Jerzy Jasieńko, Marta Moczko, Andrzej Moczko, Renato Dżugaj

Badania cech mechanicznych i fizycznych betonu w dolnym pierścieniu obwodowym kopuły Hali Stulecia we Wrocławiu

Testing the mechanical and physical properties of concrete in the bottom perimeter ring of the dome of the Centennial Hall in Wrocław

1. Wprowadzenie

Hala Stulecia, niezwykłe dzieło niemieckiego architekta i konstruktora Maxa Berga, została wzniesiona we Wrocławiu w 1912 roku przez niemiecką firmę budowlaną „Dyckerhoff & Widmann". Obiekt ten, w obecności następcy tronu cesarskiego, księcia Wilhelma, został oddany do użytku w 1913 roku, jako główna atrakcja Wystawy Stulecia, mającej uczcić setną rocznicę zwycięstwa nad Napoleonem. Wrocławska Hala Stulecia jest uznawana za perłę budownictwa betonowego i jeden z kamieni milowych budownictwa europejskiego. W dniu 13 lipca 2006 roku Hala Stulecia została wpisana na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO jako pionierskie osiągnięcie inżynierii i architektury XX stulecia (ryc. 1).

Jej rozmiary, uwzględniając okres czasu i warunki w jakich została wzniesiona, muszą budzić respekt [1]. Wysokość Hali wynosi 42 m, z czego 19 m przypada na podbudowę, a 23 m na właściwą kopułę. Średnica kopuły wynosi 65 m. Całość obiektu składa się z dwóch zasadniczych części (ryc. 2). Podstawę stanowi układ czterech głównych podpór, tworzących cztery arkady absyd o rozpiętości 41 m i wysokości 16,7 m. Górną część konstrukcji stanowi kopuła składająca się z 32 żelbetowych żeber opartych na rozciąganym pierścieniu głównym o średnicy 65 m, a u góry związanych w ściskanym pierścieniu betonowym o średnicy 14,4 m. Zasadniczym elementem pierścienia

1. Introduction

The Centennial Hall, a unique work of a German architect and constructor Max Berg, was erected in Wrocław in 1912, by the German construction firm "Dyckerhoff & Widmann". The object was opened to the public in 1913, in the presence of the heir to the imperial throne, Prince Wilhelm, as the main attraction of the Centennial Exhibition which was to celebrate the one hundredth anniversary of victory over Napoleon. The Centennial Hall in Wrocław is considered to be a pearl among concrete constructions and a milestone in European building. On July 13, 2006, the Centennial Hall was entered into the UNESCO World Heritage List as a pioneer achievement of engineering and architecture of the 20th century (fig. 1).

Its size, taking into account the period of time and conditions in which it was erected, must command respect [1]. The Hall is 42 m high, out of which substructure measures 19 m, and the proper dome measures 23 m. The dome diameter equals 65 m. The whole structure consists of two basic parts (fig. 2). The basis comprises a set of four main supports creating four arcades of apses with the span of 41 m and the height of 16.7 m. The main part of the structure is the dome consisting of 32 reinforced concrete ribs supported by a stretchable main ring measuring 65 m in diameter, and at the top bound in a compressed concrete ring measuring 14.4 m in diameter. The basic element of the

Praca dopuszczona do druku po recenzjach *Article accepted for publishing after reviews*

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

głównego, przenoszącym siły rozciągające od żeber kopuły, są dwie stalowe kratownice, ułożone poziomo jedna nad drugą i obetonowane. Tak utworzony betonowy pierścień obwodowy, wspierający kopułę Hali Stulecia, spoczywa na łożyskach, które stanowią naturalną dylatację oddzielającą kopułę od podbudowy.

Niniejsza praca stanowi podsumowanie wyników badań cech mechanicznych i fizycznych betonu w pierścieniu obwodowym, przeprowadzonych w drugiej połowie 2009 roku, w czasie robót remontowych elewacji tego obiektu (ryc. 3). Przedstawione wyniki dokumentują aktualne cechy mechaniczno-fizyczne betonu po upływie około 100 lat. Z jednej strony są one unikalnym źródłem informacji o jakości betonu z początku XX wieku, z drugiej zaś pozwalają na ocenę uwarunkowań trwałości tego tworzywa po upływie stulecia.

2. Opis badań

Badania poligonowe betonowego pierścienia obwodowego (ryc. 4) obejmowały w pierwszej kolejności dokonanie oceny aktualnej wytrzymałości betonu na ściskanie na podstawie badania odwiertów rdzeniowych, z uwzględnieniem kierunku betonowania oraz zmienności tej cechy po wysokości przekroju badanej konstrukcji. Przeprowadzone badania obejmowały ponadto ocenę wytrzymałości betonu na rozciąganie za pomocą metody „pull-off", oznaczenie nasiąkliwości badanego betonu oraz stopnia jego karbonatyzacji za pomocą testu fenoftaleinowego oraz „Rainbow-Test".

Opracowany program badawczy zakładał przeprowadzenie wszystkich zaplanowanych pomiarów w 10 miejscach pomiarowych, rozmieszczonych równomiernie na obwodzie badanego pierścienia, przy czym część badań przeprowadzono jedynie od strony zewnętrznej (prostopadle do kierunku betonowania), a część badań zarówno od strony zewnętrznej, jak i od góry (równolegle do kierunku betonowania). Szczegółową lokalizację poszczególnych miejsc pomiarowych zaznaczono na ryc. 5, przyjmując jako punkt odniesienia numerację poszczególnych żeber, stanowiących konstrukcję kopuły, opartej na badanym pierścieniu. W konsekwencji przyjęto następujące oznaczenia miejsc pomiarowych:

– miejsce pomiarowe nr 1 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 30 i 31,
– miejsce pomiarowe nr 2 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 5 i 6,
– miejsce pomiarowe nr 3 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 8 i 9,
– miejsce pomiarowe nr 4 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 11 i 12,

main ring transferring tension from the dome ribs, are two steel trusses located horizontally one over the other and concreted. The concrete perimeter ring created in this way, and supporting the dome of the Centennial Hall, lies on bearings which provide a natural expansion joint separating the dome from the substructure.

This work is a summary of test results of mechanical and physical properties of concrete in the perimeter ring conducted in the second half of 2009, during renovation work on the object elevation (fig. 3). The presented results document current mechanical and physical properties of concrete after almost 100 years have passed. On the one hand, they are a unique source of information about the quality of concrete from the beginning of the 20th century, while on the other, they allow for evaluation of durability conditions of the material after a century.

2. Test description

Field tests of the concrete perimeter ring (fig. 4) included, first, evaluating the current compressive strength of concrete on the basis of core boreholes, taking into account the direction of concreting and variability of this feature from the section height of the examined construction. The conducted tests included also assessing the tensile strength of concrete using the "pull-off" method, determining the absorbability of the examined concrete and the degree of its carbonatisaton using the phenolphthalein test and "Rainbow-Test".

