



Politechnika Wroclawska

RAPORT

Opinia techniczna dotycząca
oceny przyczyn uszkodzeń
i zaproponowanie działań
mających na celu doprowadzenie
estakady (podjazdu karetek przy
SOR) do stanu bezpiecznej
eksploatacji w Wojewódzkim
Centrum Szpitalnym Kotliny
Jeleniogórskiej w Jeleniej Górze,
przy ul. Ogińskiego 6

Na prawach rękopisu

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej

**Opinia techniczna dotycząca
oceny przyczyn uszkodzeń
i zaproponowanie działań
mających na celu doprowadzenie
estakady (podjazdu karetek przy
SOR) do stanu bezpiecznej
eksploatacji w Wojewódzkim
Centrum Szpitalnym Kotliny
Jeleniogórskiej w Jeleniej Górze,
przy ul. Ogińskiego 6**

Raport serii U nr 37.../2022

Tomasz Trapko
Michał Musiał

Słowa kluczowe:
estakada,
konstrukcja żelbetowa,
zawilgocenie,
węglan wapnia.

Wrocław, czerwiec 2022 r.

Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
tel. 71 320 23 45, tel./fax 71 320 36 45
e-mail: wydz.bud@pwr.edu.pl

Temat badawczy: **OPINIA TECHNICZNA DOTYCZĄCA OCENY PRZYCZYN
USZKODZEŃ I ZAPROPONOWANIE DZIAŁAŃ MAJĄCYCH NA
CELU DOPROWADZENIE ESTAKADY (PODJAZDU KARETEK
PRZY SOR) DO STANU BEZPIECZNEJ EKSPLOATACJI W WO-
JEWÓDZKIM CENTRUM SZPITALNYM KOTLINY JELENIO-
GÓRSKIEJ W JELENIEJ GÓRZE, PRZY UL. OGIŃSKIEGO 6**

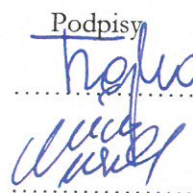
Zlecenie wewnętrzne nr 4001/0034/22 z dnia 13.04.2022 r.

Zleceniodawca:
Wojewódzkie Centrum Szpitalne Kotliny Jeleniogórskiej w Jeleniej Górze, przy ul. Ogińskiego 6

Zespół badawczy:

dr hab. inż. Tomasz Trapko, prof. uczelni - kierownik
Jednostka organizacyjna: Katedra Konstrukcji Budowlanych

dr inż. Michał Musiał
Jednostka organizacyjna: Katedra Konstrukcji Budowlanych

Podpisy


Raport wpłynął do Redakcji Wydawnictw Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w czerwcu 2022 r.

Lista odbiorców:	Zleceniodawca	3 egz.
	Autorzy	1 egz.
	Archiwum W-2	1 egz.

Razem 5 egz.

Spis treści

1. Informacje wstępne.....	4
1.1. Przedmiot opinii	4
1.2. Cel i zakres opinii	4
1.3. Harmonogram realizacji prac	4
1.4. Podstawy prawne opracowania	4
1.5. Podstawy merytoryczne opracowania	5
2. Opis konstrukcji i uszkodzeń estakady	5
3. Wykwyty węglanowe na konstrukcji żelbetowej estakady.....	10
4. Zaobserwowane uszkodzenia, wynikające z nich zagrożenia wraz z propozycjami napraw	12

1. Informacje wstępne

1.1. Przedmiot opinii

Przedmiotem opinii jest żelbetowa estakada, stanowiąca podjazd dla karetek do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego, Wojewódzkiego Centrum Szpitalnego Kotliny Jeleniogórskiej, 58-506 Jelenia Góra, przy ul. Ogińskiego 6. Analizie i opracowaniu podlegają uszkodzenia elementów konstrukcji żelbetowej estakady.

1.2. Cel i zakres opinii

Celem opinii jest ocena przyczyn uszkodzeń i zagrożeń dla dalszej bezpiecznej eksploatacji estakady i zaproponowanie sposobu/ów naprawy i zabezpieczenia konstrukcji estakady, w celu jej dalszej bezpiecznej eksploatacji.

