



ADAM DĄBROWSKI

Instytut Kolejnictwa
ADabrowski@ikolej.pl

Nawierzchnie na przejazdach kolejowo-drogowych

Dominującymi typami nawierzchni drogowych na przejazdach kolejowo-drogowych¹ w Polsce były nawierzchnie wykonywane z żelbetowych płyt wielkogabarytowych (CBP), a w przypadku skrzyżowań z mniej obciążonymi drogami – z belek drewnianych, tzw. dyliny. Rozwiązania te były wystarczające w przypadku niewielkiego ruchu pojazdów samochodowych, a ponadto nie uwzględniały aspektów, na które w dzisiejszych czasach zwraca się większą uwagę, np. generowanego hałasu czy wibracji. Rosnące natężenie ruchu drogowego, wzrost presji społecznej na stosowanie rozwiązań „cichych”, a wreszcie możliwość korzystania ze środków unijnych w ramach budowy, modernizacji lub rewitalizacji linii kolejowych i tramwajowych sprawiły, że w ostatnich latach nastąpił znaczny postęp technologiczny i wzrost konkurencji na rynku przejazdowych systemów nawierzchniowych. Nowe rozwiązania są z powodzeniem wdrażane zarówno przez wytwórców zagranicznych, jak i rodzimych. Coraz większą rolę odgrywają zwłaszcza nawierzchnie bezpodsypkowe lub wykonywane z materiałów syntetycznych (np. gumy), często pochodzących z recyklingu. Stosowane obecnie w Polsce nawierzchnie drogowe na przejazdach kolejowo-drogowych można podzielić na pięć grup:

- 1) nawierzchnie bezpodsypkowe;
- 2) nawierzchnie z płyt gumowych;
- 3) nawierzchnie z płyt małogabarytowych;
- 4) nawierzchnie z płyt wielkogabarytowych;
- 5) nawierzchnie z belek drewnianych (dyliny).

W niniejszym artykule podjęto próbę przekrojowego zestawienia stosowanych w Polsce nawierzchni drogowych na przejazdach kolejowo-drogowych, z uwzględnieniem najnowszych systemów. Są to systemy albo już dopuszczone do stosowania w naszym kraju, albo pretendujące do procedury dopuszczenia z możliwością zastosowania na szerszą skalę w niedalekiej przyszłości.

Nawierzchnie bezpodsypkowe

Prefabrykowane żelbetowe płyty szynowe STELCON

Prefabrykowane żelbetowe płyty szynowe STELCON (rys. 1, fot. 1) stosowane są w zintegrowanej nawierzchni kolejowo-drogowej lub torowo-drogowej, w tym jako nawierzchnia

¹ Stosowane obecnie pojęcie „przejazd kolejowo-drogowy” zostało wprowadzone do użycia wraz z wejściem w życie *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie* (Dz. U. z 2015 r. Poz. 1744).

nia drogowa na przejazdach kolejowo-drogowych. W płytach są ukształtowane kanały, w których mocuje się szyny przy pomocy systemu przytwierdzeń typu „W”. Rodzaj płyt dostosowuje się do typu zastosowanych szyn, obciążenia ruchem drogowym, prędkości ruchu pociągów oraz promienia łuku poziomego toru [1].



Rys. 1. Przekrój płyty torowej STELCON z zastosowaniem szyn typu S49/54 (49E1/54E3) [2]



Fot. 1. Stacja Nysa, nawierzchnia z płyt STELCON [fot. A. Dąbrowski]

Płyty szynowe STELCON przeznaczone są do zastosowania:

- w nawierzchni kolejowej (przejazdy kolejowo-drogowe i przejścia dla pieszych),
- w nawierzchni tramwajowej (torowiska wspólne z jezdnią, torowiska wydzielone, przejazdy tramwajowe i przejścia dla pieszych).

W przypadku linii jednotorowych lub wielotorowych stosowanie tych rozwiązań możliwe jest w następującym zakresie:

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm lub 1520 mm, a także w torach tramwajowych o szerokości 1000 mm lub 1435 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49), 54E3 (S54) i 60E1 (UIC60) lub szyn tramwajowych Ph37a, Ph37, Ri60, Ri59 i podobnych,
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 100$ m [1, 2].

Torowe płyty nośne systemu GTP

Prefabrykowane żelbetowe torowe płyty nośne systemu GTP (rys. 2) stanowią zintegrowaną, bezpodsypaną nawierzchnię szynową (kolejową lub tramwajową).

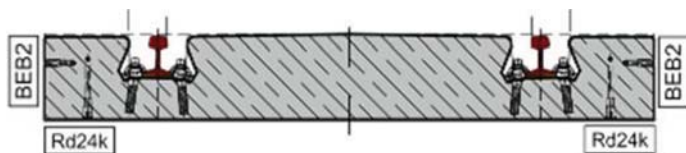
W zależności od przeznaczenia płyty GTP wykonywane są jako:

- GTP-Ö – do stosowania na drogach publicznych,
- GTP-I – do stosowania w halach i na terminalach,
- GTP-A – o powierzchni asfaltowej,
- GTP-B – o powierzchni betonowej.

W płytach GTP są ukształtowane kanały, w których mocuje się szyny przy pomocy systemu przytwierdzeń typu „W”. W zależności od potrzeb zamawiającego i miejsca zabudowy, kanały z szynami i przytwierdzeniami mogą być:

- niewypełnione,
- wypełnione drobnoziarnistym kruszywem skalnym i cienką warstwą mas zalewowych (bitumicznych lub poliuretanowych),
- wypełnione elastycznymi profilami uszczelniającymi,
- wypełnione innym materiałem dopuszczonym do użycia, uzgodnionym z producentem.

Pomiędzy płytami GTP stosuje się masy uszczelniające szczeliny [3].