The prepared research program assumed conducting all the planned measurements in 10 measurement spots, located uniformly along the perimeter of the ring in question, where some tests were carried out only on the outside (perpendicularly to the direction of concreting), and some were carried out both on the outside and along the top (parallel to the direction of concreting). Detailed location of particular measurement spots was marked in fig. 5, with numbers of particular ribs constituting the dome construction supported on the examined ring taken as reference points. Consequently, the following markings of measurement spots were adopted:

– measurement spot no 1 – ring fragment between ribs no 30 and 31,
– measurement spot no 2 – ring fragment between ribs no 5 and 6,
– measurement spot no 3 – ring fragment between ribs no 8 and 9,
– measurement spot no 4 – ring fragment between ribs no 11 and 12,

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

– miejsce pomiarowe nr 5 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 14 i 15,
– miejsce pomiarowe nr 6 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 16 i 17,
– miejsce pomiarowe nr 7 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 18 i 19,
– miejsce pomiarowe nr 8 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 21 i 22,
– miejsce pomiarowe nr 9 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 24 i 25,
– miejsce pomiarowe nr 10 – fragment pierścienia pomiędzy żebrami nr 27 i 28.

2.1. Badania odwiertów rdzeniowych

Dla uzyskania informacji o parametrach wytrzymałościowych betonu, z którego został wykonany badany pierścień, wycięto z niego, za pomocą wiertnicy koronowej, 20 odwiertów rdzeniowych o średnicy zbliżonej do 100 mm. Z pozyskanych odwiertów rdzeniowych wycięto próbki laboratoryjne o wymiarach h ≈ Ø ≈ 100 mm, które następnie poddano badaniom w maszynie wytrzymałościowej.

Ponieważ w każdym miejscu pomiarowym wycięto po dwa odwierty rdzeniowe – jeden od góry, a drugi z boku pierścienia od jego strony zewnętrznej – dla ich jednoznacznej identyfikacji przyjęto zasadę, że numer odwiertu, który został wycięty zgodnie z kierunkiem betonowania (z górnej powierzchni pierścienia) odpowiada numerowi danego miejsca pomiarowego. Natomiast numer odwiertu wyciętego w tym samym miejscu pomiarowym, ale prostopadle do kierunku betonowania, jest liczbą będącą sumą numeru miejsca pomiarowego i liczby 10. Na przykład oznaczenie danego odwiertu numerem 12 oznacza odwiert wycięty w miejscu pomiarowym nr 2 w kierunku prostopadłym do kierunku betonowania pierścienia.

Oznaczenia poszczególnych próbek do badań wytrzymałościowych przyjęto analogicznie do oznaczenia odwiertów, z których zostały one wycięte, przy czym uzależniono je także od głębokości, z której dana próbka została pobrana. Przykładowo:
– próbka **O-2/A** – oznacza próbkę betonu wyciętą z odwiertu **nr 2** i oznaczoną jako **A**, tzn. jest to próbka betonu z zewnętrznej warstwy badanego betonu o grubości około 10 cm;
– próbka **O-2/B** – oznacza próbkę betonu wyciętą z odwiertu **nr 2** i oznaczoną jako **B**, tzn. jest to próbka betonu pobrana z głębokości od około 10 cm do około 20 cm, licząc od powierzchni zewnętrznej;
– próbka **O-2/C** – oznacza próbkę betonu wyciętą z odwiertu **nr 2** i oznaczoną jako **C**, tzn. jest

– measurement spot no 5 – ring fragment between ribs no 14 and 15,
– measurement spot no 6 – ring fragment between ribs no 16 and 17,
– measurement spot no 7 – ring fragment between ribs no 18 and 19,
– measurement spot no 8 – ring fragment between ribs no 21 and 22,
– measurement spot no 9 – ring fragment between ribs no 24 and 25,
– measurement spot no 10 – ring fragment between ribs no 27 and 28.

2.1. Testing core bore-holes

In order to obtain information about the strength parameters of the concrete from which the examined ring had been made, 20 core bore-holes with the diameter approaching 100 mm were cut out from it, using a drilling rig. Laboratory samples measuring h ≈ Ø ≈ 100 mm, cut out from the obtained core bore-holes, were subjected to tests in the testing machine.

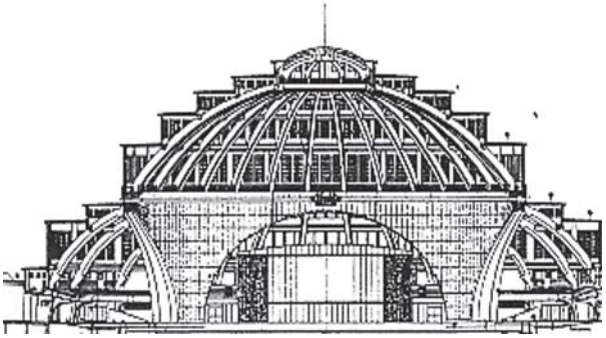
Since two core bore-holes were cut out from each measurement spot – one from the top, and the other from the outer side of the ring – for their uniform identification a rule was accepted that the number of the bore-hole which had been cut following the direction of concreting (from the upper surface of the ring) corresponds with the number of the given measurement spot. However, the number of the bore-hole which was cut out in the same measurement spot but perpendicularly to the direction of concreting is a sum of the number of the measurement spot and number 10. For instance, marking a given bore-hole with number 12 means that the bore-hole was cut out in measurement spot no 2 in the direction perpendicular to the direction of concreting the ring.

Identification of particular samples for strength tests was made analogically to the identification of bore-holes from which they had been cut out, but it also depended on the depth from which a given sample was taken. For instance:
– sample **O-2/A** – means a concrete sample cut out from core bore-hole **no 2** and marked as **A,** i.e. it is a concrete sample from the outer surface of the examined concrete approximately 10 cm thick;
– sample **O-2/B** – means a concrete sample cut out from core bore-hole **no 2** and marked as **B,** i.e. it is a concrete sample taken at the depth of app. 10 cm to app. 20 cm, measuring from the outer surface;
– sample **O-2/C** – means a concrete sample cut out from core bore-hole **no 2** and marked as **C,**

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Ryc. 1. Widok Hali Stulecia we Wrocławiu przed remontem
Fig. 1. View of the Centennial Hall in Wrocław before renovation



