</td>	45,8

8.1.2.4. Obciążenie hamowaniem pojazdu K dla klasy E (5T) na jezdni

Układ	rodzaj obciążenia	char.	[kN]	[-]	[kN]	wsp.ham.	char. ham.	[kN]	[-]	[kN]	wsp. max	obl. max	1 (P)		2 (PD)	
													pojazd K	240	0,30	72

8.1.2.4. Obciążenie równomiernie rozłożone q dla klasy S10 (10T) na jezdni

Układ	char.	[kN/m]	[-]	[kN/m]
1 (P)	2	1,5	3	
2 (PD)	2	1,25	2,5	

8.1.2.4. Obciążenie skupione użytkowe S dla klasy S10 (10T) na jezdni

Układ	rodzaj obciążenia		wsp.dyn.	char. dyn.	wsp.dyn.	1,22	73,3/48,9	1,5	110,0/73,3
	[kN]	[-]							
1 (P)	pojazd S	60/40	1,22	73,3/48,9	1,5	110,0/73,3			
2 (PD)	pojazd S	60/40	1,22	73,3/48,9	1,25	91,7/61,1			

8.1.2.5. Obciążenie zmianami termicznymi

Różnica temperatur na wysokości konstrukcji	±15C
Ogrzanie elementów stalowych	+45C
Oziębienie elementów stalowych	-35C
Współczynnik rozszerzalności cieplnej stali 1,2x10 <sup>-5</sup> 1/C	

8.2. Schematy obciążeń

W obliczeniach przyjęto dwa układy obliczeniowe - podstawowy P i dodatkowy PD.

8.2.1. Układ P. Obliczenia przeprowadzono dla układu podstawowego P.

Przyjęto następujące rodzaje obciążenia:

a) Ciężar własny konstrukcji stalowej,

b) Ciężar wyposażenia,

c) Obciążenie tłumem pieszych,

d) Obciążenie zmienne drogowe na jezdni klasy E oraz klasy S10,

e) Obciążenie hamowaniem ww. obciążenia drogowego.

8.2.2. Układ PD. Obliczenia przeprowadzono również dla układu dodatkowego PD.

Przyjęto następujące rodzaje obciążenia:

a) Ciężar własny konstrukcji,

b) Ciężar wyposażenia,

c) Obciążenie tłumem pieszych,

d) Obciążenie zmienne drogowe na jezdni klasa E oraz klasy S10,

e) Obciążenie hamowaniem ww. obciążenia drogowego,

f) Obciążenie termiczne.

8.2.3. Dla układu P i PD przeanalizowano schemat obliczeniowy obciążenia konstrukcji obciążeniem zmiennym:

**SCH1.** Na jezdni znajduje się obciążenie drogowe klasy E wg PN 85/S-10030 (pojedynczy pojazd K i obciążenie równomiernie rozłożone) dla nośności 15T.

**SCH2.** Na jezdni znajduje się obciążenie drogowe klasy S10 (dwa pasma obciążenia użytkowego q+S w postaci równomiernie rozłożonego q i skupionego S wg Instrukcji do określania nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych wydanej przez

GDDKIA z 2004r. dla nośności 10T.

### 8.3.Geometria konstrukcji

Podstawowe wymiary geometrii:

- Rozpiętość teoretyczna dźwigarów kratowych  $L_t = 2 \times 25,15 (2 \times 25,933)\text{m}$ .
- Rozstaw kratownicowych dźwigarów stalowych 8,5m.
- Liczba kratowych dźwigarów stalowych 6m.

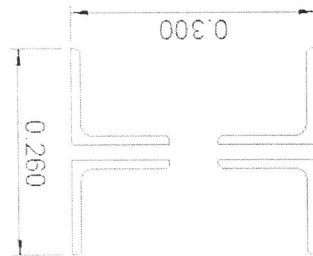
Poniżej zestawiono przekroje elementów konstrukcji pasów górnych, dolnych, słupków i krzyżulców dźwigarów kratownicowych, poprzecznie i podłużnie. W zestawieniu przekrojów wykorzystano informację pochodzące z fragmentów dokumentacji archiwalnej obiektu oraz z orzeczenia technicznego o stanie i przydatności ww. obiektu do dalszej eksploatacji z roku 2004, jak i literatury w postaci artykułów odnoszące do remontu obiektu. Ww. przekroje zostały zweryfikowane w trakcie wizji lokalnej przeprowadzonej w ramach bieżącej inwentaryzacji konstrukcji. Lokalizacja elementów konstrukcji mostu dla poniższych przekrojów pokazano na schemacie w dalszej części opracowania.

#### 8.3.1. Charakterystyki geometryczne elementów konstrukcji

##### 8.3.1.1. Pas dolny PD, Pas górny PG, Krzyżulec skrajny KS

4XL120x120x11

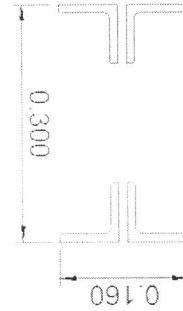
A	cm <sup>2</sup>	102
Ix	cm <sup>4</sup>	40
Iy	cm <sup>4</sup>	3 287
Iz	cm <sup>4</sup>	15 126
Wy	cm	15,0
Vpy	cm	15,0
Vz	cm	13,00
Vpz	cm	13,00



##### 8.3.1.2. Krzyżulec K1, Słupek S3

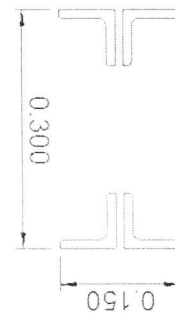
4XL 75x75x10

A	cm <sup>2</sup>	56,4
Ix	cm <sup>4</sup>	18,9
Iy	cm <sup>4</sup>	701,3
Iz	cm <sup>4</sup>	9495,6
Wy	cm	15,00
Vpy	cm	15,00
Vz	cm	8,00
Vpz	cm	8,00



8.3.1.3. Krzyżulec K2

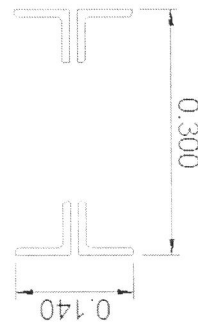
4XL 70x70x11



cm <sup>2</sup>	A	57.1
cm <sup>4</sup>	Ix	18.9
cm <sup>4</sup>	Iy	642.0
cm <sup>4</sup>	Iz	9708.0
cm	vy	15.00
cm	vpy	15.00
cm	vz	7.50
cm	vpz	7.50

8.3.1.4. Krzyżulec K3

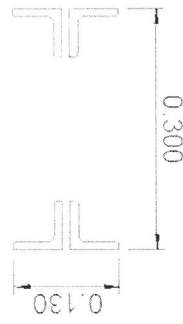
4XL 65x65x9



cm <sup>2</sup>	A	44.0
cm <sup>4</sup>	Ix	11.9
cm <sup>4</sup>	Iy	422.7
cm <sup>4</sup>	Iz	7568.2
cm	vy	15.00
cm	vpy	15.00
cm	vz	7.00
cm	vpz	7.00

8.3.1.5. Krzyżulec K4

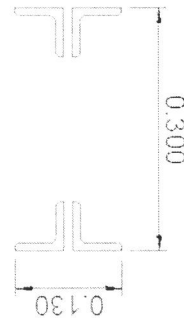
4XL 60x60x10



cm <sup>2</sup>	A	44.3
cm <sup>4</sup>	Ix	7.7
cm <sup>4</sup>	Iy	383.2
cm <sup>4</sup>	Iz	7802.2
cm	vy	15.00
cm	vpy	15.00
cm	vz	6.50
cm	vpz	6.50

8.3.1.6. Krzyżulec K5

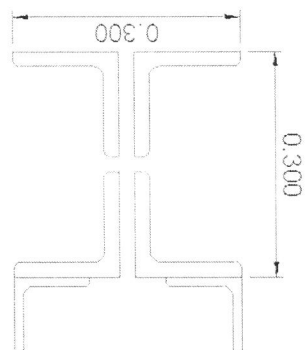
4XL 60x60x8



cm <sup>2</sup>	A	36.1
cm <sup>4</sup>	Ix	7.7
cm <sup>4</sup>	Iy	302.5
cm <sup>4</sup>	Iz	6440.1
cm	vy	15.00
cm	vpy	15.00
cm	vz	6.50
cm	vpz	6.50

