



SŁAWOMIR KARAS

Politechnika Lubelska  
s.karas@pollub.pl

## Ścieżki powstawania technologii F. Hennebique'a

W 2011 r. zakończono remont i renowację zabytkowego mostu z 1909 r. w Lublinie. Przebieg prac został zrelacjonowany w szczegółach w artykule [1]. Most został wykonany w technologii F. Hennebique'a, jako żelbetowy ramowy.

Ustrój nośny ma układ ciągły, połączony sztywnymi węzłami z filarami w postaci rzędów słupów żelbetowych, wprowadzonych z pali żelbetowych, nawet dziś nazywanych palami Hennebique'a<sup>1</sup>. Pomost w postaci żelbetowej płyty ortotropowej o wydzielonych belkach głównych oraz przy-skrajnych pomocniczych. W płaszczyźnie pomostu w kierunku poprzecznym zastosowano poprzecznicę. Most w całości ma długość 42 m, przy czym rozpiętości mierzone w osiach filarów mają długości 5 × 8,0 m. Filary są stężone poprzez poziomy rygiel na wysokości przejścia pali w słupy. W skrajnych polach każdego filara zastosowano stężenie krzyżulcowe. Przekroje poprzeczne pali i słupów mają kształt kwadratu o boku 40 cm. W przekroju poprzecznym konstrukcja i organizacja ruchu na moście jest symetryczna względem osi. W szerokości skrajni wydzielono dwa chodniki o jednakowej szerokości 2,45 m, jezdnia ma szerokość 11,0 m. Całkowita szerokość skrajni wynosi 15,90 m. Nośność określona w dokumentach archiwalnych wynosiła 1680 kNm. Z dokonanych przeliczeń wynika, że w odniesieniu do obowiązującej obecnie normy PN-EN-1991-2 [2] most odpowiada nośności równoważnej kładce dla pieszych obciążanej wg LM4.



Rys. 1. Most wybudowany przez inż. M. Lutostawskiego w 1909 r.; stan z 2012 r.

Na moście zamontowano ozdobną masywną balustradę z wypełnieniem ażurowymi prefabrykatami w stylu neogotyckim. Zastosowano regularny rozstaw słupków żelbetowych, także ozdobnych, zwieńczonych szyszakami. Słupki skrajne balustrady – fiale – są monumentalne, w sensie użytkowym stanowią lampy oświetleniowe. Ustrój nośny i balustrada są

w przybliżeniu w łuku pionowym o wyniesieniu w kluczu 15 cm. Rzeka Bystrzyca przepływa środkowym przęstem.

Most wybudowała w 1909 r. firma M. Lutostawskiego. W 2012 r. Rada Miasta Lublina nadała mostowi imię *Inżyniera Mariana Lutostawskiego*.

Szczegółowo o historii mostu i przebiegu remontu pisano kilkakrotnie w *Drogownictwie* [3], a także w innych wydawnictwach [4], [5], [6], przy czym istnieje wyraźny niedosyt wynikający z faktu, że w Lublinie jest jeszcze jeden bliźniaczy most wybudowany w 1908 r., również przez M. Lutostawskiego, a jego stan techniczny jest graniczny. Obecnie czynione są starania o podjęcie remontu tego zabytku technologii z wczesnego okresu żelbetu.

Marianowi Lutostawskiemu poświęcono już miejsce we wcześniejszych publikacjach w *Drogownictwie* [1], [4] a także w [73]. Szczegóły życiorysu można znaleźć na stronie internetowej rodziny Lutostawskich<sup>2</sup>. Przypomina się w skrócie, iż był to innowator w dziedzinach elektryczności i energetyki, produkcji cementu, przedsiębiorca budowlany, wykonawca pierwszych konstrukcji żelbetowych w Polsce, polityk, patriota i budowniczy dwóch mostów w systemie Hennebique'a w Lublinie.

Aby zrozumieć w pełni znaczenie obu historycznych mostów w Lublinie, należy się cofnąć do przełomu wieków XIX i XX, kiedy utworzone przez F. Hennebique'a imperium techniczne dominowało w dziedzinie żelbetu na całym świecie.

Powstanie żelbetu jest kojarzone z J. L. Lambotem, który zbudował żelbetową łódkę w 1848 r. i J. Monierem, który rok później zbudował donice, kosze, rury stosowane w ogrodach. W 1875 r. w parku w Chazelet Monier zbudował most. Spośród tych dwóch wynalazców J. Monier jest uznawany za ojca żelbetu. Swe pomysły sformalizował w formie patentów, zgłaszając je kolejno, poczynając od 1867 r.<sup>3</sup>. Patenty były zgłaszane w różnych krajach w Europie a także w Anglii i USA.