Zakres opinii obejmuje:

- a) zapoznanie się z dokumentacją dotyczącą przedmiotu opinii,
- b) wizje lokalne na obiekcie (m.in. makroskopowe oględziny, wykonanie dokumentacji fotograficznej),
- c) wskazanie przyczyn uszkodzeń i zagrożeń dla dalszej bezpiecznej eksploatacji estakady, w istniejącym stanie,
- d) zaproponowanie sposobu/ów naprawy i zabezpieczenia konstrukcji estakady w celu jej dalszej bezpiecznej eksploatacji,
- e) opracowanie raportu wraz z wnioskami i zaleceniami.

1.3. Harmonogram realizacji prac

Autorzy opinii w dniu 01.06.2022 r. przeprowadzili wizję lokalną na obiekcie i zapoznali się, w siedzibie Zamawiającego, z dokumentacją dotyczącą przedmiotu opinii.

1.4. Podstawy prawne opracowania

Podstawę prawną opracowania stanowią:

1. Oferta z dnia 09.02.2022 r. (W2/99/2022) na wykonanie kompleksowej ekspertyzy – opinii technicznej, mającej na celu: „Ocenę przyczyn uszkodzeń i zaproponowanie działań mających na celu doprowadzenie estakady (podjazdu karetek przy SOR) do stanu bezpiecznej eksploatacji” w Wojewódzkim Centrum Szpitalnym Kotliny Jeleniogórskiej w Jeleniej Górze, przy ul. Ogińskiego 6,
2. Umowa z dnia 13.04.2022 r. nr ZO/29/2022 o wykonanie ekspertyzy – opinii technicznej mającej na celu "Ocenę przyczyn uszkodzeń i zaproponowanie działań mających na celu doprowadzenie estakady (podjazdu karetek przy SOR) do stanu bezpiecznej eksploatacji w Wojewódzkim Centrum

Szpitalnym Kotliny Jeleniogórskiej przy ul. Ogińskiego 6 w Jeleniej Górze,

3. Aneks nr 1 z dnia 30.05.2022 r. do umowy U/0180/95/2022 – zmiana terminu wykonania umowy.

1.5. Podstawy merytoryczne opracowania

Podstawę merytoryczną opracowania stanowią:

- [1] PN-EN 1992:2008. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [2] Germaniuk K.: Dobór mostowych urządzeń dylatacyjnych. Budownictwo mostowe – Vademecum. Edycja 2016. s. 6-11.

2. Opis konstrukcji i uszkodzeń estakady

Przedmiotowa estakada, stanowiąca podjazd dla karettek do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego, Wojewódzkiego Centrum Szpitalnego Kotliny Jeleniogórskiej znajduje się w południowo-zachodniej części szpitala. Jest to konstrukcja monolityczna, płytowo-belkowa, składająca się z trzech części, oddzielonych dylatacjami, które to segmenty na potrzeby niniejszej opinii ponumerowano, zgodnie z Fot. 1-3.



Fot. 1. Estakada – podział na segmenty



Fot. 2. Segment nr 1 po lewej i segment nr 2 po prawej



Fot. 3. Segment nr 2 po lewej i segment nr 3 po prawej

Konstrukcja estakady składa się z żelbetowych, monolitycznych płyt najazdowych, belek

drugorzędnych (żeber) oraz ram w kształcie litery Π , ze wspornikami o zmiennym przekroju (Fot. 4). Wjazd i zjazd z estakady odbywa się poprzez nasypy ziemne, zakończone ścianami oporowymi, na których wspierają się żebra. Konstrukcja estakady nie jest powtarzalna w poszczególnych segmentach, co pokazano na Fot. 5. Wejście na estakadę i do budynku SOR-u możliwe jest poprzez schody zlokalizowane przy dylatacjach, na połączeniu segmentów nr 1 i nr 2 oraz nr 2 i nr 3, oraz poprzez podjazd (pochylnię) dla niepełnosprawnych, zlokalizowaną wzdłuż segmentu nr 1, przy dylatacji 1-2.

Na płycie żelbetowej estakady wykonano warstwę spadkową z nadbetonu, na której ułożone są warstwy wykończeniowe od góry – betonowa kostka brukowa lub mieszanka mineralno-asfaltowa.