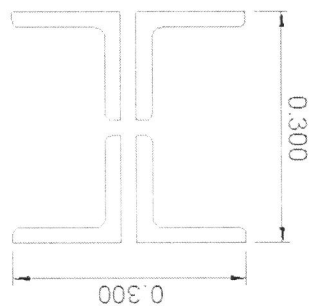
8.3.1.7. Słupki portalowy S1 4xL 140x140x20 + 2xL 100x100x12

cm <sup>2</sup>	A	254,0
cm <sup>4</sup>	Ix	155,1
cm <sup>4</sup>	Iy	16367,5
cm <sup>4</sup>	Iz	40393,8
cm	vy	22,80
cm	vpy	17,20
cm	vz	15,00
cm	vpz	15,00



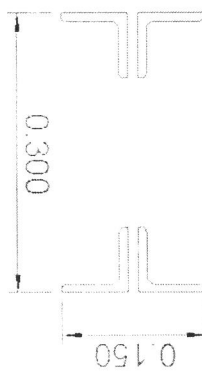
8.3.1.8. Słupki portalowy S2 4xL 140x140x20

cm <sup>2</sup>	A	208,6
cm <sup>4</sup>	Ix	155,1
cm <sup>4</sup>	Iy	9304,9
cm <sup>4</sup>	Iz	28023,1
cm	vy	15,00
cm	vpy	15,00
cm	vz	15,00
cm	vpz	15,00

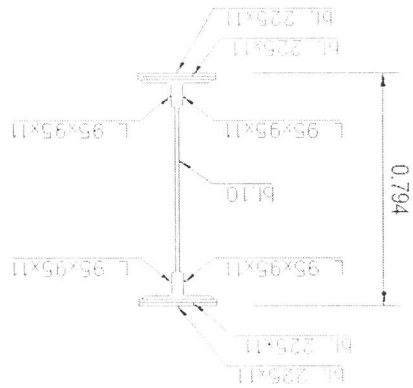


8.3.1.9. Słupki S4, Krzyżiec K6 4xL 70x70x9

cm <sup>2</sup>	A	47,5
cm <sup>4</sup>	Ix	11,9
cm <sup>4</sup>	Iy	519,3
cm <sup>4</sup>	Iz	8175,5
cm	vy	15,00
cm	vpy	15,00
cm	vz	7,50
cm	vpz	7,50



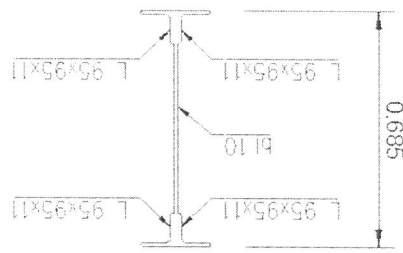
8.3.1.10. Poprzecznicą P1



cm <sup>2</sup>	A	253
cm <sup>4</sup>	Ix	761
cm <sup>4</sup>	Iy	279136
cm <sup>4</sup>	Iz	5671
cm	vy	11,25
cm	vpy	11,25
cm	vz	39,70
cm	vpz	39,70

vx	361	cm <sup>4</sup>
ly	203 261	cm <sup>4</sup>
Iz	3 583	cm <sup>4</sup>
vy	11,25	cm
vp <sub>y</sub>	11,25	cm
vz	38,60	cm
vp <sub>z</sub>	38,60	cm

### 8.3.1.12. Poprzecznicą P3

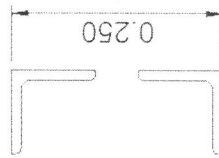


A	148	cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub>	190	cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	106 143	cm <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	1 494	cm <sup>4</sup>
v <sub>y</sub>	10,00	cm
vp <sub>y</sub>	10,00	cm
v <sub>z</sub>	34,25	cm
vp <sub>z</sub>	34,25	cm

### 8.3.1.13. Pas dolny ramy PDR, Pas górny ramy PGR

2xL100x100x12

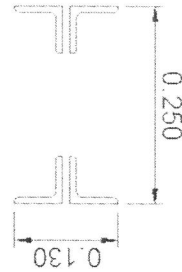
A	45,4	cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub>	22,0	cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	414,2	cm <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	4599,1	cm <sup>4</sup>
v <sub>y</sub>	12,50	cm
vp <sub>y</sub>	12,50	cm
v <sub>z</sub>	7,10	cm
vp <sub>z</sub>	2,90	cm



### 8.3.1.14. Słupki ramy SR

4xL 60x60x8

A	36,1	cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub>	7,7	cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	925,4	cm <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	4 276,5	cm <sup>4</sup>
v <sub>y</sub>	15,00	cm
vp <sub>y</sub>	15,00	cm
v <sub>z</sub>	6,50	cm
vp <sub>z</sub>	6,50	cm

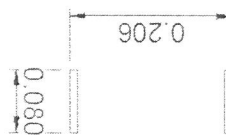


### 8.3.1.15. Krzyżulec ramy KRI

2xbl.10x80

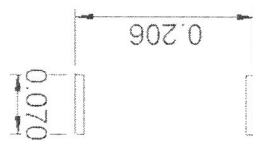
A	16,0	cm <sup>2</sup>
---	------	-----------------

lx	18,0	cm <sup>4</sup>
ly	85,3	cm <sup>4</sup>
Iz	5,3	cm <sup>4</sup>
vy	10,30	cm
vz	4,00	cm
vpz	4,00	cm



8.3.1.16. Krzyżulec ramy KR2 2xbl.10x70

A	14,0	cm <sup>2</sup>
Ix	15,3	cm <sup>4</sup>
Iy	57,2	cm <sup>4</sup>
Iz	4,7	cm <sup>4</sup>
vy	10,30	cm
vz	3,50	cm
vpz	3,50	cm



8.3.1.17. Krzyżulec ramy KR3 2xbl.10x60

A	12,0	cm <sup>2</sup>
Ix	12,6	cm <sup>4</sup>
Iy	36,0	cm <sup>4</sup>
Iz	4,0	cm <sup>4</sup>
vy	10,30	cm
vz	3,00	cm
vpz	3,00	cm



8.3.1.18. Podłużnica IN 280

A	61	cm <sup>2</sup>
Ix	48	cm <sup>4</sup>
Iy	7 590	cm <sup>4</sup>
Iz	364	cm <sup>4</sup>
vy	5,95	cm
vz	14,00	cm
vpz	14,00	cm

8.3.1.19. Podłużnica IN 320

A	78	cm <sup>2</sup>
Ix	78	cm <sup>4</sup>
Iy	12 510	cm <sup>4</sup>

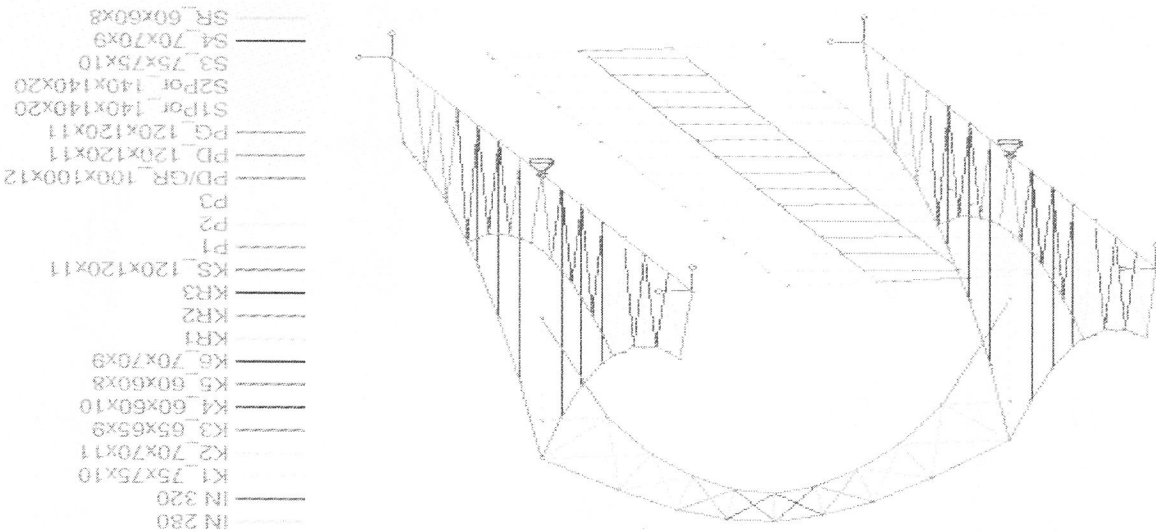
Iz	556	cm <sup>4</sup>
Iy	6,55	cm
Ipy	6,55	cm
Iz	16,00	cm
Iy	16,00	cm

