

Konstrukcja dźwigara zespolonego stal-beton nad filarem mostu o schemacie ciągłym

Przedmiotem wynalazku jest rozwiązanie konstrukcyjne dźwigara zespolonego typu stal-beton nad filarem mostu o schemacie ciągłym podpartym przegubowo.

5

Dotychczas problematyka strefy nad filarem ciągłego dźwigara zespolonego stal-beton była przedmiotem wielu wynalazków i wzorów użytkowych.

W opisie wzoru użytkowego [CN211772737U](#) przedstawiono montaż mostowej belki zespolonej. W tym rozwiązaniu stosowane są prefabrykowane elementy belkowe: skrajne, nad-filarowe i pośrednie. 10 Belka stalowa ma środnik z blachy falistej, przy czym występują niewielka, liniowa zmienność wysokości belki nad-filarowej – odpowiednio do zmienności momentu ujemnego (hogging moment). W strefie rozciągania płyty betonowej nad filarem zastosowano kable sprężające, a półka dolna ma kształt litery U (dokładniej – położonego ceownika) wypełnionej betonem zespolonym z półką dolną.

Opis wzoru użytkowego [CN212103670U](#) dotyczy półsztywnej ciągłej konstrukcji pomostu mostu 15 zastosowanej do swobodnie podpartego żelbetowego mostu z belkami zespolonymi. Końce belek sąsiadujących swobodnie podpartych ustrojów nośnych nie stykają się. W przerwie między końcami belek występuje wyniesiony z filara (o zredukowanej wysokości) blok betonowy - dusza. Uciąglenie następuje przez wprowadzenie warstwy nad duszą oraz na odcinkach końców dźwigarów zespolonych w betonie. Uciąglenie składa się z dwóch elementów: płyta z betonu UHPC (ultra-high performance 20 concrete) oraz warstwy bitumicznej, które są umieszczone w przygotowanej niecce.

Wzór użytkowy [CN211200026U](#) to opis zespolonej konstrukcji ciągłej z belek swobodnie podpartych. Rozwiązanie to polega na wprowadzeniu uciąglenia sąsiadujących ustrojów zespolonych uciągającą płytą żelbetową wykonywaną na mokro przez łączniki sworzniowe z główkami.

Opis zgłoszonego patentu [CN112502017A](#) przedstawia typ trwałego złącza doczołowego 25 prefabrykowanego mostu belkowego zespolonego i metodę jego budowy. Rozwiązanie dotyczy dźwigara zespolonego prefabrykowanego, przy czym półka prefabrykowana płyty nazywana jest pokładem dolnym a część półki wykonywanej in situ jest pokładem górnym.

Opis wzoru użytkowego [CN211772849U](#) dotyczy ciągłego pomostu belkowego mostu 30 zespolonego typu stal-beton, z zastosowaniem łączników pierścieniowych. Opis przedstawia częściowe uciąglenie sąsiadujących ustrojów swobodnie podpartych poprzez wprowadzenie ciągłego odcinka płyty betonowej nad szczeliną dylatacyjną za pomocą rozwiązania będącego proponowaną propozycją. Rozwiązanie charakteryzuje się tym, że beton jest zbrojony pętlami/pierścieniami z prętów stalowych i prętami podłużnymi zbrojenia wypuszczonymi z końców płyt betonowych nad podporą pośrednią. Płyta złącza jest wykonana z UHPC.

Opis zgłoszenia patentowego [CN104727218A](#) przedstawia strefę przeciw-zarysowaniową od 35 momentów ujemnych w ciągłych belkach mostów zespolonych. Zgłoszenie patentowe dotyczy belki zespolonej ciągłej. Jest znamienne tym, że celem rozwiązania jest ograniczenie rys w płycie betonowej od działania momentów ujemnych poprzez zastosowanie urządzenia/ciała dylatacyjnego teleskopowego (expansion type structural body) nad podporą pośrednią, które ma podwójną rolę:

realizuje uciąglenie mechanizmem lepko-sprężystym, oraz odpowiednio odkształca się redukując spękania płyty betonowej.

