

Technologia budowy linii kolei jednoszynowej

Construction methodology of straddle monorail guideway



Dominik Bednarek

mgr inż.

*Katedra Mostów i Kolei, Wydział
Budownictwa Lądowego i
Wodnego
Politechnika Wroclawska*

dominik.bednarek@pwr.edu.pl

Streszczenie: W artykule opisano istotne aspekty procesu prefabrykacji dźwigarów estakady. Wskazano szczególne wymagania związane z oczekiwaną dokładnością geometrii szyn i odpowiednią fakturą betonu powierzchni tocznych. Następnie opisano typowe etapy budowy estakad tworzących linię kolei jednoszynowej. Szczególną uwagę zwrócono na problemy związane z transportem i montażem szyn. Omówiono charakter wytyżenia belek w trakcie umieszczania ich na podporach, zaprezentowano pojazd służący do transportu belek oraz uchwyty pozwalające na montaż dźwigarów zakrzywionych w planie. Ponadto przedstawiono stan wytyżenia w węzłach ramy oraz opisano problemy związane z wykonaniem uciążlenia dźwigarów. Artykuł zakończono krótkim podsumowaniem.

Słowa kluczowe: *Kolej jednoszynowa; Kolej niekonwencjonalna; Technologia budowy*

Abstract: The article describes important issues of precasting process of monorail guideway beam i.e. achieving expected geometry parameters and surface roughness. In the main part author characterizes construction method of the most common guideway type focusing on problems connected with transport and assembly of precast beams. Transportation vehicle and tools used for installation of curved beams are described. Afterwards, author describes problems connected with integration of guideway frame and complex force combination at frame joints. Author finished with a short conclusion.

Keywords: *Monorails; Guide way; Construction methodology; Precast beam*

Niniejszy artykuł jest kolejnym z serii poświęconej przybliżeniu mało znanych w Polsce systemów kolei jednoszynowej (ang. monorail), stanowiących rodzaj kolei niekonwencjonalnej o trasie poprowadzonej nad powierzchnią terenu. Obecnie, najpopularniejszym typem kolei jednoszynowej jest kolej siodłowa (rys. 1). Nazwa związana jest z kształtem wózka jezdnego, który siodłowo, tj. z trzech stron, obejmuje dźwigar stanowiący szynę. Na typową konstrukcję takiej estakady składają się fundamenty palowe, filary z górnym oczepem oraz dwa dźwigary stanowiące tory przeznaczone do jazdy w przeciwnych kierunkach. Kształt elementów konstrukcyjnych różni się nieznacznie w zależności od przyjętego schematu statycznego konstrukcji, typu pojazdu oraz miasta, w którym linia została wybudowana. Ze względu na specyficzny kształt elementów konstrukcyjnych w niniejszym artykule wymienienie stosuje się nazwy dźwigar, belka i szyna, a termin estakada

odnosi się do wieloprzęsłowej konstrukcji mostowej.

We wcześniejszych artykułach [3,8,11] przedstawiono ogólną charakterystykę kolei jednoszynowych. W pierwszej z wymienionych publikacji poruszono kwestie związane z systemami bezpieczeństwa stosowanymi na liniach kolei jednoszynowej, jak i sposoby przeprowadzania ewakuacji. W pracy [8] zaprezentowane zostały wady i zalety systemów monorail. Elementy konstrukcyjne estakady zostały szczegółowo opisane w [11], podobnie jak wybrane typy pociągów monorail.

Niniejsza publikacja stanowić będzie opis typowej metody wznoszenia estakady siodłowej kolei jednoszynowej. Najpowszechniejszy rodzaj konstrukcji złożony jest z fundamentów i filarów żelbetowych i szyn prefabrykowanych. Ze wymagania eksploatacyjne istotne jest precyzyjne wykonanie powierzchni tocznych. Na dźwigarach nie wykonuje się dodatkowych warstw wykończe-

