

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 242237 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **426173**

(22) Data zgłoszenia: **2018.07.02**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2019.04.08 BUP 08/2019**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.02.06 WUP 06/2023**

(51) MKP:

E04C 3/20 (2006.01)

E04C 3/293 (2006.01)

E04B 5/04 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA OPOLSKA, Opole, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ZBIGNIEW PERKOWSKI, Opole, PL

STEFANIA GRZESZCZYK, Opole, PL

MARIUSZ CZABAK, Opole, PL

ANETA MATUSZEK-CHMUROWSKA, Kępa, PL

(74) Pełnomocnik:

Wiesława Surmiak, Opole, PL

(54) Tytuł:

Belkowy, żelbetowy element zespolony

PL 242237 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest belkowy, żelbetowy element zespolony wykonywany jako prefabrykowany lub bezpośrednio na placu budowy w konstrukcjach monolitycznych, który ma zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym, przemysłowym i mostowym.

Znany z opisu patentowego PL 218096 prefabrykowany element żelbetowy wykonany jest z betonu o zwykłej wytrzymałości, w którym zatopiony jest szkielet zbrojeniowy. Posiada wkładkę wzmacniającą o wielkości rzutu poziomego odpowiadającego polu wyężonej strefy ściskanej prefabrykowanego elementu żelbetowego, która umieszczona jest we wgłębieniu. Wkładka wzmacniająca wykonana jest z betonu wysokiej wytrzymałości, a w niej zatopione są strzemiona, które trwale połączone są między sobą, co najmniej dwoma prętami montażowymi. Pionowe końce prętów strzemion wyprowadzone są poza powierzchnię wkładki wzmacniającej i połączone są w sposób trwały ze szkieletem zbrojenia za pośrednictwem, co najmniej dwóch prętów podłużnych.

Znany jest z publikacji Tanarslan H.M., Alver N., Jahangiri R., Yalçinkaya Ç., Yazici H., „*Flexural strengthening of RC beams using UHPFRC laminates: Bonding techniques and rebar addition*”, Construction and Building Materials, 155 (2017), str. 45–55, sposób wykonania belkowego elementu żelbetowego, który posiada dwie warstwy betonu – jedną z betonu zwykłego o wytrzymałości średniej na ściskanie 20,4 MPa ze standardowym zbrojeniem stalowym na zginanie w postaci prętów stalowych i na ścinanie za pomocą strzemion, a drugą z kompozytu cementowego o wytrzymałości na ściskanie około 200 MPa z proszkami reaktywnymi i rozproszonym zbrojeniem stalowym, zwanego betonem ultrawysokowartościowym. Warstwa z betonu ultrawysokowartościowego jest zbrojona dodatkowo podłużnymi prętami stalowymi lub pozostaje bez tego zbrojenia i jest mocowana do warstwy z betonu zwykłego na dwa sposoby: albo poprzez sklejenie żywicą epoksydową, albo za pomocą wklejanych do warstwy z betonu zwykłego kotew stalowych i przenikających przez całą warstwę z betonu ultrawysokowartościowego.

Na gwintowanych końcówkach kotew, wystających na zewnątrz warstwy z betonu ultrawysokowartościowego, dokręcano nakrętki z podkładkami, które dociskały ją do warstwy z betonu zwykłego. Warstwy z betonu ultrawysokowartościowego były umieszczane w strefie rozciąganej belek w celu sprawdzenia ich wpływu na zwiększenie nośności tak utworzonych elementów konstrukcyjnych w stosunku do podobnego elementu, lecz bez warstwy z betonu ultrawysokowartościowego.

