

Powrót podkładów stalowych

Zapomniany w wielu krajach, w tym w Polsce, podkład stalowy staje się na nowo atrakcyjnym elementem nawierzchni. W zmienionej formie, w kształcie litery Y, dając bardzo wysoką stabilność położenia toru, układany jest na liniach kolejowych w Niemczech, Szwajcarii i innych krajach europejskich.

Pierwsze odcinki toru z podkładami stalowymi typu Y ułożono w 1984 r., a pod koniec grudnia 2001 r. w Europie było już prawie 500 km toru. W artykule przedstawiono podstawowy opis podkładu, jego zalety oraz zakres stosowania.

Podkłady stalowe w Polsce i Europie

Podkłady stalowe traktowane są w Polsce jako przestarzałe. Rozporządzenie [6], w odniesieniu do nawierzchni kolejowej, pozwala na stosowanie jedynie podkładów drewnianych i betonowych. Z danych PKP wynika, że w 1999 r., na ogólną liczbę 70 982 podkładów leżących w torach, było 34 436 podkładów drewnianych, 34 639 strunobetonowych, a 1907 pozostałych typów, w tym stalowych [4]. Należy zatem stwierdzić, że obecnie na sieci kolejowej w Polsce podkłady stalowe stanowią co najwyżej 2,5% ogólnej liczby podkładów. Podkłady stalowe klinowe (znane również łupinowymi, niem. *Trogschwelle*) są eksploatowane na obu kolejach linowo-terenowych, tzn. na Gubałówkę w Zakopanym i na Górę Parkową w Krynicy od 1938 r. (w 2001 r. wykonano naprawę główną drogi szynowej na Gubałówkę i wprowadzono podkłady typu Y, co będzie dalej opisane).

Podkłady stalowe były stosowane powszechnie w innych krajach europejskich. W 1958 r. ten typ podkładów był dominujący na sieci kolei szwajcarskiej (68,9%) i miał znaczący udział na sieci kolei niemieckiej (40,2%) [3]. Jeszcze w 1989 r. na sieci kolei DB AG podkłady stalowe stanowiły 18,1%.

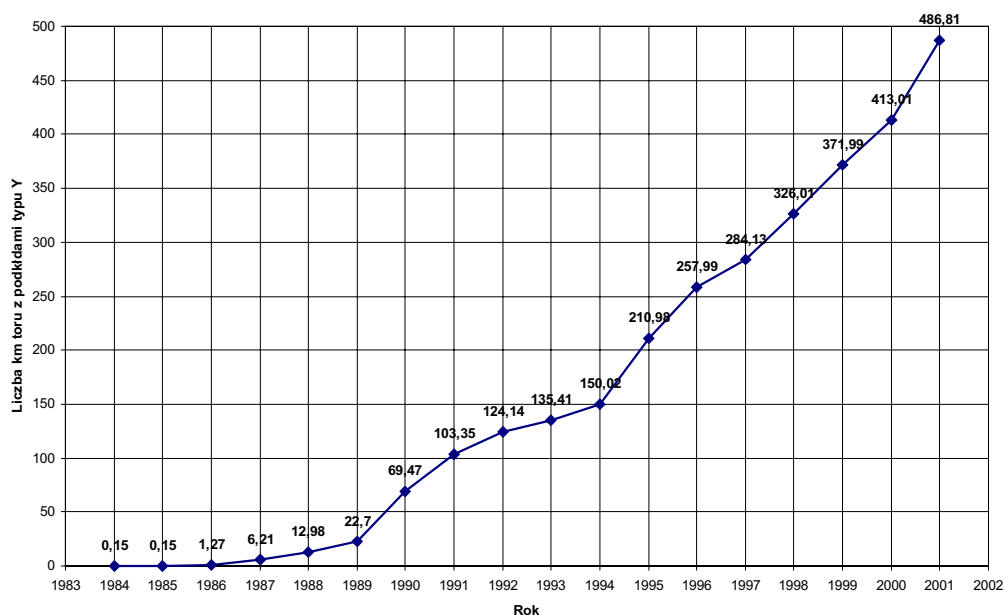
Powszechne stosowanie podkładów strunobetonowych na podstawowych europejskich liniach kolejowych, w tym liniach dużych prędkości, znacznie zmniejszyło zainteresowanie podkładami stalowymi, które postanowiono stopniowo eliminować. Tę tendencję powstrzymała firma Stahlwerke Peine-Salzgitter AG. W 1983 r. opracowano konstrukcję podkładu stalowego typu Y, a w 1984 r. ułożono pierwszy, 150-metrowy odcinek toru z tymi podkładami. Od tego czasu liczba kilometrów toru z podkładami stalowymi typu Y ciągle się zwiększa (rys. 1). Pod koniec 2001 r. było to już 486,81 km. Liczba ta rozkłada się na następujące sieci dróg szynowych:

- kolej DB-AG: 192,39 km (39,5%);
- inne koleje niemieckie, w tym koleje wąskotorowe w górach Hartz: 248,17 (51%);
- pozostałe kraje: 46,25 km (9,5%), z czego w Szwajcarii – 35,2 km, Hiszpanii – 5,72 km, Rosji 1,6 km, Gruzji – 2,41 km, Polsce – 1,32 km (kolej linowo-terenowa na Gubałówkę).

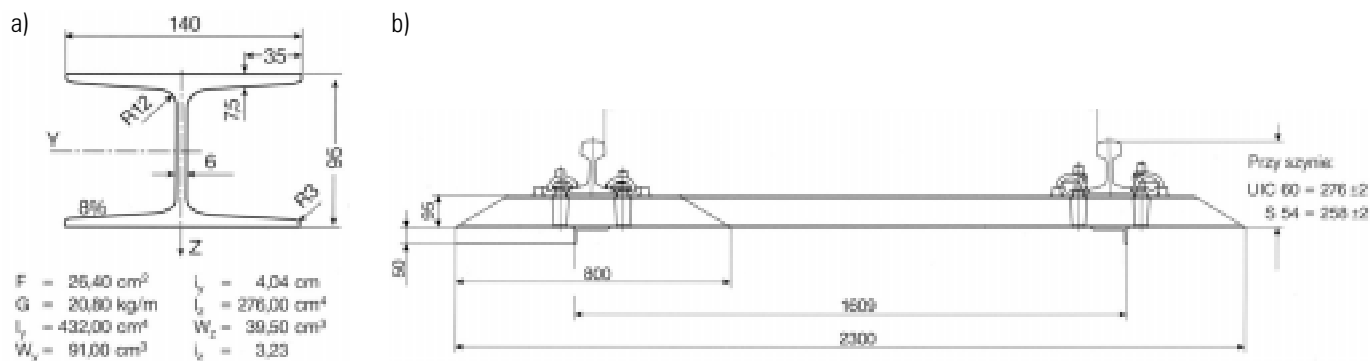
Całkowita długość eksploatowanych obecnie torów z podkładami typu Y wynosi zatem prawie 500 km i jest porównywalna z liczbą torów z nawierzchnią bezpodsypkową [1] (włączając budowaną linię Kolonia – Frankfurt, a ograniczając się jedynie do Europy).

Konstrukcja podkładu stalowego typu Y i rozmieszczenie podkładów w torze

Podstawową formą podkładu stalowego typu Y, produkowanego przez Peiner-Träger, pokazano na rysunku 2 [3].



Rys. 1. Zwiększenie liczby kilometrów toru z podkładami typu Y (dotyczy następujących krajów: Niemcy, Szwajcaria, Hiszpania, Rosja, Gruzja i Polska – na podstawie [5])



Rys. 2. Podkład typu Y [3]

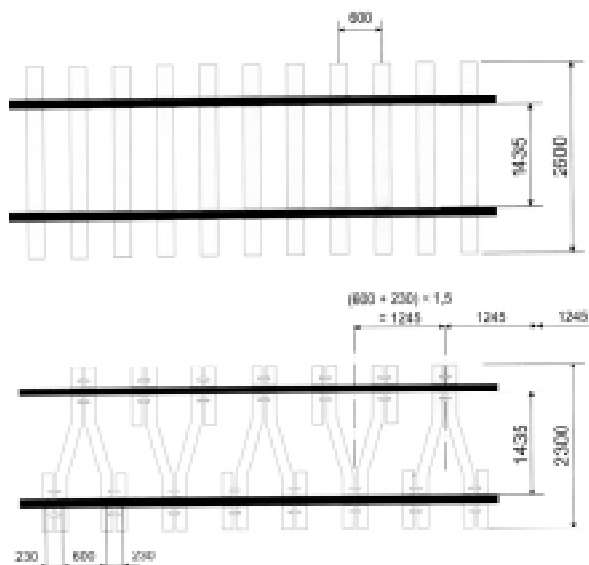
a) dwuteownik IB 100 S-1, b) podstawowe wymiary podkładu