Rys. 2. Przekrój płyty torowej GTP-Ö z zastosowaniem szyn typu S49 (49E1) [3]

Płyty torowe GTP przeznaczone są do zastosowania:

- w nawierzchni kolejowej (przejazdy kolejowo-drogowe i przejścia dla pieszych),
- w nawierzchni tramwajowej (torowiska wspólne z jezdnią, torowiska wydzielone, przejazdy tramwajowe i przejścia dla pieszych),
- w portach i terminalach kontenerowych, magazynach, warsztatach naprawczych itp. oraz w tunelach jako nawierzchnia kolejowo-drogowa.

W przypadku linii jednotorowych lub wielotorowych stosowanie tych rozwiązań możliwe jest w następującym zakresie:

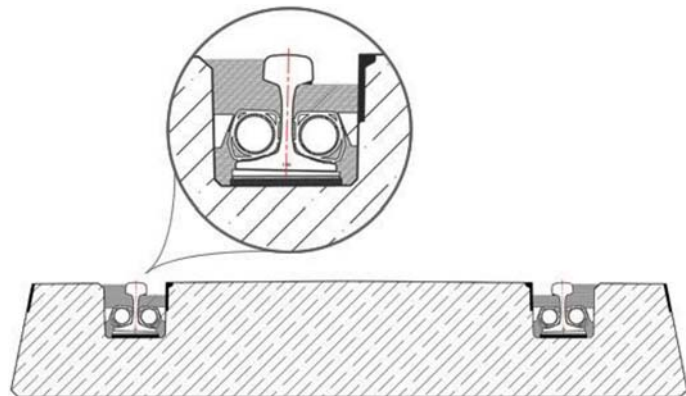
- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm lub 1520 mm, a także w torach tramwajowych o szerokości 1000 mm lub 1435 mm,
- w szynach kolejowych 49E1 (S49), 54E3 (S54) i 60E1 (UIC60) lub szynach tramwajowych Ph37a, Ph37N, Ri60,
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 100$ m [3].

System EDILON LC-L

System EDILON LC-L (*Level Crossing-Lenght*, rys. 3, fot. 2) to rodzaj zintegrowanej nawierzchni kolejowo-drogowej, składającej się z dwóch podstawowych komponentów:

- prefabrykowanej płyty żelbetowej z ukształtowanymi kanałami szynowymi,
- szyn w otulinie, zabudowanych w kanałach szynowych (w systemie ERS).

Standardowe długości płyt prefabrykowanych wynoszą 3 m, 4 m oraz 6 m [4].



Rys. 3. System EDILON LC-L – przekrój płyty żelbetowej oraz szczegóły szyny w otulinie ERS [4]

System EDILON LC-L przeznaczony jest do stosowania na przejazdach kolejowo-drogowych oraz przejściach dla pieszych, na liniach jednotorowych lub wielotorowych, w następującym zakresie:

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm lub 1520 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60),
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 350$ m (EDILON LC-3), $R \geq 400$ m (EDILON LC-4) lub $R \geq 850$ m (EDILON LC-6) [4].



Fot. 2. Okolice p.o. Przylep, nawierzchnia z płyt EDILON LC-L [fot. G. Stencel]

Prefabrykowane elementy żelbetowe typu ŻELTOR

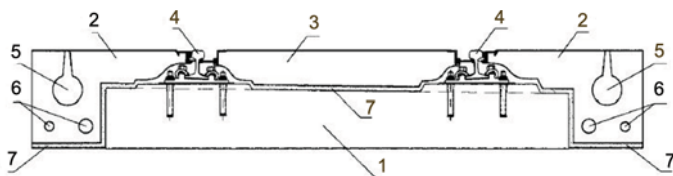
Prefabrykowane elementy żelbetowe nawierzchni przejazdu kolejowo-drogowego ŻELTOR (rys. 4) stosuje się w zintegrowanej nawierzchni kolejowo-drogowej lub torowo-drogowej.

W prefabrykowanych elementach żelbetowych, zwanych dalej płytami ŻELTOR, na „stołkach” podszynowych są osa-

dzione dyble typu „C”, do których mocuje się szyny przy pomocy systemu przytwierdzeń typu K (z łapką typu K) lub KS (z łapkami typu Skl-12).

W zależności od wymiarów i przewidywanego zastosowania rozróżnia się następujące typy i odmiany płyt ŻELTOR:

- elementy prefabrykowane do nawierzchni z szyn typu 60E1 lub 49E1 o prześwicie normalnotorowym 1435 mm,
- elementy prefabrykowane do nawierzchni z szyn typu 60E1 lub 49E1 o prześwicie szerokotorowym 1520 mm,
- płytę podtorową (torową) uniwersalną do nawierzchni z szyn typu 60E1 lub 49E1 o prześwicie 1435 mm lub 1520 mm [5].



Oznaczenia

- 1 – żelbetowa płyta podtorowa
- 2 – żelbetowe płyty zewnętrzne (najazdowe)
- 3 – żelbetowa płyta wewnętrzna
- 4 – szyny
- 5 – kanały drenażowe
- 6 – kanały do prowadzenia instalacji
- 7 – mata wibroizolacyjna

Rys. 4. Schemat nawierzchni ŻELTOR [6]

Nawierzchnia ŻELTOR przeznaczona jest do zastosowania:

- w nawierzchni kolejowej (przejazdy kolejowo-drogowe i przejścia dla pieszych),
- w nawierzchni tramwajowej (torowiska wspólne z jezdnią, torowiska wydzielone, przejazdy tramwajowe i przejścia dla pieszych).

W przypadku linii jednotorowych lub wielotorowych stosowanie tych rozwiązań możliwe jest w następującym zakresie:

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm lub 1520 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60),
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 100$ m.

Nawierzchnie z płyt gumowych

System STRAIL

System STRAIL (fot. 3) obejmuje szereg odmian gumowych płyt przeznaczonych do wykorzystania na przejazdach kolejowo-drogowych, przejściach dla pieszych lub przejazdach tramwajowych.