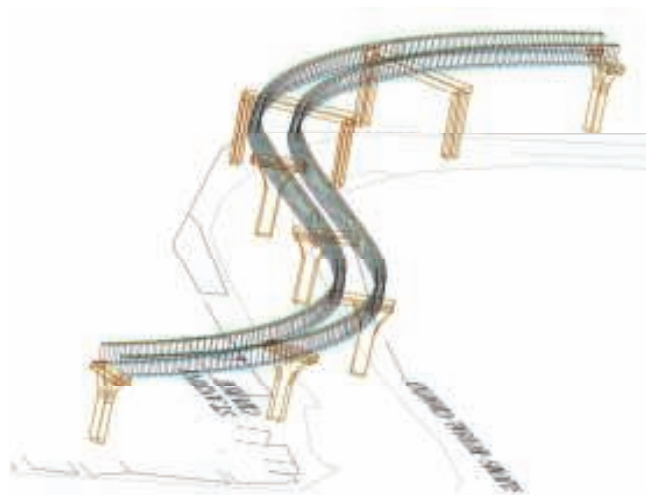
niowych, które mogą mogły stanowić element korygujący niedokładności powstałe w zakładzie prefabrykacji.

Szczegółowe zaplanowanie prefabrykacji i montażu umożliwiłoby znaczne przyspieszenie procesu budowy, ponadto jest niezbędne z uwagi na skomplikowaną geometrię trasy. Co istotne, skrócenie czasu wznoszenia linii wpływa na obniżenie kosztów budowy i redukcję uciążliwości związanych z zamknięciem ulic na czas trwania robót.

W artykule opisano istotne aspekty procesu prefabrykacji dźwigarów estakady. Wskazano szczególne wymagania związane z oczekiwaną dokładnością geometrii szyn i odpowiednią fakturą betonu powierzchni tocznych. Następnie opisano typowe etapy budowy estakad tworzących linię kolei jednoszynowej. Szczególną uwagę zwrócono na problemy związane z transportem i montażem szyn. Omówiono charakter wytyżenia belek w trakcie umieszczania ich na podporach, zaprezentowa-



1. Kolej jednoszynowa w Kuala Lumpur [15]



2. Trójwymiarowy model estakady [4]

no pojazd służący do transportu belek oraz uchwyty pozwalające na montaż dźwigarów zakrzywionych w planie. Ponadto przedstawiono stan wyteżenia w węzłach ramy oraz opisano problemy związane z wykonaniem uciąglenia dźwigarów. Artykuł zakończono krótkim podsumowaniem.

Prefabrykacja dźwigarów

Jak już wspomniano, na dźwigarach kolei jednoszynowej nie układa się nawierzchni. Betonowe powierzchnie belki stanowią jednocześnie powierzchnie toczne dla kół pociągu. Wszystkie nierówności na tych powierzchniach w stanowią czynnik mający bezpośredni wpływ na zużycie szyn i przekładają się na zużycie ogumienia kół czy drgania pociągu pogarszające komfort jazdy. Dlatego aby zachować oczekiwaną dokładności wykonania, proces produkcyjny jest w całości realizowany w zakładzie prefabrykacji. Skomplikowany przebieg trasy – odcinki łukowe w planie i profilu, a także krzywe przejściowe wraz z przechyłką oraz różnice w rozpiętościach belek sprawiają, że prawie każdy z dźwigarów jest niepowtarzalny. W celu ustalenia oczekiwanej geometrii belki wykonuje się trójwymiarowy model estakady przedstawiający szczegółowy przebieg trasy i rozmiary belek (rys. 2). Następnie wykonuje się szereg rysunków warsztatowych, które obrazują szczegółowo geometrię belki, m.in. jej kształt w planie i profilu oraz zmiany wysokości przekroju szyny na jej długości, kształt wkładki odciążającej, układ zbrojenia miękkiego oraz przebieg kanałów na kable sprężające.

Produkcja odbywa się w sześciu etapach: przygotowanie zbrojenia, kształtowanie deskowania, układanie mieszanki betonowej, pielęgnacja betonu, wprowadzenie kabli sprężających i wstępne sprężenie oraz transport do magazynu. Na koniec wykonuje się drugie sprężenie i iniektowanie. W pierwszej kolejności przygotowuje się kosz zbrojenia, wewnątrz umieszcza się trasy kabli sprężających wraz ze stalowymi blokami kotwiącymi oraz lekką wkładkę odciążającą belkę (rys. 3). W przypadku części systemów, na tym etapie mocuje się do zbrojenia łożyska belek. Następnym krokiem jest przygotowanie zewnętrznego deskowania. Istotnym utrudnieniem w tej i poprzedniej fazie produkcji stanowi wyjątkowość każdej z belek. Deskowania służące do wykonania belek pozwalają na dowolne kształtowanie geometryczne belki (patrz rys. 4), w tym także na zmianę wysokości belki na jej długości.