Znany jest także z publikacji El-Hacha R., Chen D., „*Behaviour of hybrid FRF-UHPC beams subjected to static flexural loading*”, Composites: Part B, 43 (2012), str. 582–593 sposób wykonania belkowego elementu zawierającego warstwę z betonu ultrawysokowartościowego o wytrzymałości na ściskanie, po 28 dniach, wynoszącej około 180 MPa, która połączona jest z żebrzem o przekroju skrzynkowym, wykonanym z kolei z kompozytu o matrycy polimerowej zbrojonej włóknami szklanymi. Żebro to dodatkowo wzmocnione jest poprzez naklejenie na nie, po przeciwnej stronie w stosunku do warstwy z betonu ultrawysokowartościowego, taśm z kompozytu o matrycy polimerowej zbrojonych włóknami węglowymi lub stalowymi. Połączenie warstwy z betonu ultrawysokowartościowego i żebra kompozytowego realizowane jest za pomocą stalowych trzpieni zatopionych w żebrze i w warstwie z betonu. Warstwa z betonu ultrawysokowartościowego umieszczona jest w strefie ściskanej elementu belkowego.

Znane, zespolone belkowe elementy, żelbetowe wytwarzane są z różnego rodzaju betonów, w tym również z betonów ultrawysokowartościowych. Zbrojenie na zginanie stanowią stalowe pręty podłużne umieszczone zasadniczo w strefie rozciąganej, a zbrojenie na ścinanie stanowią zasadniczo stalowe strzemiona. Przy zespoleniu za pomocą tylko stalowych strzemion warstwy betonu zwykłego z warstwą betonu ultrawysokowartościowego występuje konieczność nadmiernego zagęszczenia rozstawu strzemion dla zapewnienia właściwego zszycia obydwu warstw w celu wyeliminowania niekontrolowanego zniszczenia belki, które może wystąpić w wyniku przedwczesnej delaminacji i lokalnego wyboczenia się cienkiej warstwy z betonu ultrawysokowartościowego. Przy zespoleniu za pomocą stalowych kotew lub trzpieni, warstwy betonu zwykłego z warstwą betonu ultrawysokowartościowego występuje konieczność uciążliwego wklejania ich w warstwę betonu zwykłego po jego stwardnieniu, a przed ułożeniem warstwy z betonu ultrawysokowartościowego. Natomiast w przypadku wyboru technologii betonowania elementu, w której koszt zbrojeniowy przygotowywany jest w całości przed ułożeniem obydwu warstw betonu w deskowaniu, stabilizacja kotew lub trzpieni w koszu zbrojeniowym wymaga ich zgrzewania do dodatkowego zbrojenia montażowego z prętów podłużnych lub połączenie z tymczasowymi elementami montażowymi, które usuwane są po ułożeniu i stwardnieniu pierwszej z układanych warstw betonów. Przy zespoleniu za pomocą kleju, w tym żywicy epoksydowej, warstwy

betonu zwykłego z warstwą betonu ultrawysokowartościowego występuje konieczność uciążliwego przygotowania powierzchni sklejanych i ich dopasowania do siebie.

Istota belkowego, żelbetowego elementu zespolonego według wynalazku polega na tym, że dodatkowym elementem zespalałym jest co najmniej jedna sprężyna z pręta stalowego, która umocowana jest drutem wiązałkowym do strzemion, a ramiona sprężyny przechodzą przez styk obydwu warstw: jednej z betonu ultrawysokowartościowego i drugiej z betonu zwykłego. Długość skoku sprężyny, odległość ramion sprężyny od siebie i od gałęzi pionowych strzemion w rzucie na przekrój poprzeczny belki w miejscu styku warstw nie są większe od grubości warstwy z betonu ultrawysokowartościowego, zawierającej 876 kg/m³ cementu portlandzkiego CEM142.5 R, 902 kg/m³ piasku kwarcowego, 105 kg/m³ mączki kwarcowej, 175 kg/m³ pyłów krzemionkowych, 236 kg/m³ włókien stalowych i 15,7 kg/m³ superplastyfikatora na bazie karboksylanów, stosunek wagowy wody do spoiwa w mieszance wynosi 0,2, a której grubość jest równa, co najmniej dwukrotnej odległości środka ciężkości przekroju zbrojenia podłużnego (3) w strefie ściskanej od powierzchni zewnętrznej strefy ściskanej, zaś strzemiona stalowe (5) są, co najmniej dwucięte.