Płyty gumowe wykonane są jako dwuwarstwowe. Warstwa zewnętrzna wykonana jest z gumy wysokiej klasy odpowiadającej właściwościami gumie do produkcji opon samochodowych, zaś warstwa wewnętrzna z mieszanki wulkanizacyjnej o zmniejszonych wymaganiach wytrzymałościowych. Na powierzchni jezdnej płyt są wykonane nacięcia tworzące rom-



Fot. 3. Stacja Kraków Prokocim Tow., nawierzchnia z płyt STRAIL [fot. A. Dąbrowski]

boidalną siatkę w celu zwiększenia przyczepności kół pojazdów samochodowych. Dodatkowo powierzchnia jezdna płyt zawiera wypełniacz mineralny – korund.

Płyty zewnętrzne od strony toru oparte są na stopce szyny, zaś od strony drogi kołowej opierają się na krawężniku żelbetowym lub bezpośrednio na odpowiednio przygotowanym podłożu. Płyty wewnętrzne obydwoimi bokami przylegającymi do szyn opierają się poprzez poduszki osłonowe na stopkach szyn. Przed przesuwaniem się płyt zabezpieczają stalowe uchwyty oporowe mocowane na stopce szyny przy skrajnych płytach z obu stron przejazdu. Płyty są ze sobą połączone przy pomocy prętowych elementów spinających. W celu zapewnienia centrycznego umieszczenia płyt na podkładzie oraz uniemożliwienia ich przesuwania się, na co 8÷10 podkład zakłada się kątową nakładkę przeciwpoślizgową.

Podstawowymi elementami składowymi nawierzchni przejazdowej typu STRAIL są:

- płyta gumowa,
- krawężnik żelbetowy (zwykły lub drenażowy),
- poduszka amortyzująca,
- element spinający (drażek naprężający) płyty,
- stalowy klin zabezpieczający,
- kątowna nakładka przeciwpoślizgowa.

W zależności od przeznaczenia miejsca ułożenia płyt w nawierzchni przejazdu rozróżnia się:

- płyty przejazdowe wewnętrzne,
- płyty przejazdowe zewnętrzne,
- płyty przejazdowe zewnętrzne układane na międzytorzu (specjalnego zastosowania – wymiary mogą się różnić w stosunku do płyt przedstawionych w załączniku) [7].

W ramach systemu STRAIL wymienić można następujące odmiany produktów:

- STRAIL PREMIUM (rys. 5) – do przejazdów kolejowo-drogowych o dużym natężeniu ruchu pojazdów wszystkich kategorii; dostępne są kompaktowe płyty jednostkowe: wewnętrzne o szerokości 600 mm lub 1200 mm i zewnętrzne o szerokości 1200 mm; płyty przeznaczone do układania na podkładach o rozstawie 0,6 m;



Rys. 5. Rysunek schematyczny systemu STRAIL PREMIUM [8]



Rys. 6. Rysunek schematyczny systemu veloSTRAIL [8]

- innoSTRAIL – do przejazdów kolejowo-drogowych o obciążeniu średnim do dużego; dostępne są płyty wewnętrzne i zewnętrzne o szerokości 900 mm, wzmocnione włókniną w obszarze połączeń pióro – wpust; płyty przeznaczone do układania na podkładach o dowolnym rozstawie;
- pedeSTRAIL – do przejść dla pieszych i przejazdów rowerowych, a także do stosowania w obrębie dworców, przystanków, zajezdni i obiektów przemysłowych; dostępne są płyty wewnętrzne i zewnętrzne o szerokości 900 mm, posiadające po swojej spodniej stronie specjalne jamy, dzięki czemu są lżejsze; rowki szynowe są wąskie, dostosowane dla pieszych, rowerzystów, wózków dziecięcych i wózków inwalidzkich;
- pontiSTRAIL – system płyt zewnętrznych o szerokości 1200 mm, projektowany do współpracy z płytami wewnętrznymi STRAIL o szerokości 1200 mm; przeznaczony do największych obciążeń, a w szczególności do dużego obciążenia ruchem ciężkich pojazdów samochodowych;
- veloSTRAIL (rys. 6) – system płyt wewnętrznych o szerokości 600 mm lub 1200 mm do przejazdów kolejowo-drogowych, po których poruszają się rowerzyści, osoby na wózkach inwalidzkich, skaterzy, piesi z wózkami dziecięcymi i walizkami na kółkach; rowek szynowy zamyka wymienny element, który wkładany jest bez demontowania płyty wewnętrznej [8].

Rodzina płyt gumowych STRAIL przeznaczona jest do stosowania na przejazdach kolejowo-drogowych, przejściach dla pieszych, przejazdach tramwajowych i innych wskazanych wyżej lokalizacjach, na liniach jednotorowych lub wielotorowych, w następującym zakresie:

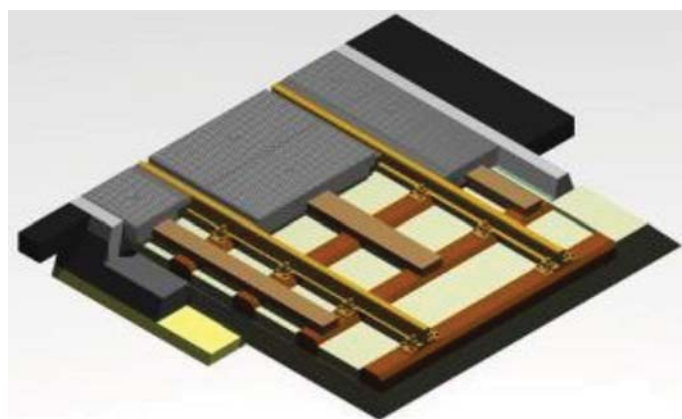
- w torach kolejowych wszystkich powszechnie używanych szerokości,
- do szyn kolejowych dowolnego typu,
- na każdym typie podkładu (w przypadku podkładów drewnianych dodatkowe przekładki polietylenowe) z każdym typem systemu przytwierdzeń,

- na odcinkach prostych, na krzywych przejściowych lub w łukach o promieniu min. 25 m [7].

