

TEMAT OPRACOWANIA:

**Opinia techniczna dotycząca spękań tunelu
pomiędzy budynkami 1141 i 1153 na terenie
Exploseum przy ul. Alfreda Nobla w Bydgoszczy.**

OBIEKT :

Tunel pomiędzy budynkami 1141 i 1153

ADRES :

**Exploseum w Bydgoszczy
ul. Alfreda Nobla
85-001 Bydgoszcz
nr ew. działki 2/92 obr. ew. 133**

ZLECAJĄCY:

**Muzeum Okręgowe
im. Leona Wyczółkowskiego w Bydgoszczy
ul. Gdańska 4
85 - 006 Bydgoszcz**

AUTOR OPRACOWANIA:

inż. Danuta Rygielska

inż. Danuta Rygielska
rzecznawca budowlany
zaświadczenie GP-RZ-8386/14/92
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
upr bud. nr NB-W-7210/162/78
Członek Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby
Inżynierów Budownictwa KUP/EO/2180/01

DATA:

19.12.2019r.

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

- 1.0. Wstęp
- 2.0. Dane o obiekcie
- 3.0. Opis techniczny
- 4.0. Ocena stanu technicznego tunelu
- 5.0 Ocena wytrzymałości betonu na podstawie badań sklerometrycznych betonu
- 6.0 Przyczyny powstałych rys i spękań
- 7.0 Wnioski i zalecenia

str. 1 - 6

Załączniki :

- Zał. nr 1 Szkic sytuacyjny 7
- Zał. nr 2 Szkic sytuacyjny tunelu-łącznika 8
- Zał. nr 3 Dokumentacja fotograficzna 9 - 20
- Zał. nr 4 Dziennik pomiarów sklerometrem Schmidta 21

OPINIA TECHNICZNA

1.0 WSTĘP

1.1 Przedmiot opinii technicznej

Przedmiotem opinii technicznej jest tunel - łącznik pomiędzy budynkami 1141 i 1153 zlokalizowany na terenie Explozeum przy ul. Alfreda Nobla w Bydgoszczy.

1.2 Cel opinii technicznej

Celem opinii jest ocena stanu technicznego tunelu

1.3 Podstawy formalne i merytoryczne

1.3.1 Podstawą formalną jest umowa zlecenie nr Da.08.19 zawarta w dniu 04.12.2019 r. z Muzeum Okręgowym im. Leona Wyczółkowskiego w Bydgoszczy.

1.3.2 Wizje lokalne przeprowadzone w dniach 5.03.2019 r. , 19.03.2019 r. , 25.06.2019 r. , 23.10.2019 r. , 12.12.2019 r. w trakcie których :

- a) przeprowadzono oględziny obiektu
- b) wykonano dokumentację fotograficzną
- c) zinwentaryzowano uszkodzenia tunelu
- d) wykonano badania nieniszczące sklerometryczne betonu elementów konstrukcji tunelu

1.3.3 Informacje uzyskane od użytkownika dotyczące uszkodzeń.

1.3.4 Dokumentacja archiwalna udostępniona przez użytkownika obiektu

- Projekt powykonawczy architektury budynku 1141 Skansenu Architektury Przemysłowej wraz z podziemną trasą turystyczną oraz Muzeum zakładów Zbrojeniowych DAG Fabrik w Bydgoszczy sporządzony przez Pracownię projektową KLECZKOWSKI – ARCHITEKT ul. Sarnia 23, Gdynia w miesiącu lutym 2010 r.
- Projekt powykonawczy architektury budynku 1153 Skansenu Architektury Przemysłowej wraz z podziemną trasą turystyczną oraz Muzeum Zakładów Zbrojeniowych DAG Fabrik w Bydgoszczy sporządzony przez pracownię Projektową Kleczkowski – Architekt ul. Sarnia 23 Gdynia w lutym 2010 r.
- Opinia Techniczna dotycząca uszkodzeń konstrukcji tunelu-łącznika 1141—1153 znajdującego się na terenie Skansenu Architektury Przemysłowej wraz z podziemną trasą turystyczną oraz Muzeum Zakładów Zbrojeniowych DAG Fabrik w Bydgoszczy opracowana przez mgr inż. Zbigniewa Woziwodzkiego w miesiącu lutym 2013 r.

2.0 DANE O OBIEKCIE

- Przedmiotowy tunel – łącznik łączący ze sobą budynki 1141 i 1153, usytuowany jest na terenie dawnej poniemieckiej fabryki DAG Bromberg obecnie należącym do Muzeum Okręgowego im. Leona Wyczółkowskiego w Bydgoszczy.

- Tunel jest jednym z wielu tuneli znajdujących się na terenie poniemieckiej fabryki, które łączą ze sobą poszczególne budynki i obecnie stanowią trasę dla osób zwiedzających obiekt.
- Tunele wraz z budynkami zostały zbudowane przez Niemców w okresie II Wojny Światowej. Obiekty te w czasie wojny należały do fabryki materiałów wybuchowych.
- Tunel jak i budynki znajdujące się na terenie Explozeum były nieużytkowane i nieremontowane przez kilkadziesiąt lat, to jest od czasu zakończenia II Wojny Światowej do 2010 r. kiedy to przeprowadzono roboty remontowe związane ze zmianą funkcji obiektu na cele muzealne.
- Obiekt obecnie jest wyposażony w instalację elektryczną oświetleniową.