Po umieszczeniu zbrojenia wewnątrz formy i rektyfikacji deskowania następuje betonowanie z użyciem betonu o wytrzymałości na ściskanie min. 45 MPa. W celu przyspieszenia przyrostu wytrzymałości stosuje się naparzenie betonu. Dwa dni po ułożeniu mieszanki betonowej wykonuje się pierwsze wstępne sprężenie, po którym transportuje się dźwigar na plac składowy. Drugie sprężenie wykonuje się po 14 dniach od betonowania. Uzyskiwana na tym etapie siła w kablach sprężających jest przewidziana w celu przeniesienia obciążeń działających na belkę w trakcie transportu i montażu. Zarówno po pierwszym jak i drugim sprężeniu w zakładzie prefabrykacji dokonuje się kontroli uniesienia dźwigara spowodowanego naprężeniem kabli, a

w wcześniejszych etapach kontrolowana jest geometria deskowania i prefabrykowanej belki [5], [6]. O koniecznym stopniu precyzji mogą świadczyć wymagania postawione w trakcie prefabrykacji dźwigarów dla linii w Sao Paulo dopuszczalne było do 6 mm uniesienia spowodowanego sprężeniem. Różnica szerokości belki nie mogła odbiegać od projektowanej więcej niż 1,6 mm. Do 0,22% ograniczona została dopuszczalna rozbieżność kątów przekroju poprzecznego belki od projektowanych. Proste dźwigary zostały wykonane z odchyleniem nie przekraczającym 1,5 mm na 1,5 m [1].

Inny istotny aspekt w produkcji szyn stanowi uzyskanie właściwej faktury betonu na powierzchniach tocznych. Użyta mieszanka musi zapewniać optymalną przyczepność kół. W związku z tym, że brak uniwersalnej receptury betonu, właściwą mieszankę użytą na linii w Mumbaju osiągnięto metodą prób i błędów. Górna powierzchnia dźwigara została dodatkowo uszorstniona przy użyciu pędzla o twardym włosiu [6]. Dodatkowo mieszanka betonowa musi posiadać wysoką odporność na ścieranie oraz pozwalać na dobre zagęszczenie betonu. Wszelkiego rodzaju pustki powietrzne i obszary niewłaściwie zagęszczone są w przypadku szyn bardzo trudne do naprawy [1].

Jak wskazują doświadczenia z ponad 30 lat eksploatacji linii w parku Disneya na Florydzie, belki kolei jednoszynowe wykazują tylko nieznaczne uszkodzenia. Zaobserwowano odspojenia betonu na dolnej powierzchni wokół betonowych przekładek dystansowych użytych przy betonowaniu dźwigara. Podobne uszko-

dzenia wystąpiły wokół miejsc, w których znajdowały się uchwyty montażowe. Istotne uszkodzenie stanowiło starcie górnej powierzchni belki w miejscach, w których pociągi regularnie hamowały lub przyspieszały. Wszystkie te uszkodzenia naprawia się z użyciem zapraw pcc (polymer cement concrete – zaprawy modyfikowane polimerami) o wysokiej wytrzymałości [10].

Technologia budowy estakady

Proces budowy estakady kolei jednoszynowej przebiega analogicznie jak w przypadku innych konstrukcji mostowych budowanych z prefabrykowanych belek. Schemat etapowania budowy przedstawia rysunek 5. Wymagania związane z eksploatacją linii powodują, że w procesie wznoszenia konieczne jest zachowanie szczególnej precyzji wykonania. Jest to szczególnie trudne przy jednoczesnym dążeniu do jak najszybszego zrealizowania budowy. Wszelkie opóźnienia związane z powstaniem nowej linii przekładają się na dodatkowe uciążliwości dla mieszkańców miasta oraz wzrost kosztów budowy. Dlatego ważne jest precyzyjne zaplanowanie procesu, zarówno harmonogramu branży budowlanej jak i instalacyjnej, jak również zaplanowanie zmian komunikacji w mieście. Celem jest realizacja budowy przy minimalnym wpływie na ruch samochodów i istniejącej komunikacji miejskiej. Dodatkowy problem przy realizacji inwestycji stanowi lokalizacja zakładu prefabrykacji dźwigarów. Obiekt ten jest na ogół wznoszony na potrzeby budowy linii. Zakład prefabrykacji o wymaganej wydajności produkcji wymaga przestrzeni ok. 1,5 ha, na której muszą się znaleźć stanowiska prefabrykacji i pielęgnacji belek oraz plac składowy. Obiekt taki jest możliwy do realizacji jedynie na przedmieściach, co wydłuża i komplikuje transport dźwigarów na miejsce docelowe.