Opis zgłoszenia patentowego [CN108951419A](#) dotyczy przeciw-zarysowaniowej konstrukcji ciągłej części pomostu mostu zespolonego swobodnie podpartego dźwigara zespolonego. Rozwiązanie charakteryzuje się tym, że w strefie nad filarem mostu zespolonego o schemacie ciągłym swobodnie podpartym ustroju nośnym, w miejscu występowania momentów ujemnych, zastosowano płytę ciągłą zbrojoną w formie siatki z prętów zbrojeniowych. Zatem, jest to uciąglenie użytkowe (częściowe uciąglenie), w którym za sprawą wprowadzonej siatki zbrojenia są zredukowane spękania betonowej płyty.

Zgłoszenie patentowe [CN110847007A](#) opisuje obszar momentów ujemnych w dźwigarze zespolonym typu stal-beton przy wykorzystaniu materiałów wysokiej jakości. Dokument zawiera opis technologii łączenia dwóch dźwigarów zespolonych swobodnie podpartych do wytworzenia ciągłej belki zespolonej nad podporami pośrednimi. Technologia charakteryzuje się tym, że stosowane jest połączenie belek stalowych obudową stalową zespoloną/wypełnioną betonem o cechach HPC (High Performance Concrete). Płyta betonowa powstałego zespolenia nad podporą jest wykonywana in situ z HPC. Wysokiej jakości beton HPC gwarantuje pokrycie strefy ujemnych momentów na zdefiniowanej długości.

Opis patentowy [CN106480818B](#) oraz opis wzoru użytkowego [CN210621439U](#) dotyczą dźwigara stalowego obetonowanego zespolonego składającego się z belki dwuteowej stalowej zespolonej z górnym elementem, który jest filerem składającym się z belki stalowej obudowanej dźwigarem betonowym. Wzór użytkowy przedstawia belkę zespoloną składającą się z dwóch części/zespołów). Pierwsza część to belka stalowa a druga część to belka zespolona obudowana betonem UHPC (wariant filler beam). Belka zespolona charakteryzuje się tym, że w płaszczyźnie pionowej belka stalowa jest usytuowana na dole a część zespolona jest na górze, przy czym górna półka belki stalowej jest półką dolną części zespolonej. Belki zespolone mogą być prefabrykatami uciągłanymi przez zastosowanie zamka łączącego wykonanego z płaskowników stalowych. Omawiane rozwiązanie dotyczy technologii, która ma kilka opcji, w tym również tę gdy rozpatrywana jest zwykła belka zespolona. Występuje również różnorodność uciąglenia.

Opis zgłoszenia patentowego [CN106480818A](#) prezentuje metodę wykonania zespolonej płyty łączącej swobodnie podparte ustroje nośne. Opis zgłoszenia dotyczy belkowego mostu zespolonego swobodnie podpartego uciągłonego w sensie użytkowym przez odpowiednią aranżację zbrojenia w uciągleniu. Nie rozpatrywano w nim momentów ujemnych. Rozwiązanie patentowe charakteryzuje się tym, że strefa uciąglenia jest zbrojona siatkami z prętów stalowych, przy czym w strefie sąsiadującej z podporą siatka zbrojenia jest zagęszczona. Istotne jest również to, że warstwa występuje na górnej półce belki stalowej jest warstwą poślizgową.

Opis zgłoszenia patentowego [CN108316122A](#) dotyczy swobodnie podpartego mostu drogowego o przęsłach zespolonych typu beton-beton z połączeniem uciągającym i jego budową. Betonowe belki prefabrykowane są zakończone skrajnymi poprzecznkami. Uciąglenie konstrukcji mostowej charakteryzuje się tym, że w strefie nad podporą, w płycie uciągłającej zastosowano ściąg z pręta stalowego nagwintowanego o średnicy >16 mm. Pręt jest chroniony tuleją ochronną. Pręt nie

jest wstępnie naprężony. Na końcach pręta są podkładki pod nakrętki kotwiące. Zastosowano spirale redukujące naprężenia rozciągające przy punktowym docisku do betonu.