Nawierzchnia przejazdowa typu KOL-DROG

Podstawowymi elementami nawierzchni przejazdu kolejowego typu KOL-DROG (rys. 7) są: płyta gumowa, separacyjny krawężnik żelbetowy oraz klin zabezpieczający stalowy. W zależności od miejsca ułożenia płyty gumowej w nawierzchni różni się:

- płyty wewnętrzne,
 - płyty zewnętrzne,
 - płyty układane na międzytorzu,
 - płyty przystosowane do torów z odbojnicami.
- Płyty gumowe wykonane są jako dwuwarstwowe. Warstwa zewnętrzna wykonana jest z gumy wysokiej klasy, zaś wewnętrzna – z mieszanki wulkanizacyjnej o zmniejszonych wymaganiach wytrzymałościowych. Na powierzchni jezdnej płyt znajduje się bieżnik w kształcie ściętych stożków. Mogą być również wykonane nacięcia przechodzące przez środek stożka pod kątem 45° do bocznych krawędzi płyty, tworząc siatkę zwiększającą przyczepność kół pojazdów samochodowych. W warstwie ściernej dodatkowo stosuje się korund.



Rys. 7. Rysunek schematyczny nawierzchni KOL-DROG [10]

Płyty zewnętrzne od strony toru oparte są na stopce szyny, zaś od strony drogi opierają się na separacyjnym krawężniku żelbetowym lub bezpośrednio na odpowiednio przygotowanym podłożu.

Płyty wewnętrzne obydwooma bokami przylegającymi do szyn opierają się na stopkach szyn.

Skrajne płyty środkowe są chronione przed uszkodzeniem od przejeżdżającego taboru za pomocą stalowych klinów zabezpieczających [9].

Gumowa nawierzchnia przejazdu kolejowego typu KOL-DROG może być stosowana na przejazdach kolejowo-drogowych i tramwajowych, na mostach kolejowych i w tunelach, na ścieżkach rowerowych i na przejściach dla pieszych, na liniach jednotorowych lub wielotorowych, w następującym zakresie:

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60) oraz szyn tramwajowych S180,
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 180$ m [9].

System gumowej nawierzchni na przejazdy kolejowe ELASTrack

ELASTrack (rys. 8) to system gumowej nawierzchni na przejazdy kolejowo-drogowe, składający się z następujących komponentów:

- płyt kolejowych wewnętrznych (PKW) i płyt kolejowych zewnętrznych (PKZ);
- gumowych elementów adaptacyjnych, służących do odpowiedniego dopasowania płyt gumowych do kształtu podkładu, w zależności od typu zastosowanych podkładów oraz szyn;
- żelbetowych krawężników oporowych, stanowiących element przejściowy między płytami PKZ, a nawierzchnią drogową; krawężniki mają kształt umożliwiający właściwe przyleganie do nich płyt zewnętrznych PKZ;
- elementów konstrukcyjnych łączących płyty.



Rys. 8. Rysunek schematyczny nawierzchni ELASTrack [12]

Ponadto w skład systemu ELASTrack wchodzi mniejsze elementy konstrukcyjne.

Liczby poszczególnych elementów różnią się w zależności od wersji systemu ELASTrack.

Gumowe płyty PKW, umieszczane wewnątrz toru, obydwoma końcami przylegają do szyn i opierają się na podkładach. Płyty PKZ również opierają się na podkładach, od strony toru przylegają końcami do szyn, a od strony drogi samochodowej opierają się na żelbetowych krawężnikach oporowych. Skrajne płyty są chronione przed uszkodzeniem od przejeżdżającego taboru blachami najazdowymi wewnętrznymi lub zewnętrznymi. Dopuszcza się montaż systemu w ograniczonym zakresie, jedynie wewnątrz toru, bez wykorzystania płyt PKZ oraz bez żelbetowych krawężników oporowych [11].

System ELASTrack jest przeznaczony do zabudowy na skrzyżowaniach dróg szynowych z drogami samochodowymi, rowerowymi lub jako przejścia dla pieszych, na liniach jednotorowych lub wielotorowych, w następującym zakresie:

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60),
- na odcinkach prostych, w krzywych przejściowych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 380$ m [11].

Konstrukcja płyt pozwala na montaż nawierzchni przejazdu na każdym typie podkładów, z każdym typem systemu przytwierdzeń szyn.

Zakres pracy w temperaturach od -35°C do 60°C .

Nawierzchnie z płyt małogabarytowych

Prefabrykowana nawierzchnia przejazdu kolejowego typu MIROSŁAW

Prefabrykowana nawierzchnia przejazdu kolejowego typu MIROSŁAW (rys. 9, fot. 4) składa się z:

- płyt przejazdowych (wewnętrznych skrajnych, wewnętrznych i zewnętrznych),
- belek podporowych (wewnętrznych, zewnętrznych, zewnętrznych krawężnikowych),
- amortyzatorów polimerowych gumowych lub poliuretanowych (pod płytę wewnętrzną S49, pod płytę zewnętrzną S49, pod płytę wewnętrzną UIC60, pod płytę zewnętrzną UIC60),
- pasów gumowych amortyzujących,
- pasów gumowych uszczelniających (S49, UIC60) [13].

Płyty przejazdowe zewnętrzne od strony toru są oparte na stopce szyny poprzez amortyzatory polimerowe, zaś od strony drogi opierają się poprzez gumowy pas amortyzujący na belce podporowej, do której są przykręcone za pomocą wkrętów mocujących. Płyty przejazdowe wewnętrzne z obu stron opierają się na stopkach szyn poprzez amortyzatory polimerowe. Przed przesuwaniem się płyt zabezpieczają stalowe uchwyty oporowe, mocowane na stopce szyny przy skrajnych płytach z obu stron przejazdu. Płyty przejazdowe są obramowane na całej długości kątownikiem stalowym lub odpowiednio wyprofilowanym kształtownikiem z blachy stalowej.