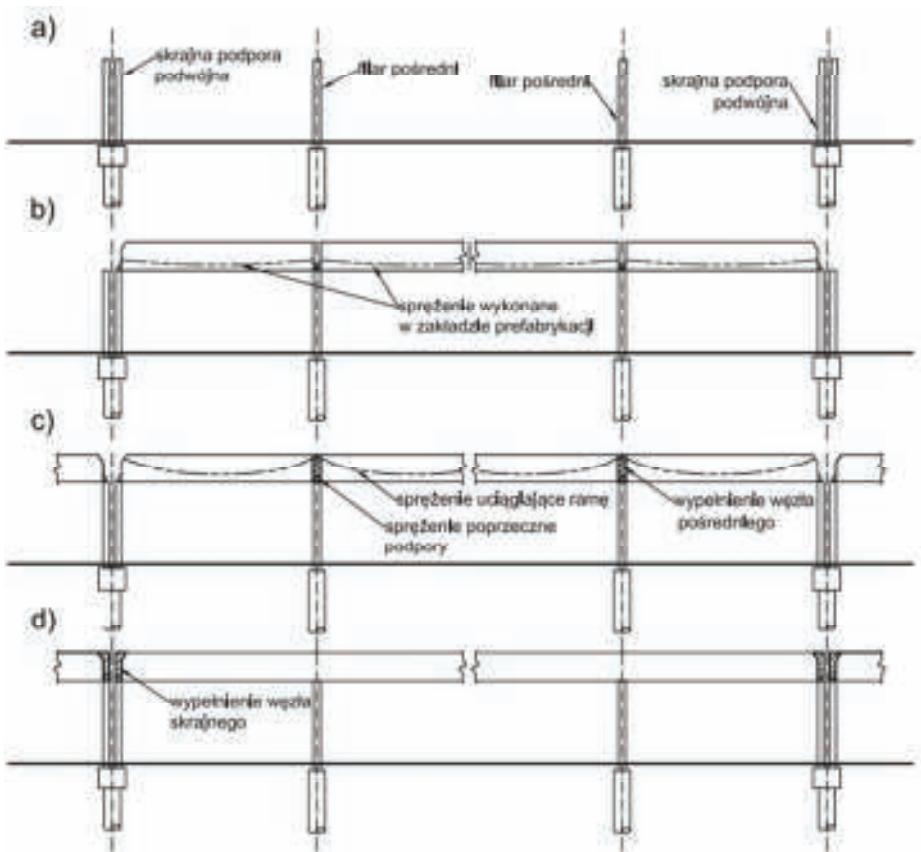
Pierwszy etap budowy polega na wykonaniu fundamentów i filarów estakady. Pale fundamentowe najczęściej realizuje się jako wiercone pale wielkośrednicowe. Ta technologia jest najmniej uciążliwa dla mieszkańców i nie powoduje negatywnego wpływu na okoliczną zabudowę. Wraz z realizacją pali przebudowuje się infrastrukturę podziemną, która jest w kolizji z nowym fundamen-



3. Przygotowanie zbrojenia [9]



4. Deskowanie dźwigarów [2]



5. Schemat etapowania budowy



6. Wizualizacja przerwy roboczej w oczepie filara układu zespolonego [2]



7. Naczepa transportująca dźwigar [12]

tem. Elementy posadowienia, a także filary wykonywane są ze zbrojonego betonu o wysokiej wytrzymałości. W celu przyspieszenia realizacji stosuje się prefabrykację koszy zbrojenia. Betonowanie słupów odbywa się w kilku etapach ze względu na gabaryty, jak również zmienną geometrię. Na oczepie filara wykonuje się przerwę w betonowaniu w celu późniejszego odpowiedniego zespolenia podpory z dźwigarami (rys. 6) lub wykonania ciosów podłożyskowych.