3.0. OPIS TECHNICZNY

3.1. Dane ogólne

Tunel – łącznik jest obiektem wykonanym w technologii monolitycznej.

Długość tunelu wynosi ponad 50 m.

Tunel zlokalizowany jest w zalesionym nierównym terenie.

Część tunelu przy budynku 1141 jest obiektem podziemnym, w części środkowej tunel jest do połowy wysokości ścian zagłębiony w gruncie, a część tunelu przy budynku 1153 na długości około 16 m jest obiektem nadziemnym podpartym słupami. (Zał. nr 2)

3.2 Opis szczegółowy tunelu-łącznika

Konstrukcja tunelu - łącznika żelbetowa skrzynkowa, składa się z płyty dennej, ścian bocznych i płyty stropowej.

Tunel na całej swej długości ponad 50 m nie jest zdylatowany.

Ściany i strop tunelu są nieotynkowane, widoczne są na elementach ślady deskowania.

Płyta denna jest zatarta „na gładko”.

W ścianach oraz w stropie od strony wewnętrznej tunelu osadzone są kształtowniki stalowe.

Część nadziemna:

Szerokość tunelu w świetle ścian - 1.40 m.

Grubość elementów konstrukcji: płyty dennej, ścian bocznych i płyty stropowej - około 25 cm.
(według Opinii technicznej wykonanej w lutym 2013 r.)

Strop tunelu od góry pokryty jest papą bitumiczną.

Część nadziemna tunelu opiera się na ścianie budynku 1153 i dwóch słupach żelbetowych o wymiarach 0.50 m x 1.80 m.

Część podziemna:

Szerokość tunelu w świetle ścian - 1.40 m

Wysokość tunelu – 2.30 m

4.0 OCENA STANU TECHNICZNEGO TUNELU

Ocenę stanu technicznego przeprowadzono w oparciu o szczegółowe oględziny, które udokumentowano dokumentacją fotograficzną (zał. nr 3).

Na całej długości tunelu na ścianach, stropie i posadzce widoczne są ślady po przeprowadzonych naprawach wykonanych podczas prac remontowych w 2010 r. w miejscach gdzie występowały rysy, spękania i ubytki betonu.

W dwóch miejscach stwierdzono, że uszkodzenia pojawiły się ponownie. Jedno w części podziemnej tunelu, a drugie w części nadziemnej tunelu przy budynku 1153.

4.1 Część podziemna tunelu

Podczas oględzin stwierdzono, że w połowie długości części podziemnej tunelu wystąpiły rysy na ścianach, stropie i w dolnej płycie w miejscach napraw wykonanych w 2010 r. (fot. nr 1) Podczas remontu pęknięcia w ścianach, stropie oraz w płycie dennej tunelu zostały wypełnione zaprawą. Naprawiane pęknięcia były nieregularne miały szerokość 20 – 35 mm (fot. nr 1,2,4,6,8) i przechodziły przez całą grubość elementów tunelu.

Powstałe nowe rysy mają rozwarście od 1,4 mm do 4 mm (fot. nr 3,5,7,9)

W wytypowanych miejscach na elementach tunelu wykonano badania nieniszczące sklerometryczne betonu. Wyniki badań przedstawiono w dzienniku pomiarów (zał. nr 4)

4.2 Część nadziemna tunelu przy budynku 1153.

Widok części nadziemnej tunelu od strony zewnętrznej pokazano na fot. nr 10, 12,13)

W części tunelu pomiędzy podporą tunelu, którą stanowi żelbetowy słup, a budynkiem w płycie dennej oraz na ścianach stwierdzono występowanie rys i spękań. Uszkodzenia te pojawiły się w miejscach starych rys i spękań. Spękania w trakcie remontu w 2010 r. wypełniono materiałem elastycznym, a rysy sztywną zaprawą. (fot. nr 14,15,16,17,18)

Powstałe rysy mają rozwarście od 1.2 mm do 2 mm i znajdują się na krawędzi spękań wypełnionych materiałem elastycznym (fot. nr 15,16,17,18).

Spękania w płycie dennej oraz na styku ścian tunelu ze ścianą budynku przechodzą przez całą grubość tych elementów.

Na ścianie tunelu stwierdzono rysy ukośne szerokości do 0.9 mm. (fot. nr 19,20)

Na fot. nr 19 pokazano miejsce na ścianie gdzie beton powierzchniowo uległ rozwarstwieniu.

Od strony zewnętrznej tunelu fot. nr 11,12 w miejscu styku płyty dennej ze ścianą widoczne są rysy, spękania i ubytki betonu. W miejscach ubytków betonu widać skorodowane zbrojenie. Papa stanowiąca pokrycie płyty stropowej jest nieuszkodzona.

Na ścianach widoczne są zacieki, porosty mchu i glony. Woda opadowa w części nadziemnej tunelu spływa po ścianach (fot. nr 11)

W wytypowanych miejscach na elementach tunelu wykonano badania nieniszczące sklerometryczne betonu. Wyniki badań przedstawiono w dzienniku pomiarów (zał. nr 4)

5.0 OCENA WYTRZYMAŁOŚCI BETONU NA PODSTAWIE BADAŃ SKLEROMETRYCZNYCH BETONU

Badania nieniszczące konstrukcji tunelu przeprowadzono młotkiem Schmidta typu normalnego.