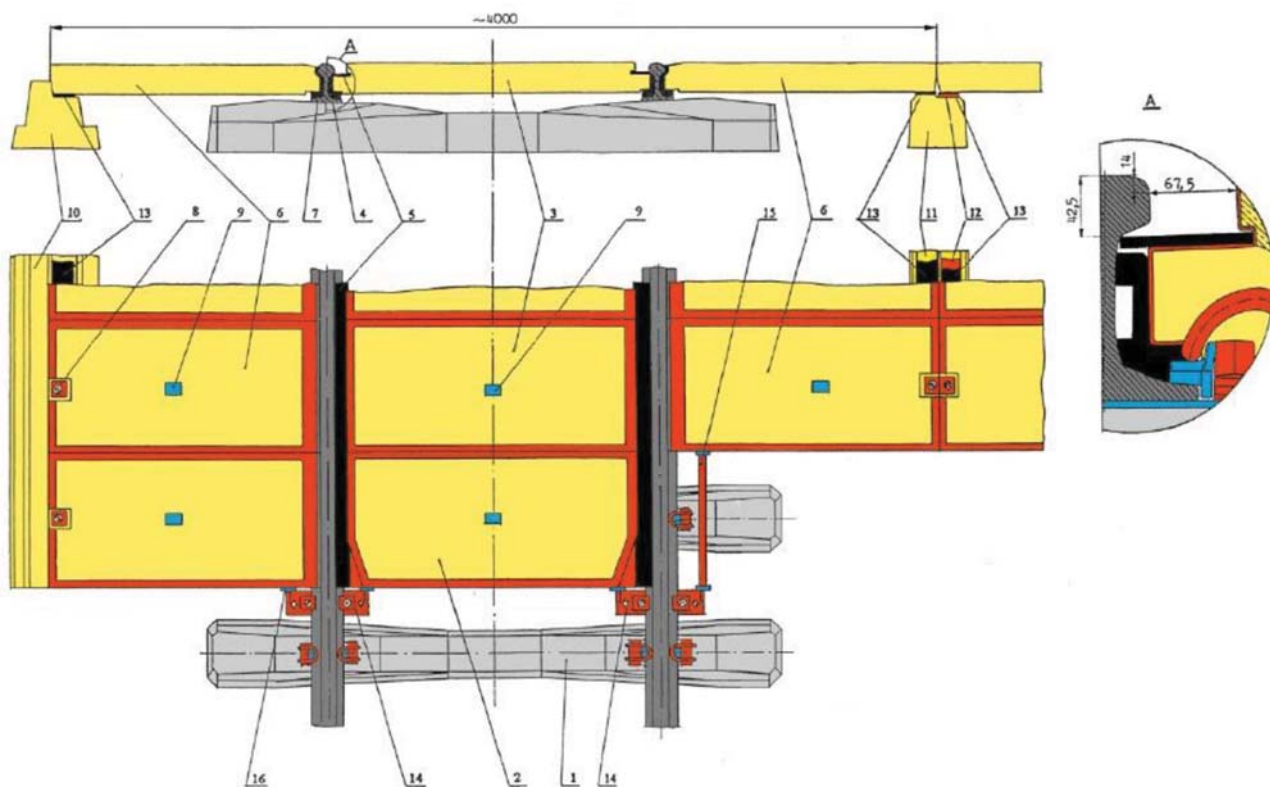
Konstrukcja przejazdu umożliwia jego zabudowę z zastosowaniem typowych maszyn torowych (wózki motorowe z żurawikami) lub maszyn drogowych. Wymiana uszkodzonego elementu przejazdu nie narusza położenia elementów sąsiednich. Konstrukcja przejazdu umożliwia wykonywanie typowych robót utrzymania nawierzchni z zastosowaniem ciężkich maszyn torowych np. podbijarki [13].

Płyty MIROSŁAW przeznaczone są do zastosowania:

- w nawierzchni kolejowej (przejazdy kolejowo-drogowe),
- w nawierzchni tramwajowej (torowiska, przejazdy tramwajowe).

W przypadku linii jednotorowych lub wielotorowych stosowanie tych rozwiązań możliwe jest w następującym zakresie:

- przy minimalnej odległości między osiami torów kolejowych 4,00 m lub przy odległości między osiami torów tramwajowych wynoszących 2,90 m, 3,10 m, 3,90 m lub 4,10 m,



Oznaczenia

1. Podkład kolejowy
2. Płyta przejazdowa wewnętrzna skrajna
3. Płyta przejazdowa wewnętrzna
4. Amortyzator wewnętrzny
5. Pas gumowy uszczelniający

6. Płyta przejazdowa zewnętrzna
7. Amortyzator zewnętrzny
8. Wkręt mocujący
9. Korek poliuretanowy
10. Belka podporowa zewnętrzna
11. Belka podporowa wew. z uskokiem

12. Listwa mocująca
13. Pas gumowy amortyzujący
14. Uchwyt oporowy
15. Łącznik oporowy
16. Nasadka polietylenowa

Rys. 9. Nawierzchnia MIROSLAW [14]



Fot. 4. Szlak Krusze–Pilawa, nawierzchnia z płyt MIROSLAW [fot. A. Dąbrowski]

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1000 mm, 1435 mm lub 1520 mm, a także w torach tramwajowych o szerokości 1000 mm lub 1435 mm,
- w przypadku szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60),
- na podkładach kolejowych drewnianych, strunobetonowych

wych lub stalowych typu Y, z systemem przytwierdzeń klasycznym typu K lub sprężystym typu SB lub KS, a także na podkładach tramwajowych drewnianych lub strunobetonowych o rozstawie 600 mm, z systemem przytwierdzeń klasycznym typu K lub sprężystym SB lub KS,

- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 350$ m [13].