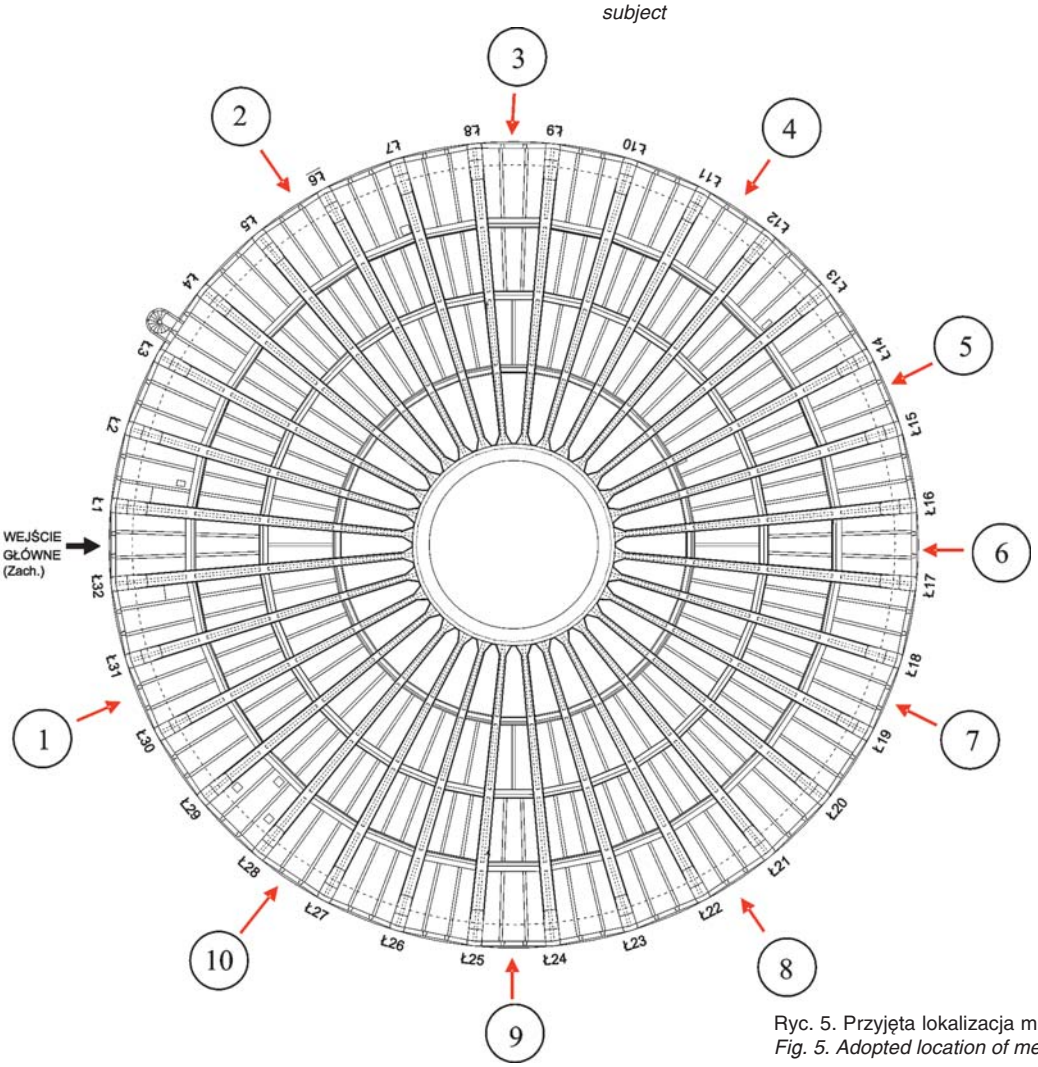
Ryc. 2. Schemat konstrukcyjny Hali Stulecia
Fig. 2. Construction scheme of the Centennial Hall



Ryc. 3. Widok Hali Stulecia w trakcie remontu w 2009 roku
Fig. 3. View of the Centennial Hall during renovation in 2009



Ryc. 4. Widok zewnętrznej powierzchni betonowego pierścienia będącego przedmiotem badań
Fig. 4. View of the outer surface of the concrete ring – the research subject

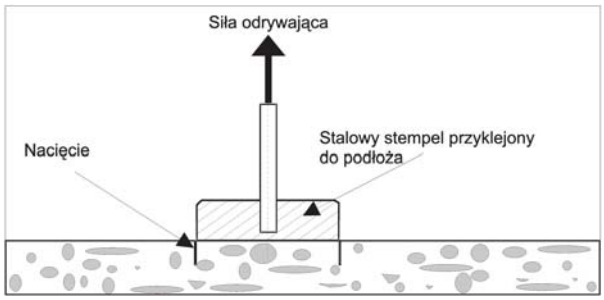


Ryc. 5. Przyjęta lokalizacja miejsc pomiarowych
Fig. 5. Adopted location of measurement spots

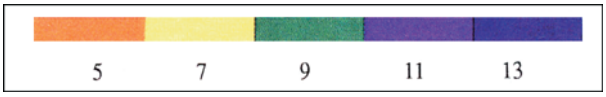
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Ryc. 6. Widok urządzenia o nazwie „DYNA" wykorzystanego do pomiaru wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie)
Fig. 6. View of the device called "DYNA" used for measuring the tensile strength of concrete (peel strength)



Ryc. 7. „Pull-off" – istota metody
Fig. 7. The "pull-off" method



Ryc. 8. „Rainbow-Test" – przyjęta skala kolorów
Fig. 8. "Rainbow-Test" – the accepted colour scale



Ryc. 9. Widok struktury badanego betonu na przykładzie odwiertu nr 10
Fig. 9. View of the examined concrete structure on the example of bore-hole no 10



Ryc. 10. Odwiert O-5 – głębokość karbonatyzacji około 63 mm
Fig. 10. Core bore-hole O-5 – depth of carbonatisation app. 63 mm



Ryc. 11. Odwiert O-13 – brak karbonatyzacji (pH ≥ 13)
Fig. 11. Core bore-hole O-13 – no carbonatisation (pH ≥ 13)



Ryc. 12. Odwiert O-10 – brak karbonatyzacji (pH ≥ 13)
Fig. 12. Core bore-hole O-10 – no carbonatisation (pH ≥ 13)

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

to próbka betonu pobrana z głębokości od około 20 cm do około 30 cm, licząc od powierzchni zewnętrznej.

Dla zapewnienia równoległości powierzchni czołowych badanych próbek, dostosowano je do badań za pomocą kapslowania nakładkami piaskowymi. Przy opracowaniu wyników badań zniszczeniowej wytrzymałości betonu na ściskanie próbek o wymiarach h ≈ Ø ≈ 100 mm, przyjęto następujące założenia:

– przyjęto, za Bukowskim [2], że zależność pomiędzy wytrzymałością na ściskanie oznaczoną na próbkach kostkowych o wymiarze „a" jest równa wytrzymałości uzyskanej na walcach o wysokości i średnicy równej „a" pomnożonej przez współczynnik równy 1,12,
– można więc przyjąć za prawdziwą następującą zależność:

$$\mathbf{R_{kostkowa}}\,(a = 100\ mm) =$$

$$= \mathbf{1{,}12\ R_{walcowa}}\,(h = Ø = 100\ mm)$$

– ponadto, zgodnie z [3] przyjęto zależność:

$$\mathbf{R_{kostkowa}}\,(a = 150\ mm) =$$

$$= \mathbf{0{,}9\ R_{kostkowa}}\,(a = 100\ mm)$$

– w konsekwencji uzyskano następującą zależność:

$$\mathbf{R_{kostkowa}}\,(a = 150\ mm) =$$

$$= \mathbf{1{,}12 \times 0{,}9\ R_{walcowej}}\,(Ø = 100\ mm)$$

czyli

$$\mathbf{R_{kostkowa}}\,(a = 150\ mm) \approx$$

$$\approx \mathbf{R_{walcowej}}\,(Ø = 100\ mm)$$

Badania wytrzymałościowe zostały przeprowadzone w Akredytowanym Laboratorium Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej.