Opis zgłoszenia patentowego [CN112211089A](#) opisuje kształtowanie strefy momentów ujemnych ciągłej belki zespolonej typu stal-beton. Celem rozwiązania jest pełne uciążlenie pręseł swobodnie podpartych mostu zespolonego typu stal-beton, za pomocą złącza uciążlającego gwarantującego przeniesieni ujemnych momentów zginających występujących w ciągłym dźwigarze zespolonym. Złącze jest konstrukcją stalowo-betonową o wielu łącznikach zespalających, wiążących belkę stalową z zastosowanym blokiem betonowym oraz zbrojeniem wypuszczonym z płyty betonowej. Zastosowano uzupełnienie płyty belki zespolonej o zmniejszonej wysokości nad złączem warstwą betonu, zespoloną z obniżonym przekrojem płyty betonowej dźwigara zespolonego.

Opis zgłoszenia patentowego [CN109356034A](#) prezentuje system górnej konstrukcji ciągłego mostu belkowego, sprężonej podłużnie i poprzecznie prętami/kablami CFRP. W przykładzie rozpatrywana jest stalowa belka teowa o stałej wysokości, także płyta zespolona z belką posiada stałą wysokość. Stosowany jest wariant dwóch belek stalowych zespolonych z płytą betonową (twin I-shaped steel composite bridge girder). Pomost mostu jest wykonany z prefabrykowanych płyt. W kierunku poprzecznym prefabrykacja obejmuje całą szerokość mostu. Zatem, nie jest to ściśle uciążlenie w strefie ujemnych momentów, chociaż może być wykorzystane także w tym celu. Stosowane są pręty/kable sprężające z CFRP. W płycie pomostu przewidziano otwory do przepuszczenia kabli. Zamki są wypełniane mieszanką betonową BFRP (Basalt Fibre Reinforced Polymer) łączącą płytę z belkami stalowymi. Poprzeczne kable sprężające wykonano jako 4x10 z CFRP. W prefabrykowanych elementach płyty zastosowano beton włóknisty polipropylenowy (włókna rozproszone) o niskim opadaniu 6-10 cm. W części wylewanej na miejscu zastosowano wysokowydajny beton włóknisty BFRP z kompensacją skurczu klasy C40/50. Ciężna sprężone CFRP są w rozstawie > 180 mm.

Opis zgłoszenia patentowego [CN106930181A](#) przedstawia konstrukcję strefy ujemnego momentu żelbetowego mostu zespolonego początkowo swobodnie podpartego, a następnie uciążlonego. W strefie ujemnego momentu zginającego stosuje się poprzeczne belki żelbetowe i poprzecznicę podporowe. Belki stalowe są połączone z betonowymi belkami poprzecznymi poprzez łączniki prętowe z główkami. Zgłoszenie patentowe dotyczy mostu o długości mniejszej niż 30 metrów. W początkowej fazie budowy belki stalowe są swobodnie podparte, a następnie powstaje ustrój zespolony ciągły.

Opis zgłoszenia patentowego [CN112252150A](#) przedstawia most z dźwigarów zespolonych i metoda jego budowy. W rozwiązaniu tym zamiast łączenia belek podłużnych i poprzecznych przez spawanie stosowany jest belka stalowa obetonowana obejmująca końce belek podłużnych z łącznikami wraz z całą belką poprzeczną. Zakres górnej strefy szerokości betonu jest ułożony na odcinkach górnych półek belek podłużnych bez łączników. Lokalnie łączniki w tej strefie są tylko na półce górnej belki poprzecznej. Ostatni etap to wykonanie płyty betonowej całego pomostu.