Głównym elementem są dwuteowniki typu IB 100 S-1, pokazane na rysunku 2a. W części podszykowej elementem nośnym podkładu są dwa dwuteowniki, rozmieszczone w odstępnie 190 mm (rys. 2b). Całkowita długość podkładu przeznaczonego dla toru o szerokości 1435 mm wynosi 2300 mm. Końce dwuteowników są ścięte pod kątem 32° (jest on zbliżony do nachylenia stoku przyzmy podsypki). Przy tym pochyleniu długość górnej części podkładu wynosi niecałe 2 m. Rozstaw osi przytwierdzeń wynosi 830 mm, a rozstaw osi podkładów w torze – 1245 mm (rys. 3a).

Na kilometr toru przypada 1667 podkładów belkowych (betonowych lub drewnianych), a przy zastosowaniu podkładów stalowych typu Y liczba ta ogranicza się do 803 sztuk. W strefach podszykowych dwuteowniki połączone są w górnej części prętami 30×30 mm, a w dolnej części kątownikiem 50×100 mm.

Masa podkładu niezbrojonego wynosi 132 kg, a z kompletem przytwierdzeń 143–145 kg (w zależności od rodzaju szyny). Elementy przytwierdzenia typu S15/Skl 14 pokazano na rysunku 3b.

Ten typ przytwierdzenia jest najbardziej rozpowszechniony w podkładach stalowych typu Y, choć możliwe jest za-



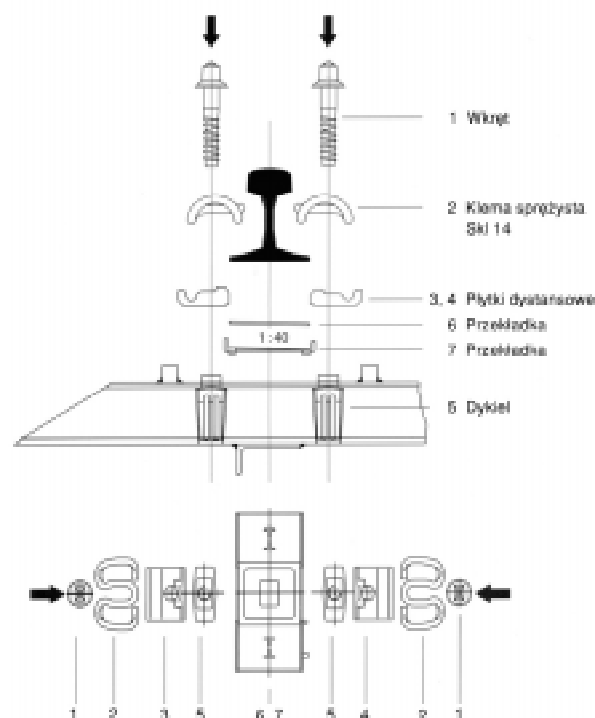
Rys. 3a. Rozmieszczenie podkładów belkowych i typu Y [5]

stosowanie innych typów, w tym odmiany przytwierdzenia Pandrol [5]. Przytwierdzenia dają izolację elektryczną taką samą, jak inne typy podkładów, co umożliwia zastosowanie podkładów na liniach zelektryfikowanych i prawidłową pracę urządzeń skr. Ze względu na łatwość kształtowania podkładu, stosowane są jego różne odmiany, np. dla toru o szerokości w osiach 1200 mm. Taką szerokość toru zastosowano (ze względu na wymagania taboru) w drodze szynowej kolei linowo-terenowej na Gubałówkę. Podstawowe wymiary podkładu pokazano na rysunku 4.