Badaniom poddano elementy konstrukcji tunelu.

Wyniki przeprowadzonych badań zawiera dołączony do opracowania dziennik pomiarów. (zał. nr 4)

Badania sklerometryczne przeprowadzone były przy zachowaniu obowiązujących zasad podanych w opracowanej przez ITB Instrukcji stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli betonu w konstrukcji.

Na podstawie przeprowadzonych badań sklerometrycznych ustalono, że beton w badanych elementach konstrukcji tunelu jest klasy C 12/15 (B15)

6.0 PRZYCZYNY POWSTAŁYCH RYS I SPEKAŃ

Część podziemna tunelu

- Prawdopodobną przyczyną powstania pęknięć o szerokości 20 do 35 mm w płycie dennej, ścianach i stropie tunelu jest brak dylatacji konstrukcji tunelu. Cały tunel ma długość ponad 50.0 m w tym część podziemna ma długość około 20.0 m, część nadziemna ma długość około 16.0 m, a w pozostałej części tunelu tylko ściany są obsypane gruntem. Powstałe pęknięcia stanowią dylatację kompensującą ruchy termiczne długiego tunelu. Podczas remontu w 2010 r. pęknięcia w elementach tunelu wypełniono sztywnym materiałem (zaprawą). Po naprawie sztywną zaprawą pęknięcia uległy odnowieniu lecz w mniejszej skali. Obecnie szerokość rozwarcia rys wynosi od 1.4 mm do 4 mm. Nie ma możliwości ustalenia kiedy powstały pęknięcia tunelu. Można przypuszczać, że mogły powstać już na etapie realizacji obiektu, kiedy tunel nie był obsypany gruntem i był na całej długości narażony na bezpośrednie działanie warunków atmosferycznych. Dylatacja służy do rozdzielenia konstrukcji na części swobodnie zmieniające swoje wymiary poziome wywołane zmianą temperatury i wpływem skurczu. Drugim celem dylatacji jest rozdzielenie budynku na części swobodnie osiadające. Przyczyną zarysowań może być też nierównomierne osiadanie podłoża wynikające z różnego uwarstwienia podłoża jak i zmienności podłoża gruntowego na całej długości tunelu. Mogła też nastąpić zmiana składu i struktury gruntu wywołana przedostaniem się do niego substancji technologicznych. Takie zjawiska występują w przemyśle chemicznym. Trudno odnieść się do warunków gruntowo-wodnych występujących w podłożu fundamentów tunelu, gdyż użytkownik obiektu nie posiada dokumentacji geologicznej.

Część nadziemna tunelu przy budynku nr 1153

- Jedną z przyczyn powstałych uszkodzeń jest brak dylatacji termicznej konstrukcji tunelu. Część nadziemna tunelu – łącznika jest szczególnie narażona na działanie warunków atmosferycznych. Brak dylatacji uniemożliwił swobodną zmianę wymiarów poziomych elementów tunelu wskutek zmian temperatury co spowodowało powstanie uszkodzeń.
- Mogły być też inne przyczyny powstałych uszkodzeń konstrukcji tunelu. Użytkownik nie posiada żadnej dokumentacji archiwalnej tunelu. Nie wiadomo w jaki sposób połączono elementy tunelu z podporami – z budynkiem i słupem, jakie przyjęto schematy statyczne, czy uwzględniono przy projektowaniu konstrukcji to, że tunel w miejscu podparcia na słupie jest załamany i zmienia kierunek. Nie wiadomo również jak zostały zabrozone poszczególne elementy konstrukcji. Trudno odnieść się do warunków gruntowo-wodnych występujących w podłożu fundamentów tunelu, gdyż użytkownik obiektu nie posiada dokumentacji geologicznej.

7.0 WNIOSKI I ZALECENIA

Na podstawie przeprowadzonych oględzin tunelu, wykonanych badań sklerometrycznych nieniszczących betonu, monitorowania rys i spękań w elementach tunelu w okresie od marca do grudnia 2019 r. stwierdzono, że :

7.1. Część podziemna tunelu

- W połowie długości tunelu w elementach konstrukcji w miejscach naprawianych spękań podczas remontu 2010 r. stwierdzono ponownie rysy o szerokości 1.4 mm do 4 mm przebiegające przez całą grubość elementów ścian, płyty dennej i stropowej. Spękania są samoczynnie wytworzoną przez konstrukcję tunelu dylatacją, która kompensuje ruchy termiczne długiego tunelu (ponad 50.0 m) Spękania podczas remontu w 2010 r. zostały wypełnione sztywną (nieelastyczną) zaprawą. Na podstawie przeprowadzonego monitoringu można stwierdzić, że rozwartość rys nieznacznie zmieniała się w poszczególnych porach roku co świadczy o tym, że zarysowania ustabilizowały się.
- Na podstawie przeprowadzonych badań sklerometrycznych ustalono, że beton w badanych elementach konstrukcji tunelu jest klasy C 12/15 (B15) co świadczy o tym, że beton ma niską wytrzymałość i tym samym ma małą odporność na działanie wilgoci.
- Rysy, które ponownie powstały w miejscach naprawianych spękań konstrukcji tunelu nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa ludzi.
- Zaleca się dalsze monitorowanie zachowania spękań i zarysowań na elementach tunelu.