#### 8.4. Model obliczeniowy konstrukcji

Obliczenia wykonano w programie do analizy konstrukcji opartym na Metodzie Elementów Skończonych w programie Robot Millennium w zakresie liniowo - sprężystym. Do obliczeń zastosowano model obliczeniowy konstrukcji typu (e1,p3). Stalowe elementy konstrukcji nośnej mostu w postaci dźwigarów kratownicowych tj. pasów dolnych, górnych oraz słupków i krzyżulców jak i elementów pomosty tj. poprzecznicę i podłużnicę wraz z elementami ramy stężącej górnej zamodelowano elementami typu (e1), a wszystkim prętom nadano odpowiednie charakterystyki geometryczne na podstawie wszystkich prętów dźwigarów kratownicowych przekrojów. Prętom stalowym w modelu obliczeniowym nadano charakterystyki materiałowe stali o wytrzymałość obliczeniowej  $R=195\text{MPa}$  i module sprężystości  $E=205\text{GPa}$  zgodnie z [??].

#### 8.4.1. Schemat elementów konstrukcji

Model konstrukcji (e1,p3) trzyprzęstowej z zaznaczonymi przekrojami.



Połączenia elementów konstrukcji mostu założono jako sztywne w przypadku połączeń elementów pasa dolnego i górnego poza przekrojami, gdzie wykształcono przegub typu Gerbera dla przęseł kratownic. Połączenia krzyżulców i słupków z pasami dolnymi i górnymi przyjęto jako przegubowe. Połączenia elementów krzyżulców stężącej ramy portalowej również przyjęto jako przegubowe w kierunku płaszczyzny dźwigara kratowego w przypadku połączenia ich z pasem dolnym i górnym. Połączenia podłużnicy z poprzecznicą i poprzecznic z pasem dolnym dźwigara kratownicowego zamodelowano jako przegubowe w kierunku prostokątnym do ich płaszczyzny. W modelu obliczeniowym zastosowano mimośrodowe połączenia poszczególnych prętów wykonano z użyciem funkcji offset, która uwzględnia ich rzeczywiste położenie względem siebie. Dodatkowo przeprowadzono analizę

## 8.5.1. Wstępne wyniki naprężeń normalnych w elementach konstrukcji w układzie P

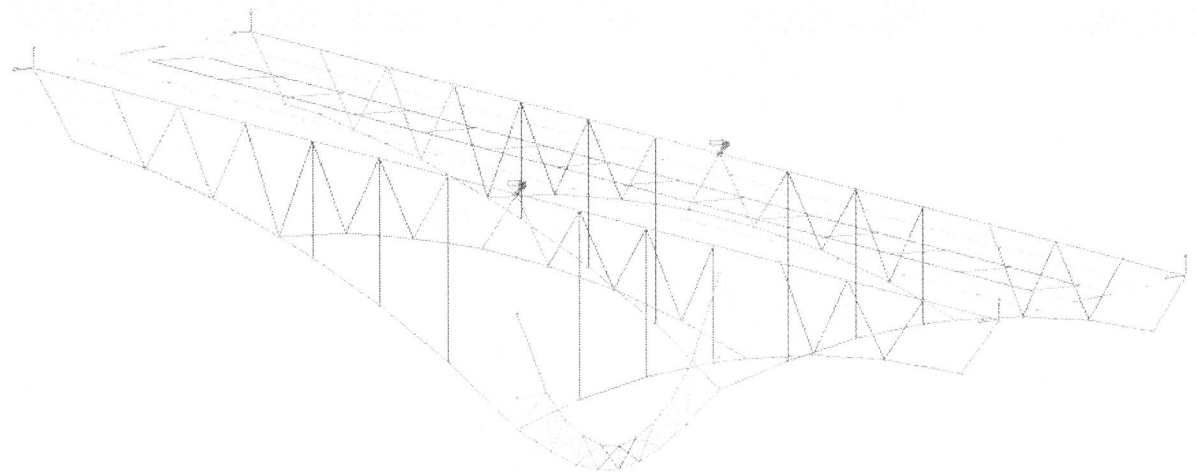
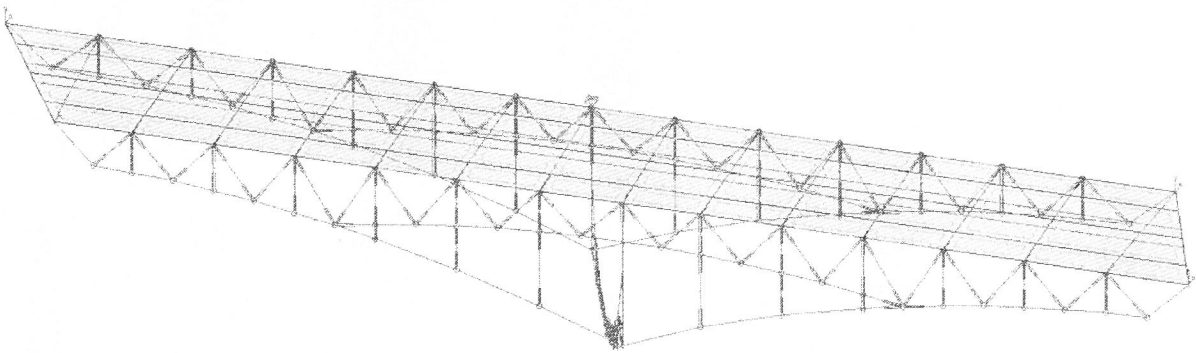
ściskające.

Znak + oznacza naprężenia normalne rozciągające, natomiast znak - naprężenia normalne ściskające.

Przeprowadzone badania stali mostu określiły jej parametry wytrzymałościowe jako równowazne parametrom stali St3S wg PN 82/S-10052. Przyjęto wytrzymałość elementów dźwigara kratownicowego dla prostego stanu naprężenia (ściskania i jednokierunkowego zginania) jako  $R=195\text{MPa}$ , a dla złożonego stanu naprężenia (ściskania i dwukierunkowego zginania) odpowiednio  $1,1 \times R=215\text{MPa}$ . Wytrzymałość elementów pomostu tj. podłużnie i poprzecznie jako elementów dwuteowych dla prostego stanu naprężenia (jednokierunkowego zginania) przyjęto jako  $1,05 \times R=204,8\text{MPa}$ , a dla złożonego stanu naprężenia (dwukierunkowego zginania) odpowiednio  $1,05 \times 1,1 \times R=225,2\text{MPa}$ . Dopuszczono możliwość przekroczenia naprężeń normalnych stali o 2% wg PN 82/S-10052.

### 8.5. Wyniki obliczeń statyczno – wytrzymałościowych w SGN

Podparcie konstrukcji mostu zrealizowano za pomocą łożysk stałych i poprzecznie przesuwnych usytuowanych na podporze środkowej oraz łożysk przesuwnych podłużnie i wielokierunkowo przesuwnych usytuowanych na przyczółkach.



pełnego modelu przegubowego kratownicy z węzłami przegubowymi połączonych pasów górnych ze słupkami i krzyżulcami oraz pasów dolnych ze słupkami i krzyżulcami.

*Ekspertyza stanu technicznego mostu Tuńskiego nad rzeką Odry w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu*

Ekspertyza stanu technicznego mostu Tunskiego  
 nad rzeką Odrą w ciągu ul. Katedrałnej we Wrocławiu

Poniżej przedstawiono wstępne wyniki obliczeń naprężeń dla przekrojów brutto tj. bez uwzględnienia otworów na nity dla elementów rozciąganych oraz bez uwzględnienia wybożenia elementów ściskanych w układzie podstawowym P.