Montaż dźwigarów rozpoczyna się po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości betonu w oczepach filarów (rys. 5b). Transport belek i ulokowanie ich na miejscu docelowym odbywa się w nocy. Długość transportowanych elementów dochodzi do 35 m a ich waga do 85 ton, co sprawia, że transport taki zalicza się do nienormalnych. Dodatkową trudność przy transporcie powoduje inna za każdym razem geometria belki. Do przewozu belek używa się ciągnika siodłowego oraz naczepy o konstrukcji umożliwiającej podział na dwie części (rys. 7). Każda z nich porusza się na czterech osiach, a każda oś wyposażona jest w osiem kół. Sposób zamocowania kół do naczepy pozwala na równomierne rozłożenie nacisków na koła niezależnie od ich wzajemnego położenia. Ponadto zapewniona jest możliwość obrotu każdej z osi, co znacząco poprawia możliwości manewrowe pojazdu.

W trakcie przewozu i montażu belki jest stabilizowana poprzecznie z uży-

ciem rozpórłączonych z tymczasową stalową obejmą belki (rys. 7). Stabilizuje to ładunek i ogranicza obciążenia dynamiczne związane z drganiami poruszającego się pojazdu, które przenoszą się na belkę. Przeniesienie dźwigara na podporę odbywa się z użyciem dwóch dźwigów. Istotne w trakcie przenoszenia jest położenie uchwytów mocujących na długości belki. Z jednej strony trzeba przeciwdziałać ewentualnemu wysunięciu się dźwigara z uchwytów, z drugiej - zbyt duże przesunięcie uchwytów w kierunku środka belki zmienia niekorzystnie charakter jej wyężenia. Ciężar swobodnych końców belki w skrajnym przypadku mógłby spowodować powstanie zbyt dużych naprężeń rozciągających na górnej powierzchni belki w strefie uchwytów montażowych i w konsekwencji jej zarysowanie.

Inny problem stanowi przenoszenie belek krzywoliniowych. Przy punktowym podparciu na końcach belki, działanie ciężaru własnego powoduje skręcanie. W celu lepszego wyważenia belki i tym samym redukcji efektu skręcania przesuwa się lokalizację podwieszenia uchwytu w kierunku środka ciężkości belki (rys. 8). Na podstawie analizy stanu wyężenia belki w trakcie montażu określa się miejsce, w którym należy umieścić uchwyt [6].

Końcówce położenie belki na podporze jest stabilizowane przy pomocy stalowych rozpórłączonych zamocowanych w filarze (rys. 9). Po zamontowaniu sprawdza się

położenie dźwigara w planie i przechyłkę. Dopuszczalne przesunięcie położenia belki od założonego w projekcie wynosi maksymalnie 12 mm na trasie, a tylko 3 mm w rejonie stacji i rozjazdów, natomiast odchylenie przechyłki nie może przekraczać 0,5% [1]. Większe różnice mogłyby spowodować nadmierne zużycie ogumienia kół.

W przypadku linii złożonej z szeregu belek swobodnie podpartych, po ustawieniu dźwigarów na miejscu docelowym następuje montaż wyposażenia, tj. blach dylatacji, koryt kablowych i innych elementów zasilania oraz ewentualnych pomostów ewakuacyjnych. Natomiast jeśli linia jest zaprojektowana jako układ ciągły, przechodzi się do prac związanych z zespoleniem konstrukcji. Do wcześniej wykonanych kanałów kablowych wprowadza się ciągną, które mają połączyć sąsiednie elementy i jednocześnie zwiększyć ich nośność (rys. 5c). Wykonane w ten sposób sprzężenie dodatkowe ma zapewnić wymaganą w trakcie eksploatacji nośność. Po przeprowadzeniu ciągnięć wykonuje się połączenie prętów zbrojeniowych z sąsiednich belek oraz zbrojenia podpory. Jest to konieczne ze względu na skomplikowany charakter obciążenia węzłów podporowych. Węzły podporowe są bowiem odpowiedzialne za przenoszenie obciążeń z belek na podporę, a obciążenia te powodują reakcję węzłów działającą na kierunkach wszystkich stopni swobody. Po zabetonowaniu węzła i uzyskaniu właściwej wytrzymałości betonu na ściskanie dokonuje się sprzężenia łączących ciągnięć. Taka kolejność ma na celu poprawienie zespolenia pomiędzy prefabrykowaną belką a świeżo wyko-