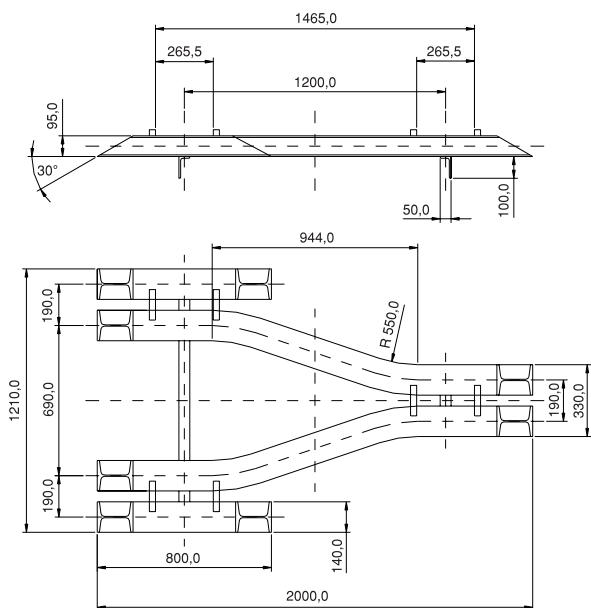
Podkłady stalowe w rozjazdach i nietypowych konstrukcjach toru

Na rysunku 5 pokazano rozmieszczenie podkładów typu Y w rozjeździe zwyczajnym typu Rz-554-190-1:9 [3].

Ze względu na trudności w układaniu tych rozjazdów obecnie wprowadza się podrozjadnice typu YH (rys. 6), typu



Rys. 3b. Elementy przytwierdzeń typu S15/Skl 14



Rys. 4. Podkład typu Y zastosowany w drodze szynowej kolei linowo-terenowej na Gubałówkę [2]

YN (rys. 7), a najczęściej proste podrozjazdnice stalowe (rys. 8).

We wszystkich tych konstrukcjach podstawowym elementem podrozjazdnic są kątowniki typu IB 100 S-1 (por. rys. 2a).

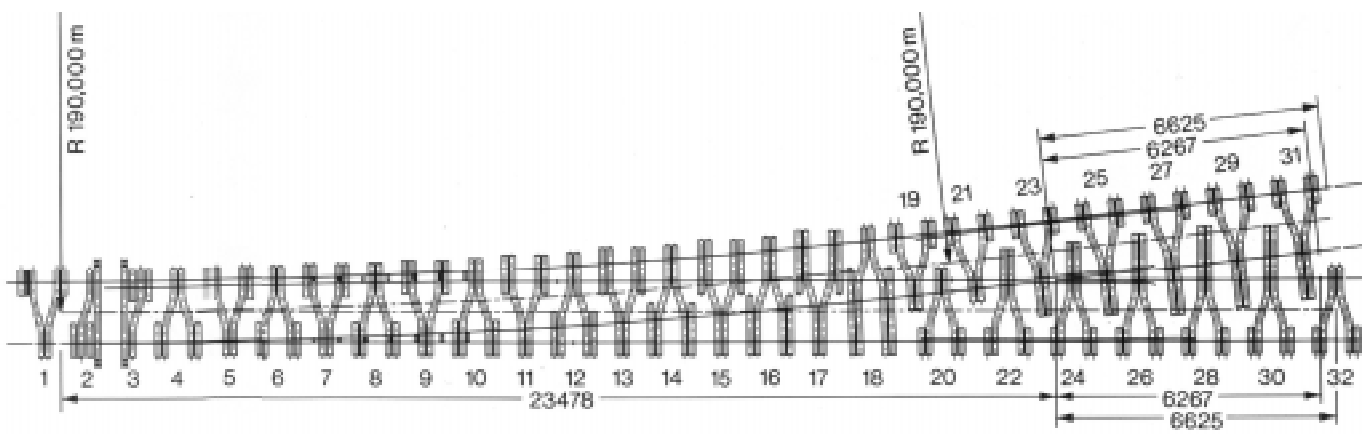
Podkłady stalowe typu Y są również stosowane w przypadku kolei zębatych (rys. 9), w splotach torów 1435 mm oraz 1520 mm (rys. 10), a także na mostach bez podsypki (rys. 11).

Podkłady te stosowane są również w nawierzchniach bezpodsypkowych, np. na podłożu asfaltowym (rys. 12). Na końcach odcinka z podkładami typu Y układa się podkłady przejściowe (rys. 13).