7.2 Część nadziemna tunelu - łącznika przy budynku 1153

- Spękania występujące na całym obwodzie w styku tunelu z budynkiem podczas remontu w 2010 r. wypełnione zostały od wewnątrz materiałem elastycznym. W tych miejscach pojawiły się ponownie rysy o szerokości do 2 mm. Spękania te widoczne są również od zewnątrz tunelu.
- W płycie dennej tunelu w przeszłości pomiędzy słupem a budynkiem stwierdzono ukośne spękanie szerokości 20-30 mm przebiegające przez całą długość przeszły i przechodzące przez całą grubość płyty. Spękanie to podczas remontu w 2010 r. zostało wypełnione betonem oraz materiałem elastycznym. W miejscu naprawionego spękania stwierdzono rysę o szerokości 1.2 mm. Spękanie to widoczne jest również od zewnątrz tunelu. Na płycie dennej od zewnątrz stwierdzono ubytki i odspojenia betonu. W miejscach ubytków widoczne jest skorodowane zbrojenie płyty.
- Wskutek postępującej erozji odspojone kawałki betonu od ściany i płyty dennej tunelu odpadają z dużej wysokości i stanowią zagrożenie dla osób przebywających w bezpośrednim sąsiedztwie tunelu. Należy w trybie pilnym wygrodzić teren wokół zagrożonego miejsca.
- Nie wiadomo od kiedy pręty zbrojenia płyty dennej są odsłonięte - pozbawione otuliny betonowej i kiedy rozpoczął się proces korozji stali. Budynek od czasu zakończenia II Wojny Światowej czyli przez kilkadziesiąt lat był nieużytkowany.

Zagrożeniem dla elementów konstrukcyjnych są ubytki warstwy betonowej odsłaniające stalowe zbrojenie, którego postępująca korozja powoduje zwiększenie objętości stali, rozsadzanie elementu i umożliwia wnikanie wody opadowej, co przyspiesza degradację konstrukcji.

Nie wiadomo w jakim stopniu korozja zniszczyła pręty zbrojenia dlatego niezbędne jest odkrycie prętów w celu dokonania oceny ich stanu technicznego.

- Erozja betonu i korozja prętów zbrojenia w elementach konstrukcji tunelu spowodowała obniżenie nośności konstrukcji.
- Ze względu na prawdopodobieństwo istnienia zagrożenia awarią budowlaną niezbędne jest wykonanie w trybie pilnym ekspertyzy technicznej części nadziemnej tunelu.
- Dopuszcza się możliwość dalszego użytkowania tunelu do czasu wykonania ekspertyzy, niezbędne jest jednak monitorowanie zachowania spękań i zarysowań na elementach tunelu.

Bydgoszcz, grudzień 2019 r.

Opracowała:



inż. Danuta Rygielska
rzecznawca budowlany
zaświadczenie GP-RZ-8386/14/92
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
upr. bud. nr NB-W-7210/162/78
Członek Kujawsko-Pomorskiej Okręgowej Izby
Inżynierów Budownictwa KUP/EO/2180/01



Projekt: **Projekt Budowlany**
 Projektant: **Biuro Projektowe "K"**
 Data: **01.01.2017**