2.2. Badania wytrzymałości betonu na rozciąganie

Badania wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie) przeprowadzono metodą „pull-off", zgodnie z PN-EN 1542:2000, za pomocą urządzenia o nazwie „DYNA" szwajcarskiej firmy Proceq (ryc. 6), wykorzystując metalowe krążki o średnicy 50 mm. Pomiary przeprowadzono na zewnętrznej powierzchni badanego pierścienia w dziesięciu wcześniej przyjętych miejscach pomiarowych

i.e. it is a concrete sample taken at the depth of app. 20 cm to app. 30 cm, measuring from the outer surface.

To ensure parallel frontal surfaces of the examined samples they were prepared for the tests by capping with sand caps. When studying the results of ultimate compressive strength tests on samples measuring h ≈ Ø ≈ 100 mm, the following assumptions were made:

– it was accepted, after Bukowski [2], that the dependence between compressive strength, determined on cubic samples measuring „a" equals the strength obtained on cylinders the height and diameter of which equal „a" multiplied by coefficient equal to 1.12,
– therefore the following dependence can be accepted as true:

$$\mathbf{R_{cubic}}\,(a = 100\ mm) =$$

$$= \mathbf{1.12\ R_{cylindrical}}\,(h = Ø = 100\ mm)$$

– moreover, according to [3] the dependence was accepted:

$$\mathbf{R_{cubic}}\,(a = 150\ mm) =$$

$$= \mathbf{0.9\ R_{cubic}}\,(a = 100\ mm)$$

– in consequence the following dependence was obtained:

$$\mathbf{R_{cubic}}\,(a = 150\ mm) =$$

$$= \mathbf{1.12 \times 0.9\ R_{cylindrical}}\,(Ø = 100\ mm)$$

therefore

$$\mathbf{R_{cubic}}\,(a = 150\ mm) \approx$$

$$\approx \mathbf{R_{cylindrical}}\,(Ø = 100\ mm)$$

Strength tests were conducted in the Accredited Laboratory of the Building Institute of the Wrocław University of Technology.

2.2. Testing the tensile strength of concrete

The tensile (pull-off) strength tests of concrete were carried out using the "pull-off" method, according to PN-EN 1542:2000, using the device called "DYNA" produced by a Swiss firm Proceq (fig. 6), and metal discs measuring 50 mm in diameter. The measurements were taken on the outer surface of the examined ring in the ten previously approved measurement spots (fig. 5), in the vicin-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

(ryc. 5), w sąsiedztwie miejsc pobrania odwiertów rdzeniowych.

Istota metody „pull-off", najogólniej rzecz biorąc, sprowadza się do pomiaru siły odrywającej przyklejony do badanej powierzchni metalowy krążek o znanej powierzchni (ryc. 7). Wokół krążka wykonuje się centryczne nacięcie na głębokość około 10-15 mm. Rejestrowana wartość siły odrywającej, podzielona przez powierzchnię, na którą przekazywane jest obciążenie, daje w efekcie wartość wytrzymałości betonu na rozciąganie, nazywaną także wytrzymałością na odrywanie.

Zgodnie z wytycznymi odnośnie do wymagań stawianych powierzchni betonowej, które warunkują możliwość wykonania na niej nowoczesnych napraw powierzchniowych, np. w postaci materiałów typu PCC, przyjęto, że winny być spełnione następujące warunki:
– średnia wytrzymałość betonu na ściskanie winna być nie niższa niż 25 MPa,
– średnia wartość wytrzymałości na odrywanie, określona w danym miejscu pomiarowym dla wszystkich wykonanych pomiarów winna być nie niższa niż 1,5 MPa,
– minimalna wartość pojedynczego pomiaru powinna wynosić nie najmniej niż 1,0 MPa.

2.3. Badania nasiąkliwości betonu

Badania przeprowadzono na 7 próbkach, wyciętych z odwiertów rdzeniowych, pobranych z wnętrza pierścienia, z głębokości od 10 do 20 cm. Wykonano je zgodnie z procedurami sformułowanymi w [3].

2.4. Ocena zasięgu procesu karbonatyzacji betonu

Oceny zasięgu procesu karbonatyzacji przypowierzchniowej warstwy betonu dokonano za pomocą testu fenoftaleinowego oraz „Rainbow-Testu". W obu przypadkach badania przeprowadzono na powierzchni odwiertów rdzeniowych, bezpośrednio po ich wycięciu z konstrukcji. O ile test fenoftaleinowy jest powszechnie znany, to istota pomiaru karbonatyzacji za pomocą „Rainbow-Testu" wymaga kilku słów komentarza. Test ten sprowadza się do wykonania aerozolowego natrysku badanej powierzchni betonu roztworem specjalnie dobranej kompozycji odczynników chemicznych, identyfikujących poszczególne wartości pH w zakresie od 5 do 13 (ryc. 8).

Odczyn pH równy 11, uznawany powszechnie za wartość graniczną, poniżej której obniża się naturalna zdolność betonu do pasywacji zbrojenia, odpowiada zabarwieniu betonu na fioletowo. Przej-

ity to the places where core bore-holes had been drilled.

The "pull-off" method, generally speaking, involves measuring the force required to pull off a metal disc of known surface area (fig. 7) glued to the examined surface. A centric incision to the depth of approximately 10-15 mm is made around the disc. The registered value of the pulling-off force divided by the surface area onto which the load is transferred equals the value of tensile strength of concrete, also known as peel strength.

According to the guidelines concerning the requirements which a concrete surface has to meet, and which condition the possibility of making modern surface repairs on it e.g. in the form of PCC type materials, it was assumed that the following conditions should be fulfilled:
– average compressive strength of concrete should not be lower than 25 MPa,
– average value of tensile strength, determined in a given measurement spot for all the measurements taken should not be lower than 1.5 MPa,
– minimum value of a single measurement should not be lower than 1.0 MPa.

2.3. Tests of concrete absorbability

Tests were conducted on 7 samples, taken from core bore-holes drilled on the inside of the ring, at the depth of 10 to 20 cm. They were made in accordance with the procedures formulated in [3].

