



**Kazimierz Flaga\***

*Przygoda mojego życia.  
Studium projektowe głównych obiektów sportowych  
XXI Igrzysk Olimpijskich w Montrealu*

*An adventure of my life.  
A design study of the main sports objects  
of the 21<sup>st</sup> Olympic Games in Montreal*

***Wprowadzenie***

Obiekty sportowe wybudowane na Igrzyska XXI Olimpiady w Montrealu w 1976 r. były przełomowe pod wieloma względami. Przede wszystkim ze względu na pierwszy stadion olimpijski z rozkładanym dachem (w dodatku w strefie bardzo dużych obciążeń śniegiem), po raz pierwszy tak konsekwentne zastosowanie konstrukcji powłokowych, po raz pierwszy wykorzystanie na taką skalę prefabrykacji. Zostaną one zapamiętane także ze względu na niezwykle efekt wizualny, jaki wywierały na obserwatorach i uczestnikach. Wydawało się, że nic nie przewyższy wrażenia, jakie zrobiły dachy membranowe wykorzystane na wcześniejszych igrzyskach w Monachium. A jednak architektowi, który zaprojektował montreali kompleks, Rogerowi Taillibertowi [1], sztuka ta się udała. Miałem niezwykle okazję uczestniczyć w opracowaniu systemu konstrukcyjnego dla tych obiektów. Przygotowując projekt studialny zespołu olimpijskiego, przeżyłem „przygodę mojego życia”.

***Introduction***

The construction of sports facilities built for the 21<sup>st</sup> Olympic Games in Montreal in 1976 was seminal in many respects. Primarily because the Olympic stadium was the first stadium ever built with a retractable roof (in spite of heavy snowfall in the region), a highly consistent use of shell structures, and the use of prefabrication for the first time on such a scale. The facilities will be remembered also for their amazing visual effects on the viewers and participants. It seemed that nothing would ever surpass the effect of the membrane roofs built earlier for the Olympic Games in Munich. However, what seemed impossible was successfully executed by the architect who designed them – Roger Taillibert [1]. I was extremely lucky to participate in developing the construction system applied in those facilities. The work on the pre-investment design for the Olympic team was for me “an adventure of my life”.

***An adventure of my life***

I spent the year 1972 in Paris, France. I was then a professor of the Cracow University of Technology, Poland; I came to France to do, as a civil engineering designer, an upgrading scientific and professional training. I did one course at the Centre Experimental d’Études du Bâti-ments et des Travaux Publics, the second one, by lucky

\* Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej/Faculty of Civil Engineering, Cracow University of Technology.

### ***Przygoda mojego życia***

Rok 1972 spędziłem w Paryżu, we Francji. Byłem wówczas pracownikiem Politechniki Krakowskiej. Przyjechałem do Francji jako projektant budownictwa lądowego na szkolenie naukowe i zawodowe. Odbyłem jeden kurs w Centre Experimental d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics, a drugi, szczęśliwym trafem, w Agence de Taillibert – biurze projektowym znakomitego architekta francuskiego – Rogera Tailliberta. W owym czasie biuro było zaangażowane w fazę badań nad projektowaniem obiektów sportowych na XXI Igrzyska Olimpijskie w Montrealu [2]. Otrzymałem stanowisko głównego konstruktora budowlanego, idąc w ślady Krzysztofa Zamenhoffa-Zaleskiego, wybitnego francuskiego inżyniera polskiego pochodzenia, wnuka twórcy języka esperanto. Niespodziewanie dla mnie, musiałem stawić czoło skomplikowanym zagadnieniom natury naukowej, technicznej i technologicznej – problemom, które musiały zostać uwzględnione w projekcie architektonicznym i budowlanym tych obiektów [3]–[5].