Fot. 4. Konstrukcja estakady



Fot. 5. Połączenie segmentów nr 1 i nr 2

W czasie wizji lokalnej na obiekcie stwierdzono liczne zawilgocenia konstrukcji, korozję beton, stali zbrojeniowej oraz stalowych elementów obróbek i balustrad.

W najgorszym stanie jest segment nr 2. W płycie żelbetowej estakady, po obrysie budynku SOR-u, wzdłuż trzech ścian, wykonano przewierci i zamontowano sączki, przez które przesącza się woda, penetrująca pod warstwami wierzchnimi estakady. W otworach i na sączkach widoczne są wykwyty i nacieki węglanowe (Fot. 6).



Fot. 6. Sączki zamontowane w płycie żelbetowej estakady i widoczne wykwyty węglanowe



W tej części estakady stwierdzono również nieszczelność i niedrożność odpływów kanalizacji deszczowej, co spowodowało korozję betonu i samej instalacji deszczowej, w obrębie przejścia przez płytę

żelbetową estakady (Fot. 7 i 8).



Fot. 7. Nieszczelność odpływu kanalizacji deszczowej, korozja betonu i instalacji



Fot. 8. Niedrożność odpływu (kratki) kanalizacji deszczowej

W stanie zagrażającym bezpieczeństwu znajdują się schody, zlokalizowane przy połączeniu segmentu nr 2 i nr 3. Stwierdzono tam poważną korozję i ubytki betonu w płycie biegowej. Ubytki w betonie spowodowały zaawansowany stopień skorodowania odkrytych prętów zbrojeniowych (Fot. 9 i 10).



Fot. 9. Korozja i ubytki betonu w płycie biegowej schodów



Fot. 10. Korozja odsłoniętych prętów zbrojeniowych w płycie biegowej schodów



Fot. 11. Zapadliny nawierzchni i ślady po zastoinach wód opadowych

Przyglądając się nawierzchni wykonanej na segmencie nr 2 estakady, stwierdzono zapadliny i ślady po zastoinach wód opadowych (Fot. 11). Wzdłuż ścian budynku SOR-u nie wykonano w warstwach

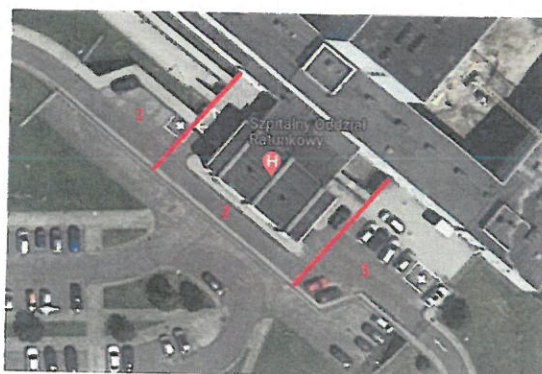
nawierzchni odpowiedniego przeciwspadku, w celu odprowadzenia wód opadowych. Widoczne są zawilgocenia spoin pomiędzy betonowymi kostkami brukowymi, co świadczy o wnikaniu i zaleganiu tam wód opadowych. Wzdłuż ściany podłużnej budynku SOR-u widoczne jest zapadnięcie się, w kierunku budynku, pierwszych czterech rzędów betonowej kostki brukowej (Fot. 12). Przy nowej przybudówce do budynku SOR-u betonowa kostka brukowa ułożona jest bardzo niestarannie, najprawdopodobniej na słabo zagęszczonym podłożu. Widoczne są liczne nieszczelności na styku nawierzchni i ścian przybudówki (Fot. 13).