2.4. Evaluation of the range of the concrete carbonatisation process

The range of carbonatisation process in the surface layer of concrete was evaluated using the phenolphthalein test and the „Rainbow-Test". In both cases the tests were conducted on the surface of concrete cores, directly after they had been cut out from the construction. Though the phenolphthalein test is commonly known, the idea of measuring carbonatisation using the „Rainbow-Test" requires a few words of commentary. This test involves spraying the examined concrete surface with an aerosol solution of a specially selected composition of chemical reagents, identifying particular values pH within the range from 5 to 13 (fig. 8).

The value of pH equal to 11 is generally regarded as the boundary value, below which the natural ability of concrete for reinforcement passivation

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

ście palety barw z koloru fioletowego na zielony (pH = 9) sygnalizuje spadek pH poniżej wartości uznawanej za graniczną i potencjalne zagrożenie korozyjne zbrojenia.

3. Wyniki badania odwiertów rdzeniowych

Oględziny pozyskanych odwiertów kontrolnych wykazały, że badany beton został wykonany na kruszywie granitowym z dodatkiem innych kruszyw i charakteryzuje się dobrym uziarnieniem (ryc. 9). Jego średni ciężar objętościowy wynosi 2236 kg/m^3.

Uzyskane wyniki badania wytrzymałości na ściskanie próbek betonu wyciętych z odwiertów rdzeniowych pozwoliły każdorazowo na określenie średniej wytrzymałości na ściskanie, minimalnej wartości wytrzymałości, współczynnika zmienności wytrzymałości oraz ciężaru objętościowego betonu.

Na podstawie uzyskanych wyników dokonano następnie oszacowania klasy wytrzymałości badanego betonu zgodnie z europejską normą [4], przyjmując, że wytrzymałość charakterystyczna badanego betonu, odpowiadająca wytrzymałości oznaczanej na próbkach sześciennych o wymiarach 150 × 150 × 150 mm ($f_{ck,is,cube}$), jest mniejszą z dwóch poniższych wartości:

$$f_{ck,is,cube} \le f_{cm(n),is} - k \quad \text{i} \quad f_{ck,is,cube} \le f_{is,lowest} + 4$$

gdzie:

- $f_{ck,is,cube}$ – charakterystyczna wytrzymałość betonu na ściskanie w konstrukcji, odpowiadająca wytrzymałości betonu oznaczanej na próbkach sześciennych o długości boku 150 mm;
- $f_{cm(n),is}$ – średnia wartość wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcji uzyskana z „**n**" wyników pomiaru;
- $f_{is,lowest}$ – najmniejsza z oznaczonych wartości wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcji;
- k – zmienna zależna od liczby wyników pomiaru wytrzymałości (n), równa **5**, w przypadku gdy n = 10-14, równa **6**, w przypadku gdy n = 7-9 i równa **7** dla n = 3-6.

W przeprowadzonej analizie, zgodnie z [4] i [5], uwzględniono także współczynnik korekcyjny o wartości równej 0,85, który uwzględnia powszechne przekonanie, iż wytrzymałość betonu w konstrukcji jest generalnie niższa od wytrzymałości określanej na próbkach normowych.

decreases, and corresponds with the concrete turning purple. Transition of the colour palette from purple to green (pH = 9) indicates the drop of pH below what is considered the boundary value and potential corrosion threatening reinforcement.

3. Results of core bore-holes tests

The inspection of the obtained testing cores showed that the examined concrete was made using granite aggregate with addition of other aggregates and is characterised by good graining (fig. 9). Its average weight by volume equals 2236 kg/m^3.

Results obtained from the compressive strength tests of the concrete samples cut from core bore-holes allowed each time for determining the average compressive strength, minimum value of strength, coefficient of strength variation and the weight by volume of concrete.

On the basis of obtained results the strength class of the examined concrete was then evaluated in accordance with the European standard [4], assuming that the strength characteristic for the examined concrete, corresponding to the strength determined for cubic samples measuring 150 × 150 × 150 mm ($f_{ck,is,cube}$), is the lower of the two values given below:

$$f_{ck,is,cube} = f_{cm(n),is} - k \quad \text{and} \quad f_{ck,is,cube} = f_{is,lowest} + 4$$

where:

- $f_{ck,is,cube}$ – characteristic compressive strength of concrete in construction, equivalent to the concrete strength determined on cubic samples with side length measuring 150 mm;
- $f_{cm(n),is}$ – average value of concrete compressive strength in construction obtained from „**n**" measurement results;
- $f_{is,lowest}$ – the lowest determined value of concrete compressive strength in construction;
- k – variable dependent on the number of strength measurement results (n), equals **5** in case when n = 10-14, equals **6** in case when n = 7-9 and equals **7** for n = 3-6.

In the conducted analysis, according to [4] and [5] correction coefficient with its value equal 0.85 was also taken into account, which takes into consideration the common belief that the strength of concrete in construction is generally lower than the strength determined for standard samples.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Przykładowe wyniki badań wytrzymałościowych, uzyskane dla zewnętrznej warstwy betonu o grubości 10 cm, w kierunku zgodnym z kierunkiem betonowania, przedstawiono w tabeli 1, a dla warstwy betonu na głębokości od około 10 cm do około 20 cm prostopadle do kierunku betonowania w tabeli 2.

Sample strength test results obtained for the outer layer of concrete 10 cm thick, in the same direction as the direction of concreting, are presented in table 1, and for the concrete layer at the depth from about 10 cm to about 20 cm perpendicularly to the direction of concreting in table 2.

TABELA 1
Wyniki badania wytrzymałości zewnętrznej warstwy betonu o grubości 10 cm, w kierunku zgodnym z kierunkiem betonowania
Results of strength tests for the outer layer of concrete 10 cm thick, in the direction following the direction of concreting

Oznaczenie próbki *Sample identification*	Przekrój *Section* F [mm²]	Siła *Force* P [kN]	Ciężar objętościowy *Weight by volume* [kg/m³]	Wytrzymałość na ściskanie *Compressive strength* [MPa]
próbka *(sample)* **O-1/A**	6962	269	2283	**38.7**
próbka *(sample)* **O-2/A**	6960	235	2191	**33.8**
próbka *(sample)* **O-3/A**	6968	280	2237	**40.2**
próbka *(sample)* **O-4/A**	6983	240	2217	**34.4**
próbka *(sample)* **O-5/A**	6945	197	2222	**28.4**
próbka *(sample)* **O-6/A**	6936	300	2268	**43.2**
próbka *(sample)* **O-7/A**	6944	177	2204	**25.6**
próbka *(sample)* **O-8/A**	6945	307	2284	**44.3**
próbka *(sample)* **O-9/A**	6944	245	2273	**35.3**
próbka *(sample)* **O-10/A**	6953	244	2249	**35.1**

TABELA 2
Wyniki badania wytrzymałości warstwy betonu na głębokości od około 10 cm do około 20 cm prostopadle do kierunku betonowania
Results of strength tests for the concrete layer at the depth from about 10 cm to about 20 cm perpendicularly to the direction of concreting