**8.5.1.1. Wstępne wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy E**

Element konstrukcji	Całkowite naprężenia normalne	
	Sigma obl.	Wyrzymaność obl.
	[MPa]	[MPa]
Pas górny "PG"	172	-146
Pas dolny "PD"	118	-146
Krzyżulec "K1"	15	-166
Krzyżulec "K2"	38	-104
Krzyżulec "K3"	174	0
Krzyżulec "K4"	100	-209
Krzyżulec "K5"	101	-95
Krzyżulec "K6"	165	0
Śłupek "S1"	60	-29
Śłupek "S2"	95	-53
Śłupek "S3"	30	-38
Śłupek "S4"	40	-63
Poprzecznica "P1"	94	-41
Poprzecznica "P2"	127	-3
Poprzecznica "P3"	145	-39
Podłużnica I280	71	-68
Podłużnica I320	81	-60

Naprężenia normalne wywołane ściskaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i mostu w układzie podstawowym P od obciążenia stałego i zmiennego klasy E wg PN-85/S-10030 o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

**8.5.1.1. Wstępne wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy S10**

Element konstrukcji	Naprężenia normalne	
	Sigma obl.	Wyrzymaność obl.
	[MPa]	[MPa]
Pas górny "PG"	168	-146
Pas dolny "PD"	116	-146
Krzyżulec "K1"	15	-159
Krzyżulec "K2"	31	-96
Krzyżulec "K3"	163	0
Krzyżulec "K4"	87	-198
Krzyżulec "K5"	91	-87

Krzyżulec "K6"	158	0	219
Słupek "S1"	53	-21	219
Słupek "S2"	88	-46	219
Słupek "S3"	25	-22	219
Słupek "S4"	36	-53	219
Poprzecznicza "P1"	92	-41	219
Poprzecznicza "P2"	124	-3	219
Poprzecznicza "P3"	157	-34	219
Podłużnicza 1280	135	-176	219
Podłużnicza 1320	148	-88	219

Napężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie podstawowym P od obciążenia stałego i zmiennego klasy S10 wg Instrukcji GDDKIA o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

### 8.5.2. Wstępne wyniki naprężeń normalnych w elementach konstrukcji w układzie PD

Poniżej przedstawiono wstępne wyniki obliczeń naprężeń dla przekrojów brutto tj. bez uwzględnienia otworów na nity dla elementów rozciąganych oraz bez uwzględnienia wybooczenia elementów ścisanych w układzie dodatkowym PD.

### 8.5.2.1. Wstępne wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy E

Element konstrukcji	Napężenia normalne		219
	Sigma obl.	Sigma obl.	
Element konstrukcji	max	min	
	[MPa]	[MPa]	[MPa]
Pas górny "PG"	174	-177	219
Pas dolny "PD"	177	-157	219
Krzyżulec "K1"	34	-152	219
Krzyżulec "K2"	48	-111	219
Krzyżulec "K3"	169	-67	219
Krzyżulec "K4"	104	-193	219
Krzyżulec "K5"	101	-110	219
Krzyżulec "K6"	159	0	219
Słupek "S1"	66	-30	219
Słupek "S2"	86	-41	219
Słupek "S3"	28	-34	219
Słupek "S4"	37	-63	219
Poprzecznicza "P1"	87	-34	219
Poprzecznicza "P2"	117	-20	219
Poprzecznicza "P3"	192	-142	219
Podłużnicza 1280	70	-70	219
Podłużnicza 1320	75	-59	219

Napężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie dodatkowym PD od obciążenia stałego i zmiennego klasy E wg PN-85/S-10030 o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

### 8.5.2.2. Wstępne wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy S10

Element konstrukcji		Naprzężenia normalne	
		Sigma obl.	Wytrzymałość
		[MPa]	[MPa]
		max	min
		obliczeniowa	
Pas górny "PG"	219	155	-138
Pas dolny "PD"	219	110	-137
Krzyżulec "K1"	219	34	-148
Krzyżulec "K2"	219	27	-90
Krzyżulec "K3"	219	152	-67
Krzyżulec "K4"	219	80	-185
Krzyżulec "K5"	219	83	-78
Krzyżulec "K6"	219	147	0
Słupki "S1"	219	50	-18
Słupki "S2"	219	82	-42
Słupki "S3"	219	23	-19
Słupki "S4"	219	32	-49
Poprzecznicza "P1"	219	83	-34
Poprzecznicza "P2"	219	112	-2
Poprzecznicza "P3"	219	142	-32
Podłużnicza I280	219	114	-155
Podłużnicza I320	219	128	-75

Naprzężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nosnej i pomostu w układzie dodatkowym PD od obciążenia stałego i zmiennego klasy S10 wg Instrukcji GDOKA o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

### 8.5.3. Wyniki naprężeń normalnych w rozciąganych elementach konstrukcji w układzie podstawowym P z uwzględnieniem otworów na nity

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń naprężeń dla przekrojów netto tj. z uwzględnieniem otworów na nity dla elementów rozciąganych w układzie podstawowym P.

### 8.5.3.1. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy E

Element konstrukcji		Naprzężenia normalne	
		Sigma obl.	Wytrzymałość
		[MPa]	[MPa]
		max	min
		obliczeniowa	
Pas górny "PG"	219	-150	
Pas dolny "PD"	219	-145	
Krzyżulec "K1"	219	-177	
Krzyżulec "K2"	219	-111	
Krzyżulec "K3"	219	0	

8.5.4. Wyniki naprężeń normalnych w rozciąganych elementach konstrukcji w układzie dodatkowym PD z uwzględnieniem otworów na nitę

Naprężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie podstawowym P od obciążenia klasy S10 wg Instrukcji GDDKA o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

Element konstrukcji	Naprężenia normalne	
	Sigma obl.	Sigma obl. Wyznaczona
	max	min
	[MPa]	[MPa]
Pas górny "PG"	-149	219
Pas dolny "PD"	-150	219
Krzyżulec "K1"	-169	219
Krzyżulec "K2"	-103	219
Krzyżulec "K3"	0	219
Krzyżulec "K4"	-215	219
Krzyżulec "K5"	-94	219
Krzyżulec "K6"	0	219
Słupek "S1"	-21	219
Słupek "S2"	-46	219
Słupek "S3"	-23	219
Słupek "S4"	-56	219
Poprzecznicza "P1"	105	219
Poprzecznicza "P2"	140	219
Poprzecznicza "P3"	179	219
Podłużnicza 1280	135	219
Podłużnicza 1320	148	219

8.5.3.2. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia użytkowego klasy S10

Naprężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie podstawowym P od obciążenia stałego i zmiennego klasy E wg PN-85/S-10030 o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” są przekroczone.

Krzyżulec "K4"	-227	219
Krzyżulec "K5"	-103	219
Krzyżulec "K6"	0	219
Słupek "S1"	-29	219
Słupek "S2"	-53	219
Słupek "S3"	-40	219
Słupek "S4"	-66	219
Poprzecznicza "P1"	107	219
Poprzecznicza "P2"	141	219
Poprzecznicza "P3"	189	219
Podłużnicza 1280	71	219
Podłużnicza 1320	81	219

*Ekspertyza stanu technicznego mostu Tunńskiego nad rzeką Odry w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu*  
 Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń naprężeń dla przekrojów netto tj. z uwzględnieniem otworów na nity dla elementów rozciąganych w układzie dodatkowym PD.  
**8.5.4.1. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy E**

Element konstrukcji	Naprężenia normalne	
	Sigma obl.	Sigma obl.
	max	min
[MPa]		[MPa]
Pas górny "PG"	-182	219
Pas dolny "PD"	-161	219
Krzyżulec "K1"	-162	219
Krzyżulec "K2"	-119	219
Krzyżulec "K3"	-72	219
Krzyżulec "K4"	-210	219
Krzyżulec "K5"	-120	219
Krzyżulec "K6"	0	219
Słupki "S1"	-31	219
Słupki "S2"	-41	219
Słupki "S3"	-36	219
Słupki "S4"	-66	219
Poprzecznica "P1"	100	-39
Poprzecznica "P2"	132	-23
Poprzecznica "P3"	229	-181
Podłużnica I280	70	-70
Podłużnica I320	75	-59

Naprężenia normalne wywołane sciskaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie dodatkowym PD od obciążenia stałego i zmiennego klasy E wg PN-85/S-10030 o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” są przekroczone.