### F. Hennebique i jego narzędzie *Le Béton armé*

François Hennebique urodził się w Belgii w 1842 r. w Neuville-Saint-Vaast (obecnie jako element Pas-de-Calais). Pracował na farmie ojca, jednakże jego zainteresowania były zupełnie inne. Zbierał i studiował literaturę z zakresu nauk podstawowych i praktyki. Ojciec zaakceptował jego decyzję o zdobywaniu wiedzy budowlanej. Początkowo pracował jako intendent, a następnie jako czeladnik szacownego zawodu –

<sup>2</sup> <http://www.drozdowo.pl/>

<sup>3</sup> 1867 – betonowe ścieki ogrodnicze zbrojone prętami żelaznymi; 1868 – rury betonowe zbrojone prętami żelaznymi; 1869 – płyty budowlane zbrojone żelazem betonowe; 1872 – mosty i kładki wykonane ze zbrojonego prętami żelaznymi betonu; 1878 – betonowe belki zbrojone prętami żelaznymi

<sup>1</sup> B. Rosiński, *Fundamentowanie*, Arkady, 1978; str. 187



François Hennebique  
(1842–1921)

kamieniarza. Szybko uzyskał stopień mistrza. Ogólne uzdolnienia, w tym kontynuacja studiów nad technologiami budowlanymi, zostały zauważone przez jego pracodawcę, co skutkowało powierzeniem mu prac nad rekonstrukcją kościoła. W wieku 25 lat założył własną działalność o specjalności restauracja kościołów. W wolnym czasie studiował architekturę kościelną i zwiedzał kościoły we Francji, tak by pozyskać informację architektoniczną i budowlaną *in situ*. Jego reputacja zawodowa rosła i wskutek tego otrzymy-

wał liczne zlecenia. Ciągłe poszukiwał nowych możliwości, które wiązały się z budowlami linii kolejowych, mostów i wiaduktów, choć nie tylko. Postęp u Hennebique'a miał charakter dezintegracji pozytywnej<sup>4</sup>. W historii żelbetu opisane poniżej wydarzenie nosi skrótową nazwę *Vila M. Madoux*, umiejscowionego w Belgii. Hennebique zaprojektował dom o stropach z belek z żelaza zgrzewnego, pomiędzy którymi zastosował wypełnienie sklepieniami betonowymi. W wyniku pożaru strop uległ zniszczeniu. Właściciel uznał, że to nie powinno się wydarzyć i w rezultacie Hennebique podjął studia projektowe nad rozwiązaniem bezpiecznym na działanie pożaru na konstrukcję. Powstał projekt nowego typu, z zastosowaniem prętów stalowych, zamiast żelaznych, z otuliną betonową. Zanim wbudowywał nowe stropy, przeprowadził badania na makiecie, które w pełni wykazały pożaroodporność nowego rozwiązania. W 1887 r. zgłosił w Anglii patent tego rozwiązania, dotyczący stropu jako konstrukcji ciągłej ze schematem zbrojenia prętami stalowymi<sup>5</sup>.

Metoda – od projektu obejmującego rozkład prętów zbrojenia i technologii, przez badania w pełnej skali i wreszcie patentowanie – miała miejsce także w przypadku jego drugiego wielkiego wynalazku, tj. pali żelbetowych. Zbrojenie, kształt hełmu na ostrzu pala, próby zagłębienia, dobór ciężaru i wysokości spadku „baby” kafara były elementami składowymi technologii pali Hennebique'a<sup>6</sup>.



Rys. 2. Węzły sztywne pomiędzy płytą ortotropową a filarami mostu z 1909 r. w Lublinie; zdjęcie z 2011 r., w trakcie prac remontowych

<sup>4</sup> K. Dąbrowski, *Dezintegracja pozytywna*, PIW, Warszawa 1979

<sup>5</sup> F. Hennebique, UK Pat 30 143, 1887

<sup>6</sup> F. Hennebique, UK Pat. 14 536, 1892



Rys. 3. Magazyn lin w Armentières, LBA-RTE, 1902, str. 42

Dalsze prace nad zbrojeniem płyt i pali oraz kolumn żelbetowych doprowadziły do powstania najważniejszego z pomysłów Hennebique'a, tj. do opracowania technicznego węzła pomiędzy prętem a płytą i w konsekwencji płyty ortotropowej pomostu, mostu lub stropu oraz kształtowania żelbetowych konstrukcji ramowych.

Hennebique systematycznie studiował prace konkurentów, tj. T. Hyatt<sup>7</sup>, E. Ransome<sup>8</sup>, (USA), G. Wayss<sup>9</sup> (Niemcy), Coignet<sup>10</sup>, P. Christophe<sup>11</sup> (Francja).

Firma Hennebique'a miała charakter rodzinny. Nawet do tego stopnia, że aranżował mariaże córek ze swoimi partnerami zawodowymi. Od samego początku Hennebique budował system powiązań pomiędzy wykonawcami, oferując im gotowe projekty oraz technologię, często też materiały. W praktyce używano nazwy firmy jako *Le Système Hennebique* lub *Béton Armé Hennebique*. Sprzedaż swoich rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych wiązała z intensywnym szkoleniem a później nadzorem. W zamian wymagał solidności wykonywania prac, zgodności z dokumentacją techniczną a także 10% ceny kontraktu, jako ekwiwalentu za dostarczone *know-how*. W ten sposób powstała grupa wyspecjalizowanych firm, o wysokim poziomie technicznym, która firmowała jednocześnie postęp w technologii betonu. Niedotrzymywanie wyznaczonych standardów wiązało się z zerwaniem współpracy, a czasem z upadkiem firmy. Polskim współpracownikiem i przedstawicielem Hennebique'a był Marian Lutostawski (rys. 4).

<sup>7</sup> T. Hyatt, *An account of some experiments with Portland cement concrete combined with iron as building material with reference to economy to in construction and of security against fire in the making of roofs, floors and walking surfaces*, 1877

<sup>8</sup> E. L. Ransome – patent na pręty zbrojeniowe skręcone, w celu zapewnienia lepszego wiązania, 1884.