Oznaczenie próbki *Sample identification*	Przekrój *Section* F [mm²]	Siła *Force* P [kN]	Ciężar objętościowy *Weight by volume* [kg/m³]	Wytrzymałość na ściskanie *Compressive strength* [MPa]
próbka *(sample)* **O-11/B**	6975	200	2250	**28.7**
próbka *(sample)* **O-12/B**	6964	185	2180	**26.6**
próbka *(sample)* **O-13/B**	6963	232	2239	**33.3**
próbka *(sample)* **O-14/B**	6954	136	2165	**19.6**
próbka *(sample)* **O-15/B**	6968	146	2226	**21.0**
próbka *(sample)* **O-16/B**	6987	224	2303	**32.1**
próbka *(sample)* **O-17/B**	6975	217	2236	**31.1**
próbka *(sample)* **O-18/B**	6982	197	2281	**28.2**
próbka *(sample)* **O-19/B**	6980	249	2243	**35.7**

Dla pełnego przedstawienia charakteru rozkładu wytrzymałości badanego betonu, w tabeli 3 zestawiono dla poszczególnych przekrojów badanego pierścienia betonowego średnie wartości parametrów charakteryzujących uzyskane wyniki badań.

Uzyskane wyniki badań wykazały, że istnieją istotne różnice w parametrach wytrzymałościowych badanego betonu w warstwie zewnętrznej (około 10 cm) w porównaniu do warstw położonych głębiej (od 10 do 30 cm). Stwierdzono, iż wytrzymałość na ściskanie osiąga najwyższe wartości w warstwie przypowierzchniowej i sukcesyw-

In order to fully present the character of strength distribution of the examined concrete, table 3 lists average values of parameters characterising the obtained tests results for particular sections of the examined concrete ring.

Obtained test results indicated that there exist significant differences in the strength parameters of the examined concrete in its outer layer (about 10 cm) in comparison with the layers located deeper (from 10 to 30 cm). It was found out that compressive strength reaches highest values in the surface layer and successively decreases for layers lo-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

TABELA 3
Zestawienie średnich wartości parametrów wytrzymałościowych badanego betonu
List of average values of strength parameters for the examined concrete

Badany przekrój ***Examined section***	Wytrzymałość średnia *Average strength* [MPa]	Wytrzymałość minimalna *Minimum strength* [MPa]	Współczynnik zmienności *Variation coefficient* [%]	Ciężar objętościowy *Weight by volume* [kg/m^3]
warstwa przypowierzchniowa (do około 10 cm) zgodnie z kierunkiem betonowania *surface layer (to app. 10 cm) following the direction of concreting*	**35.9**	25.6	16.6	2243
warstwa na głębokości (od około 10 do około 20 cm) zgodnie z kierunkiem betonowania *layer at the depth (from app. 10 to app. 20 cm) following the direction of concreting*	**28.9**	21.4	18.4	2257
warstwa na głębokości (od około 20 cm do około 30 cm) zgodnie z kierunkiem betonowania *layer at the depth (from app. 20 cm to app. 30 cm) following the direction of concreting*	**28.2**	21.0	17.3	2210
warstwa przypowierzchniowa (do około 10 cm) prostopadle do kierunku betonowania *surface layer (to app. 10 cm) perpendicularly to the direction of concreting*	**38.5**	32.1	10.2	2232
warstwa przypowierzchniowa (od około 10 do około 20 cm) prostopadle do kierunku *surface layer (from app. 10 to app. 20 cm) perpendicularly to the direction of concreting*	**28.5**	19.6	19.0	2236

nie maleje dla warstw położonych głębiej. Uwaga powyższa dotyczy zarówno badań przeprowadzonych zgodnie z kierunkiem betonowania, jak i w kierunku do niego prostopadłym.

Interesującą obserwacją jest fakt, iż uzyskane wyniki nie wykazały istotnych różnic w wartościach wytrzymałości betonu, uzyskanych w czasie badań przeprowadzonych w kierunku zgodnym z kierunkiem betonowania, w stosunku do badań przeprowadzonych w kierunku prostopadłym do kierunku betonowania.

Biorąc pod uwagę wszystkie uzyskane wyniki badań i uwzględniając stwierdzoną zmienność parametrów wytrzymałościowych betonu należy przyjąć, że beton, z którego wykonany został badany pierścień obwodowy, odpowiada wymaganiom stawianym klasie wytrzymałościowej **C20/25** w rozumieniu nowej normy betonowej [6].

cated deeper. The above observation refers both to the tests conducted following the direction of concreting, and those perpendicular to it.

It is interesting to notice that obtained results did not show significant differences in values of concrete strength achieved during tests carried out in the direction following the direction of concreting, in relation to the tests conducted in the direction perpendicular to the direction of concreting.

Considering all the obtained test results and taking into account the found variability of the strength parameters of concrete, it should be assumed that the concrete from which the examined perimeter ring had been made fulfils the requirements for strength class **C20/25** according to the new concrete standard [6].

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4. Wyniki badania wytrzymałości betonu na rozciąganie

Badania przeprowadzone metodą „pull-out" wykazały, że badany beton w pełni spełnia wymagania wytrzymałościowe, warunkujące ewentualne wykonanie napraw powierzchniowych. Szczegółowe wyniki pomiarów wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie) zestawiono w tabeli 4.

4. Results of concrete tensile strength tests

Research conducted using the "pull-off" method showed that the examined concrete fully satisfies the strength requirements, conditioning the possibility of carrying out surface repairs. Detailed results of the concrete tensile strength tests (peel strength) are listed in table 4.

TABELA 4
Zestawienie wyników badania wytrzymałości betonu na rozciąganie (odrywanie) metodą „pull-off"
List of results of concrete tensile strength tests (peel strength) using the "pull-off" method

		Bezpośredni odczyt siły odrywającej *Direct reading of pulling-off force* [MPa]	Wytrzymałość na odrywanie *Tensile strength* [kN]
punkt pomiarowy **B-1**	*measurement point **B-1***	9.10	**4.64**
punkt pomiarowy **B-2**	*measurement point **B-2***	6.00	**3.06**
punkt pomiarowy **B-3**	*measurement point **B-3***	7.80	**3.97**
punkt pomiarowy **B-4**	*measurement point **B-4***	5.60	**2.85**
punkt pomiarowy **B-5**	*measurement point **B-5***	8.10	**4.13**
punkt pomiarowy **B-6**	*measurement point **B-6***	4.40	**2.24**
punkt pomiarowy **B-7**	*measurement point **B-7***	5.50	**2.80**
punkt pomiarowy **B-8**	*measurement point **B-8***	8.70	**4.43**
punkt pomiarowy **B-9**	*measurement point **B-9***	7.40	**3.77**
punkt pomiarowy **B-10**	*measurement point **B-10***	8.50	**4.33**

Przedstawione powyżej wyniki badań pozwalają na określenie średniej wartości wytrzymałości na rozciąganie na poziomie $f_{tm(n),is}$ **= 3,62 MPa**, co jest wartością wyraźnie większą od wymaganej wytrzymałości równej **1,5 MPa**.