**8.5.4.2. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i użytkowego klasy S10**

Element konstrukcji	Naprężenia normalne	
	Sigma obl.	Sigma obl.
	max	min
[MPa]		[MPa]
Pas górny "PG"	-141	219
Pas dolny "PD"	-141	219
Krzyżulec "K1"	-158	219
Krzyżulec "K2"	-96	219
Krzyżulec "K3"	-72	219
Krzyżulec "K4"	-201	219
Krzyżulec "K5"	-85	219
Krzyżulec "K6"	0	219
Słupki "S1"	-18	219

Ślupki "S2"		-42	219
Ślupki "S3"		-20	219
Ślupki "S4"		-51	219
Poprzecznicza "P1"	94	-39	219
Poprzecznicza "P2"	126	-2	219
Poprzecznicza "P3"	161	-37	219
Podłużnica 1280	114	-155	219
Podłużnica 1320	128	-75	219

Napężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nosnej i pomostu w układzie dodatkowym PD od obciążenia klasy S10 wg Instrukcji GDDKiA o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” są przekroczone.

### 8.5. Wyniki naprężeń normalnych w elementach konstrukcji w układzie podstawowym P z uwzględnieniem wybożenia

Sprawdzenie naprężeń normalnych w elementach ścisanych z uwzględnieniem ich wybożenia przeprowadzono dla najbardziej wyczerpanych elementów konstrukcji tj. pasa górnego oraz krzywulców.

#### 8.5.5.1. Obliczenia współczynników wybożeniowych dla pasa górnego kratownicy PG

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = 0,27 \rightarrow m_w = 1,07$$

#### 8.5.5.2. Obliczenia współczynników wybożeniowych dla krzywulca kratownicy K3

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = 0,74 \rightarrow m_w = 1,40$$

#### 8.5.5.3. Obliczenia współczynników wybożeniowych dla krzywulca kratownicy K6

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = 0,68 \rightarrow m_w = 1,32$$

### 8.5.5.4. Naprężenia normalne z uwzględnieniem wybożenia w układzie P dla obciążenia stałego i zmiennego klasy E

Element konstrukcji	Naprężenia normalne		
	Średnia obl. Wytrzymałość oblizeniowa	max	
	[MPa]	[MPa]	
Pas górny "PG"	181	219	
Krzywulec "K3"	227	219	
Krzywulec "K6"	206	219	

Naprężenia z uwzględnieniem wybożenia są przekroczone.

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń naprężeń dla przekrojów brutto tj. bez uwzględnienia otworów na nity dla elementów rozciąganych w układzie podstawowym w modelu przegubowym.

**8.5.6. Wstępne wyniki naprężeń normalnych w rozciąganych elementach konstrukcji w układzie podstawowym bez uwzględnienia otworów na nity dla modelu przegubowego**

Naprężenia z uwzględnieniem wybożenia nie są przekroczone.

Element konstrukcji	Sigma obl.	Wytrzymałość oblizeniowa	Naprężenia normalne
	max		
Pas górny "PG"	[MPa]	[MPa]	219
Krzyżulec "K3"	164	219	219
Krzyżulec "K6"	184	219	219

**8.5.5.7. Naprężenia normalne z uwzględnieniem wybożenia w układzie PD dla obciążenia stałego i zmiennego klasy S10**

Naprężenia z uwzględnieniem wybożenia są przekroczone.

Element konstrukcji	Sigma obl.	Wytrzymałość oblizeniowa	Naprężenia normalne
	max		
Pas górny "PG"	[MPa]	[MPa]	219
Krzyżulec "K3"	181	219	219
Krzyżulec "K6"	222	219	219

**8.5.5.6. Naprężenia normalne z uwzględnieniem wybożenia w układzie PD dla obciążenia stałego i zmiennego klasy E**

Naprężenia z uwzględnieniem wybożenia nie są przekroczone.

Element konstrukcji	Sigma obl.	Wytrzymałość oblizeniowa	Naprężenia normalne
	max		
Pas górny "PG"	[MPa]	[MPa]	219
Krzyżulec "K3"	178	219	219
Krzyżulec "K6"	214	219	219

**8.5.5.5. Naprężenia normalne z uwzględnieniem wybożenia w układzie P dla obciążenia stałego i zmiennego klasy S10**

**8.5.6.1. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy E**

Element konstrukcji			Naprężenia normalne	
Element konstrukcji	Sigma obl.	[MPa]	max	min
	Wytrzymałość obl.	[MPa]	obliczeniowa	
Pas górny "PG"	167	-154	219	219
Pas dolny "PD"	149	-108	219	219
Krzyżulec "K1"	15	-169	219	219
Krzyżulec "K2"	37	-105	219	219
Krzyżulec "K3"	171	0	219	219
Krzyżulec "K4"	98	-214	219	219
Krzyżulec "K5"	98	-96	219	219
Krzyżulec "K6"	160	0	219	219
Słupek "S1"	59	-28	219	219
Słupek "S2"	84	-44	219	219
Słupek "S3"	31	-32	219	219
Słupek "S4"	45	-63	219	219
Poprzecznicza "P1"	96	-41	219	219
Poprzecznicza "P2"	129	-22	219	219
Poprzecznicza "P3"	144	-53	219	219
Podłużnicza I280	79	-69	219	219
Podłużnicza I320	84	-59	219	219

Naprężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie podstawowym w modelu przegubowym od obciążenia klasy E wg PN 82/S-10052 o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

**8.5.6.2. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia użytkowego klasy S10**

Element konstrukcji			Naprężenia normalne	
Element konstrukcji	Sigma obl.	[MPa]	max	min
	Wytrzymałość obl.	[MPa]	obliczeniowa	
Pas górny "PG"	170	-150	219	219
Pas dolny "PD"	147	-109	219	219
Krzyżulec "K1"	0	-164	219	219
Krzyżulec "K2"	31	-94	219	219
Krzyżulec "K3"	160	0	219	219
Krzyżulec "K4"	87	-204	219	219
Krzyżulec "K5"	94	-89	219	219
Krzyżulec "K6"	153	0	219	219
Słupek "S1"	53	-20	219	219
Słupek "S2"	79	-38	219	219
Słupek "S3"	27	-21	219	219

Śłupki "S4"	39	-54	219
Poprzecznica "P1"	93	-41	219
Poprzecznica "P2"	125	-21	219
Poprzecznica "P3"	146	-42	219
Podłużnica I280	134	-176	219
Podłużnica I320	149	-90	219

Napężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie podstawowym w modelu przegubowym od obciążenia klasy S10 wg Instrukcji GBDKIA o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

### 8.5.7. Wyniki naprężeń normalnych w rozciąganych elementach konstrukcji w układzie podstawowym z uwzględnieniem otworów na nity dla modelu przegubowego

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń naprężeń dla przekrojów netto tj. z uwzględnieniem otworów na nity dla elementów rozciąganych w układzie podstawowym P i modelu przegubowym.

### 8.5.7.1. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego klasy E

Element konstrukcji	[MPa]		219
	Sigma obl.	Sigma obl. min	
Napężenia normalne			
Wyrzymaność obliczeniowa			
Pas górny "PG"		-158	219
Pas dolny "PD"		-112	219
Krzyżulec "K1"		-180	219
Krzyżulec "K2"		-113	219
Krzyżulec "K3"		0	219
Krzyżulec "K4"		-233	219
Krzyżulec "K5"		-104	219
Krzyżulec "K6"		0	219
Śłupki "S1"		-28	219
Śłupki "S2"		-44	219
Śłupki "S3"		-33	219
Śłupki "S4"		-67	219
Poprzecznica "P1"	110	-47	219
Poprzecznica "P2"	145	-25	219
Poprzecznica "P3"	161	-72	219
Podłużnica I280	79	-69	219
Podłużnica I320	84	-59	219

Napężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nośnej i pomostu w układzie podstawowym P dla schematu przegubowego od obciążenia klasy E wg PN 82/S-10052 o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” są przekroczone.