<sup>9</sup> Wayss & Freitag (ed.), *Der Betoneisenbau, seine Anwendung und Theorie. Theoretischer Teil bearbeitend von Emil Moersch*, Stuttgart 1902

<sup>10</sup> Stosował beton jako materiał zastępczy do kamienia (sztuczny kamień), Zgłosił patenty o tytułach: *Emploi de Béton, Béton Économique*; w latach 1867 do 1884 wybudował *Aqueduct de la Vanne* o długości ponad 6 km

<sup>11</sup> P. Christophe, *Le Béton Armé et ses applications*, Beranger, Paris 1902





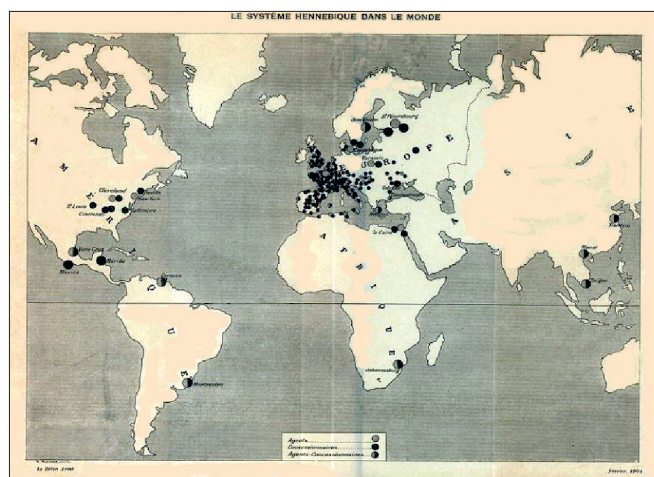
Rys. 4. Miesięcznik *Le Béton armé*, wydanie luty-marzec 1912, s. 165-166, odpowiednio strony pierwsza i ostatnia oraz strona z listą agentów firmy ze wskazaniem na Biuro Techniczne M. Lutosławskiego

Był zwyczaj specjalnych wydań i w dzisiejszych kategoriach – spotkań konferencyjnych – po wykonaniu każdego tysiąca budów. O skali działania firmy świadczy zamieszczona mapa (rys. 5), ukazująca miejsca inwestycji koncernu Hennebique'a, obejmująca niemal cały świat.

Nakład wydawnictwa był różny w różnych okresach, szacuje się, że było to od 3 tysięcy do 10 tysięcy, przy czym najliczniejsze wydanie, dotyczące mostu *Risorgimento*<sup>15</sup> przez Tyber w Rzymie (rys. 4), osiągnęło 21 tysięcy egzemplarzy.

Poza graficznym obrazem zasięgu działania firmy Hennebique'a, warto przytoczyć liczby: [10], w 1892 r. wykonano 6 budowli, w 1900 r. – 1129 budowli, a w 1908 r. – 1970. Wg szacunków zawartych w [11] do 1917 r. firma Hennebique'a miała udział w wykonaniu 35 tysięcy obiektów, wg [10] na podstawie podsumowań z okazji Wystawy Światowej w Gandawie w 1913 r., po dwudziestu latach działalności liczba firmowanych przez Hennebique'a budowli wynosiła 30 tysięcy. Jedna czy druga miara pokazuje ogromną skalę oddziaływania myśli i doświadczeń Hennebique'a.

Przeglądającemu numery *LBA* udaje się natrafić na efekty działań polskich inżynierów. I tak, w rocznym podsumowaniu działania *LBA* z 1902 r. znajdujemy obiekty wykonane w Galicji i nazwiska ich budowniczych; dla wygody prezentowane są w formie tabelarycznej poniżej.



Rys. 5. System Hennebique'a na świecie, *LBA*, luty 1908 r.

Narzędziem sukcesu Hennebique'a w organizowaniu firmy był comiesięczny magazyn techniczny *Le Béton armé (LBA)*, który ukazywał się w latach 1898-1939<sup>12</sup>. Było to wydawnictwo niezwykle. Większość wydań miała formę gazetową<sup>13</sup>, zupełnie inaczej niż równie prestiżowe wówczas coroczne encyklopedyczne wydawnictwa austriacko-niemieckie na papierze kredowym, w twardych okładkach, np. [8], [9]<sup>14</sup>. Nie tylko forma, ale przede wszystkim treść odróżniała *LBA* od innych wydawnictw technicznych. Poza tekstami ściśle technicznymi z zakresu teorii żelbetu i praktyki, tj. opisu realizacji obiektów żelbetowych, znajdujemy informacje o systemie agentów firmy i jej wykonawcach. Czasopismo było bogato ilustrowane rysunkami technicznymi, zdjęciami ukazującymi różne fazy budowy i ukończone obiekty, były wreszcie reklamy firm, produktów i technologii.

<sup>12</sup> <http://lib.ugent.be/lebetonarme/about-journal.html>

<sup>13</sup> Podobnie jak *Czasopismo techniczne* we Lwowie, gdzie M. T. Huber opublikował swą hipotezę wyężeniową.