Fot. 12. Stan nawierzchni wzdłuż ściany podłużnej budynku SOR-u



Fot. 13. Stan nawierzchni wzdłuż ściany przybudówki do budynku SOR-u



Fot. 14. Kierunek wiatrów w Jeleniej Górze oraz lokalizacja budynku SOR-u i estakady

Analizując symulację historycznych danych klimatycznych i pogodowych dla Jeleniej Góry, z okresu ostatnich 30 lat, zamieszczonych na portalu *meteoblue.com*, stwierdzono że główne kierunki wiatrów

w tym obszarze występują z kierunku zachodniego, poprzez kierunek południowo-zachodni aż do południowego, czyli na kierunkach, na których usytuowana jest estakada (Fot. 14). Powoduje to „zacina- nie” deszczu, podczas opadów połączonych z wiatrem, na ściany budynku SOR-u i nawierzchnię wokół budynku. Brak odpowiednio wykształtowanego przeciwspadku oraz zapadliny powodują wnikanie wód opadowych w warstwy nawierzchni i przesączanie się przez nie. Dodatkowo nasłonecznienie estakady i szybkie osuszanie sprzyja powstawaniu wykwitów węglanowych.

Generalnie zły system odprowadzania wód opadowych wokół budynku SOR-u i na całej estakadzie spowodował liczne korozje stalowych elementów obróbek i balustrad, co widoczne jest w postaci rdzawych nacieków i wykwitów (Fot. 15 i 16).



Fot. 15. Korozja obróbek i balustrad



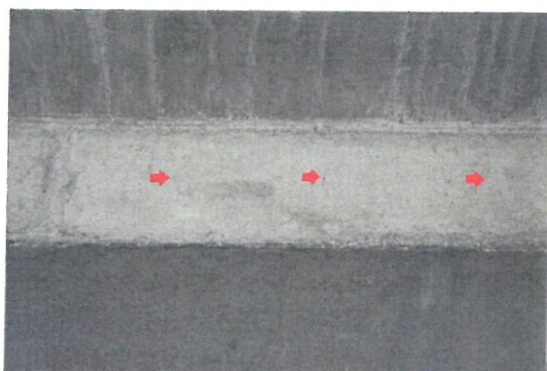
Fot. 16. Korozja obróbek i balustrad



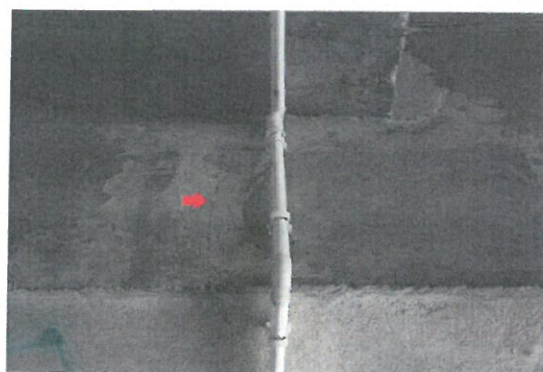
Fot. 17. Zacieki i korozja betonu na murze oporowym przy połączeniu segmentu nr 1 z nasypem

W obrębie segmentu nr 1 estakady, przy połączeniu z murem oporowym stwierdzono nieszczelność w systemie odwodnienia, zacieki, wykwyty oraz korozję betonu (Fot. 17).

W obrębie całej estakady stwierdzono liczne zarysowania żelbetowych elementów konstrukcyjnych – płyt, belek i rygli ram. Większość z zarysowań pochodzi najprawdopodobniej od odkształceń termicznych, spowodowanych nasłonecznieniem estakady oraz od odkształceń reologicznych. W tej chwili nie zagrażają one bezpieczeństwu konstrukcji, ale wpływają na obniżenie jej trwałości i w kolejnych latach mogą być przyczynkiem postępującej korozji betonu i prętów zbrojeniowych (Fot. 18 i 19).



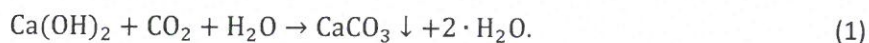
Fot. 18. Zarysowania żebra



Fot. 19. Zarysowania rygla ramy

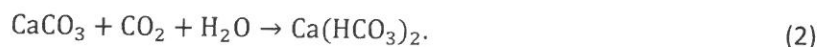
3. Wykwyty węglanowe na konstrukcji żelbetowej estakady