**8.5.7.2. Wyniki naprężeń normalnych od obciążenia stałego i obciążenia użytkowego**  
*Ekspertyza stanu technicznego mostu Tunńskiego*  
*nad rzeką Odrą w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu*

**klasy 5/S10**

Element konstrukcji		[MPa]	
		Sigma obl.	Sigma obl.
Naprężenia normalne		max	min
		[MPa]	[MPa]
Pas górny "PG"			-154
Pas dolny "PD"			-113
Krzyzulec "K1"			-174
Krzyzulec "K2"			-101
Krzyzulec "K3"			0
Krzyzulec "K4"			-219
Krzyzulec "K5"			-97
Krzyzulec "K6"			0
Słupki "S1"			-20
Słupki "S2"			-38
Słupki "S3"			-22
Słupki "S4"			-57
Poprzecznicza "P1"		106	-47
Poprzecznicza "P2"		141	-24
Poprzecznicza "P3"		165	-59
Podłużnicza 1280		134	-176
Podłużnicza 1320		149	-90

Naprężenia normalne wywołane ścisaniem/rozciąganiem i zginaniem w elementach konstrukcji nosnej i pomostu w układzie podstawowym P dla schematu przegubowego od obciążenia klasy S10 wg Instrukcji GDDKiA o charakterystykach geometrycznych przekrojów „netto” nie są przekroczone.

**8.5.7.3. Naprężenia normalne z uwzględnieniem wybożenia w układzie P dla obciążenia stałego i zmiennego klasy E w schemacie przegubowym**

Element konstrukcji		[MPa]	
		Sigma obl.	max
Naprężenia normalne		Wytrzymałość obliczeniowa	
Pas górny "PG"		176	219
Krzyzulec "K3"		224	219
Krzyzulec "K6"		200	219

Naprężenia z uwzględnieniem wybożenia są przekroczone.

Ponieważ przemieszczenie 17mm jest mniejsze od wartości dopuszczalnej, warunek SGU dla konstrukcji przęseł jest spełniony dla wszystkich przypadków obciążenia zmiennego.

u <sub>dop</sub>	51	mm
L <sub>t</sub>	25,54	m

Ugięcie dopuszczalne dla dźwigara kratowego wg PN 82/S-10052 u<sub>dop</sub> = L/500:

Obciążenie	Ugięcie dźwigara	[mm]
	Obciążenie zmienne klasy E (15T)	17
Obciążenie zmienne S10 (10T)		15

przedstawiono w tabeli poniżej:

Wyniki obliczenia ugięcia dźwigara kratowego w celu sprawdzenia SGU

Instrukcji GDDKIA.

dźwigara dla schematu obciążenia klasy E wg PN 82/S-10052 oraz schematu S10 wg z obciążeniem tłem na chodnikach. Poniżej przedstawiono maksymalną wartość ugięcia współczynnika dynamizmu (dla dwóch schematów obciążenia zmiennego na jezdni wraz kratownicowego od charakterystycznego obciążenia ruchomego (bez uwzględnienia W zakresie sprawdzenia SGU wyznaczono maksymalne ugięcie dźwigara

### 8.6. Wyniki przemieszczeń pionowych w SGU

Napężenia z uwzględnieniem wybożenia nie są przekroczone.

Element konstrukcji	Sigma obl.	Wytrzymałość	max obciążeniowa
	[MPa]	[MPa]	
Napężenia normalne			
Pas górny "PG"	170	219	
Krzyżulec "K3"	209	219	
Krzyżulec "K6"	193	219	

### 8.5.7.4. Napężenia normalne z uwzględnieniem wybożenia w układzie P dla obciążenia stałego i zmiennego klasy S10 w schemacie przegubowym

## **8.7. Podsumowanie**

W niniejszym rozdziale przeprowadzono analizę SGN i SGU wg PN-82/S-10052 konstrukcji stalowej mostu Tumskiego na klasę E (15T) oraz obciążenie S10 (10T) wg Instrukcji GDDKIA. W oparciu o wykonane czynności związane z analizą konstrukcji nośnej przesył jak i oględzinami elementów konstrukcji można sformułować następujące wnioski końcowe:

- Stan graniczny nośności SGN dla konstrukcji nośnej mostu w zakresie naprężeń normalnych dla elementów stalowych jest zapewniony dla ww. obciążenia w postaci obciążenia drogowego o wielkości 10T, natomiast nie jest zapewniony dla obciążenia o wielkości 15T w zakresie wszystkich elementów.
- Stan graniczny użytkowania SGU w zakresie ugięć konstrukcji nośnej nie jest przekroczony dla ww. obciążenia drogowego o wielkości 10T i 15T.

## 9. WNIOSKI KOŃCOWE I ZALECENIA UTRZYMANIOWE

Po przeprowadzonych oględzinach stanu technicznego oraz badaniach materiałowych i obliczeniach statycznych – wytrzymałościowych nośności mostu Tumskiego na rzece Odrze we Wrocławiu, można podać następujące wnioski końcowe i zalecenia utrzymaniowe:

1) Na obiekcie należy prowadzić staranne prace bieżącego utrzymania, głównie w obrębie nawierzchni jezdni, wpuść mostowych i otoczenia obiektu.

2) Należy oczyścić ławy podłożyskowe z wszelkich brudów oraz odnowić powierzchniowo podpory.

3) Przy założeniu nominalnych przekrojów prętów kratowych dźwigarów głównych przeseł obiekt przenosi obciążenie w postaci obciążenia drogowego o wielkości 10T, natomiast nie jest zapewniony dla obciążenia o wielkości 15T w zakresie wszystkich elementów. Obecnie kratownicowe dźwigary główne posiadają znaczne ubytki materiału z powodu przestrcelin wojennych.

4) Cały obiekt należałoby poddać kapitalnemu remontowi w zakresie:

- przelenia nawierzchni z nadaniem większych spadków poprzecznych i wymiany izolacji.

- uzupełnić ubytki stali prętów kratownic po przestrcelinach wojennych.
- przelenić kostkową nawierzchnię nadając jej spadki poprzeczne dla umożliwienia splywu wody.

- przywrócić pierwotny, historyczny wygląd bramy portalowej.

- zainstalować maszyny z chorgwiami na filarze (załęcznik nr 2).

5) Prowadzić należy czste prace bieżącego utrzymania ( ze względu między innymi na intensywny ruch turystyczny), obecny stan techniczny obiektu dowodzi zbyt rzadko prowadzonych prac utrzymaniowych.

6) Przelenić miejscowo nawierzchnię na jezdni (głównie w obrębie nad filarem oraz na dojsiach w miejscach chodników aby ją wyrównać dla szybkiego splywu wody.

7) Uzupełnić zaprawę cementową braki spoin między blokami kamiennymi na podporach oraz utrzymać czystość na obiekcie (w prętach krat nad łozyskami zalegają butelki i smiecie).

8) Podjąc decyzję co do pozostawienia lub nie dużej ilości kłódek zawieszonych na niszczenia powłoki malarskiej oraz stanowią dodatkowe obciążenie dla uszkodzonych przez wojnę dźwigarów a także utrudniają dostęp do prętów kraty tych naprawach.

Obiekt wymaga pilnej odnowy powłok malarskich, po podjęciu decyzji co do istnienia zainstalowanych tam klódek.

9) Należy przywrócić pierwotny wygląd mostu ( załącznik nr 2) – uzupełnić prze kroje przętów, zainstalować maszły i ozdoby nad filarem w porozumieniu z Miejskim Konserwatorem Zabytków.

10) Ponieważ most obecnie znajduje się w złym stanie technicznym ( przedziurawione i pogięte przety dźwigarów głównych – co znacznie obniża nośność obiektu) zaprojektować należy sposób uzupełnienia przekrojów przętów dźwigarów głównych biorąc pod uwagę iż materiałem przętów jest stal zgrzewana ( nie spawalna metalurgicznie).