W belkowym, żelbetowym elemencie zespolonym według wynalazku element zespalały w kształcie sprężyny wykonanej z pręta stalowego, mocowany do strzemion drutem wiązałkowym, znacznie przedłuża stabilne przenoszenie naprężeń przez warstwę z betonu ultrawysokowartościowego w pełnym zakresie obciążenia aż do wyczerpania zakładanej nośności w przypadku, kiedy grubość tej warstwy zredukowana jest do niezbędnego minimum ze względu na zakładaną nośność, wymogi bezpieczeństwa, względy montażowe, a także wymagania co do minimalnego otulenia zbrojenia stalowego wg PN-EN 1992 „*Projektowanie konstrukcji z betonu*”. Konstrukcja sprężyny zespalałej pozwala na stabilizację cienkiej warstwy z betonu ultrawysokowartościowego, w szczególności na uniknięcie jej przedwczesnej delaminacji i lokalnego wyboczenia, a przy tym eliminuje potrzebę zagęszczania strzemion poniżej rozstawu, który wynika z zapewnienia nośności na ścinanie całego belkowego, żelbetowego elementu zespolonego według wynalazku, a także ułatwia jego wytwarzanie. Zastosowanie betonu ultrawysokowartościowego o wytrzymałości średniej na ściskanie około 200 MPa, ze zbrojeniem rozproszonym w postaci włókien stalowych pozwala zredukować grubość tej warstwy do niezbędnego minimum, ponieważ zapewnia skuteczne powiązanie warstwy z betonu ultrawysokowartościowego ze zbrojeniem zespalałym w postaci sprężyny. Grubość warstwy z betonu ultrawysokowartościowego, równa co najmniej dwukrotnej odległości środka ciężkości przekroju zbrojenia podłużnego w strefie ściskanej od powierzchni zewnętrznej tej strefy, zapewnia właściwe zakotwienie sprężyny i strzemion w tej warstwie.

Przedmiot wynalazku, w przykładzie wykonania, uwidoczniony jest na rysunku, którego fig. 1 przedstawia widok podłużny belkowego, żelbetowego elementu zespolonego, a fig. 2 przedstawia przekrój A-A poprzeczny belkowego, żelbetowego elementu zespolonego.

W belkowym, żelbetowym elemencie zespolonym według wynalazku są dwie warstwy materiałów o różnej wytrzymałości na ściskanie: jedna z betonu ultrawysokowartościowego 1, a druga z betonu zwykłego 7. Warstwa z betonu ultrawysokowartościowego 1 o wytrzymałości średniej na ściskanie około 200 MPa usytuowana jest w strefie ściskanej, a warstwa z betonu zwykłego 7 klasy C50/60 usytuowana jest w strefie rozciąganej elementu według wynalazku. W warstwie z betonu ultrawysokowartościowego 1 umieszczone jest zbrojenie podłużne ściskane 3 z co najmniej dwóch prętów stalowych do montażu strzemion stalowych 5. W warstwie z betonu zwykłego 7 umieszczone jest podłużne, rozciągane zbrojenie konstrukcyjne 6 z co najmniej dwóch, stalowych prętów ze względu na zginanie. Strzemiona stalowe 5 są co najmniej dwucięte i umieszczone ze względów konstrukcyjnych jako zbrojenie poprzeczne na ścinanie oraz przechodzą przez styk 2 warstw: jednej z betonu ultrawysokowartościowego 1 i drugiej z betonu zwykłego 7. Strzemiona stalowe 5 są prostopadłe do osi podłużnej belkowego, żelbetowego elementu zespolonego według wynalazku, obejmują wszystkie pręty zbrojenia podłużnego: ściskanego 3 i rozciąganego 6, łącząc obie warstwy swoimi gałęziami pionowymi. Dodatkowym elementem zespalałym jest co najmniej jedna sprężyna 4 z pręta stalowego, która umocowana jest drutem wiązałkowym do strzemion 5. Ramiona sprężyny 4 przechodzą przez styk 2 obydwu warstw: jednej z betonu ultrawysokowartościowego 1 i drugiej z betonu zwykłego 7. Długość skoku sprężyny 4, odległość ramion sprężyny 4 od siebie i od gałęzi pionowych strzemion 5 w rzucie na przekrój poprzeczny belki w miejscu styku 2 warstw nie są większe od grubości warstwy z betonu ultrawysokowartościowego. Sprężyna 4 usytuowana jest wzdłuż osi belkowego, żelbetowego elementu według wynalazku i jest w połowie zabetonowana w warstwie z betonu ultrawysokowartościowego 1 i w połowie w warstwie z betonu zwykłego 7. Pręty zbrojeniowe podłużne: ściskane 3 i rozciągane 6, strzemiona 5 i sprężyny 4 wykonane