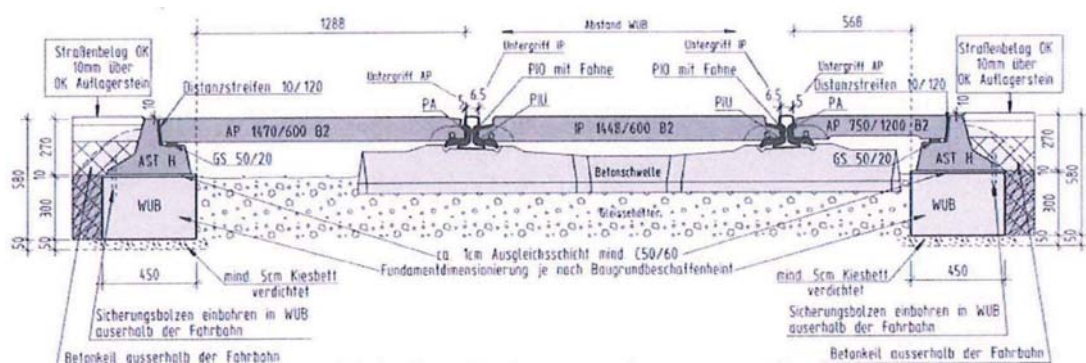
Płyty BODAN

Płyty BODAN (rys. 10) to prefabrykaty z betonu polimero-wego przeznaczone do stosowania na przejazdach kolejowo-drogowych. System składa się z:

- płyt wewnętrznych (IP),
- płyt zewnętrznych (AP),
- pozostałych elementów konstrukcyjnych.

Producent oferuje wersję z płyt o powierzchni odbijającej światło – BODAN-REFLO. [15]

Płyty BODAN stosuje się na przejazdach kolejowo-drogowych na liniach jednotorowych lub wielotorowych. Szerokość toru jak również typ szyn mogą być zmienne, przy czym wysokość szyny powinna wynosić co najmniej 120 mm. W nawierzchni kolejowej może być zastosowany dowolny typ systemu przytwierdzeń [15].



Rys. 10. Nawierzchnia
BODAN [15]

Płyty systemu PGP

Płyta PGP (rys. 11) jest wykonana z betonu zbrojonego. Zaprojektowana została w taki sposób, aby możliwe było zastosowanie identycznych płyt zarówno między tokami szynowymi (płyty wewnętrzne), jak i na styku z nawierzchnią drogi (płyty zewnętrzne) [16].

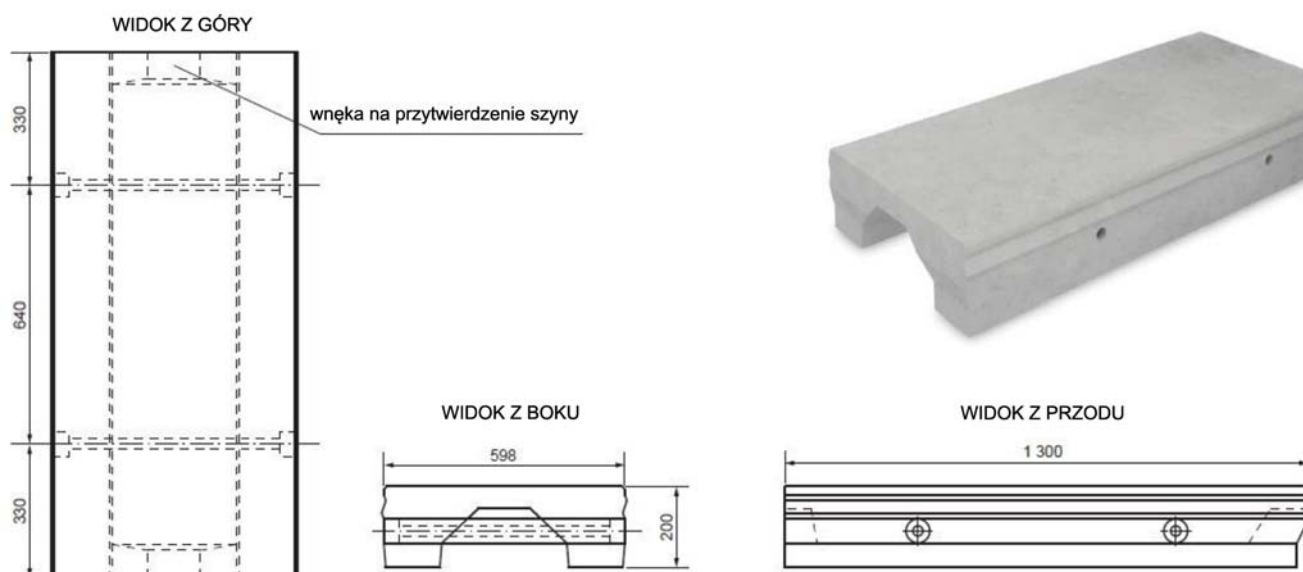
Pierwowzorem płyty PGP była płyta ZET (fot. 5).

Płyty zabudowane wewnątrz toru opierają się na wyrównawczej warstwie z kłińca lub gysu, ułożonej na podsypce znajdującej się w oknach między podkładami kolejowymi. Płyty zabudowane na zewnątrz toru również oparte są na odpowiednio przygotowanym podłożu. Płyta jest obramowana kątownikiem stalowym lub odpowiednio wyprofilowanym kształtownikiem z blachy stalowej na krawędziach przebiegających wzdłuż szyn.

Konstrukcja przejścia umożliwia jego zabudowę z zastosowaniem typowych maszyn torowych (wózki motorowe z żurawikami) lub maszyn drogowych. Wymiana uszkodzonej płyty przejścia nie narusza położenia płyt sąsiednich. Konstrukcja przejścia umożliwia wykonywanie typowych robót utrzymania nawierzchni z zastosowaniem ciężkich maszyn torowych np. podbijarki [16].