## 10. NORMY, Rozporządzenia i literatura techniczna

- [1] PN-85/S-10030. Obiekty mostowe. Obciążenia. 1988.
- [2] PN-82/S-10052. Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie. 1988.
- [3] PN-89/S-10050. Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania. Projektowanie.
- [4] PN-91/S-10042. Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
- [5] PN-S-10040:1999. Żelbetowe i betonowe konstrukcje mostowe. Wymagania i badania.
- [6] PN-88/B-06250. Beton zwykły.
- [7] PN-74/B-06262. Nieniszczące badania betonu na ściskanie. Metoda sklerometryczna
- [8] PN-82/B-01801. Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie. Konstrukcje betonowe i żelbetowe. Podstawowe zasady projektowania.
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane (Dziennik Ustaw Nr 89 z 1994r., jednolity tekst Dziennik Ustaw Nr 207 z 2003 r. i 2004 r.).
- [10] Ustawa z dnia 27 marca 2003r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dziennik Ustaw Nr 80 z 2003r.).
- [11] Rozporządzenie Nr735 Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10.05.2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich użytkowanie. Dziennik Ustaw RP nr 63 z dnia 03.08.2000r.
- [12] Rozporządzenie Nr430 Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich użytkowanie. Dziennik Ustaw RP nr 43 z dnia 14.05.1999r.
- [13] Biliszczuk J., Bień J., Maliszewicz P., Machelski Cz., Misiewicz M., Onysk J., Rabięga J.: Podręcznik Inspektora mostowego. Wrocław: Zakład Mostów, Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, 1995.
- [14] Furtak K., Śliwiński J., Materiały budowlane w budownictwie. WKL 2004.
- [15] Danielski L., Mosty metalowe. Skrypt PWr 1983.
- [16] Madaj A., Wołowicki W., Budowa i utrzymanie mostów. WKL 1995.
- [17] Jarominiak A., Przeglądy obiektów mostowych. BM, WKL 1991.
- [18] GDKiA, Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich. Warszawa 2005.
- [19] Mikołajków L., Drogowe bariery ochronne. WKL 1983.
- [20] Jaskow M., Ochrona mostów przed korozją. WKL 1981.
- [21] Katalog detali mostowych, GDKiA, Wydział Mostów, Warszawa, 2002.
- [22] Rzyński A., Badania konstrukcji mostowych. WKL 1983.
- [23] Glomb J., Wyposażenie mostów. WKL 1976.
- [24] PN-EN 12504-2:2002 Badania betonu w konstrukcjach – Część 2: Badania nieniszczące – Oznaczanie liczby odbicia.
- [25] Rybak M.: Przebudowa i wzmacnianie mostów. Inżynieria komunikacyjna. WKL Warszawa 1983.
- [26] GDP. Prowizoryczne wzmocnienia i odbudowa obiektów mostowych. Warszawa. 1995

- [27] Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji ITB, Warszawa 1969
- [28] GDKR/A. Metoda szacowania wpływu korozji na nośność konstrukcji stalowych drogowych obiektów mostowych. IBDiM, Zmigród 2003
- [29] Instrukcja malowania i renowacji pokryć malarskich wykonanych poza wytwórnią na stalowych konstrukcjach mostowych. DP-T18M. GDP, 1990
- [30] Rykaluk K., Pęknięcia w konstrukcjach stalowych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 1999
- [31] Cywiński Z., Zur Korrosionsrate von Baustahl in alten Brücken. Bauingenieur 67, 1992/3
- [32] Cywiński Z., Wstępna ocena nośności mostów stalowych w aspekcie efektów korozji i zmęczenia. Prace IBDiM, Nr 3, 1994
- [33] BN-66/8935-01. Łożyska stalowe. Wymagania i badania
- [34] BN-69/8935-03. Drogi samochodowe. Łożyska mostowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [35] Wymagania techniczne wykonania i odbioru łożysk mostowych. IBDiM, Seria T- Informacje, Instrukcje, zeszyt 43, Warszawa 1994
- [36] Schaper G., Feste stählerne Brücken. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin 1934
- [37] Wysokowski A., Trwałość mostów stalowych w funkcji zjawisk zmężeń i korozyjnych. IBDiM, Studia i Materiały, zeszyt 53, Warszawa 2001
- [38] Chmielewski A., Zabezpieczenie przeciwkorozyjne konstrukcji stalowych – powłoki malarskie, Wrocław, 1997
- [39] DIN 1051, Norma niemiecka, luty 1937
- [40] PN-66/B-02015, Mosty, wiadukty i przepusty. Obciążenia i oddziaływania
- [41] Instrukcja o znakach drogowych pionowych. Tom I. Zasady stosowania znaków i urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego. Załącznik nr 1 do Zarządzenia MTiGM.
- [42] Madał A., Wołowicki W., Mosty betonowe. WKL, Warszawa 2003.
- [43] PN-EN 1991-2:2007 Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcję. Część 2: Obciążenie ruchome mostów.
- [44] PN-EN 1990:2004/A1 dotyczy PN-EN 1990:2004 Eurokod Podstawy projektowania konstrukcji.
- [45] Orzeczenie techniczne o stanie i przydatności do dalszej eksploatacji mostu drogowego Tumskiego nad rzeką Odrą w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu, Tarcopol Sp. z o.o. Wrocław 2004.
- [46] Raport z przeglądu szczegółowego obiektu mostowego, Firma Inżynierska GF-MOSTY, Siemianowice Śląskie 2011.

## II. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik nr 1: Polemika na łamach Gazety Wyborczej w sprawie klódek wiszących na elementach mostu [www.gazeta.pl](http://www.gazeta.pl). Agora SA oraz Gazeta Wyborcza 22/23.09.2012.

Załącznik nr 2: Zabytkowy wygląd mostu Tumskiego ( Katedralnego – Dombücke) w przekroju nad filarem oraz na długości mostu