Wzrost: **1,70 m**
 Ciężar ciała: **70 kg**
 Ciężar ciała: **70 kg**

Wzrost: **1,70 m**
 Ciężar ciała: **70 kg**
 Ciężar ciała: **70 kg**

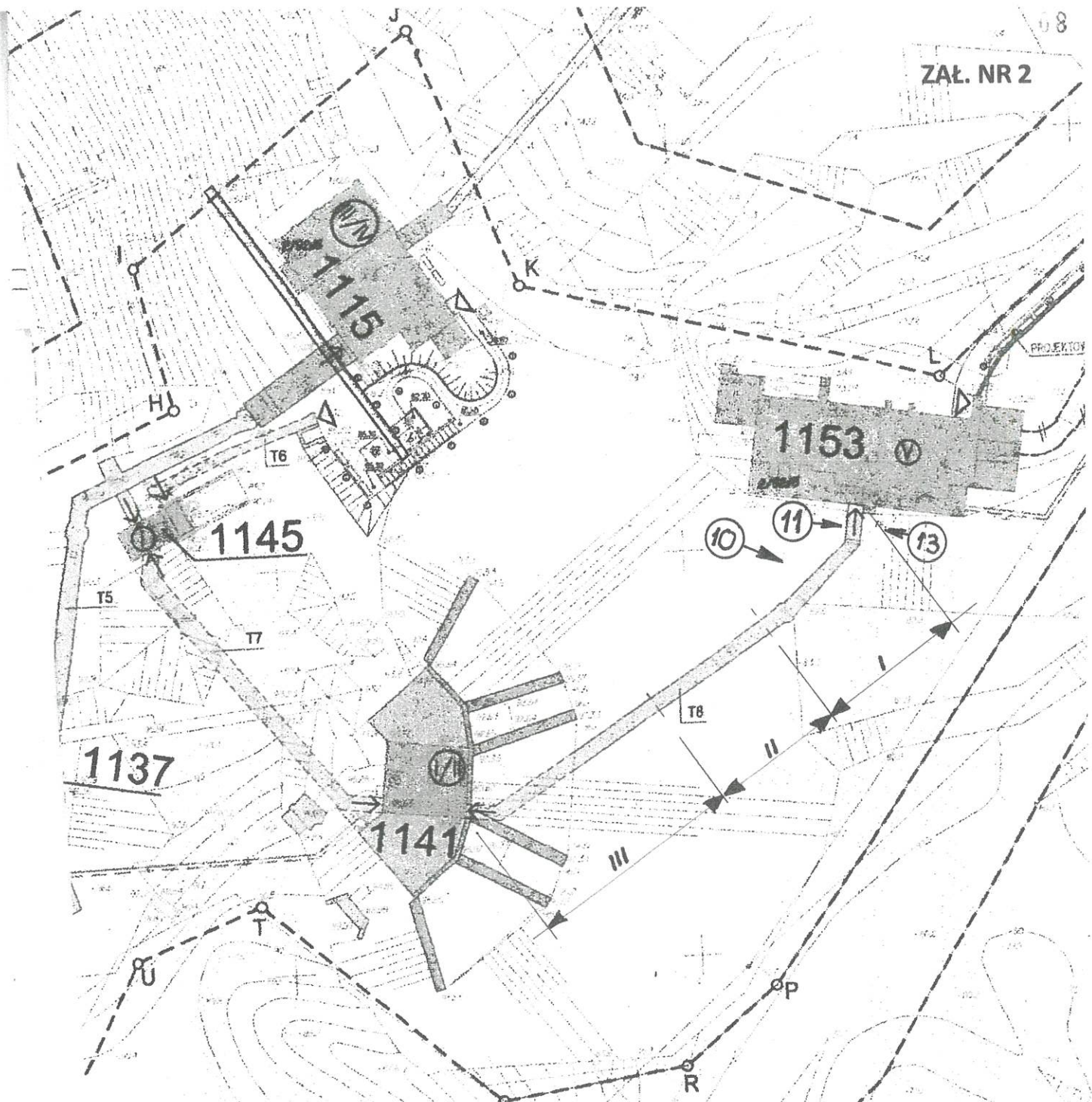
Wzrost: **1,70 m**
 Ciężar ciała: **70 kg**
 Ciężar ciała: **70 kg**

Wzrost: **1,70 m**
 Ciężar ciała: **70 kg**
 Ciężar ciała: **70 kg**

Wzrost: **1,70 m**
 Ciężar ciała: **70 kg**
 Ciężar ciała: **70 kg**

Wzrost: **1,70 m**
 Ciężar ciała: **70 kg**
 Ciężar ciała: **70 kg**

SZKIC SYTUACYJNY



**SZKIC SYTUACYJNY TUNELU – ŁĄCZNIKA
MIĘDZY BUDYNKAMI NR 1141 I 1153**

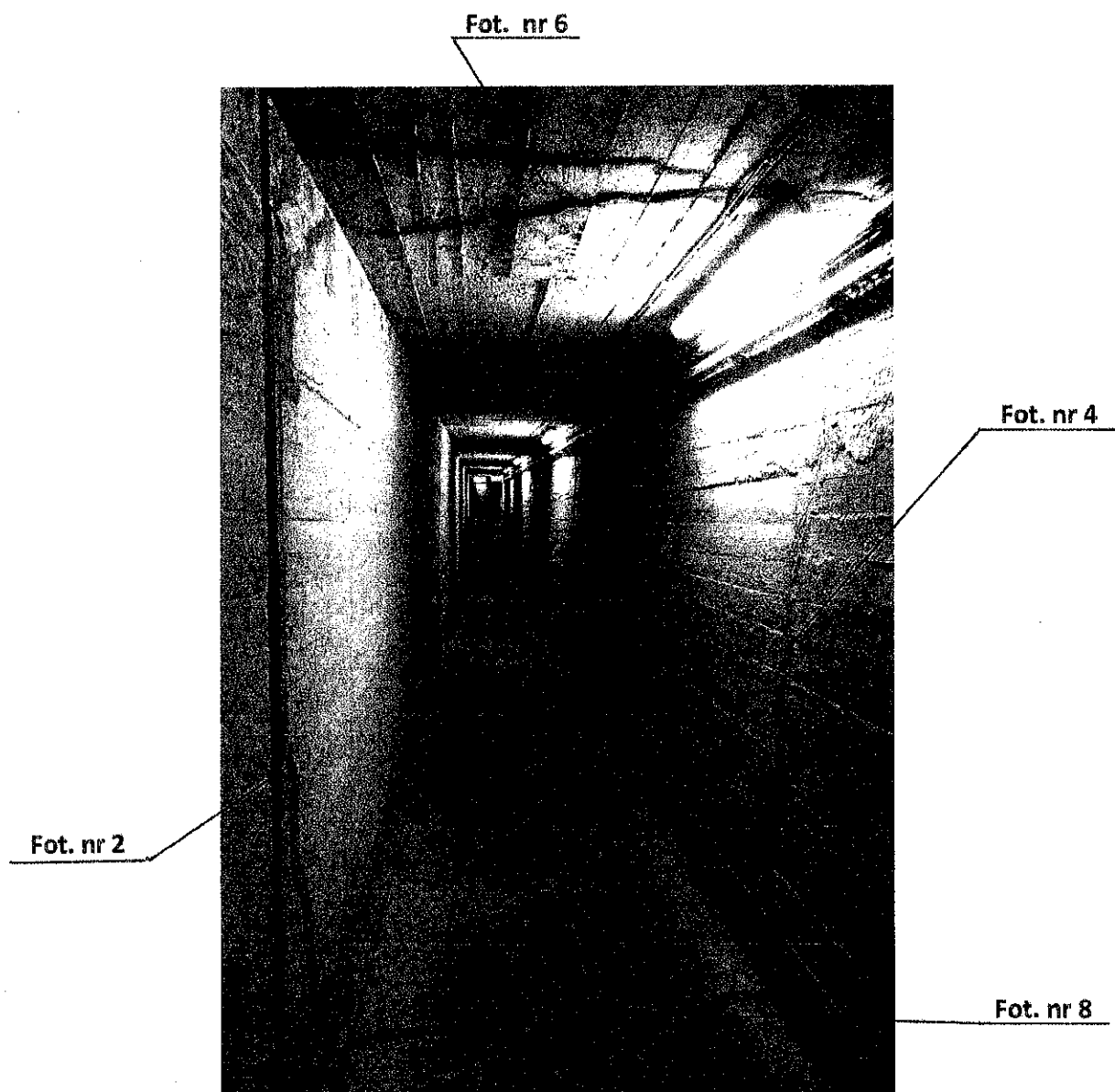
OZNACZENIA :