### ***Dziedzictwo obiektów olimpijskich w Montrealu***

Naturalne wydaje się pytanie, dlaczego dzisiaj, w XXI w., mielibyśmy wracać do projektów i ich realizacji sprzed 38 lat. Czyżby niektóre kwestie wówczas rozwiązywane okazały się ponadczasowe i są nadal aktualne? Wydaje się, że tak właśnie jest i – pomimo widocznego postępu cywilizacyjnego w dziedzinie budownictwa – wiele rozwiązań tradycyjnych nie straciło swojego znaczenia, np. kształt stadionu olimpijskiego w formie amfiteatru nawiązującego do starożytnych budowli tego typu, takich jak Koloseum. Bardziej aktualne problemy obejmują zastosowanie w omawianych obiektach betonu jako podstawowego materiału budowlanego. Wydawałoby się, że wykorzystanie betonu, materiału pierwszej połowy XX w., ciężkiego i „starego”, nie może wróżyć sukcesów. Tymczasem dostał się on w ręce Rogera Tailliberta – Francuza, który nigdy nie zapomniał, że jego ojczyzna jest kolebką betonu i konstrukcji z betonu zbrojonego, w szczególności z betonu sprężonego. Francja to kraj, w którym stawiano pierwsze tego typu konstrukcje, i w którym zastosowanie tego materiału doprowadzono do perfekcji – doskonałość tę wyraźnie widać na przykład w montrealskich obiektach sportowych [1].

### ***Projekty obiektów olimpijskich***

Roger Taillibert wykorzystał fakt, że jedną z podstawowych cech tego materiału jest łatwość kształtowania go w niemal dowolny sposób. Dodatkowo uwielbiał on krzywe linie i powierzchnie, działając zgodnie z zasadą że „wszystko, co piękne w naturze, jest krzywe”. Łącząc te dwa aspekty w swoich betonowych konstrukcjach, osiągnął wrażenie płynności i ruchu, ale dostojnego ruchu, które razem z szorstką strukturą i „ciężarem” betonu dało efekt stabilności i trwałości (il. 1).

Nie zapomniał również o tym, że podstawowe właściwości tego materiału to jego wysoka wytrzymałość na

coincidence, at the Agence de Taillibert – a design office of an outstanding French architect, Roger Taillibert. At the time the office was engaged in the studies phase of designing the sports objects for the 21<sup>st</sup> Olympic Games in Montreal. I was given the position of the chief structural engineer following Krzysztof Zamenhoff-Zaleski, an eminent French engineer of Polish origin, the grandson of the creator of Esperanto. Unexpectedly for me, I was faced with challenging problems of scientific, technical and technological nature, problems that had to be solved in the architectural and structural design of these objects [3]–[5].

### ***Legacy of Olympic facilities in Montreal***

A question arises why today, in the 21<sup>st</sup> century, should we return to the designs and their execution from 38 years before. Have some of the matters considered then proved timeless, still up-to-date? So it seems, and despite evident civilization progress in the construction field, many issues within the sphere of tradition have not lost their significance, for example the shape of the Olympic Stadium in the form of an amphitheatre, referring to the amphitheatres of the ancient world, with the Colosseum heading the list. Among more current problems there is application in the objects discussed of concrete as the fundamental construction material. It would seem that concrete, the material of the first half of the 20<sup>th</sup> century, apparently heavy, “old”, cannot augur well for success. However, it got in the hands of Roger Taillibert, a Frenchman who never forgot that France is the cradle of concrete and structures built from reinforced concrete, prestressed concrete in particular. France is the country where progress in these structures commenced, the country which reached perfection in using this building material, perfection which was expressed in the Montreal sports objects, to name but a few [1].

### ***Design of the Olympic objects***

Roger Taillibert made use of the fact that one of the basic features of this material is the ease of nearly arbitrary shaping it. He also loved the curved lines and surfaces, following the principle that “anything that is pretty in nature is curved”. And combining the two, in his concrete structures he achieved an impression of floating, movement, but dignified movement, which together with the rough texture and “weight” of concrete produced the effect of stability and durability (Fig. 1).

