

Wpływ parametrów podpór blokowych na wytrzymałość bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej

Autor: mgr inż. Dominik Pokropski

Promotor: dr hab. inż. Włodzimierz Idczak, prof. WAT

Promotor pomocniczy: dr inż. Grzegorz Rogojsz

W pracy sprawdzono oddziaływanie parametrów wytrzymałościowych podpór blokowych, wykonanych z mieszanek betonowych z dodatkami w postaci włókien do betonu, na nawierzchnię kolejową bezpodsypkową.

Podczas analizy literatury przedmiotu wykazano niezidentyfikowany dotychczas problem wpływu podpory blokowej na płytę torową. W pracy wskazano uszkodzenia konstrukcji nawierzchni bezpodsypkowej powstałe na liniach kolejowych wykonanych w różnych wariantach konstrukcji. Schemat uszkodzeń dla poszczególnych wariantów jest podobny i dotyczy przede wszystkim spękań w pobliżu podpór blokowych. W przeanalizowanych tekstach źródłowych jako główne przyczyny uszkodzenia konstrukcji nawierzchni wskazano wadliwie wykonaną podbudowę czy też błędy w wykonywaniu odwodnienia. W żadnym z opisanych przypadków nie uwzględniono możliwości wzmocnienia wytrzymałości podpory blokowej poprzez stosowanie dodatku do betonu w postaci włókien jako sposobu na ograniczenie występowania uszkodzeń. Sformułowano następującą tezę rozprawy: zmiana parametrów betonu wykorzystywanego do produkcji podpór blokowych poprzez zastosowanie włókien do betonu ma korzystny wpływ na konstrukcję bezpodsypkowej nawierzchni kolejowej z uwagi na poprawę wytrzymałości na naprężenia pochodzące od sił pionowych.

Z uwagi na niewielką bazę dokumentów normalizacyjnych, podczas przygotowywania wariantów mieszanek posłużono się specyfikacjami technicznymi oraz zaleceniami producentów. Przygotowano cztery warianty podpór blokowych – referencyjny bez dodatku włókien oraz trzy warianty z włóknami: stalowymi, polimerowymi oraz szklanymi, dozowanymi według zaleceń producenta.

W trakcie realizacji tematu stworzony został model próbek laboratoryjnych umożliwiający analizę wytrzymałości konstrukcji nawierzchni poddanych oddziaływaniu sił pionowych. Podczas pracy badawczej wykonano elementy odwzorowujące podpory blokowe w skali. Wymiary próbek laboratoryjnych stanowiły 30% wymiarów rzeczywistych badanego elementu. Po upływie okresu dojrzewania betonu, podpory umieszczono w formie wypełnionej

betonem wykorzystywanym do wykonywania płyty torowej. Tak przygotowane próbki oddające układ warstw konstrukcji dojrzewały w warunkach normowych. Następnie poddano je badaniom wytrzymałościowym. Celem określenia parametrów betonów wykonano również próbki sześciennie i walcowe. Określono parametry betonu takie jak konsystencję, wytrzymałość na ściskanie, moduł sprężystości, mrozoodporność, a także wytrzymałość zespolenia na rozłupywanie oraz na odrywanie metodą pull-off.

Celem weryfikacji badań laboratoryjnych przygotowano model obliczeniowy w oparciu o metodę elementów skończonych i program Autodesk Robot Professional. W programie zamodelowano nawierzchnię o rzeczywistych wymiarach, wraz z obciążeniem o wartości i rozstawie zgodnym z parametrami wybranej lokomotywy. Wykorzystano parametry materiałów otrzymane podczas badań laboratoryjnych. Analiza modelu numerycznego miała za zadanie sprawdzenie czy rezultaty niszczących badań wytrzymałościowych prowadzonych dla wycinka nawierzchni znajdują potwierdzenie w skali całej konstrukcji.