<sup>14</sup> Wśród współautorów monografii [22] odnajdujemy profesora Politechniki Lwowskiej Maksymiliana Thullie, który był twórcą pierwszej katedry mostów w historii polskiego mostownictwa

Tabela 1. Lista obiektów mostowych, na podstawie *LBA* 1902-RTE, str. 82-83

Nr wg LBA	Lokalizacja	Nazwisko inżyniera
14120	Most drogowy nr 27, na drodze do Zaleszczyk	M. Ch. Czaplicki
14121	Mosty drogowy nr 35 do 81, na drodze do Kołomyj	M. Ch. Czaplicki
14123	Most nr 23, o długości 10 m, Krościenko	M. Stroński
14124	Most drogowy, 8 m (nr 83) w Kątach	M. Stroński, M. Orzelski
14125	Most nr 57, w m. Kobyle	M. Orzelski
15926	Most nr 82, długość 10 m, na drodze Rzeszów-Nadbrzezie	M. Żebrowski
17336	Most o długości 8 m, na drodze Krościenko-Kuzmina	M. Bogdanowicz
17337	Most o długości 4 m, na drodze Krościenko-Kuzmina	M. Bogdanowicz
13751	Most „Mélodia”, długość 36 m, Bukowina	M. Fischer

<sup>15</sup> *Risorgimento* – żelbetowy most łukowy o jednym przęśle, jako pierwszy żelbetowy o rozpiętości 100 m



Nie sposób pominąć istniejącej w owym czasie rywalizacji intelektualnej pomiędzy francuskimi a niemieckojęzycznymi inżynierami. Wścig o pierwszeństwo w innowacyjności nigdy nie miał ostrego charakteru, ale jednak istniał, a jego ślady można znaleźć także współcześnie [12]. Efekty oddziaływania i udziału *Le Systéme Hennebique* w rynku budownictwa na terenie Niemiec, Austrii i Szwajcarii były relatywnie małe, co nie znaczy, że nie istniały. Można je porównać do sytuacji na terenach Rosji. Niemieckim agentem Hennebique'a była firma Martenstein&Josseaux, budująca głównie w okolicach Frankfurtu nad Menem. Istniały po temu także przesłanki techniczne. W 1901 r. w Bazylei, podczas wznoszenia hotelu *Zum Bären*, doszło do katastrofy budowlanej. Za jej sprawą został uruchomiony proces weryfikacji rozwiązań Hennebique'a. Włączył się w to sam prof. Wilhelm Ritter z Politechniki w Zurychu<sup>16</sup>. Konkluzje były bardzo ogólne, oceniono system Hennebique'a jako podatny na dynamiczny rozrost, kolidujący z koniecznością prowadzenia prac budowlanych w sposób przejrzysty i regularny oraz przy stosowaniu przejrzystości zasad projektowania, które były częściowo niejawne na zasadzie ochrony patentowej. Krytyka dotyczyła zatem zasad funkcjonowania systemu Hennebique'a, który udzielał *know-how*.

Konsekwencją było podjęcie prac normujących procesy budowlane w zakresie żelbetu. Pierwsze regulacje wydano w Szwajcarii w 1903 r., w Prusach<sup>17</sup> w 1904 r. Ten ruch pobudził także działanie *Deutscher Beton-Verein*, które zorganizowało ocenę i badania wpływu negatywnych efektów stosowania nowej technologii – żelbetu. We Francji odpowiednie przepisy powstały w 1906 r.<sup>18</sup> Reasumując, katastrofa w Bazylei doprowadziła do uporządkowania procedur wykonawstwa konstrukcji żelbetowych u Hennebique'a, jak i jego konkurencji.

Nie należy zapominać o jeszcze jednej przyczynie oporu stosowania technologii Hennebique'a w krajach niemieckich – 10% opłata za udzielenie licencji mogła być za wysoka dla oszczędnych Niemców. O rywalizacji niemieckich i francuskich inżynierów w zakresie mostów żelbetowych pisał także prof. M. Rybak [13].

Można dostrzec jeszcze jeden aspekt międzynarodowy [10]. Belgia jako kraj urodzenia F. Hennebique'a, miejsce wielu interesujących realizacji jego projektów, aktywny element (3 agentów w 1899 r., 27 w 1914 r. i 80 w 1931 r.) systemu Hennebique'a, upomina się jego belgijskość. I coś w tym jest. W jednym z numerów *LBA*<sup>19</sup> zamieszczono zdania w brzmieniu: *Żelbet powstał w Belgii; urodził się z francuskiego ojca na obcym gruncie. Tu muszę zaznaczyć, że nie byłem cudzoziemcem w Belgii, byłem Belgiem.*

Francis Hennebique zmarł 7 marca 1921 r. Po jego śmierci firma koncentrowała się na rynku francuskim, także po II wojnie światowej. Ostatecznie zamknięto ją w 1967 r., pozosta-

wiając opracowanych ponad 100 tysięcy różnych projektów. Próby analizy fenomenu F. Hennebique'a prowadzą, za każdym razem, do fascynacji jego osobowością, sprawnością organizacyjną, inżynierską i intelektualną.