- I - Tunel- łącznik część nadziemna
- II - Tunel częściowo obsypany gruntem
- III - Tunel, część podziemna

⑬ - nr fotografii

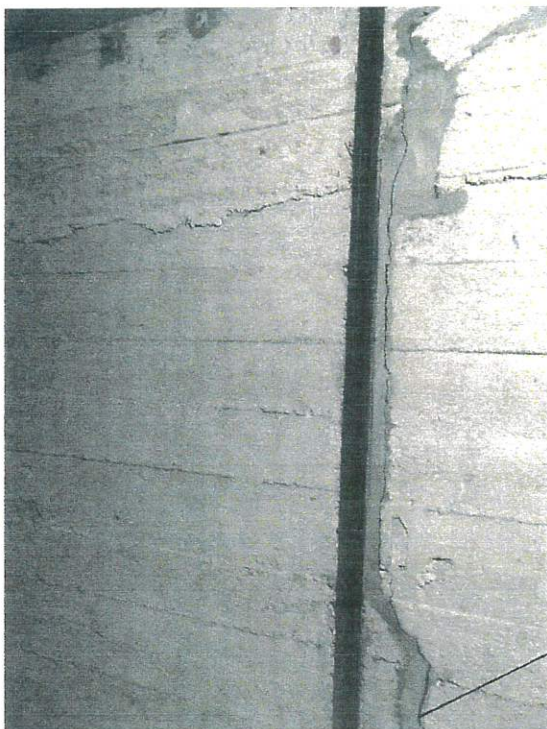
DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

- fotografie nr 1 - 9 - część podziemna tunelu
- fotografie nr 10 – 20 - część nadziemna tunelu - łącznika



Fot. nr 1

Fragment części podziemnej tunelu – nowe rysy które powstały wzdłuż naprawianych w 2010 r. spękań w ścianach, stropie oraz dennej płycie. Szczegóły uszkodzeń pokazano na fot. nr 2,4,6,8



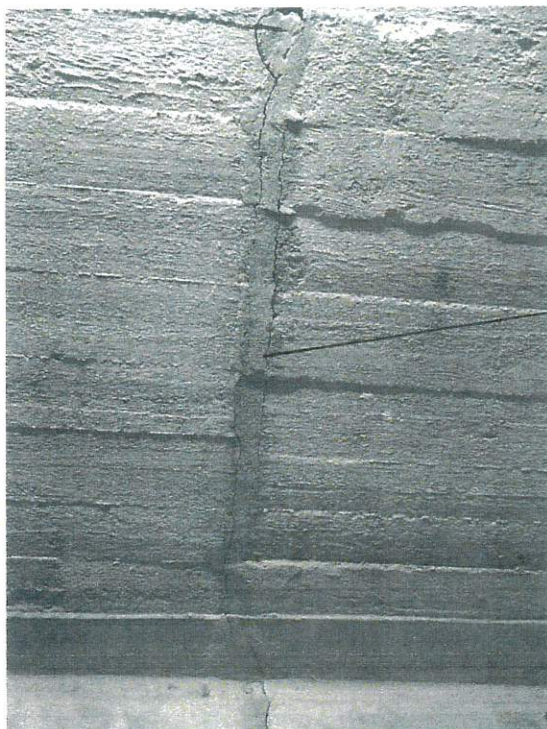
Fot. nr 3

Fot. nr 2

Tunel – fragment ściany – rysa pionowa szer. do 4,0 mm w miejscu starego naprawianego spękania