Wykwyty węglanowe (wapienne), występujące z dużą intensywnością na badanej konstrukcji estakady, powstały w wyniku karbonatyzacji wodorotlenku wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Związek ten (zwany też portlandytem) jest jednym z produktów hydratacji cementu (faz krzemianowych klinkieru portlandzkiego). Za sprawą systemu porów w betonie wodorotlenek wapnia dostaje się na powierzchnię elementu, gdzie w wyniku działania dwutlenku węgla CO_2 i wody powstaje z niego trudno rozpuszczalny węglan wapnia CaCO_3 , czyli kalcyt. Proces ten, będący pierwszym etapem karbonatyzacji można opisać następującą reakcją chemiczną:



Intensywność i szybkość procesu karbonatyzacji zależy od stężenia CO_2 i wilgotności otoczenia. Proces ten nie przebiega w betonie nasyconym wodą, w betonie suchym natomiast przebiega bardzo powoli. Najlepsze warunki dla procesu karbonatyzacji zachodzą wtedy, gdy na powierzchni porów kapilarnych utrzymuje się warstewka wody. CO_2 rozpuszcza się w niej, penetruje przypowierzchniową warstwę betonu i reaguje z jonami wapnia Ca^{2+} z wodorotlenku wapnia. Maksymalna szybkość karbonatyzacji stowarzyszona jest z wilgotnością powietrza z zakresu 50-70%. Na podstawie obserwacji danych pogodowych można stwierdzić, że taka właśnie wilgotność występuje w Jeleniej Górze. Na przestrzeni roku jedynie w miesiącach zimowych wilgotność jest wyższa.

W czasie eksploatacji konstrukcji trudno rozpuszczalny węglan wapnia CaCO_3 dalej reaguje z CO_2 zawartym w powietrzu, w wyniku czego przechodzi w wodorowęglan wapnia $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (kwaśny węglan wapnia) wg następującej reakcji:



Wodorowęglan wapnia może być spłukany wodą lub starty np. przy zwykłym użytkowaniu betonu.

Powstawaniu wykwitów węglanu wapnia na elementach z betonu sprzyjają:

- wysoki współczynnik wodno-cementowy,
- stosowanie niepełukanego kruszywa,
- nieszczelny (w wyniku złego zaprojektowania) beton,
- nieprawidłowo zagęszczony beton,
- warunki atmosferyczne powodujące szybkie wysychanie powierzchni betonu,
- niewłaściwe warunki dojrzewania (brak pielęgnacji),
- występowanie dużej liczby porów na powierzchni betonu – nierówna powierzchnia deskowania, nieefektywny środek antyadhezyjny.

Działania, które ograniczają ryzyko powstania wykwitów węglanowych w głównej mierze dotyczą następujących etapów życia konstrukcji z betonu:

- projektowania (np. stosowanie cementów zawierających nieklinkierowe składniki główne, np. granulowany żużel wielkopiecowy – CEM II, CEM III, obniżenie współczynnika wodno-cementowego, stosowanie kruszywa o optymalnym uziarnieniu, stosowanie domieszek hydrofobizujących),
- wykonawstwa (np. dbałość o szczelność deskowań, właściwe stosowanie środków antyadhezyjnych na poszycie deskowań, właściwe zagęszczanie mieszanki betonowej),
- pielęgnacji (np. zapewnienie optymalnego czasu trwania pielęgnacji, optymalnej temperatury i wilgotności dojrzewania).

Analizowana konstrukcja wzniesiona została w latach 90. ubiegłego stulecia. Zaniechania z powyższych etapów nie są zatem do naprawienia. Obecnie należy skoncentrować się na poprawnym eksploataowaniu konstrukcji, które w tym zakresie będzie polegało na odpowiednim (efektywnym) prowadzeniu wód opadowych.

Do wyjaśnienia pozostaje kwestia zagrożeń, jakie pociągają za sobą wykwit z węglanu wapnia. Z całą stanowczością należy stwierdzić, że nie zagrażają one bezpieczeństwu konstrukcji. Nie

dyskwalifikują betonu z punktu widzenia cech jakościowych. Wykwity wpływają jedynie na estetykę obiektu, która ze względu na jego charakter nie musi spełniać zbyt wygórowanych wymagań.