są ze stali B 500 SP spełniającej wymogi ciągliwości dla stali zbrojeniowej klasy C. Warstwa z betonu ultrawysokowartościowego zawiera: 876 kg/m³ cementu portlandzkiego CEM I 42.5 R, 902 kg/m³ piasku kwarcowego, 105 kg/m³ mączki kwarcowej, 175 kg/m³ pyłów krzemionkowych, 236 kg/m³ włókien stalowych i 15,7 kg/m³ superplastyfikatora na bazie karboksylanów, a stosunek wagowy wody do spoiwa w mieszance wynosi 0,2. Grubość warstwy z betonu ultrawysokowartościowego **1** jest równa co najmniej dwukrotnej odległości środka ciężkości przekroju zbrojenia podłużnego **3** w strefie ściskanej od powierzchni zewnętrznej strefy ściskanej.

W celu wytworzenia belkowego, żelbetowego elementu zespolonego według wynalazku przygotowany kosz zbrojeniowy jest umieszczany w deskowaniu o szerokości 20 cm, wysokości 40 cm i stabilizowany. Kosz składa się z podłużnych prętów, zbrojeniowych: dwóch ściskanych **3** o średnicy 12 mm i czterech rozciąganych **6** o średnicy 20 mm, strzemion **5** o średnicy 8 mm i jednej sprężyny **4** wytworzonej z pręta o średnicy 8 mm. Podłużne pręty zbrojeniowe ściskane **3** ułożone są w jednym rzędzie, a ich środek ciężkości przekroju usytuowany jest w odległości 3,5 cm od powierzchni zewnętrznej. Podłużne pręty zbrojeniowe rozciągane **6** ułożone są również w jednym rzędzie, a ich środek ciężkości przekroju usytuowany jest w odległości 3,5 cm od powierzchni zewnętrznej. Po ustabilizowaniu kosza zbrojeniowego układana jest warstwa pierwsza z betonu zwykłego **7** o szerokości 20 cm i wysokości 33 cm, a po jej związaniu układana jest warstwa druga z betonu ultrawysokowartościowego **1** o szerokości 20 cm i wysokości 7 cm. Po związaniu warstwy drugiej z betonu ultrawysokowartościowego **1** wytworzono belkowy, żelbetowy element zespolony o nośności 257 kNm na zginanie w stanie granicznym. W odniamie przykładu wykonania przedmiotu wynalazku najpierw układana jest warstwa z betonu ultrawysokowartościowego **1**.