Opis wzoru użytkowego [CN210458905U](#) dotyczy mostu zespolonego ciągłego stal-beton o zmiennej wysokości belki z podporą. Wzór użytkowy dotyczy dźwigara zespolonego typu stal-beton o zmiennej wysokości nad podporą. Rozwiązanie polega na wytworzeniu wspornika nad filarem. Wysięg wspornika wzdłuż osi mostu ma długość 0,15 do 0,25 długości przęsła mostu. Tradycyjna belka stalowa

o zmiennej wysokości w strefie nad filarem została zastąpiona przez przyjęcie modelu łączenia belki stalowej (od góry) o stałej wysokości i wspornika strunobetonowego o zmiennej wysokości (od dołu). Na zamieszczonych rysunkach pokazano etapy nasuwania belki stalowej na przygotowane filary ze wspornikami sprężonymi. W trakcie nasuwania działają urządzenia podnoszące nasuwaną belkę, która na swej dolnej półce/powierzchni ma przyspawane grupy łączników sworzniowych, które przesuwają się wzdłuż przygotowanych wpustów na górnej powierzchni wspornika. Po zakończeniu nasuwania, wpusty są wypełniane mieszanką betonową a urządzenia podnoszące są usuwane. Powstaje belka zespolona typu stal beton o zmiennej wysokości w strefie filarów. W trakcie montażu filar jest połączony monolitycznie ze wspornikiem sprężonym w kierunku podłużnym.

10 Opis zgłoszenia patentowego [DE3442543A1](#) prezentuje prefabrykowany dźwigar zespolony o rozpiętości 20 m złożony z dwóch prefabrykatów. Prefabrykowany dźwigar zespolony został opracowany w celu zwiększenia rozpiętości w budownictwie, zatem raczej nie w budownictwie mostowym. Oddziaływanie zespolone pomiędzy stalowym dźwigarem a betonową płytą jest zapewnione przez łączniki sztywne w formie bloków, np. rur stalowych o profilu kwadratu lub prostokąta.

15 Opis zgłoszenia patentowego [DE2254908A1](#) o żelbetowej belce zespolonej i urządzenie do produkcji belki zespolonej. W przypadku prezentowanego zgłoszenia patentowego istotna jest technologia wprowadzania wymuszonych deformacji. Metoda Pre-flex to technologia polegająca na budowie filara typu belka stalowa - obudowa betonowa, z belką stalową poddaną wstępnie sprężystej deformacji – zginanie. Po zakończeniu procesu wiązania i twardnienia betonu odpuszczone

20 wymuszenie generuje w filerze wstępne deformacje i odpowiedni kontrolowany stan naprężenia.

 Opis zgłoszenia patentowego [EP1227198A2](#) dotyczy stropu kompozytowego stal-beton. W rozwiązaniu tym na rysunkach są przedstawione dwa warianty. Założono, że jest to metoda łączenia paneli prefabrykowanych za pomocą złącza zespolonego stal-beton dzięki stalowemu teownikowi i zwykłemu zbrojeniu, które po wprowadzeniu mieszanki betonowej i jej stwardnieniu tworzą zespolony

25 element scalający. Złącze scalające jest formowane in situ w niecce paneli.

 Opis wynalazku [PL227501B1](#) dotyczy dźwigara zespolonego do stosowania w mostach lub wiaduktach. W rozwiązaniu tym dźwigar stalowy ze zbrojoną półką betonową albo płytą. W obszarze przejścia strefy przęsłowej w strefę podporową, zmniejsza się pole poprzecznego przekroju dźwigara stalowego na jego długości w kierunku strefy podporowej tak, że górna zbrojona półka betonowa albo

30 zbrojona płyta ze strefy przęsłowej sprowadzona jest do strefy dolnej dźwigara stalowego a przekrój zespolony przechodzi w zbrojony przekrój betonowy.

 Opis zgłoszenia patentowego [EP3327200A1](#) przedstawia prefabrykowany dźwigar mostowy. W rozwiązaniu tym prefabrykowany dźwigar mostowy zawiera strefę przęsła oddzieloną strefami przejściowymi od stref wsporczych. Strefa przęsła składa się z poziomego odcinka nośnego w postaci stalowego teownika, którego średnik z poziomą górną krawędzią jest skierowany do góry. Do górnej krawędzi średnika stalowego teownika przymocowana jest podłużna górna półka żelbetowa. W strefie przejściowej średnik stalowego teownika jest stopniowo skracany tworząc ukośną krawędź górną, a na końcu strefy przejściowej średnik jest o 50% krótszy od średnika stalowego teownika w strefie przęsła i obejmuje poziomą krawędź górną. W strefie przejściowej żelbetowy pas górny ma postać teownika

35 żelbetowego, którego średnik skierowany w dół zawiera ukośną krawędź dolną, równoległą do ukośnej

40

krawędzi górnej środnika stalowego teownika. Żelbetowy pas w strefie przęsła i żelbetowy teownik w strefie przejściowej składają się z elementów łączących go z elementami łączącymi na górnych krawędziach środnika stalowy teownik.