4. Zaobserwowane uszkodzenia, wynikające z nich zagrożenia wraz z propozycjami napraw

1. Wykwity z węgla wapnia

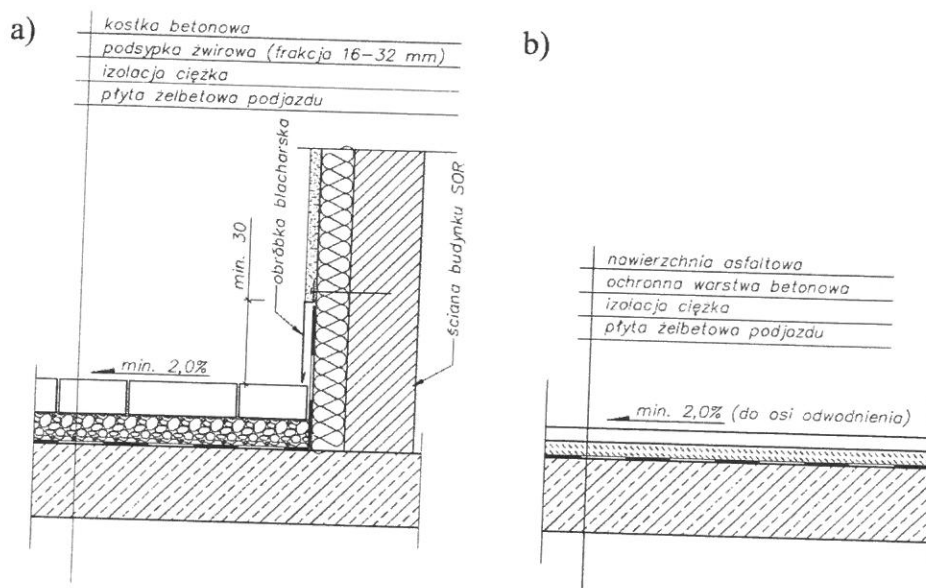
Wykwity z węgla wapnia występują na badanej konstrukcji z dużym nasileniem. Ich podłoże zostało opisane szczegółowo w punkcie 3 niniejszego opracowania. Defekty te mają charakter jedynie estetyczny.

2. Przeciekające dylatacje

Dylatacje wbudowane między segmentami (Fot. 5) są w stanie niezadawalającym. Materiały i technologia zastosowane w tych elementach nie przetrwały próby czasu. Woda zaciekająca w obszarach dylatacji w dłuższej perspektywie czasu (kilkuletniej) może pogarszać stan techniczny konstrukcji.

3. Interwencyjne prowadzenie wód opadowych

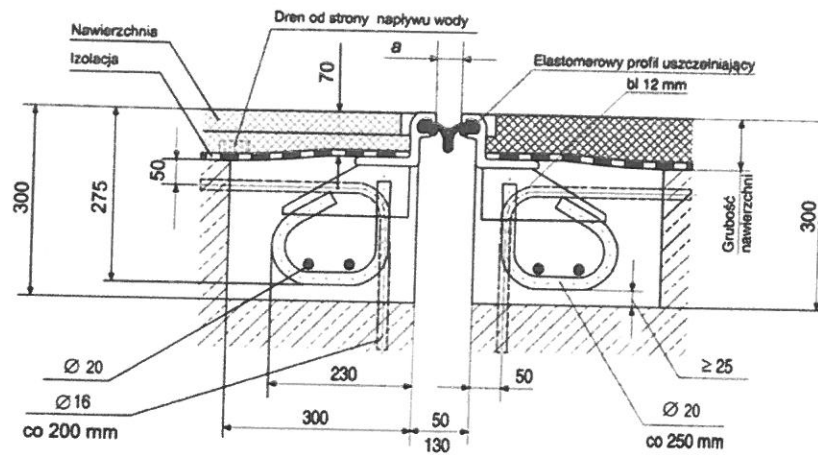
Zaobserwowane przecieki w konstrukcji nakłoniły Zarządcę obiektu do działań interwencyjnych. Polegały one na wykonaniu przewiertów przez strop (Fot. 6) oraz montażu prowizorycznego szczelnego, lekkiego dachu wraz z odwodnieniem w stacji transformatorowej pod najazdem. Podjęte działania uznać należy za prowizoryczne, choć były uzasadnione i skuteczne.