Fot. nr 3



Fot. nr 5

Fot. nr 4

Tunel – fragment ściany – rysa pionowa szer. do 2,0 mm w miejscu starego naprawianego spękania



Fot. nr 5



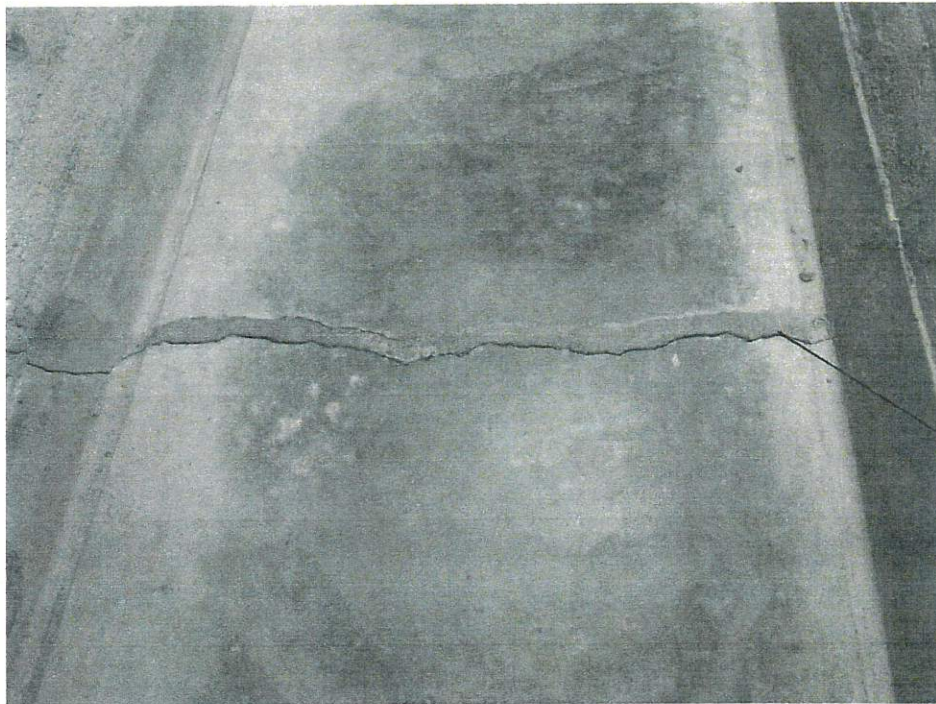
Fot. nr 7

Fot. nr 6

Tunel – fragment stropu – rysy poprzeczne szerokości do 1,4 mm w miejscu starego naprawianego spękania



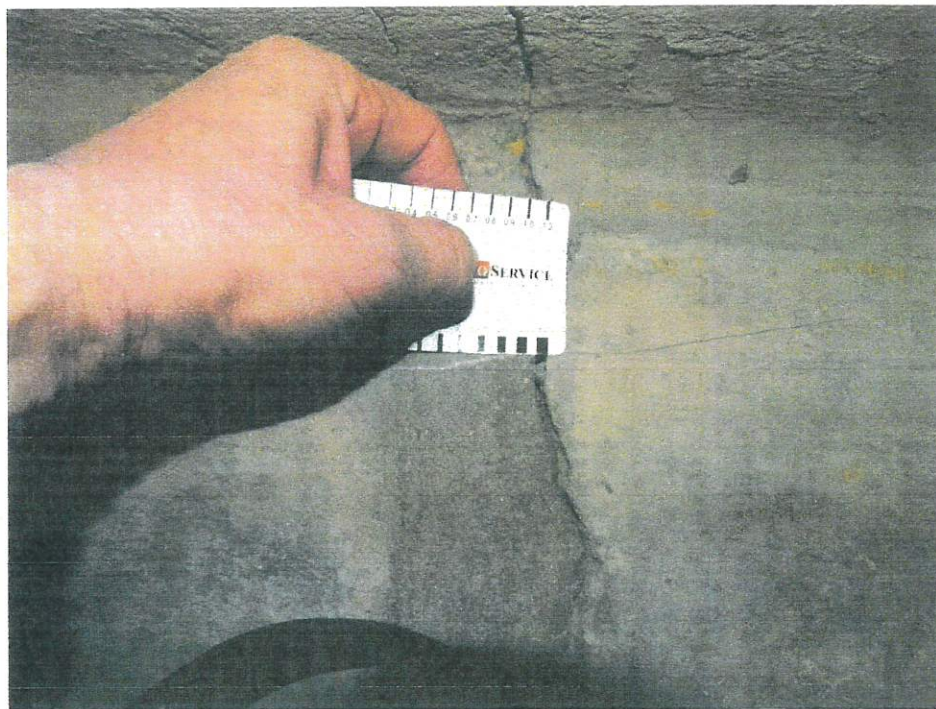
Fot. nr 7



Fot. nr 9

Fot. nr 8

Tunel – fragment dolnej płyty – rysa poprzeczna szerokości do 4,0 mm w miejscu starego naprawianego spękania



Fot. nr 9



Fot. nr 10

Część nadziemna tunelu - łącznika przy budynku nr 1153 od strony zachodniej.