Zastrzeżenie patentowe

1. Belkowy, żelbetowy element zespolony, w którym warstwa betonu zwykłego zespolona jest z warstwą betonu ultrawysokowartościowego za pomocą elementów zespalających, zawierających strzemiona, przy czym w obu warstwach są pręty podłużne, **znamienny tym**, że dodatkowym elementem zespalającym jest co najmniej jedna sprężyna (**4**) z pręta stalowego, która umocowana jest drutem wiązałkowym do strzemion (**5**), a ramiona sprężyny (**4**) przechodzą przez styk (**2**) obydwu warstw: jednej z betonu ultrawysokowartościowego (**1**) i drugiej z betonu zwykłego (**7**), przy czym długość skoku sprężyny (**4**), odległość ramion sprężyny (**4**) od siebie i od gałęzi pionowych strzemion (**5**) w rzucie na przekrój poprzeczny belki w miejscu styku (**2**) warstw nie są większe od grubości warstwy z betonu ultrawysokowartościowego (**1**), zawierającej 876 kg/m³ cementu portlandzkiego CEM I 42.5 R, 902 kg/m³ piasku kwarcowego, 105 kg/m³ mączki kwarcowej, 175 kg/m³ pyłów krzemionkowych, 236 kg/m³ włókien stalowych i 15,7 kg/m³ superplastyfikatora na bazie karboksylanów, stosunek wagowy wody do spoiwa w mieszance wynosi 0,2, a której grubość jest równa, co najmniej dwukrotnej odległości środka ciężkości przekroju zbrojenia podłużnego (**3**) w strefie ściskanej od powierzchni zewnętrznej strefy ściskanej, zaś strzemiona stalowe (**5**) są, co najmniej dwucięte.

Rysunki

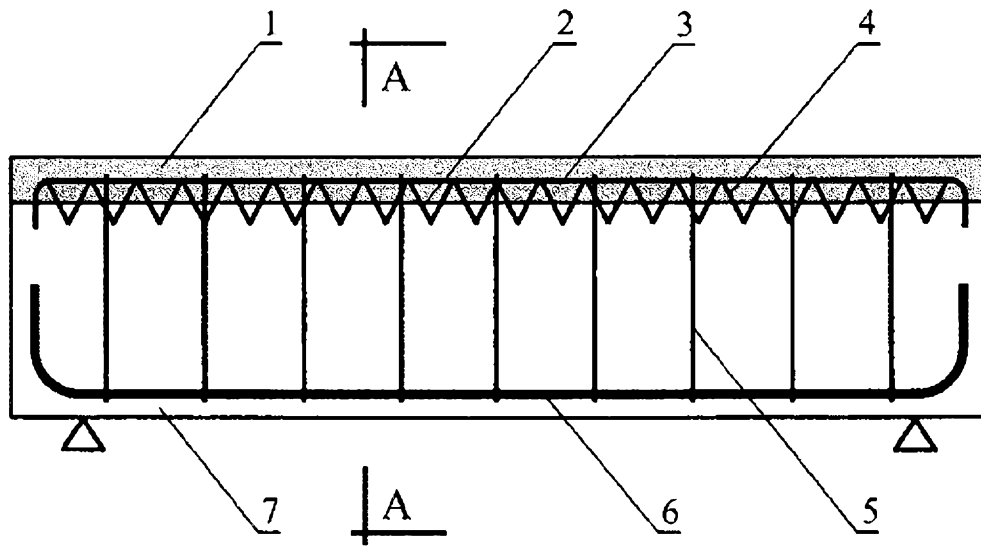


Fig. 1

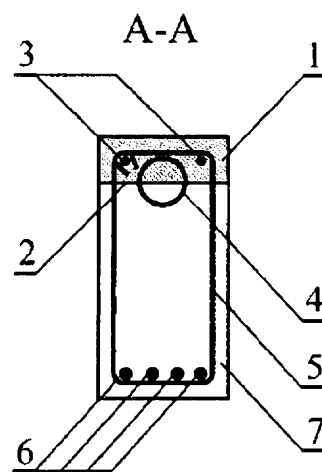


Fig. 2