He did not forget, either, that the essential property of this material is high compressive strength and low tensile strength, which prompted solutions in the shape of convex shells in compression. This idea was used in the shell of roofing of the Olympic Velodrome and Pools. In the Velodrome shell, at the span of  $l = 172$  m, the equivalent thickness of the shell was  $d = 0.65$  m, which gives the ratio of  $d/l = 1/265$ . This value does not fully reflect efficiency of the solution from the constructional point of view [2].

In the nature produced eggshell this ratio is 1/65. In man-made convex shells, rotary-symmetrical under ro-



Il. 1. Kompleks Stadionu Olimpijskiego i Wieża: a) ogólny widok (fot. Tolivero; [http://en.wikipedia.org/wiki/Olympic\\_Stadium\\_%28Montreal%29#mediaviewer/File:Le\\_Stade\\_Olympique\\_3.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Olympic_Stadium_%28Montreal%29#mediaviewer/File:Le_Stade_Olympique_3.jpg), CC BY SA 3.0), b) widok pochylej Wieży Olimpijskiej oraz welodromu z przezroczystymi, plastikowymi osłonami tworzącymi świetliki (fot. storem; [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Biodome\\_de\\_Montreal.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Biodome_de_Montreal.jpg), CC BY SA 2.0)

Fig. 1. Complex of the Olympic Stadium and Tower: a) general view (photo by Tolivero; [http://en.wikipedia.org/wiki/Olympic\\_Stadium\\_%28Montreal%29#mediaviewer/File:Le\\_Stade\\_Olympique\\_3.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Olympic_Stadium_%28Montreal%29#mediaviewer/File:Le_Stade_Olympique_3.jpg), CC BY SA 3.0), b) view of the inclined Olympic Tower and Velodrome with transparent plastic covers, forming its skylights (photo by storem; [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Biodome\\_de\\_Montreal.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Biodome_de_Montreal.jpg), CC BY SA 2.0)

ściskanie i niska wytrzymałość na rozciąganie, które to cechy podsunęły rozwiązania w kształcie ściskanych wypukłych powłok. Ten pomysł został wykorzystany w powłoce dachu welodromu i basenów. Odpowiednia grubość powłoki welodromu, przy rozpiętości  $l = 172$  m, wynosiła  $d = 0,65$  m, co daje stosunek  $d/l = 1/265$ . Z konstrukcyjnego punktu widzenia ta wartość nie oddaje w pełni skuteczności tego rozwiązania [2].

W stworzonej przez naturę skorupce jajka stosunek ten wynosi  $1/65$ . W stworzonych przez człowieka wypukłych powłokach obrotowo-symetrycznych, pod obciążeniem obrotowo-symetrycznym, które jest korzystne z punktu widzenia analizy statycznej, ten stosunek jest różny i wynosi np.  $1/10$  w kopule Panteonu w Rzymie (o rozpiętości 43,5 m),  $1/20$  w kopule Bazyliki Św. Piotra w Rzymie (o rozpiętości 41,5 m),  $1/160$  w żelbetowej kopule Hali Stulecia we Wrocławiu (o rozpiętości 65 m),  $1/480$  w żelbetowej kopule Hali w Lipsku (o rozpiętości 80 m). Stosunek  $1/265$  uzyskany przez Roberta Tailliberta w bardzo smukłej, o dużej rozpiętości, asymetrycznej powłoce welodromu należy więc uznać za bardzo korzystny (il. 1b).