## Odkrywanie sekretów F. Hennebique'a

J. Monier sprzedając swe patenty na budowę mostów, sprzedawał własną propozycję techniczną, którą nazywano *lukiem Moniera*. Monier traktował beton jako materiał zastępczy w stosunku do kamienia, oczywiście zastosował skok technologiczny polegający na wprowadzeniu wiotkich wkładek z żelaza w strefach rozciągania, rozpoznanych na zasadzie intuicji i doświadczenia. Była to jednak, jeśli chodzi o schemat statyczny, pełna analogia do mostów łukowych kamiennych. Zatem, elementem nośnym był łuk, a dokładniej tarcza łukowa, na której umieszczano elementy wyposażenia mostu i ciężary użytkowe (rys. 6 i 7). W tym kontekście mówimy o łukach bez ściągow, tj. takich, w których rozpór był przenoszony przez masywne przyczółki lub następowała jego neutralizacja na filarach. Tę koncepcję tarczy łukowej rozwinął inny wielki fascynat żelbetu – Robert Maillart, który wprowadził układ tarcz górnej i dolnej, pracujących analogicznie do pasów górnych i dolnych kratownicy, tworząc przy tym konstrukcje mostowe o szczególnej urodzie kubiczmu, budzącej uznanie wśród architektów. Dziś te konstrukcje odkrywane są od nowa, w nieco zmienionej technologii, i nazywane PCS<sup>20</sup>. Mosty łukowe Moniera budowali wszyscy,



Rys. 6. Most na rz. Astico w m. Calvene, rozpiętość 34 m, Włochy, *LBA-RTE 1908*, str. 105



Rys. 7. Most na rz. Bormida w m. Isoletta, rozpiętość 50 m, Włochy, *LBA-RTE 1908*, str. 107

<sup>16</sup> ETH – Eidgenössische Technische Hochschule zu Zürich – Politechnika w Zurychu

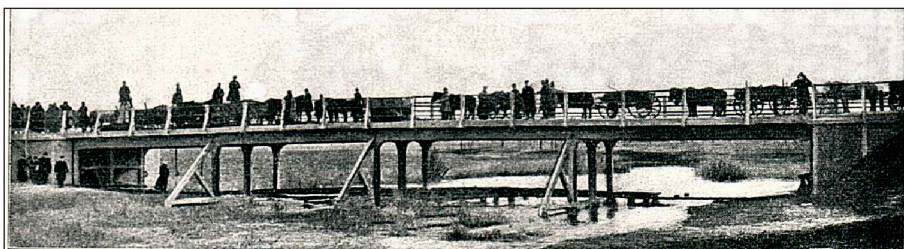
<sup>17</sup> Vorläufige Bestimmungen

<sup>18</sup> Armand-Gabriel Considérée, *Le Code Français pour la Pratique du Béton Armé*

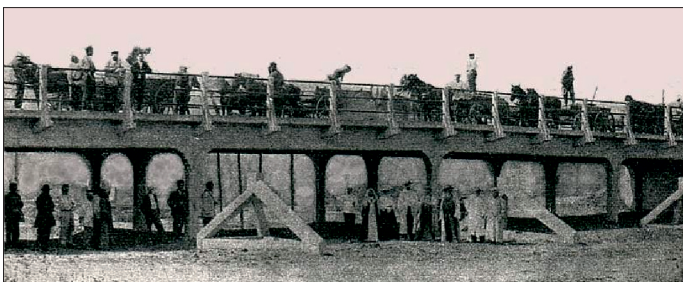
<sup>19</sup> *LBA*, 10 Mai 1899, Numéro 12, TROISIEME CONGRÉS, Du Béton de Ciment Armé: *Messieurs, le béton armé est né en Belgique; il est né de père français en terre étrangère. Mais je dois cependant dire que je ne fus pas étranger en Belgique*

<sup>20</sup> M. Rosignoli, *Prestressed Composite Box Girders for Highway Bridges*, *Structural Engineering International*, 4/1997; K. Śledziwski, *Mosty PCS – nowoczesny rodzaj konstrukcji zespolonej*, *Inżynieria i Budownictwo*, 8/2010





Rys. 8. Most w miejscowości Aleksandrovka



Rys. 9. Most w miejscowości Fiodorovka

w szczególności: Coignet, Hennebique, Wayss a także Thullie<sup>21</sup>. Rozpiętości przęseł łukowych wynosiły na ogół ok. 50 m, a rekordem w tym względzie był *Risorgimento*.

Oba mosty zbudowane przez Lutostawskiego w Lublinie to mosty belkowe, nie są zatem związane z pomysłem Moniera. Mamy za to wyraźne podobieństwo do hal magazynowych; porównaj rys. 2 i 3. Rozpiętości przęseł w granicach 10 m, ustroje ciągłe w formie żelbetowej płyty ortotropowej to elementy łączące mosty i hale Hennebique'a.

W przypadku mostów można też mówić o typowym rozwiązaniu, z charakterystycznymi elementami w wielu konstrukcjach. Na rys. 8. i 9. zamieszczono repliki z [9], na których przedstawiono dwa mosty wykonane w Rosji. Bez trudu można wyodrębnić elementy zbieżne z mostami wybudowanymi przez M. Lutostawskiego w Lublinie.

Mosty Hennebique'a zamieszczono w [9] z tej racji, że można na nich dostrzec innowację w postaci żelbetowych izbic. Jak widać każdy krok postępu był skrupulatnie odnotowywany. Dostrzec można niewielkie różnice w kształtowaniu skrzydeł i stężeń poprzecznych pomiędzy filarami. Po mostach z powyższych fotografii nie ma śladu. Na nic się zdała życzliwa pomoc kolegów mostowców z Ukrainy i Białorusi, z tego powodu, że mostów fizycznie nie ma, a na dodatek ma miejsce mnogość miejscowości o nazwie Aleksandrovka i Fiodorovka.