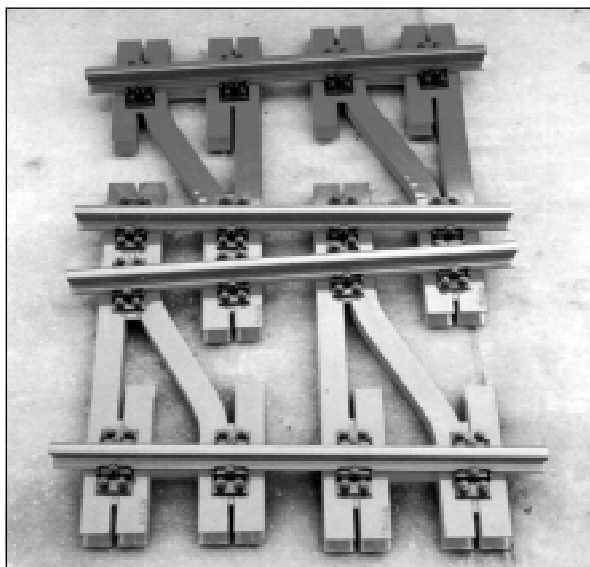
Podstawowe parametry nawierzchni podsypkowej z podkładami stalowymi typu Y

Analiza teoretyczna oraz badania doświadczalne toru z podkładami typu Y pokazują, że [3,5]:

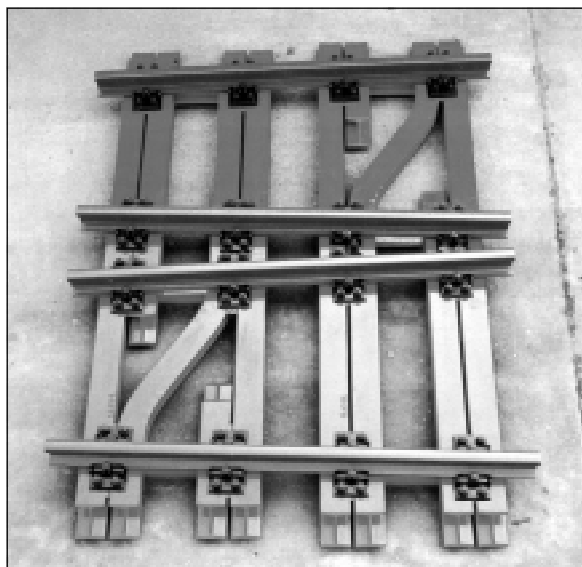
- graniczny opór podłużny przytwierdzeń typu S15/Skl 14 wynosi 12 kN/przytwierdzenie (około 28 kN/mb toru), a przy bardzo słabo dokręconych śrubach nie spada poniżej 8 kN/przytwierdzenie (około 19 kN/mb toru);



Rys. 5. Rozmieszczanie stalowych podkładów typu Y w rozjeździe zwyczajnym Rz-554-190-1:9 [3]

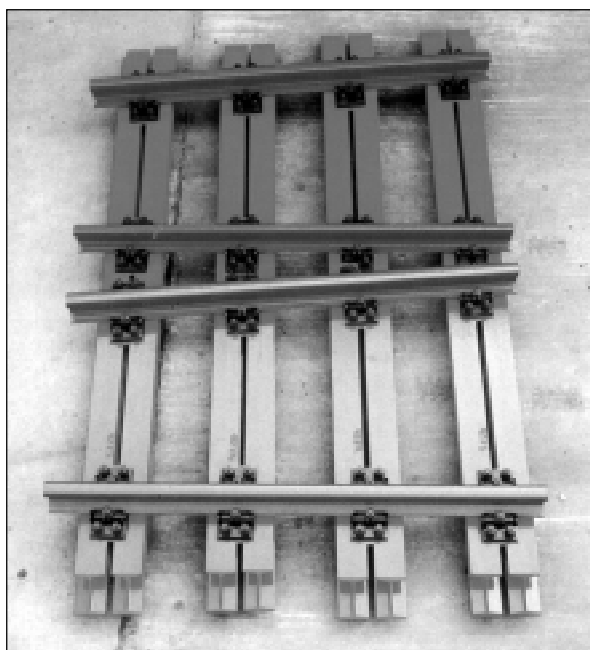


Rys. 6. Fragment rozjazdu z podkładami stalowymi typu YH [3]