Kolejnym elementem „operacji” przeprowadzonej przez Roberta Tailliberta na budowlach olimpijskich, oprócz zastosowania betonu, jest wprowadzenie asymetryczności. Uważał on, że symetryczne konstrukcje betonowe osiągnęły swój szczyt w projektach Feliksa Candeli czy Piera Luigiego Nerviego, a dalszy ich rozwój jest możliwy w zakresie ich asymetryczności. Taki właśnie kształt został zastosowany nie tylko przy dachu welodromu, lecz także przy konstrukcji dachu stadionu oraz wieży z pływalnią. Te trzy obiekty zostały zintegrowane w jeden kompleks, którego poszczególne elementy mają pewną symbolikę, nawiązując do czasów współczesnych i obecności Francji na kontynencie amerykańskim (il. 2). Kiedy spojrzysz na kompleks z boku, stadion przypomina latający spodek, Wieża Olimpijska nad pływalnią, z powłokami na bokach – najnowocześniejszy wówczas samolot Concorde, a widziana z lotu ptaka – kwiat lilii, godło monarchii francuskiej. Można też zauważyć świadomie użytą symbolikę

tary-symetryczal load, which is favorable in view of static analysis, this ratio ranges from  $1/10$  in the cupola of the Pantheon in Rome (span 43.5 m),  $1/20$  in the cupola of St. Peter’s basilica in Rome (span 41.5 m),  $1/160$  in the reinforced cupola of Hala Stulecia (Centennial Hall) in Wrocław (span 65 m),  $1/480$  in the reinforced concrete of the cupola of the Hall in Leipzig (span 80 m). The ratio of  $1/265$  reached by R. Taillibert in the very slender, large span asymmetric shell of the Olympic Velodrome should be recognized as very favorable (Fig. 1b).

Another element of Robert Taillibert’s “operation” on Olympic structures from concrete is their asymmetry. He thought that concrete symmetrical structures reached their peak in the designs by Felix Candela or Pier Luigi Nervi and further development is possible in the field of asym-



Il. 2. Dynamika wizualna kształtu Wieży Olimpijskiej wraz z przyległymi powłokami żebrowymi, kryjącymi we wnętrzu pływalnię olimpijską (fot. Acarpentier; [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Le\\_Stade\\_Olympique\\_de\\_Montr%C3%A9al\\_Nuit\\_Arriere\\_Edit\\_1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Le_Stade_Olympique_de_Montr%C3%A9al_Nuit_Arriere_Edit_1.jpg), CC BY 3.0)

Fig. 2. The dynamics of the visual shape of the Olympic Tower and adjacent ribbed shells, concealing inside the Olympic swimming pool (photo by Acarpentier; [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Le\\_Stade\\_Olympique\\_de\\_Montr%C3%A9al\\_Nuit\\_Arriere\\_Edit\\_1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Le_Stade_Olympique_de_Montr%C3%A9al_Nuit_Arriere_Edit_1.jpg), CC BY 3.0)



Il. 3. Widok welodromu z lotu ptaka: żebra są widoczne zarówno z wewnątrz, jak i na zewnątrz, podkreślając kształt „liścia klonu” (fot. PtitLutin; [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Biodome\\_Montreal.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Biodome_Montreal.jpg), CC BY SA 2.5)

Fig. 3. Bird's eye view of the Velodrome: ribs are visible both from inside and outside, emphasizing the "maple leaf" shape (photo by PtitLutin; [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Biodome\\_Montreal.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Biodome_Montreal.jpg), CC BY SA 2.5)

o charakterze politycznym; na przykład dach welodromu w kształcie liścia, który miał „spaść” z Wieży Olimpijskiej, przypominający liść klonu – symbol Kanady (il. 3).

Jeżeli połączymy odwagę i rozmach ukształtowania przestrzennego tych obiektów, zamiłowanie do krzywych linii i powierzchni, wykorzystanie cech wytrzymałościowych, przekrojów zamkniętych, takich jak rura czy skrzynka, skalę wykorzystania prefabrykacji i najnowszych technik budowlanych (np. metodę betonowania wspornikowego), uzyskamy przednie rozwiązania technologiczne wykorzystujące cechy wytrzymałościowe materiału dostępnego od ręki, czyli w tym przypadku betonu.