Tak się składa, że w archiwach miasta Lublina, a także w innych, nie udało się odnaleźć dokumentacji projektowej mostów. O ile rodzaj i ilość zastosowanego zbrojenia w słupach filarów, ustroju nośnym była rozpoznana poprzez skorodowane obszary betonu, w których były odsłonięte pręty stalowe, to w przypadku przyczółków brak było jakichkolwiek danych.

Kształt filarów, ich transparentność, nasuwa od razu skojarzenie z mostami drewnianymi, ale dopiero rozpoznanie kon-

strukcji przyczółka umożliwiło postawienie tezy, że omawiane tu mosty były kopią mostów drewnianych, przy czym Hennebique z powodzeniem dokonał zamiany materiału konstrukcyjnego – drewna – na żelbet. Zamiana była niemal doskonała, gdyż wykorzystał wszystkie zalety wypracowanej latami przez praktykę konstrukcji mostu drewnianego na żelbet, nie przejmując równocześnie żadnej z wad tych rozwiązań. Zamiana była po-

łączona z rozwinięciem technologii mostów drewnianych do skali niemożliwej do osiągnięcia w przypadku stosowania drewna.

O prawidłowości tej tezy świadczy też fragment z [11], gdzie autor przytacza następujący wyimek: *'patron' będzie wkrótce robił wszystko z żelbetu*<sup>22</sup>. Rzecz dotyczyła projektowania pała żelbetowego z jego szczegółowymi elementami technicznymi. Zacytowane zdanie ma znaczenie podstawowe. Hennebique myślał o wprowadzeniu żelbetu wszędzie, gdzie do tamtej pory stosowano inne rozwiązania i materiały.

Żelbetowa płyta ortotropowa pomostu jest także zaczerpnięta niemal bezpośrednio z pomostów drewnianych, różnica polega jedynie na tym, że belki główne, pomocnicze, poprzecznicze i płyta mają wspólne górne powierzchnie. Tak samo jest również w przypadku większości stalowych płyt ortotropowych. Konstrukcją pośrednią w kształtowaniu płyty ortotropowej stalowej był pomost nazywany *Battle Deck*, gdzie zamiast elementów drewnianych stosowano dwuteowe belki stalowe.

Stosowana w mostach drewnianych ciągłość pała i słupa wynika naturalnie z długości elementu drewnianego. W przypadku żelbetowych pali Hennebique'a połączenie prefabrykowanego pała z kolumną było możliwe przez dobetonowanie tej ostatniej na mokro do odpowiednio przygotowanej głowicy pała. Stężenia poprzeczne filarów, choć znacznie zredukowane, odpowiadają zastrzałom i kleszczom w mostach drewnianych.

Połączeniu monolitycznemu, pomiędzy belkami głównymi pomostu a słupami (rys. 10) w mostach drewnianych, odpowiada konstrukcja *siodełka* z zastrzałami.

Tu wreszcie należy omówić przyczółek mostu drewnianego, który składa się z dwóch rzędów pali (pali-słupów).



Rys. 10. Most wybudowany przez inż. M. Lutostawskiego w 1908 r.; stan w 2012 r.

<sup>21</sup> Tzw. kładka Thulliego we Lwowie, w bezpośrednim sąsiedztwie gmachu głównego Politechniki Lwowskiej

<sup>22</sup> "the 'patron' would soon be making everything in Béton Armé"



Rząd wewnętrzny – od strony wody – to konstrukcja podporowa pomostu. W przypadku mostu prostego jednoprzęsłowego (mosty leżajowe), przenosi głównie wypadkowe siły pionowe od ciężarów stałych przęsła i użytkowych. Jest tym samym miejscem teoretycznego podparcia przęsła.

Drugi – zewnętrzny – rząd pali to elementy nośne ściany oporowej przyczółka, przenoszącej zginanie od parcia klina odłamu gruntu nasypu dojazdu. Od zewnątrz rzędu pali układano wypełnienie ściany z bali drewnianych, często nazywane *opierzeniem*<sup>23</sup>. W mostach drewnianych, w celu zwiększenia stateczności lub ograniczenia przesunięć poziomych, stosowano też jako element uzupełniający kotwienie zewnętrznego rzędu pali za pomocą kleszczy lub odciągów zatopionych w gruncie nasypu.

Skrzydła mostów drewnianych kształtowano na zasadzie analogicznej do ściany oporowej przyczółka, często jako jej przedłużenia, w ukosie lub jako skrzydła równoległe do osi drogi.

Powyższa krótka powtórka z mostów drewnianych jest niezbędna z dwóch powodów:

- po pierwsze – prawdopodobnie w najbliższych latach nastąpi powrót do konstrukcji typu mosty drewniane, a to za sprawą materiału RSC<sup>24</sup>, tj. plastiku odzyskanego z butelek po napojach,
- po drugie – by móc prawidłowo zinterpretować obraz po częściowym odstonięciu przyczółków mostu w Lublinie (rys. 11).

W trakcie prac ukazała się konstrukcja przyczółków jako dwuelementowa. Na zdjęciach widoczne są ściany wewnętrzne (od strony rzeki) w postaci słupów żelbetowych, pomiędzy którymi wykonano ciekłą diafragmę betonową, będącą ścianą maskującą bez znaczenia konstrukcyjnego.

Ściany zewnętrzne to konstrukcje betonowe masywne, przy czym widoczne są dwa różne rozwiązania.