Rys. 1. Przykładowy, proponowany układ warstw najazdu:
a) chodnik przy budynku, b) część najazdowa

Uszkodzeń opisanych w punktach 1-3 nie da się naprawić niewielkim nakładem. Kompleksowa i skuteczna (zabezpieczająca przed ponownym pojawieniem się tych problemów) naprawa jest bardzo inwazyjna i wiąże się z wymianą wszystkich warstw najazdu. W ogólności polegać powinna na usunięciu wszystkich warstw do płyty konstrukcji najazdu i ułożeniu ich na nowo razem z systemem odwodnienia. Przykładowy układ warstw pokazano na rys. 1.

W szczelinach dylatacyjnych między segmentami zaleca się zastosowanie akcesoriów do dylatacji mostowych. Przykładowe rozwiązanie takiej dylatacji pokazano na rys. 2.



a - szerokość prześwitu między skrajnymi profilami stalowymi

Rys. 2. Przykładowe, proponowane rozwiązanie dylatacji [2]

Należy podkreślić, że kompleksowy remont powinien być poprzedzony wykonaniem projektu (w tym projektu instalacji odprowadzającej wody opadowe). Wykwity z węgla wapnia można usunąć mechanicznie (piaskowanie lub szlifowanie powierzchni) lub chemicznie (tugowanie powierzchni betonu niskoprocentowym roztworem kwasów nieorganicznych i organicznych). Czyszczenie zaleca się wykonać dopiero po kompleksowym remoncie.

Ze względu na szeroki zakres prac i nakłady środków przy kompleksowym remoncie autorzy niniejszego opracowania nie narzucają daty granicznej jego przeprowadzenia.

Do dyspozycji Zarządcy pozostają działania doraźne, które mogą polegać m.in. na demontażu warstw chodnika wokół budynku i ponownym ich ułożeniu z właściwym ułożeniem izolacji przeciwwodnej i ukształtowaniem odpowiedniego przeciwspadku „od budynku”. Pozwoli to zlikwidować niecki stwierdzone w czasie wizji lokalnej (Fot. 11) i przynajmniej częściowo poprawi stan obiektu.

Prace związane z naprawą chodnika zaleca się wykonać przed sezonem zimowym roku 2022 lub wiosną roku 2023.

4. Korozja balustrad i innych elementów metalowych

Uszkodzenia te należy naprawić poprzez czyszczenie mechaniczne i naniesienie powłok ochronnych.

Prace te należy wykonywać na bieżąco w ramach prac konserwacyjnych.

5. Ubytki betonu i korozja odsłoniętego zbrojenia biegu schodowego

Uszkodzenia zaprezentowane na Fot. 9 i 10 należy usunąć przez czyszczenie (piaskowaniem), uzupełnienie ewentualnych ubytków zbrojenia, naniesienie warstw szpachli i zapraw naprawczych warstwami (reprofilacja).

Prace te należy wykonać przed sezonem zimowym roku 2022.

6. Zarysowania belek konstrukcji najazdu

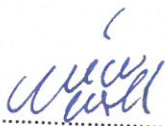
Zarysowania belek konstrukcji podjazdu nie wynikają z przeciążenia, ale z technologii. Ze względu na charakter rys można stwierdzić, że powstały w stadium dojrzewania betonu i mają podłoże termiczno-skurczowe. Na obecnym etapie zaleca się makroskopową obserwację rys w czasie przeglądów okresowych.

7. W przypadku gdy daty graniczne napraw nie zostały ściśle określone w niniejszym opracowaniu, należy je zaproponować na podstawie przyszłych przeglądów okresowych konstrukcji.

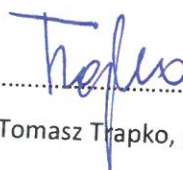
8. W przypadku pytań i wątpliwości proszę kontaktować się z autorami niniejszego opracowania.

9. W przypadku stwierdzenia niepokojących objawów w konstrukcji (nadmierne deformacje, zarysowania itp.) należy niezwłocznie powiadomić autorów niniejszego opracowania bądź służby budowlane.

Opracowali:



dr inż. Michał Musiał



dr hab. inż. Tomasz Trapko, prof. uczelni

Wrocław, 27 czerwiec 2022 r.