### ***Prefabrykacja w procesie przygotowania obiektów olimpijskich***

Charakterystyczną cechą rozwiązań konstrukcyjnych zastosowanych w obiektach olimpijskich jest bardzo wysoki stopień prefabrykacji. Zarówno stadion, jak i welodrom mają konstrukcję, której głównymi elementami są potężne prefabrykowane żebra. Zamysłem architekta było pozostawienie ich wyeksponowanych, tak aby nadawały konstrukcji bardzo wyraźny charakter, tworząc rodzaj swoistego egzoszkieletu. Żebra w początkowej fazie montażu były ustawiane jako elementy wspornikowe, a następnie łączone eliptycznym pierścieniem górnym, dzięki czemu tworzyły układ przestrzenny. Elementy pierścienia również były prefabrykowane. Wysoka jakość wykonania elementów i dokładność prac montażowych pozwalała nie tylko na znaczne przyspieszenie robót, ale także na ograniczenie prac wykończeniowych. Oczywiście bardzo dużo było również elementów wykonywanych jako monolityczne, które betonowano na placu budowy. Jednakże prefabrykacja głównych elementów była niezmiernie ważna dla efektywności zastosowanego rozwiązania.

metrical structures. And this design shape was adopted for, besides the Velodrome roof, also roofing of the Stadium, Pool and Tower. The three objects were integrated into a single compositional entity in which individual components have certain symbolic representation, referring to modern times and the presence of France on the American continent (Fig. 2). When looked at from the side, the Stadium resembles a “flying saucer”, Olympic Tower above the pool, with shells on both sides – the most modern then aircraft *Concorde*, and seen from a bird's eye – the flower of a lily, the emblem of royal France. In this symbolic scheme some deliberate elements of political nature are noticed. Also the shape of a leaf in the Velodrome roof projection, which “fell off” the Olympic Tower, as it were, resembling the maple tree leaf – the symbol of Canada, should be added (Fig. 3).

If we add the courage and flair in spatial shaping of these objects, the love of curved lines and surfaces, the use of strength characteristics, closed cross-sections such as a pipe or a box, nearly full use of prefabrication and the latest construction techniques (including balanced cantilever method), we achieve a superior technological solution of a high degree of making use of strength characteristics of the material at disposal, concrete in this case.

### ***Prefabrication in the preparation construction of the Olympic facilities***

What was a characteristic feature of the construction solutions used in the Olympic facilities was a high degree of prefabrication. Huge prefabricated ribs are the main structural elements of both the stadium and the Velodrome. The original idea of the architect was to leave them exposed so they would make the whole structure look distinctive, creating a kind of exoskeleton. The ribs at the initial erection stage were used as brackets and then they were connected with an elliptical upper ring, thus creating a spatial structure. The elements of the ring were also prefabricated. Due to the high quality of workmanship of the elements and the precision of erection works all structures could be built much faster and they required less finish work. Obviously, there were also many monolithic site-cast concrete elements. However, the prefabrication of main elements was extremely important for the efficiency of that solution.

### ***Conclusions***

Have the objects in question proved successful solutions? It is hard to say today. In the French press these objects were called “a symphony of concrete”. The American and Canadian press regarded them as heavy, expensive and a failure. The reason for this dislike was revealed by a British businessman of Polish origin. He said, “There is one thing we cannot forgive R. Taillibert, that he did something so great, so splendid that he completely undercuts our businesses”. There seems to be a lot of truth in this statement. It is true that today, 38 years later, these objects have aged, undergone unavoidable corrosion and gradual degradation in severe conditions of the Montreal