W przypadku ściany od strony dworca kolejowego, jest ściana masywna na całej wysokości, wspomagana domurwaną ścianą z cegły klinkierowej w planie w kształcie linii łamanej. Kształt ten powoduje lokalne, okresowe zwiększenie sztywności na zginanie, co w mostach drewnianych odpowiada występowaniu słupów.

Ściana od strony miasta jest żelbetowa, z wyraźnie wykształconym przegubem przesuwnym w miejscu umownych słupów (rys. 12–13). Należy pamiętać, że monolityczna konstrukcja żelbetowa musiała przenosić wymuszone efektami termicznymi przesunięcia, które jako średnie i wypadkowe można oszacować na  $u_{ter} \approx \pm 5$  cm. W prostych mostach drewnianych problem przemieszczeń termicznych w zasadzie nie występuje, ze względu na niepełną integrację elementów drewnianych. Hennebique wprowadzając zamiast drewna żelbet, uwzględnił monolityczność konstrukcji, w tym w szczególności schemat ciągły pomostu.

<sup>23</sup> Błędym, w sensie mechaniki, jest rozwiązanie zamieszczone w monografii *Mosty Drewniane* – H. Zobel, Th. Alkhajafuji, WKŁ, 2006, str. 109 – gdzie opierzenie znajduje się pomiędzy rzędami pali przyczółka

<sup>24</sup> RSC – Recycled Structural Composite; Ann R. Thryft, *Bridge Made From Recycled Plastic Bottles*, Engineering Materials, web, 2012



Rys. 11. Odstonięta konstrukcja przyczółków mostu Hennebique'a w Lublinie

Prowadzone prace remontowe były okazją do inwentaryzacji przyczółków. Na rysunku technicznym sporządzonym dla komisji odbiorczej (rys. 14), odnotowano istnienie przegubu, przy czym nazwano go *zarysowaniem*.

W trakcie prac remontowych nie dokonano odstonięć fundamentów przyczółków. Pomimo to uznano, że ściany zewnętrzne są posadowione na palach, podczas gdy ściany zewnętrzne bezpośrednio. Wobec braku 100% pewności co do posadowienia ścian zewnętrznych, należałoby być bardziej ostrożnym, przynajmniej z dwóch powodów:

- po pierwsze – kształtowanie wąskiej lub silnie niesymetrycznie obciążonej ławy byłoby chybione,
- po drugie – z przeprowadzonych studiów do publikacji [4] dokumentacji kosztorysowej do budowy mostu wynikała liczba pali odpowiednia do posadowienia filarów i wszystkich ścian przyczółków.

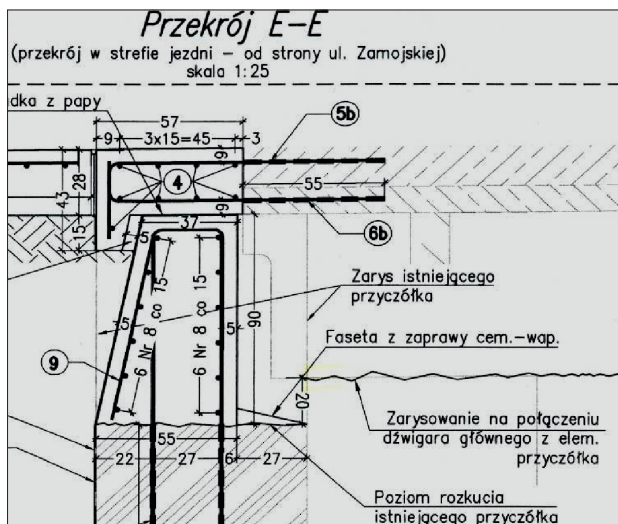
Pewne rozpoznanie posadowienia przyczółków jest zatem kwestią dodatkowej inwentaryzacji lub specjalistycznych badań, np. georadarowych. Może być przeprowadzone na moście z 1908 r., usytuowanym w Lublinie na Kalinowszczyźnie, który – jako pomnik dziedzictwa kultury technicznej – też powinien być odrestaurowany.

Pamiętając o podstawowym celu niniejszej pracy, jakim jest wykazanie transformacji konstrukcji mostu drewnianego w most żelbetowy, zamieszcza się zdjęcia istniejącego mostu drewnianego w miejscowości Mareczki przez rzekę



Rys. 12–13. Zdjęcia przegubu przesuwnego, zastosowanego ze względu na efekty termiczne





Rys. 14. Fragment odbiorczej dokumentacji technicznej z zaznaczeniem przegubu przesuwnego



Rys. 15. Most drewniany w miejscowości Marcetki

Bystrą (rys. 15). Most w kategoriach trwałości jest klasyfikowany jako tymczasowy. Główna belka nie jest drewniana, zastąpiono ją stalowym profilem NP500. Zdjęcia eksponują konstrukcję pomostu, przyczółka z wydzielonymi rzędami pali wewnętrznych i zewnętrznych, skrzydło oraz opierzenie. Wydaje się, że poprzez zestawienie rys. 11 oraz rys. 15, jak również poprzez powyższe wywody postawiona teza została udowodniona.