The above presented test results allow for defining the average value of tensile strength at the level of $f_{tm(n),is}$ **= 3.62 MPa**, which is a value clearly bigger than the required strength that equals **1.5 MPa**.

5. Wyniki oznaczenia nasiąkliwości

W tabeli 5 zestawiono szczegółowe wyniki oznaczenia nasiąkliwości badanego betonu. Należy stwierdzić, że przedstawione wyniki są zaskakujące, ponieważ uzyskane wartości nasiąkliwości są na bardzo niskim poziomie, mieszcząc się w przedziale od **3,9** do **4,8%**, co jest często trudne do osiągnięcia przy dzisiejszym poziomie technologii betonu.

Na podkreślenie zasługuje także fakt, że badania zostały przeprowadzone na próbkach pobranych z głębi badanego pierścienia (z głębokości od około 10 do około 20 cm), co praktycznie wyklucza pogląd o ewentualnym wpływie uszczelnienia powierzchniowego wykonanego podczas realizacji obiektu, np. za pomocą szkła wodnego. Należy ponadto zauważyć, że współczynnik zmienności nasiąkliwości badanego betonu wynosi około **8,0%**, co świadczy o dużej jednorodności tej cechy betonu.

5. Results of absorbability determination

Table 5 presents detailed results of absorbability determination in the examined concrete. It should be stated that the presented results are rather surprising because the obtained values of absorbability are at a very low level, falling into the range from **3.9 t**o **4.8 %**, which is frequently difficult to achieve at the current level of concrete technology.

It should be emphasised that tests were conducted on samples taken from the deep layers of the examined ring (from the depth of app. 10 to app. 20 cm), which practically rules out the view about the possible influence of the surface coating applied during the realization of the object e.g.: of liquid glass. It should also be noted, that the variation coefficient of absorbability of the examined concrete equals about **8.0%**, which proves high homogeneity of this property of concrete.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

TABELA 5
Zestawienie wyników oznaczenia nasiąkliwości betonu na próbkach wyciętych z badanego pierścienia, z głębokości od 10 do 20 cm
List of results of concrete absorbability determination on samples cut out from the examined ring, at the depth from 10 to 20 cm

Oznaczenie próbki *Sample identification*	Masa próbki nasyconej *Mass of saturated sample* [g]	Masa próbki w stanie suchym *Mass of dry sample* [g]	Nasiąkliwość *Absorbability* [%]
próbka *(sample)* **O-2/B**	1483	1416	**4.70**
próbka *(sample)* **O-4/B**	1526	1469	**3.90**
próbka *(sample)* **O-6/B**	1498	1440	**4.00**
próbka *(sample)* **O-9/B**	1489	1430	**4.10**
próbka *(sample)* **O-11/B**	1494	1426	**4.80**
próbka *(sample)* **O-15/B**	1510	1449	**4.20**
próbka *(sample)* **O-17/B**	1516	1454	**4.30**

6. Wyniki oznaczenia zasięgu karbonatyzacji przekroju betonowego

Przeprowadzone badania wykazały, że warstwa przypowierzchniowa badanego betonu uległa w znacznym stopniu procesowi karbonatyzacji, a jej wskaźnik pH jest w przybliżeniu równy 9. W zdecydowanej większości badanych przypadków zasięg tej strefy jest nie mniejszy niż 35 mm, przy czym stwierdzono także szereg miejsc, w których wysokość skarbonatyzowanej części przekroju betonowego jest znacznie większa (ryc. 10).

Jednocześnie należy zaznaczyć, że w badanym pierścieniu występują lokalnie miejsca, gdzie beton pomimo swego wieku (około 100 lat) nie uległ temu procesowi, zachowując swój naturalny zasadowy charakter (pH ≥ 13) – ryc. 11 i 12.

7. Podsumowanie

Przeprowadzone badania betonu, z którego wykonany został pierścień rozciągany (dolny) kopuły Hali Stulecia we Wrocławiu, wykazały, że jego obecny stan techniczny, pomimo upływu niemal 100 lat, należy uznać za bardzo dobry. Parametry wytrzymałościowe tego betonu odpowiadają obecnym wymaganiom stawianym klasie wytrzymałości **C20/25**, co biorąc pod uwagę poziom technologii betonu na początku ubiegłego wieku, należy uznać za wynik nadspodziewanie dobry.

Beton ten został wykonany na bardzo dobrym jakościowo kruszywie granitowym z dodatkiem innych kruszyw, a jego średni ciężar objętościowy wynosi 2236 kg/m^3. Z dostępnych danych literaturowych wynika, że do produkcji betonu użyto specjalnego cementu, wyprodukowanego w ce-

6. Results of determination of carbonatisation range of concrete section

The conducted tests showed that the surface layer of the examined concrete underwent the process of carbonatisation to a great extent, and its pH indicator approximately equals 9. In the majority of the examined cases the zone range was not smaller than 35 mm, although several places were found where the range of the carbonatised fragment of the concrete section is much larger (fig. 10).

At the same time it should be emphasised, that there are places in the examined ring where the concrete, despite its age (about 100 years old) did not undergo the process and maintained its natural alkaline character (pH ≥ 13) – fig. 11 and 12.

7. Conclusion

The tests conducted on the concrete from which the stretchable (bottom) ring of the dome of the Centennial Hall in Wrocław was made, showed that its current technical condition, despite the passing of almost 100 years, should be regarded as very good. The strength parameters of this concrete meet the present-day requirements for strength class **C20/25** which, considering the level of concrete technology at the beginning of the last century must be considered a surprisingly good result.

The concrete was made using very good quality granite aggregate with addition of other aggregates, and its average weight by volume equals 2236 kg/m^3. The data available in literature indicate that special cement, produced in the Silesia cement plant in Opole, was used to produce this

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

mentowni Silesia w Opolu oraz najwyższej jakości kruszywa z granitu strzegomskiego.

Przeprowadzone badania wytrzymałościowe wykazały jednocześnie istotne różnice w parametrach wytrzymałościowych badanego betonu w warstwie zewnętrznej (około 10 cm) w porównaniu do warstw położonych głębiej (od 10 do 30 cm). Stwierdzono, iż wytrzymałość na ściskanie osiąga najwyższe wartości w warstwie przypowierzchniowej i sukcesywnie maleje dla warstw położonych głębiej. Uwaga powyższa dotyczy zarówno badań przeprowadzonych zgodnie z kierunkiem betonowania, jak i w kierunku do niego prostopadłym.

Wysoką jakość badanego betonu potwierdzają także wyniki badania wytrzymałości betonu na rozciąganie, które wykazały jej średnią wartość na poziomie około 3,6 MPa oraz wyniki oznaczenia nasiąkliwości, której wartości zawierały się w przedziale od 3,9% do 4,8%, przy współczynniku zmienności równym 8%, co świadczy o dużej jednorodności strukturalnej badanego betonu.