Fot. 5. Płyty ZET (pierwowzór płyt PGP) na st. Kraków Bonarka [fot. G. Stencel]



Rys. 11. Nawierzchnia PGP [17]

Płyty PGP przeznaczone są do zastosowania:

- w nawierzchni kolejowej (przejazdy kolejowo-drogowe),
- w nawierzchni tramwajowej (torowiska, przejazdy tramwajowe).

W przypadku linii jednotorowych lub wielotorowych stosowanie tych rozwiązań możliwe jest w następującym zakresie:

- przy minimalnej odległości między osiami torów kolejowych 4,00 m lub przy minimalnej odległości między osiami torów tramwajowych 2,90 m,
- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm, a także w torach tramwajowych o szerokości 1435 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60),
- na podkładkach kolejowych lub tramwajowych drewnianych lub strunobetonowych, z systemem przytwierdzeń klasycznym typu K lub sprężystym typu SB lub KS,
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 350$ m [16].

Nawierzchnie z płyt wielkogabarytowych

Płyty żelbetowe systemu CBP

System CBP (rys. 12, fot. 6) to płyty żelbetowe, wielkogabarytowe, stanowiące cały czas najpowszechniejsze rozwiązanie nawierzchni drogowej na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce.

System CBP składa się z następujących zasadniczych elementów:

- płyt wewnętrznych (PW),
- płyt zewnętrznych (PZ),
- płyt wewnętrznych skrajnych (PWS),
- płyt międzytorowych (PM).

Wymiary płyt są standaryzowane w zależności od szerokości toru oraz obciążenia przejazdu.

Krawędzie płyt są zabezpieczone kątownikami stalowymi. Istnieje również możliwość wykonywania płyt o połowę krótszych ($1/2 L$) [18].

Płyty CBP przeznaczone są do zastosowania w nawierzchni kolejowej (przejazdy kolejowo-drogowe), na liniach jednotorowych lub wielotorowych, w następującym zakresie:

- w torach kolejowych wszystkich klas o szerokości 1435 mm lub 1520 mm,
- do szyn kolejowych 49E1 (S49) i 60E1 (UIC60),
- na podkładkach drewnianych lub strunobetonowych z każdym typem systemu przytwierdzeń,
- na odcinkach prostych lub w łukach o promieniu minimalnym $R \geq 600$ m [19].

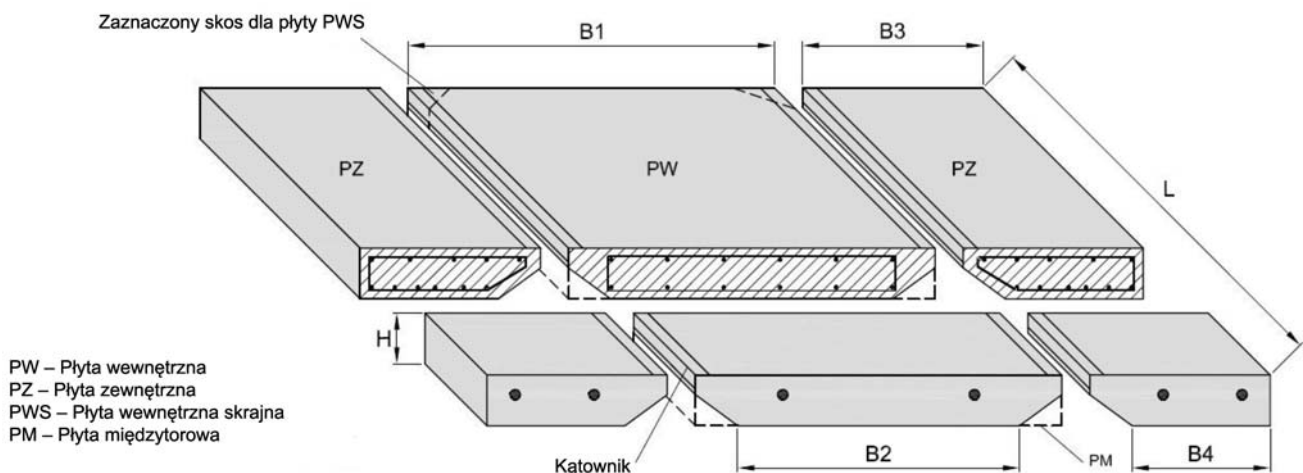


Fot. 6. Szlak Cz-a Gnaszyn–Blachownia, nawierzchnia z płyt CBP [fot. A. Dąbrowski]

Podsumowanie

W zakresie nawierzchni drogowych na przejazdach kolejowo-drogowych najważniejsza linia technologicznego podziału przebiega pomiędzy nawierzchniami bezpodsypkowymi i tradycyjnymi.

Podstawowym elementem **nawierzchni bezpodsypkowych** jest betonowa płyta z uformowanymi kanałami szynowymi, w których przy użyciu różnych technologii w sposób trwały mocuje/przytwierdza się szyny kolejowe lub tramwajowe. Fakt użycia płyt prefabrykowanych sprawia, że wykonanie przejazdu kolejowo-drogowego w technologii bezpod-



Rys. 12. Nawierzchnia CBP [18]