8. Schemat pokazujący sposób wyważenia belki krzywoliniowej w trakcie przenoszenia



9. Stabilizacja dźwigarów po montażu na podporze [14]



10. Powierzchnia czołowa belki [13]

nany betonem węzła. Połączenie to ma charakter cierny. Naprężenia ściskające wywołane sprężeniem poprawiają nośność połączenia na ścinanie. W tym samym celu stosuje się belki, których powierzchnie czołowe mają zagłębienia (rys. 10). Poza sprężeniem wzdłuż belek dokonuje się poprzecznego sprężenia podpory (zobacz Rys. 5c) [6].

Wykonanie konstrukcji nośnej estakady kończy się wypełnieniem skrajnych węzłów ramy i wykonaniem blach dylatacyjnych (rys. 5d). Projektowanie i wykonanie węzłów końcowych wiąże się z problemami, które nie występują w węzłach pośrednich. Ciężar własny sąsiednich przęseł równomiernie obciąża podpory pośrednie. W skrajnym przęśle wypadkowa ciężaru własnego dźwigarów działa na znacznym mimośrodku i powoduje obrót skrajnego węzła podporowego. Mniejsza powierzchnia oparcia dźwigarów na podporze skrajnej skutkuje mniejszą sztywnością węzła co dodatkowo pogłębia ten efekt. Ponadto nośność połączenia między betonem wykonywanym in-situ a betonem prefabrykowanego dźwigara w skrajnym węzle jest znacznie mniejsza. Wynika to z różnicy w wartości siły ściskającej działającej na powierzchnię styku. Kable sprężające powodują dociskanie dźwigarów sąsiednich przęseł do betonu węzła pośredniego. Połączenie skrajnym węzle ramy nie jest dodatkowo sprężane ponieważ kable sprężające są zakotwione na powierzchni czołowej dźwigara (patrz rys. 11). W trakcie betonowania połączeń belek betonuje się również fragment górnego oczepu podpory [7].

Po wykonaniu końcowych węzłów i sprężeniu poprzecznym skrajnych podpór usuwa się elementy stabilizujące belki i przechodzi do montażu wyposażenia. Montuje się połączenia dylata-

cyjne, które umożliwiają niezakłócony przejazd koła po każdej z powierzchni tocznych. W zależności od typu systemu kolei jednoszynowej i lokalnych wymogów bezpieczeństwa dokonuje się montażu pomostów ewakuacyjnych. Instaluje się koryta kablowe i przeprowadza niezbędne instalacje teletechniczne i służące zasilaniu pociągu.

Podsumowanie

Budowa linii kolei jednoszynowej stanowi proces w znacznym stopniu podobny do realizacji innych konstrukcji mostowych. W artykule przedstawiono przebieg wznoszenia najczęściej realizowanego typu estakady, poczynając od przygotowania prefabrykowanych dźwigarów, a kończąc na montażu elementów wyposażenia. Szczególną uwagę zwrócono na istotne aspekty produkcji i montażu betonowych szyn.