5 Celem wynalazku jest zwiększenie sztywności na zginanie dźwigara zespolonego stal-beton w strefie nad filarem mostu ciągłego oraz zwiększenie sztywności dynamicznej całego dźwigara poprzez wprowadzenie zasady, że w dominującym zakresie rozciąganie jest przenoszone przez elementy stalowe a ściskanie przez elementy żelbetowe przy stałej wysokości dźwigara zespolonego. 10 Rezultatem wynalazku jest to, że w strefie nad filarem nie występują rysy na górnej powierzchni dźwigara zespolonego.

 Przedmiotem wynalazku jest konstrukcja dźwigara zespolonego stal-beton nad filarem mostu o schemacie ciągłym i podparciu przegubowym, posiadająca belkę stalową składającą się z dolnej półki, 15 górnej półki i środnika, konstrukcja posiada górną płytę żelbetową zespoloną przez łączniki z górną półką belki stalowej oraz poprzecznice stalowe, taka belka zespolona nad filarem mostu posiada dodatkową górną płytę stalową i dodatkową dolną płytę żelbetową. **Jego istotą jest to, że** do górnej 20 półki belki stalowej zamontowany jest niski środek dodatkowej płyty stalowej, który umiejscowiony jest w części o zredukowanej wysokości górnej płyty żelbetowej, dodatkowa górna płyta stalowa jest przyspawana do niskiego środnika na całej jego długości i jest zespolona łącznikami z poprzecznicą 25 górną. Nad filarem w miejscu podparcia przegubowego z górną powierzchnią dolnej półki belki stalowej zespolona jest pierwsza dolna płyta żelbetowa. W miejscu przegubowego podparcia, nad przyczółkiem z górną powierzchnią dolnej półki belki stalowej zespolona jest druga dolna płyta żelbetowa. Płyta górna stalowa zespolona jest z płytą żelbetową górną łącznikami. Pierwsza dolna płyta żelbetowa oraz druga 30 dolna płyta żelbetowa zespolone są łącznikami z dolnymi półkami belki i są zespolone łącznikami z poprzecznicami. Natomiast niski środek jest zespawany na całej swej długości z półką górną belki i ze stalową płytą górną.

 Korzystnymi skutkami wynalazku jest to, że proponowane rozwiązanie jest modyfikacją 35 typowego stosowanego powszechnie dźwigara zespolonego o dodatkowe elementy, co zachowuje stosowane technologie. Zastosowanie dodatkowej płyty stalowej i dodatkowych płyt betonowych, przy 40 stałej wysokości dźwigara zespolonego, zwiększa sztywność na zginanie dźwigara/mostu w strefie nad filarem. Wprowadzenie dodatkowych płyt betonowych, tworzących poziome tarcze sztywne, zmniejszy hałaśliwość ustroju nośnego i istotnie ograniczy potencjalne zwichrzenie. Proponowane rozwiązanie zwiększa sztywność dynamiczną mostu szczególnie w zakresie wzbudzeń poprzecznych do osi mostu. 35 Prawidłowe projektowanie może nie zwiększać istotnie ilości stali. W przypadku mostów remontowanych dodanie dodatkowej stalowej płyty górnej i dodatkowych płyt betonowych dolnych zwiększy sztywność mostu i co za tym idzie zwiększy jego nośność. Zastosowana dodatkowa górna 40 płyta stalowa przenosi rozciągania i w konsekwencji na pomoście na odcinku nad filarem nie występują zarysowania i przeciekanie wody. Wszystkie wymienione korzystne skutki spowodują zwiększenie trwałości mostu. Wynalazek obejmuje mosty drogowe, kolejowe i mosty dla pieszych, przy czym mogą

to być mosty projektowane lub remontowane w celu zwiększenia nośności dźwigara na odcinku nad filarem.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