Rys. 7. Fragment rozjazdu z podkładami stalowymi typu YN [3]

- b) sztywność ramowa toru z podkładami stalowymi typu Y oraz z szynami UIC 60 i przytwierdzeniami typu S15/Skl14 jest ponad 15-krotnie wyższa od typowej ramy torowej z podkładami betonowymi typu B-70;
- c) opory boczne ruchu podkładów w podsypce są co najmniej 1,5-krotnie wyższe od oporów nawierzchni z podkładami betonowymi B-70; charakterystyczne jest to, że opory podłużne są porównywalne z poprzecznymi, podczas gdy w przypadku podkładów belkowych opory podłużne są istotnie wyższe od bocznych;
- d) siła krytyczna, przy której może nastąpić wyboczenie toru jest co najmniej 3-krotnie wyższa od tej wartości w przypadku nawierzchni z podkładami betonowymi typu B-70.



Rys. 8. Fragment rozjazdu z prostymi podrozjazdnicami stalowymi [3]



Rys. 9. Podkłady stalowe typu Y kolei zębatej Oberralpbahn (Szwajcaria) [3]

Te cechy podkładów typu Y spowodowały, że tor bezстыkowy układany jest już w łukach o promieniu $R \geq 190$ m. W przypadku toru o szerokości 1000 mm, w Szwajcarii eksploatowany jest tor bezстыkowy przy promieniu łuku poziomego $R = 35$ m. Oznacza to, że w warunkach kolei normalnotorowych zastosowanie podkładów stalowych typu Y umożliwia zastosowanie toru bezстыkowego praktycznie na dowolnym odcinku toru, bowiem promienie łuków poniżej 190 m praktycznie nie występują.

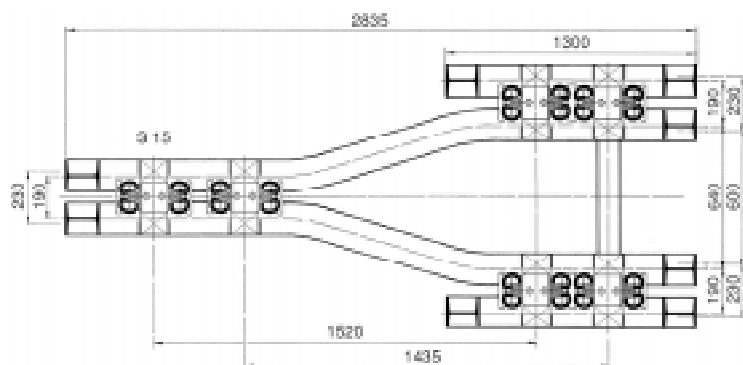
Tor bezстыkowy na podkładach stalowych typu Y stosowany jest na pochyleniach 40‰ (koleje normalnotorowe), a przy kolejach zębatach w Szwajcarii na pochyleniu 110‰, natomiast w przypadku kolei linowo-terenowej na Gubałówkę zastosowano tor bezстыkowy przy pochyleniach prawie 300‰ [2].

Ponadto nawierzchnię z podkładami typu Y można względnie łatwo „rozstroić”, tzn. ograniczyć amplitudy drgań rezonansowych, co ma istotne znaczenie zwłaszcza przy dużych prędkościach pociągów [7].

Koszty budowy i utrzymania toru z podkładami typu Y

Typowy przekrój poprzeczny jednotorowej linii kolejowej z podkładami typu Y pokazano na rysunku 14 (podkłady Y dla prędkości $v \leq 120$ km/h).

Dzięki dużym oporom ruchu podkładów w podsypce oraz małej wysokości podkładu (95 mm, a betonowy około