Fot. nr 12

Fot. nr 11

Fragment części nadziemnej tunelu - łącznika od strony zachodniej przy budynku nr 1153. Uszkodzenia płyty dennej i szczeliny na styku tunelu z budynkiem.



Fot. nr 12

Uszkodzenia płyty przy słupie. W miejscu ubytku betonu odłonięte, skorodowane zbrojenie.



Fot. nr 13

Fragment części nadziemnej tunelu – łącznika od strony wschodniej przy budynku nr 1153. Uszkodzenia płyty dennej oraz szczeliny i spękania na styku tunelu z budynkiem.



Fot.nr 19

Fot. nr 16

Fot.nr 17

Fot. nr 15

Fot. nr 14

Fragment wnętrza części nadziemnej tunelu - łącznika przy budynku nr 1153. Spękania i rysy w płycie dennej . Szczegóły uszkodzeń pokazano na fotografiach nr 15,16,17,19



Fot. nr 15

Fragment płyty dennej. W spękaniu o szerokości 10 mm widoczne wypełnienie z materiału plastycznego. Na krawędzi spękania rysy o szerokości do 1.2 mm.



Budynek nr 1153

Tunel-łącznik

Fot. nr 16

Rysy szerokości do 1.6 mm w płycie dennej na styku tunelu - łącznika z budynkiem nr 1153.

Budynek nr 1153



Tunel-łącznik

Fot. nr 17

Fragment ściany tunelu - łącznika w miejscu styku ze ścianą budynku nr 1153. W szczelinie o szerokości 15 mm widoczne wypełnienie z materiału plastycznego. Na krawędzi spękań rysy o szerokości do 1.2 mm.

Budynek nr 1153



Tunel-łącznik

Fot. nr 18

Fragment sufitu tunelu w miejscu styku tunelu z budynkiem nr 1153. W szczelinie dylatacyjnej szerokości 15 mm widoczne wypełnienie z materiału plastycznego. Na krawędzi szczeliny rysy szerokości do 2 mm.



Fot. nr 20

Fot. nr 19

Fragment ściany tunelu - łącznika przy budynku nr 1153. Widoczne ukośne rysy o szerokości 0.9 mm



Fot. nr 20

Obiekt : Skansen Architektury Przemysłowej wraz z
Podziemną Trasą Turystyczną oraz Muzeum
Zakładów Zbrojeniowych DAG Fabrik

Data badania : 26.03.2019 r.

Element : Tunel – łącznik budynków 1141 i 1153
Płyta denna, ściany, strop

Sklerometr : N-34, nr 112844

Wiek betonu > 1000 dni

| P-kt | Kąt L | Odczyt L | | | | | Li | Li dla L=0 | Li - L | (Li-L) ² |
|------|-------|----------|----|----|----|----|------|---------------|--------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| 1 | 90 | 40 | 42 | 41 | 42 | 41 | 41.2 | 33.2 | -2.0 | 4.0 |
| 2 | 90 | 42 | 41 | 40 | 43 | 40 | 41.2 | 33.2 | -2.0 | 4.0 |
| 3 | 90 | 39 | 40 | 41 | 42 | 39 | 40.2 | 32.8 | -1.6 | 2.6 |
| 4 | 90 | 39 | 39 | 42 | 40 | 43 | 40.6 | 33.0 | -1.8 | 3.2 |
| 5 | 0 | 27 | 31 | 26 | 31 | 33 | 29.6 | 29.6 | 1.6 | 2.6 |
| 6 | 0 | 28 | 28 | 31 | 30 | 32 | 29.6 | 29.6 | 1.6 | 2.6 |
| 7 | 0 | 30 | 31 | 28 | 29 | 31 | 29.8 | 29.8 | 1.4 | 2.0 |
| 8 | 0 | 31 | 30 | 29 | 32 | 30 | 29.4 | 29.4 | 1.8 | 3.2 |
| 9 | 0 | 30 | 33 | 32 | 32 | 30 | 31.4 | 31.4 | -0.2 | 0.0 |
| 10 | 0 | 29 | 28 | 30 | 31 | 32 | 30.0 | 30.0 | 1.2 | 1.4 |
| 11 | 0 | 30 | 32 | 30 | 32 | 30 | 30.8 | 30.8 | 0.4 | 0.2 |
| 12 | 0 | 34 | 31 | 30 | 33 | 30 | 31.6 | 31.6 | -0.4 | 0.2 |
| | | | | | | | | 374.4 | 0.2 | 26.0 |

$$L = 374.4 / 12 = 31.2$$

$$SR = 3.1 \text{ MPa}$$

$$S_1 = \sqrt{26.0 / 11} = 1.54$$

$$VR = 13.40 \%$$

$$V_1 = 1.54 / 31.2 \times 100 = 4.93 \%$$

$$KR = 0.78$$

$$R = 23.4 \text{ MPa}$$

Jednorodność betonu :

$$R_{min} = 18.3 \text{ MPa}$$

b. dobra

Przyjęto współczynnik poprawkowy ze względu na wiek betonu - 0.65, stąd $23.4 \times 0.65 = 15.21 \text{ MPa}$. Przyjęto, że beton jest klasy C 12/15 (B15)