#### Bibliografia

- [1] S. Karaś, *Remont mostu inż. Mariana Lutostawskiego w Lublinie*, Drogownictwo, 5/2012
- [2] EN 1991-2 Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges; 4.3.5 Load Model 4 (crowd loading)
- [3] S. Karaś, L. Gazda, *Inż. Stanisław Lutostawski i jego mosty w Lublinie*, Drogownictwo, 2/2004, Warszawa 2004
- [4] S. Karaś, L. Gazda, E. Szewczyk (Jabłońska), *Zabytkowy most w Lublinie*, XIII seminarium „Współczesne metody wzmacniania i przebudowy mostów”, Poznań, WPP, 2003
- [5] S. Karaś, *History and Contemporary Condition of Reinforced Concrete Bridges in Hennebique's Technology in Lublin*; Дороги і Мости, випуск 7, Kiev, 2007
- [6] J. Gieroba, S. Karaś, E. Przesmycka, *Po remoncie zabytkowego mostu w Lublinie*, Lubelski Inżynier Budownictwa, 23/2012
- [7] L. Królikowski, *Marian Lutostawski*, Przegląd techniczny – Innowacje, str. 30-31, 3/1975
- [8] *Handbuch für Eisenbetonbau*, herausgegeben von Dr. Ingenieur F. von Emperger, K.K. Baurat in Wien, *Entwicklungsgeschichte und Theorie des Eisenbetons*, bearbeitet von: M. Foerster, Dr. Max R.

- von Thullie, K. Wienecke, Ph. Völker, J. A. Spitzer, J. Melan, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1908
- [9] *Handbuch für Eisenbetonbau*, herausgegeben von Dr. Ingenieur F. von Emperger, K.K. Oberbaurat, Regierungsrat im K. K. Patentamt in Wien, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1911
- [10] Van de Voorde Stephenie, *Hennebique's Journal le Béton Armé. A Close Reading of the Genesis of Concrete Construction in Belgium*, Proc. of The Third International Congress of Construction History, Cotbus, 2009
- [11] D.G. McBeth, *Francois Hennebique (1842–1921) – Reinforced concrete pioneer*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 1998, 126, s. 86-95
- [12] A. Kierdorf, *Why Hennebique Failed in Germany. Strategies and Obstacles in the Introduction of a New Construction Technology*, Proc. of The Third International Congress of Construction History, Cotbus, 2009
- [13] M. Rybak, *Zanim minął wiek XIX – były już mosty z betonu zbrojonego*, Drogownictwo, 7-8/2002 ■

#### OBWIESZCZENIE

**Syndyk masy upadłości APRIVIA S.A. w upadłości likwidacyjnej w Wysogotowie, ogłasza, iż prowadzi sprzedaż z wolnej ręki majątku upadłego, w skład którego wchodzi:**

1. nieruchomości stanowiące działki gruntowe niezabudowane o numerach 1884/12 i 1884/27, arkusz mapy 22, położonych w Rawiczu, dla których Sąd Rejonowy w Rawiczu V Wydział Ksiąg Wieczystych prowadzi księgę wieczystą o numerze KW nr PO1R/0048112/1,
2. nieruchomości stanowiące działki gruntowe niezabudowane o numerach 423/2 i 423/3, arkusz mapy 3, położonych w Gołaszynie, gmina Bojanowo, dla których Sąd Rejonowy w Rawiczu V Wydział Ksiąg Wieczystych prowadzi księgę wieczystą o numerze KW nr PO1R/00047508/7,
3. ruchomości oraz zapasy magazynowe w postaci kruszyw do produkcji masy bitumicznej.

Ogólne warunki sprzedaży:

1. Przedmiotem sprzedaży są opisane powyżej nieruchomości, ruchomości oraz zapasy magazynowe szczegółowo opisane w opiniach, operatach, wycenach i ekspertyzach sporządzonych w toku postępowania upadłościowego i dostępnych u syndyka.
2. Ceny wywołania przedmiotów sprzedaży określone są w Regulaminie Sprzedaży.
3. Bezwarunkowe oferty na zakup przedmiotów sprzedaży z określeniem oferowanej ceny składać należy w terminie określonym w Regulaminie Sprzedaży w Kancelarii Syndyka: Grenda, Józefowicz-Jokiel, Kulesza – Syndycy Poznańscy Sp.k. w Poznaniu, ul. Mickiewicza 19, w zamkniętych kopertach z dopiskiem „sprzedaż APRIVIA S.A.”.
4. Do oferty kupna dołączyć należy dowód wpłaty wadium w kwocie 10 % wartości ceny wywołania poszczególnych przedmiotów sprzedaży, na konto masy upadłości w BZ WBK 10 O/Poznań: **42 1090 2734 0000 0001 1951 0803**.
5. Syndyk masy upadłości zastrzega sobie prawo odstąpienia od sprzedaży w każdym czasie bez podania przyczyny oraz zwrotu wadium w terminie 14 dni od dnia przyjęcia oferty przez syndyka lub odstąpienia przez niego od sprzedaży.
6. Zwrot wadium nastąpi w kwocie nominalnej.
7. Z operatami wyceny oraz Regulaminem Sprzedaży zapoznać się można w Kancelarii Syndyka: Grenda, Józefowicz-Jokiel, Kulesza – Syndycy Poznańscy Sp.k. w Poznaniu, ul. Mickiewicza 19, tel. 061-8411-265 od poniedziałku do piątku od godz. 9.00 do 15.00 oraz na stronie internetowej [www.syndycypoznanscy.pl](http://www.syndycypoznanscy.pl).