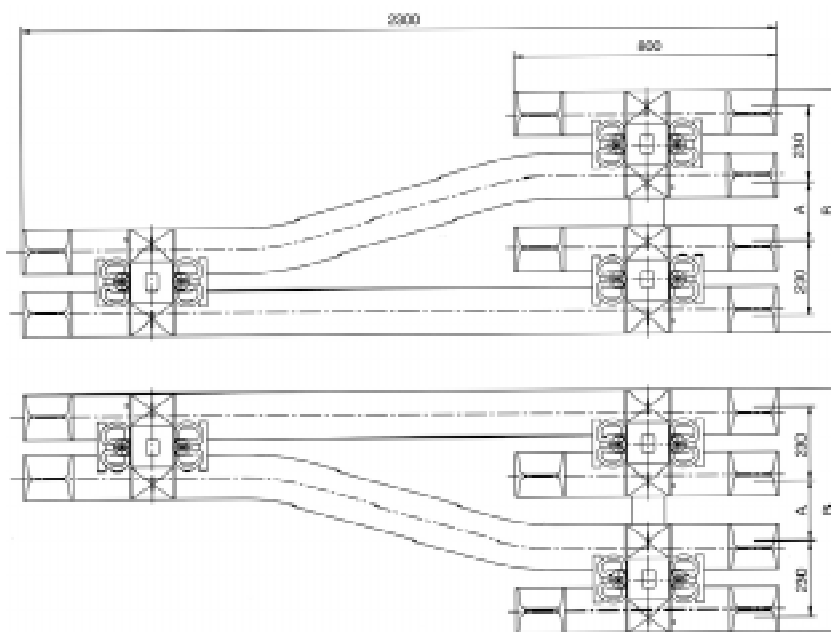
Rys. 10. Podkład stalowy typu Y w splocie torów 1520/1435 [3]



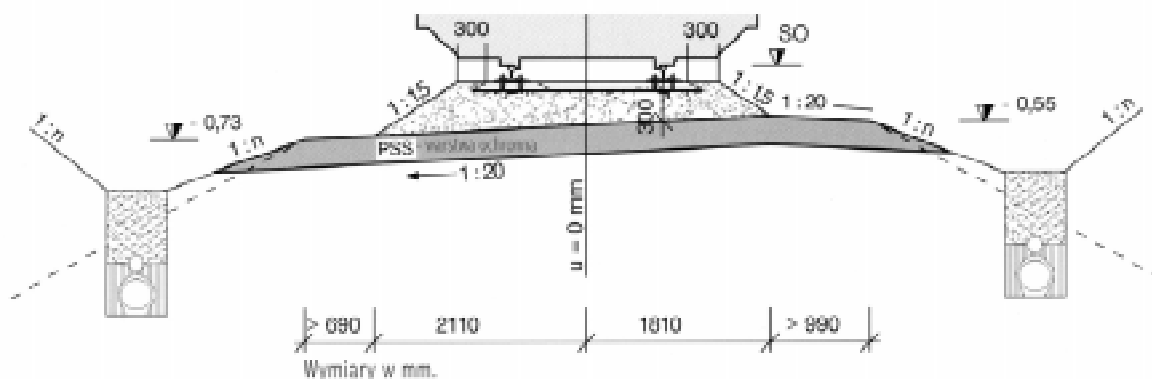
Rys. 11. Podkłady stalowe typu Y przeznaczone na most bez podsypki [3]



Rys. 12. Tor z podkładami stalowymi typu Y na podłożu asfaltowym [5]



Rys. 13. Podkład przejściowy układany na połączeniu toru z podkładami belkowymi i typu Y [5]



Rys. 14. Typowy przekrój poprzeczny linii jednotorowej przy prędkości pociągów $v \leq 120$ km/h [5]

200 mm) objętość pryzmy podsypki wynosi tylko $1,42 \text{ m}^3/\text{m}$ toru (w przypadku podkładów betonowych jest to $2 \text{ m}^3/\text{m}$ toru). W Niemczech koszt budowy 1 km z nawierzchnią B 70 W jest o 7% wyższy od nawierzchni z podkładami typu Y [5].

Doświadczenia eksploatacyjne pokazują, że odcinki toru z podkładami typu Y nie wymagają żadnych prac, związanych z utrzymaniem nawierzchni, z wyjątkiem wymiany szyn w łukach o małych promieniach. Stwierdzenia te dotyczą odcinków eksploatacyjnych od 3–16 lat, przy obciążeniach brutto od 1–11 mln t/rok.

Odcinek eksploatowany od 16 lat przeniósł łącznie obciążenie rzędu 40 mln t brutto, a odcinek o obciążeniu rocznym 11 mln t brutto jest eksploatowany od 1993 r.