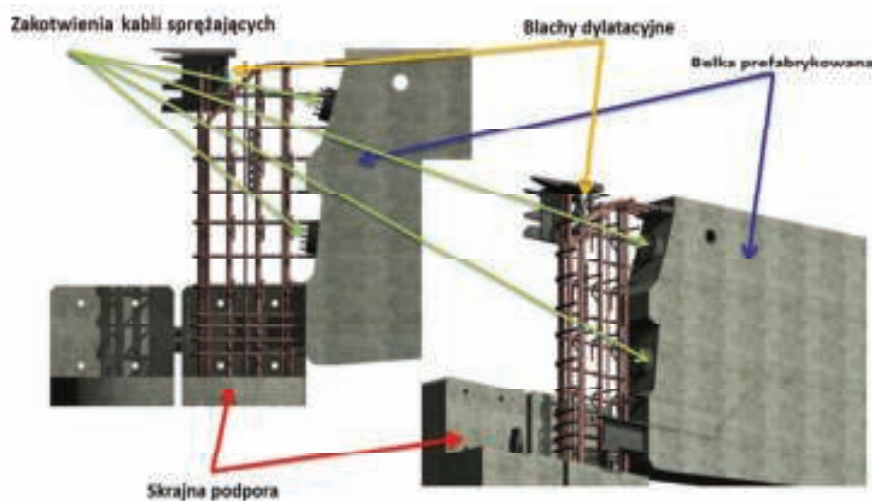
W publikacji scharakteryzowano najistotniejsze problemy procesu prefabrykacji dźwigarów betonowych, tj. uzyskanie odpowiedniej geometrii belki oraz dobranie właściwej mieszanki betonowej. Ponadto opisano pojazd używany

do przewożenia belek, a także sposób, w jaki umieszcza się belki na filarach. Zwrócono uwagę na trudności związane z montażem belek zakrzywionych w planie, a następnie opisano proces uciągania konstrukcji, kładąc nacisk na sposób konstruowania połączeń w węzłach nad filarami.

W rezultacie wnioskować można, że odpowiednie zaplanowanie i przygotowanie procesu budowy linii kolei jednoszynowej jest niezbędne ze względu na jego złożoność. Projektowane trasy mają skomplikowany przebieg zarówno w planie jak i profilu, co skutkuje tym, że prawie każdy ich fragment jest niepowtarzalny. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Banchik C., Achieving construction tolerances for rubber tire mounted monorail concrete beams, Monorail 2013 Conference Reader, Daegu, 2013.
- [2] Beier M., Banchik C., Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural, <http://www.>



11. Wizualizacja zbrojenia skrajnego węzła ramy [2]

- abece.com.br/web/download/pdf/enece2011/Carlos%20Banchik%20-%20Power%20point%20Enece%202011.pdf, 30.08.2016.
- [3] Bednarek D., Gisterek I., Bezpieczeństwo kolei jednoszynowych, Przegląd Komunikacyjny, 2015, nr 9, s. 87-89.
- [4] Worthy Builders Sdn Bhd., Construction Metodology of Monorail Guideway Beams, <https://pl.scribd.com/document/258456229/Construction-Methodology-of-Monorail-Guideway-Beams>, 30.08.2016.
- [5] Yong-Mo A., Daegu metropolitan line 3 monorail is built like this, Monorailex 2013 Conference Reader, Daegu, 2013.
- [6] Bhoot M., Kumar V., Design and construction of Monorail Guideway Beams, Symposium of Indian Institute of Bridge Engineers, Bengaluru, maj 2011, s. 1-14
- [7] Bhoot M., Abrea E., Integral frames for Mumbai Monorail Guideway, Journal of Indian Institute of Structural Engineers, marzec 2012.
- [8] Bednarek D., Bryja D., Jednoszynowe koleje nadziemne jako skuteczny środek transportu publicznego w dużych aglomeracjach miejskich, Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym, Infraczyn 2015, Zakopane, 2015, s. 15-28.
- [9] Nerurkar A. R., Srinath M., Mumbai Monorail India's first monorail corridor, ECC CONCORD, 2015, nr 1, s. 3-12.
- [10] Shmerling R. Z., Structural Condition Assessment Of Prestressed Concrete Transit Guideways, Department of Civil and Environmental Engineering in the College of Engineering and Computer Science at the University of Central Florida, Orlando, Masters Thesis, 2015.
- [11] Bednarek D., Bryja D., Układy konstrukcyjne kolei jednoszynowych, Przegląd Komunikacyjny, 2015, nr 6, s. 28-32.
- [12] www.skyscrapercity.com/showpost.php?p=135008167&postcount=3817, 30.08.2016.
- [13] Mazzi S., www.skyscrapercity.com/showpost.php?p=130825869&postcount=3703, 30.08.2016.
- [14] Ganança E., <http://www.skyscrapercity.com/showpost.php?p=86903640&postcount=1931>, 30.08.2016.
- [15] <http://www.rickmann-uk.com/wp-content/uploads/Monorail.jpg>, 25.03.2017.

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAC

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łażany
58-130 Żarów