- Fig. 1 – Przekrój wzdłużny konstrukcji mostu,
- Fig. 2 – Przekrój konstrukcji mostu wzdłuż linii B-B z fig. 1,
- Fig. 3 – Przekrój konstrukcji mostu wzdłuż linii C-C z fig. 1,
- Fig. 4 – Przekrój konstrukcji mostu wzdłuż linii D-D z fig. 1,
- Fig. 5 – Przekrój konstrukcji mostu wzdłuż linii E-E z fig. 1,
- Fig. 6 – Przekrój konstrukcji mostu wzdłuż linii F-F z fig. 1.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania. Fig.1. przedstawia wynalazek w przekroju wzdłużnym w sposób schematyczny następująco: fragmenty ciągłego dźwigara nad przyczółkami są na odcinkach II, natomiast część środkowa I na rysunku symbolicznie odpowiada części wieloprzęsłowego mostu, która jest tu zredukowana do sąsiedztwa jednego z filarów. Konstrukcja dźwigara zespolonego stal-beton nad filarem mostu składa się z typowego dźwigara zespolonego stal-beton, którego elementami są:

- belka stalowa 1 posiadająca dolną półką 1.1, górną półką 1.2 oraz środnik belki 1.3,
- żelbetowa płyta pomostu 2, która w strefie nad filarem ma obniżoną wysokość - górna płyta żelbetowa o zredukowanej wysokości 2.1,
- poprzecznice stalowe 3.1 i 3.2.

Typowy dźwigar zespolony został uzupełniony o: dodatkową górną płytę stalową 5 opartą na niskim środniku 5.1 umiejscowionym w płycie 2.1 oraz o dodatkową pierwszą dolną płytę żelbetową 5.2 a także drugą dolną płytę żelbetową 6 zespoloną z dolną półką 1.1 belki stalowej 1 oraz poprzecznicami stalowymi 3.1. Zespolecie blach stalowych z płytami betonowymi jest za pomocą łączników ścinanych zespalających 4. Elementy typowego dźwigara zespolonego są uwidocznione na fig. 1. Dodatkowa górna płyta stalowa 5 jest uwidoczniona w przekroju wzdłużnym na fig. 1 i na widoku z góry na fig.2 oraz na przekrojach na fig. 4, fig. 5, przy czym kształt górnej płyty stalowej 5 wynika z teorii ścinania opóźnionego w strefie rozciągania. Pierwsza dolna płyta żelbetowa 5.2 jest pokazana na widoku z góry na fig. 3 oraz na fig. 1. Druga dolna płyta żelbetowa 6 jest przedstawiona na fig.1 i fig. 3. W widoku z góry poprzecznice górne występują na fig. 2 podczas gdy poprzecznice stalowe 3.1, 3.2 są na fig. 3., oraz na przekrojach poprzecznych fig. 4-6.

RZECZNIK PATENTOWY

Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476

Wykaz oznaczeń:

I - odcinek nad filarem gdzie momenty zginające rozciągają górne włókna dźwigara zespolonego,
(hogging moments)

II – odcinek przęsła o momentach zginających rozciągających dolne włókna dźwigara zespolonego
(sagging moments).

- Elementy typowego dźwigara zespolonego:

1 – belka stalowa,

1.1 – dolna półka belki stalowej,

1.2 – górna półka belki stalowej,

1.3 – środek belki stalowej,

2 – górna płyta żelbetowa,

2.1 - część o zredukowanej wysokości górnej płyty żelbetowej,

3 – poprzecznice stalowe,

3.1 – poprzecznice stalowej na odcinku **I**,

3.2 - poprzecznice stalowej na odcinku **II**,

4 - łączniki ścinane zespalające.

- Elementy stanowiące przedmiotowy wynalazek:

5 – płyta górna stalowa w na odcinku **I**,

5.1 – niski środek między górną półką belki stalowej i górną płytą stalową na odcinku **II** ,

5.2 – pierwsza dolna płyta żelbetowa na odcinku **I**,

6 – druga dolna płyta żelbetowa nad przyczółkiem na odcinku **II**.