Uzyskane wyniki badania stopnia zaawansowania karbonatyzacji betonu świadczą o tym, że przypowierzchniowa warstwa badanego betonu uległa w znacznym stopniu temu procesowi. W zdecydowanej większości badanych przypadków jej zasięg jest nie mniejszy niż 35 mm, przy czym stwierdzono także szereg miejsc, w których wysokość skarbonatyzowanej części przekroju betonowego jest znacznie większa. Na podkreślenie zasługuje jednocześnie fakt, że w szeregu przypadków badania stopnia skarbonatyzowania przekroju betonowego, przeprowadzone na odwiertach pobranych w kierunku prostopadłym do kierunku betonowania, wykazały, że beton pomimo upływu niemal 100 lat nie uległ temu procesowi i zachował zdolności pasywacyjne w stosunku do stali zbrojeniowej.

Prace nad pełnym rozpoznaniem materiałowym betonu kopuły Hali Stulecia we Wrocławiu trwają. W Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej przygotowywane są obecnie kolejne procedury badawcze o charakterze fizykochemicznym. Możliwie pełna wiedza o betonie z początku XX wieku zastosowanym w tak odpowiedzialnej konstrukcji ma kapitalne znaczenie zarówno z historycznego i konserwatorskiego punktu widzenia, jak również dla obecnie prowadzonych badań naukowych tego materiału.

concrete as well as the highest quality aggregates from the Strzegom granite.

At the same time, the conducted strength tests showed significant differences in the strength parameters of the examined concrete in its outer layer (approximately 10 cm) in comparison to the layers located deeper (from 10 to 30 cm). It was found out that the compressive strength achieves highest values in the surface layer and successively decreases for layers located deeper. The above observation applies both to the tests carried out following the direction of concreting, and those perpendicular to it.

The high quality of the examined concrete was also confirmed by its tensile strength test results which indicated its average value at the level of approximately 3.6 MPa, and the results of absorbability determination the values of which fell between 3.9% and 4.8%, with the variation coefficient equal 8%, which confirms high structural homogeneity of the examined concrete.

The results obtained from testing the degree of concrete carbonatisation prove that the surface layer of the examined concrete underwent the process to a significant degree. In the majority of the examined cases its range was not smaller than 35 mm, although several places were found where the range of the carbonatised fragment of the concrete section is much larger. At the same time it should be emphasised that in several cases the tests of degree of carbonatisation of the concrete section, conducted on cores taken in the direction perpendicular to the direction of concreting, showed that the concrete did not undergo the process and maintained its passivation properties in relation to reinforcing steel, despite the passage of almost 100 years.

The work on full material identification of the concrete from the dome of the Centennial Hall in Wrocław is still in progress. More physicochemical research procedures are currently being prepared in the Building Institute of the Wrocław University of Technology. The complete knowledge concerning the concrete from the beginning of the 20th century, applied in such an important construction is of capital significance both from the historic and conservation perspective, as well as for the currently conducted scientific research on this material.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Literatura

[1] Ilkosz J., *Hala Stulecia i Tereny Wystawowe we Wrocławiu – dzieło Maxa Berga*, Muzeum Architektury we Wrocławiu, Wrocław 2005.
[2] Bukowski B., *Budownictwo betonowe*, Tom I. *Technologia betonu*, część 1, Arkady, Warszawa, 1972.
[3] PN-88/B-06250 *Beton zwykły*.
[4] PN-EN 13791:2008 *Ocena wytrzymałości na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych*.
[5] Neville A.M., *Właściwości betonu*, Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2000.
[6] PN-EN 206-1:2003 *Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań cech mechanicznych i fizycznych betonu w dolnym pierścieniu obwodowym kopuły Hali Stulecia we Wrocławiu, które zostały przeprowadzone w drugiej połowie 2009 roku, w czasie robót remontowych elewacji tego obiektu. Przedstawione wyniki dokumentują aktualne cechy mechaniczno-fizyczne betonu, po upływie około 100 lat. Z jednej strony są one unikalnym źródłem informacji o jakości betonu z początku XX wieku, z drugiej zaś pozwalają na ocenę uwarunkowań trwałości tego tworzywa po upływie stulecia.

Uzyskane wyniki wykazały, że aktualny stan techniczny betonu, pomimo upływu niemal 100 lat, należy uznać za bardzo dobry. Parametry wytrzymałościowe tego betonu odpowiadają obecnym wymaganiom stawianym klasie wytrzymałości C20/25, co biorąc pod uwagę poziom technologii betonu na początku ubiegłego wieku, należy uznać za wynik nadspodziewanie dobry. Wysoką jakość badanego betonu potwierdzają także wyniki badania wytrzymałości betonu na rozciąganie, które wykazały jej średnią wartość na poziomie około 3,6 MPa oraz wyniki oznaczenia nasiąkliwości, której wartości zawierały się w przedziale od 3,9% do 4,8%, przy współczynniku zmienności równym 8%, co świadczy o dużej szczelności i jednorodności strukturalnej badanego betonu.

Badania wykazały także, że przypowierzchniowa warstwa badanego betonu uległa w znacznym stopniu procesowi karbonatyzacji. W większości badanych przypadków stwierdzono, że zasięg karbonatyzacji jest nie mniejszy niż 35 mm, przy czym wyniki badań, które zostały wykonane w kierunku prostopadłym do kierunku betonowania, pokazały, że w wielu miejscach beton pomimo upływu niemal 100 lat nie uległ temu procesowi i w pełni zachował zdolności pasywacyjne w stosunku do stali zbrojeniowej.

Abstract

The work presents results of tests of mechanical and physical properties of concrete in the bottom perimeter ring of the dome of the Centennial Hall in Wrocław, conducted in the second half of 2009 during renovation work on the object elevation. The presented results document current mechanical and physical properties of concrete, after almost one hundred years have passed. On the one hand, they are a unique source of information about the quality of concrete from the beginning of the 20th century, while on the other, they allow for evaluation of durability conditions of the material after a century.

The obtained results showed that the current technical condition of concrete, although almost 100 years have passed, should be regarded as very good. Strength parameters of that concrete meet the current requirements for strength class C20/25 which, considering the level of concrete technology at the beginning of the previous century should be considered a surprisingly good result. High quality of the tested concrete was confirmed by the results of the concrete tensile strength tests, which indicated its average value at the level of approximately 3.6 MPa, and the results of absorbability determination the values of which were between 3.9% and 4.8%, with the coefficient of variation equalling 8%, which proves significant density and structural homogeneity of the examined concrete.

The tests also showed that the surface layer of the examined concrete underwent the process of carbonatisation to a great extent. In the majority of examined cases it was found out that the range of carbonatisation is not smaller than 35 mm and, moreover, results of tests which were carried out in the direction perpendicular to the direction of concreting showed that in many places concrete did not undergo the process and fully maintained its passivation properties in relation to reinforcing steel, despite the passing of almost 100 years.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