W rozprawie sformułowano wnioski cząstkowe dotyczące wpływu dodatku włókien do betonu na parametry wytrzymałościowe betonu oraz na połączenie podpory blokowej z płytą torową. Do weryfikacji modelu laboratoryjnego wykorzystano analizę numeryczną. Sprawdzone czy wnioski sformułowane podczas badań laboratoryjnych są zasadne w skali całej konstrukcji. Zależność pomiędzy parametrami wytrzymałościowymi podpory blokowej, a poprawą rozkładu naprężeń w konstrukcji została potwierdzona.

W podsumowaniu pracy sformułowano wniosek końcowy dotyczący potwierdzenia postawionej tezy rozprawy. Pozytywny wpływ dodatku do betonu w postaci włókien na rozkład naprężeń w płycie torowej podnosi trwałość konstrukcji nawierzchni. Prognozowane wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni pozwala ograniczyć konieczność prac naprawczych, a co za tym idzie zmniejsza nakłady niezbędne na utrzymanie linii kolejowej

Influence of parameters of block supports on the strength of the ballastless railway surface

Author: mgr inż. Dominik Pokropski

Supervisor: dr hab. inż. Włodzimierz Idczak, prof. WAT

Auxiliary Supervisor: dr inż. Grzegorz Rogojasz

The study checked the impact of the strength parameters of block supports, made of concrete mixtures with additives in the form of concrete fibers, on the ballastless railway track.

The analysis of source literature revealed a previously unidentified problem of the influence of the block support on the track slab. Thesis shows damage to the slab pavement structure on railway lines made in different variants of the structure. The damage pattern for individual variants is similar. It concerns mainly cracks near the block supports. In the analyzed literature, the main causes of damage to the pavement structure were indicated as defective substructure or mistakes in the execution of drainage. In none of the cases described was the possibility of increasing the strength of the block support by using a concrete additive in the form of fibers as a way to reduce the occurrence of damage. The following thesis was formulated: changing the parameters of concrete used for the production of block supports by the use of fibers for concrete has a beneficial effect on the structure of the slab-free railway surface due to the improvement of the resistance to stresses resulting from vertical forces.

Due to the small base of standardization documents, technical specifications and manufacturers' recommendations were used when preparing the variants of mixtures. There were prepared four variants of block supports - the reference one without the addition of fibers, and three variants with fibers: steel, polymer and glass, dosed according to the recommendations of manufacturers.

Model of laboratory samples was created that allows the analysis of the strength of pavement structures subjected to the action of vertical forces. During the research work, elements were made representing the block supports on the scale. The dimensions of the laboratory samples constituted 30% of the actual dimensions of the tested element. After the maturation period of the concrete, the supports were placed in the form filled with the concrete used to make the track slab. The samples prepared in this way, reflecting the structure of the structure layers, matured under standard conditions. Then they were subjected to endurance tests. In order to determine the concrete parameters, there were also made cubic and cylindrical samples. There were determined concrete parameters such as consistency, compressive

strength, modulus of elasticity, frost resistance, as well as splitting strength and pull-off strength of the composite.

In order to verify the laboratory tests, a computational model was prepared based on the finite element method and the Autodesk Robot Professional program. The program modeled a surface with real dimensions, along with a load with a value and spacing consistent with the parameters of the selected locomotive. There were used parameters of the materials obtained during laboratory tests. The analysis of the numerical model was to check whether the results of the destructive strength tests conducted for the pavement section are confirmed on the scale of the entire structure

Partial conclusions were formulated in the thesis. They confirmed the influence of the addition of fibers to concrete on the strength parameters of concrete and on the connection of the block support with the track slab. It was checked whether the conclusions drawn during the laboratory tests are justified on the scale of the entire structure. The relationship between the block support strength parameters and the improvement of the stress distribution in the structure has been confirmed.

In the summary of the work, a final conclusion was formulated. They contain the confirmation of the thesis. The positive effect of the concrete additive in the form of fibers on the stress distribution in the track slab increases the durability of the track structure. Extending the life of the pavement allows to reduce the need for repair works, and reduces the cost necessary for the maintenance of the railway line.