### Podsumowanie

Czy w obiektach, o których mowa, zastosowano dobre rozwiązania? Ciężko dzisiaj odpowiedzieć na to pytanie. We francuskiej prasie obiekty te zostały nazwane „symfonią betonu”. Natomiast prasa amerykańska i kanadyjska uważała je za ciężkie, drogie i ogólnie za niefortunne. Przyczynę tej antypatii ujawnił pewien brytyjski biznesmen polskiego pochodzenia słowami: „Rogerowi Taillibertowi nie możemy wybaczyć jednej rzeczy – że zrobił coś tak wielkiego, tak wspaniałego, że kompletnie podkopuje on nasze interesy”. Wydaje się, że w tym stwierdzeniu jest dużo prawdy. Rzeczywiście dzisiaj, 38 lat później, te obiekty się postarzały, uległy nieuniknionej korozji i stopniowej degradacji w surowych warunkach montrealskiego klimatu. Przez wiele lat były one jednak odbiciem odważnej wizji i wykorzystania naukowych metod zastosowania betonu w kształtowaniu głównych obiektów XXI Igrzysk Olimpijskich w Montrealu, zarówno jako poszczególne elementy, jak i całe bryły przestrzenne. To kształtowanie było zrealizowane na wielu równoległych płaszczyznach – architektonicznej, projektowej i funkcjonalnej; nie zaniedbano nawet aspektu politycznego.

*Tłumaczenie*  
Tadeusz Szalamacha

climate. However, for years they have been a manifestation of a brave vision and employing scientific methods for the application of concrete to shape the main sports objects of the 21<sup>st</sup> Olympic Games in Montreal, in the sense of their particular elements and whole spatial solids as well. This shaping was done on many parallel planes – architectural, design and functional – even the political aspect was not left neglected.

### Bibliografia/References

- [1] Emery M., *The Architecture of Roger Taillibert*, Editions Metropolis, Paris 1974.
- [2] Flaga K., Bogoria-Buczowski S., *Gènes et développement de la conception des installations sportives projetées pour les Jeux Olympiques de Montreal par Roger Taillibert*, [w:] P. Fazio, G. Haider, A. Biron, *Proceedings of the WCOSE-76: IASS World Congress on Space Enclosures, Concordia University, Montreal, Canada, July 4–9*, Building Research Centre, Concordia University, Montreal 1976.
- [3] Flaga K., *On the design and construction of the main sports objects of the 21<sup>st</sup> Olympic Games in Montreal*, „Inżynieria i Budownictwo” 1990, No. 8–9, 328–331.
- [4] Flaga K., *Przypadki na mojej drodze życia*, „Nasza Politechnika. Miesięcznik Politechniki Krakowskiej” 2014, Nr 3 (127), 21–24.
- [5] Pyrak S., Włodarczyk W., *Rozmowa z prof. dr hab. inż. Kazimierzem Flagą*, „Inżynieria i Budownictwo” 1993, Nr 4/5, 192–197.

### Streszczenie

Praca przedstawia wspomnienia inżyniera konstruktora kierującego opracowaniem studium projektowego głównych obiektów Igrzysk XXI Olimpiady w Montrealu: stadionu, wieży z basenami oraz wiodromu. Przedstawiono w niej historię zaangażowania autora w tym projekcie, a także najważniejsze cechy przyjętego rozwiązania. Ujęto w niej też przyczyny wykorzystywania w tych obiektach betonu sprężonego jako głównego materiału konstrukcyjnego.

**Słowa kluczowe:** obiekty olimpijskie, powłoka betonowa, asymetria, prefabrykacja

### Abstract

The paper presents reminiscences of a structural engineer, in charge of the development of the design study of the main objects of the 21<sup>st</sup> Olympic Games in Montreal: the Tower, the Pool and the Velodrome. It presents the story of the author's involvement in this project, as well as the main features of the solution reached. It includes also the reasons for use in these facilities prestressed concrete as the main structural material.

**Key words:** Olympic facilities, concrete shell, asymmetry, prefabrication



Zadaszenie „Vela” przy wieżowcu Torre Unipol w Bolonii – szczegół zamocowania ciągien (arch. Open Project Office, konstr. M. Majowiecki) (fot. M. Majowiecki)

“Vela” roof by the Torre Unipol skyscraper in Bologna – detail of securing the tension members (arch. Open Project Office, structural engineer M. Majowiecki) (photo by M. Majowiecki)