Zakres stosowania podkładów stalowych typu Y

Według przepisów obowiązujących na kolejach DB AG podkłady stalowe typu Y mogą być stosowane w następujących warunkach:

- prędkość pociągów nie może być większa niż 160 km/h;
- tor bezстыkowy może być układany w łukach kołowych o promieniach $R \geq 190$ m;

Ograniczeń w zakresie pochyłości niwelety nie określono. Na kolejach DG AG oraz SBB na odcinkach z podkładami typu Y stosuje się szyny UIC60, S54 oraz S49. Na liniach wąskotorowych stosuje się przeważnie szyny typu S33, a pochylenie niwelety dochodzi do 300‰, przy promieniach $R \geq 35$ m [2, 5]. Z punktu widzenia konstrukcji podkładu możliwe jest zastosowanie dowolnych innych typów szyn.

Podkłady stalowe typu Y mogą być szczególnie przydatne w następujących przypadkach:

- na liniach, na których występuje wiele łuków kołowych o promieniach powyżej 300–400 m, (można zastosować tor bezстыkowy i – dodatkowo, ze względu na mniejsze wymiary pryzmy podsypki – wprowadzić korektę układu krzywoliniowego toru, tzn. wydłużyć krzywe przejściowe lub/i zwiększyć promień łuku kołowego);

- na liniach i odcinkach linii, na których znajdują się stare, zużyte podkłady drewniane, a ograniczenie terenowe nie pozwalają na zastosowanie podkładów betonowych z aktualnie obowiązującymi wymiarami przyzmy podsypki [6];
- drogach szynowych kolei górskich adhezyjnych lub zębatych, zwłaszcza wąskotorowych (można zastosować tor bezстыkowy na dużych pochyleniach i w łukach poziomych o małych promieniach, nawet rzędu 50 m).

W odniesieniu do linii o bardzo dużych obciążeniach brutto (40 mln t brutto i więcej) oraz prędkościach maksymalnych powyżej 160 km/h konstrukcja podkładów typu Y wymaga doskonalenia. Podstawowe kierunki to zwiększenie wymiarów w stosunku do pokazanych na rysunku 2a, jak również wprowadzenie odpowiednich warstw wibroizolacyjnych. Politechnika Krakowska we współpracy z CNTK, IPPT – PAN oraz Krupp GfT rozpoczęła intensywne prace w tym zakresie.



Literatura

- [1] Briginshaw D.: *Latest Design of Rheda Slab Track Installed*. International Railway Journal 11/2001.
- [2] Czyczuła W., Kudła D.: *Modern Track Structure for Mountain Railways*. Pro. of XI-th Int. Conference on Track Modernisation, Żylica 2001.
- [3] Führer G., Endmann K., Berg G.: *Y-Stahlschwellenoberbau*. Hestra-Verlag, Darmstadt 1994.
- [4] Rocznik statystyczny PKP 1999.
- [5] Materiały reklamowe i informacje firmy ThyssenKrupp, Krupp GfT oraz Peiner Träger.
- [6] Rozporządzenie MTiGM z 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe oraz ich usytuowanie (Dz.U. nr 151, poz. 987 z 1998 r.).
- [7] Bogacz R., Kowalska Z.: *Computer simulation of the interaction between a wheel and corrugated rail*. Eur. J. Mech. A/Solids, 20 (2001), p. 673-684.

Autor
Włodzimierz Czyczuła
Politechnika Krakowska
e-mail: czyczula@pk.edu.pl

XV Konferencja Naukowo-Techniczna

POJAZDY SZYNOWE 2002

Nowe wyzwania dla logistyki

Szklarska Poręba 4–7.09.2002 r.

W tym roku, oprócz tradycyjnych już tematów:

konstrukcje, technologie, eksploatacja, metody obliczeniowe,

pragniemy poszerzyć konferencję o nowe zagadnienia:

transport intermodalny, transport szynowy w logistyce miejskiej, zrobotyzowany transport szynowy w logistyce produkcyjnej i dystrybucyjnej, telematyka w transporcie szynowym, bezpieczeństwo ruchu w transporcie szynowym

Informacje:

Politechnika Wrocławska

Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn I-16

Zakład Logistyki Systemów Transportowych

ul. Łukasiewicza 7/9

50-371 Wrocław

tel. (71) 320 27 33, tel./fax (71) 320 23 91, 322 45 76, e-mail: psz2002@ikem.pwt.wroc.pl,

www.ikem.pwr.wroc.pl/psz2002