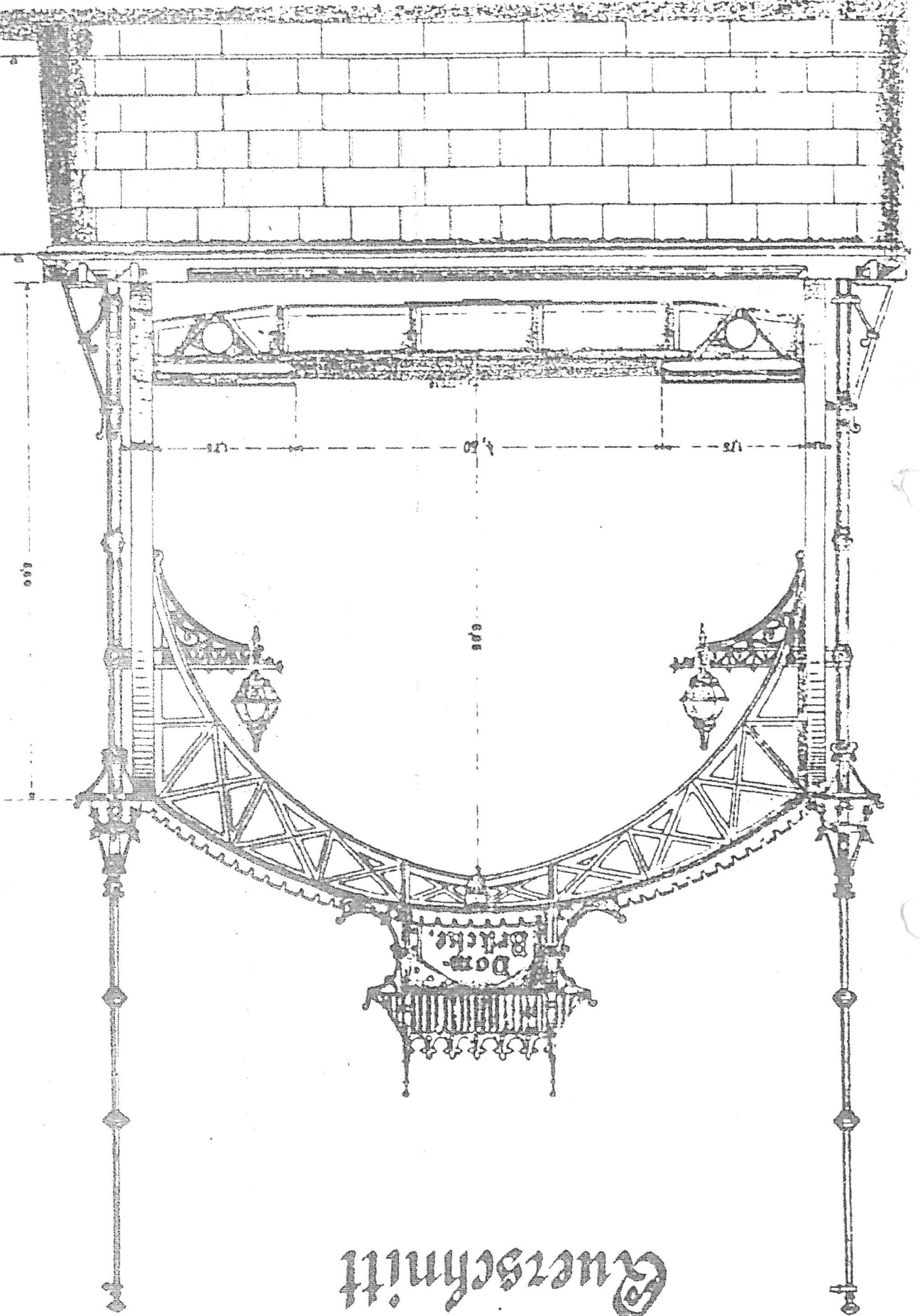
2' 116

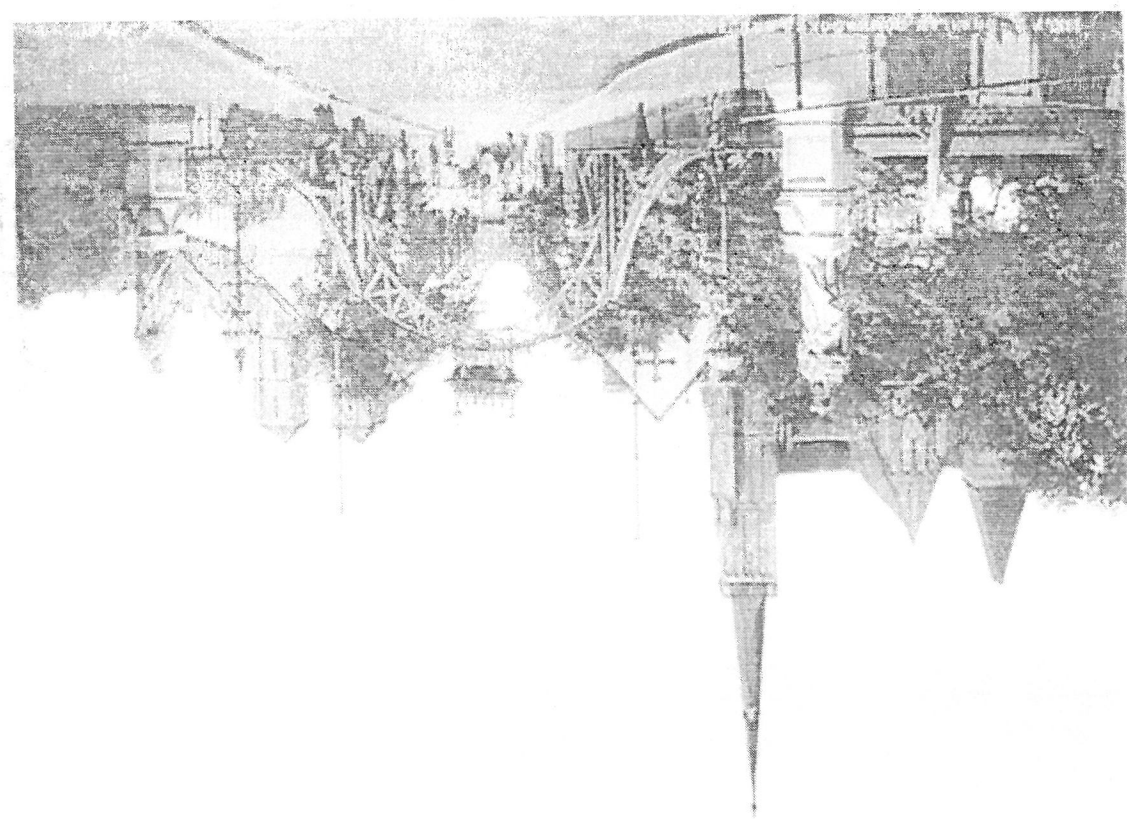
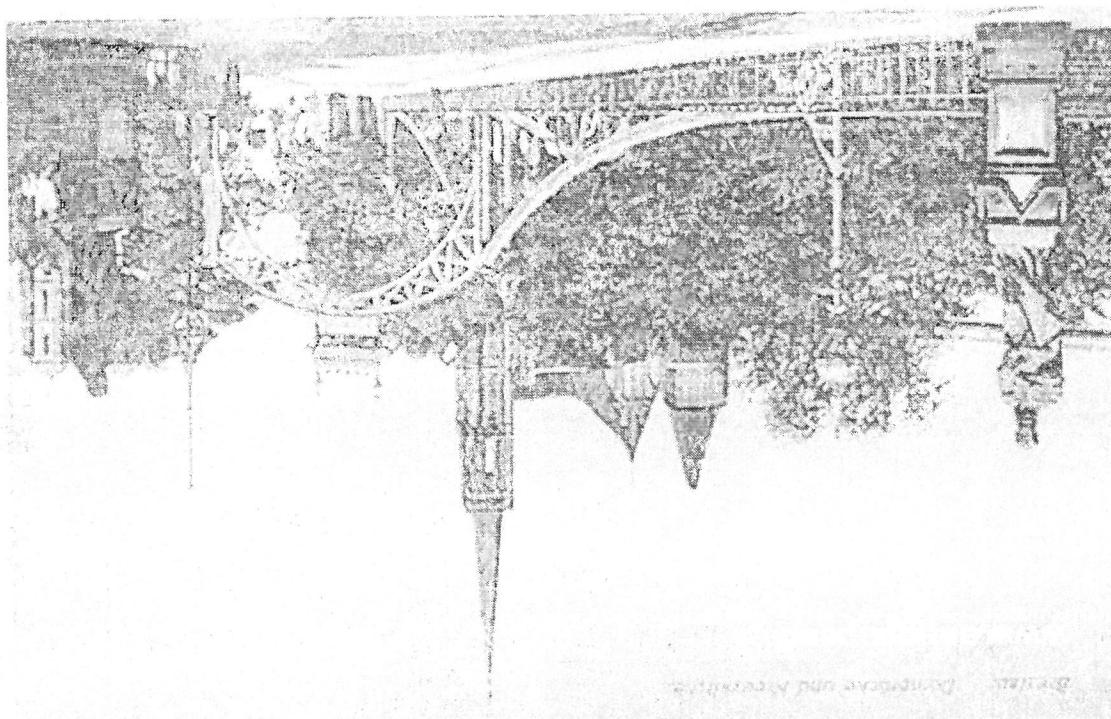
x x

400

400

# Querschnitt





Eksperyta stanu technicznego mostu Tumskiego  
nad rzeką Odry w ciągu ul. Katedralnej we Wrocławiu

W opracowaniu udział wzięli:

1. dr inż. Józef Rąbiega
2. mgr inż. Roman Höffner
3. doc. dr inż. Grzegorz Pękalski
4. dr inż. Wojciech Zielichowski-Haber
5. mgr inż. Ryszard Wodnyński

Niniejsze opracowanie wykonane zostało we współpracy  
z Biurem MOSTY Józef Rąbiega z Ramiszowa

Odbiory raportu:

1. Zarząd Dróg i Urzeczymania Miasta we Wrocławiu  
ul. Długa 49, 53-633 Wrocław ..... 3 egz.
2. Tarcopol Sp. z o.o. Oddział Wrocław TPM Consulting  
ul. Stanisławowska 27, 54-611 Wrocław ..... 1 egz.
3. MOSTY Józef Rąbiega  
Biuro  
Ramiszów 2A, 51-217 Wrocław ..... 1 egz.

Razem

5 egz.