Tabela 1. Wady i zalety nawierzchni drogowych na przejazdach kolejowo-drogowych

Nawierzchnia	Zalety	Wady
Bezpodsypkowa	<ul style="list-style-type: none"> wysoka trwałość i stabilność dobra współpraca nawierzchni drogowej z nawierzchnią kolejową (brak wzajemnych przemieszczeń, odkształceń) w obrębie przejazdu kolejowo-drogowego 	<ul style="list-style-type: none"> różnica sztywności nawierzchni na przejeździe kolejowo-drogowym oraz sztywności nawierzchni poza przejazdem ograniczone możliwości demontażu nawierzchni
Z płyt gumowych	<ul style="list-style-type: none"> zredukowany poziom wibracji i hałasu możliwość wykorzystania elementów z recyklingu największa różnorodność elementów dostosowanych do indywidualnych zastosowań (np. do przejść dla pieszych, dróg rowerowych, zwiększonych obciążeń, w obrębie rozjazdów kolejowych itd.) 	<ul style="list-style-type: none"> ryzyko zwiększonej podatności tworzyw sztucznych na warunki zewnętrzne (temperatura, promieniowanie UV) możliwość powstawania trwałych odkształceń i zużycia nawierzchni
Z płyt małogabarytowych	<ul style="list-style-type: none"> duża trwałość i wytrzymałość podstawowych elementów przy zachowaniu niewielkiej masy łatwy i szybki montaż i demontaż (w tym również pojedynczych płyt) 	<ul style="list-style-type: none"> duża liczba elementów nierównomierne obciążenie płyt w przypadku przejazdów zlokalizowanych pod kątem do osi drogi
Z płyt wielkogabarytowych	<ul style="list-style-type: none"> stosunkowo łatwy montaż i demontaż (konieczność użycia ciężkiego sprzętu, ale niewielka liczba elementów) niższy koszt wykonania w stosunku do innych rozwiązań 	<ul style="list-style-type: none"> duża masa elementów brak współpracy nawierzchni drogowej z nawierzchnią kolejową (powstawanie deformacji, w tym klawiszowanie, przesunięcia płyt) niska estetyka duży poziom wibracji i hałasu

sympkowej nie jest znacząco dłuższy od czasu związanego z zastosowaniem technologii klasycznej. Niewątpliwą zaletą nawierzchni bezpodsypkowej jest jej trwałość i stabilność, natomiast wadą – skomplikowany proces demontażu, a także skokowa zmiana sztywności toru kolejowego na długości przejazdu kolejowo-drogowego.

Nawierzchnie tradycyjne wykonywane są z różnego rodzaju płyt: gumowych, żelbetowych małogabarytowych i żelbetowych wielkogabarytowych, jak również z belek drewnianych. Każda z zastosowanych technologii różni się właściwościami i należy ją dostosować do warunków lokalnych. Nawierzchnie tradycyjne są bardziej kłopotliwe w eksploatacji z uwagi na brak lub ograniczoną współpracę nawierzchni drogowej z kolejową, co powoduje powstawanie wibracji, a w konsekwencji – przemieszczeń i odkształceń płyt. Z kolei niewątpliwą zaletą tych technologii jest możliwość szybszej (a w niektórych przypadkach również częściowej) rozbiórki nawierzchni, a także zachowanie równomiernej sztywności toru kolejowego na długości przejazdu kolejowo-drogowego.

Zestawienie zalet i wad nawierzchni drogowych na przejazdach kolejowo-drogowych wykonywanych w czterech podstawowych technologiach, przedstawiono w tabeli 1.

Zastosowanie konkretnego rozwiązania zależy od warunków miejscowych, obejmujących takie czynniki jak: natężenie i strukturę ruchu drogowego, układ geometryczny linii kolejowej, oczekiwania społeczne (np. dotyczące poziomu wibracji i hałasu) oraz technologii utrzymania toru kolejowego.

Bibliografia

- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2013-0292-00 na wyrób „Prefabrykowana żelbetowa płyta szynowa STELCON”, Warszawa, 2013
- Stelcon – materiały informacyjne producenta
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2015-0331-00 na wyrób „Torowe płyty nośne systemu GTP”, Warszawa, 2015
- Strona internetowa TINES Railway, <http://www.tines.pl/pl/oferta-dla-kolei/menu-kolej-systemy/edilon-lc-l.html>, ost. dost. 14 września 2016 r.
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2014-0301-00 na wyrób „Prefabrykowane elementy żelbetowe nawierzchni przejazdu kolejowo-drogowego typu ZELTOR”, Warszawa, 2014
- Biuletyn Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej, nr 23, Warszawa, 2015
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2016-0013-03 na wyrób „Gumowa nawierzchnia przejazdowa typu STRAIL”, Warszawa, 2016
- Strona internetowa STRAIL, <http://www.strail.de/index.php?id=762>, ost. dost. 14 września 2016 r.
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2012-0023-02 na wyrób „Płyty gumowe i separacyjne krawężniki żelbetowe nawierzchni przejazdowej typu KOL-DROG”, Warszawa, 2012
- Strona internetowa KOL-DROG, <http://www.koldrog.pl/>, ost. dost. 14 września 2016 r.
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2015-0319-00 na wyrób „ELASTrack system gumowej nawierzchni na przejazdy kolejowe”, Warszawa, 2015
- Strona internetowa FTT Wolbrom, <https://fttwolbrom.com.pl/oferta/24>, ost. dost. 14 września 2016 r.
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/09-2010-0105-A1 na wyrób „Płyty i belki betonowe oraz elementy polimerowe nawierzchni przejazdowej typu MIROSŁAW”, Warszawa, 2011
- Strona internetowa CONSOLIS WPS, http://www.wps-sa.com.pl/pl/oferta/przejazd_kolejowy/, ost. dost. 14 września 2016 r.
- BODAN - materiały informacyjne producenta
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/09-2011-0238-00 na wyrób „Płyta typu PGP do nawierzchni przejazdowej”, Warszawa, 2011
- Strona internetowa PPB SIENKIEWICZ, http://www.sienkiewicz.com.pl/userfiles/files/kat_kol_plyta_przejazdowa_pgp.pdf, ost. dost. 14 września 2016 r.
- Strona internetowa WPS STRUNBET, http://www.strunbet.pl/wp-content/katalog/karty_teczniczne/KT_29_CBP.pdf, ost. dost. 14 września 2016 r.
- Aprobata techniczna Instytutu Kolejnictwa nr AT/07-2013-0264-00 na wyrób „Prefabrykowane wielkogabarytowe płyty żelbetowe”, Warszawa, 2013