

dr inż. Łukasz Mrozik^{1*)}
 dr inż. Anna Kaczmarek¹⁾
 mgr inż. Marek Doering¹⁾
 mgr inż. Jarosław Gajewski¹⁾

Defekty wibroprasowanych elementów betonowych

Defects of vibropressed concrete elements

DOI: [dx.doi.org/10.15199/33.2014.12.14](https://doi.org/10.15199/33.2014.12.14)

Streszczenie. W artykule przedstawiono szczegółową charakterystykę defektów wibroprasowanych elementów betonowych stosowanych w mostownictwie, takich jak m.in. kostka brukowa, obrzeża, krawężniki. Zaproponowano klasyfikację defektów uwzględniającą przyczynę ich wystąpienia i intensyfikacji. Omówiono najczęstsze przyczyny degradacji oraz ich wpływ na trwałość i estetykę wykonanej nawierzchni. Ponadto zaproponowano kierunek optymalizacji technologicznych zapewniających możliwość przeciwdziałania określonym defektom i wskazano, które z nich mogą wynikać z niewłaściwego składu ilościowego i jakościowego mieszanki oraz przebiegu procesu produkcyjnego, a które są zjawiskiem całkowicie normalnym i niejednokrotnie przejściowym.

Słowa kluczowe: beton wibroprasowany, kostka, nawierzchnia, trwałość.

Abstract. This article presents a detailed characterization of defects of vibropressed concrete elements used in bridge building industry, such as: paving, curbs and watercourses. Authors proposed classification of defects with regard to their causes. These causes of degradation has been discussed and the impact on durability and aesthetics has been assessed. Authors proposed technological solutions for prevention of specified defects. It has been shown, which of them can be the result of improper quantitative and qualitative mix composition, and which are perfectly normal and often transient occurrence.

Keywords: vibropressed concrete, brick, pavement, durability.

W ostatnich latach wibroprasowana kostka brukowa zdobyła dużą popularność wśród materiałów przeznaczonych do wykonywania nawierzchni komunikacyjnych. Bogactwo dostępnych barw, kształtów oraz faktur stwarza obecnie praktycznie nieograniczone możliwości kształtowania przestrzeni architektonicznej.

W ostatnim dziesięcioleciu nastąpił dynamiczny rozwój wibroprasowanej kostki brukowej [3]. W tym czasie omawiane wyroby ewoluowały pod względem właściwości technicznych oraz estetyki. Wielu producentów ma obecnie w swojej ofercie linie wyrobów szlachetnych (premium), o doskonałej jakości i wyszukany wzornictwie, które imitują kamień naturalny i mogą być z powodzeniem stosowane jako substytut zdecydowanie droższej kostki granitowej lub bazaltowej. Wobec stale rosnących wymagań i oczekiwań stawianych wibroprasowanym elementom betonowym należy stwierdzić, że ich trwałość i estetyka to cechy

o szczególnym znaczeniu. Z tego względu należy dokładać wszelkich starań, aby nie występowały defekty gotowego wyrobu.

Należy podkreślić, że wibroprasowana kostka brukowa, to grupa wyrobów narażonych na oddziaływanie mechaniczne (ściskanie, ścieranie), fizyczne (zmiany temperatury i wilgotności) oraz chemiczne (m.in. wpływ środków odladzających). Defektem spowodowanym tymi oddziaływaniami można zapobiegać tylko przez staranną realizację wszystkich etapów produkcji, od opracowania receptury mieszanki po wykonanie nawierzchni. W bogatej literaturze dotyczącej technologii betonu wibroprasowanego, m.in. monografii [2], nie omówiono jednak w dostatecznym zakresie zagadnienia defektów, skupiając się jedynie na wykwitach solnych.

Klasyfikacja defektów

Z uwagi na złożoność problematyki defektów występujących w wyrobach i nawierzchniach z betonu wibroprasowanego, przydatne jest wprowadzenie spójnej systematyki. Defekty sklasyfikowano z uwagi na trzy podstawowe kryteria. **Pierwszy ich podział** jest

szczególnie istotny z punktu widzenia odbiorcy końcowego (użytkownika) i uwzględnia jako kryterium konsekwencje (objawy) wystąpienia:

- **defekty pogarszające estetykę nawierzchni** – przejawiają się jako przebarwienia, brak jednolitego odcienia, spękania, zmiana faktury, wyszczerbienia, zarysowania itp.;

- **defekty pogarszające właściwości użytkowe**, np. obniżenie chropowatości, odchyłki wymiarów, rozluźnienie warstwy płukanej (fotografia 1);

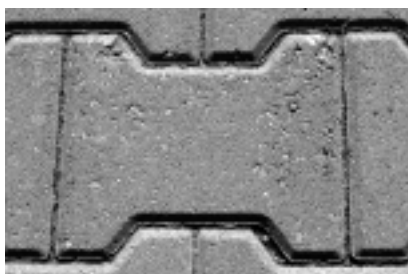


Fot. 1. Rozluźnienie warstwy płukanej

- **defekty obniżające trwałość nawierzchni** – dotyczy to przede wszystkim podatności na degradację pod wpływem czynników atmosferycznych i/lub środków odladzających, np. spękania, niedostateczne zagęszczenie (fotografia 2) itd. Należy zaznaczyć, że to kryterium nie uwzględnia istoty wy-

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji:
 e-mail: l.mrozik@utp.edu.pl



Fot. 2. Niedostateczne zagęszczenie wyrobu

szczególonych defektów, a jedynie ich widoczne efekty. Istnieją jednak typy defektów stanowiące jedynie przejściowe obniżenie estetyki. Przykładem są powszechnie obserwowane wykwitły solne na powierzchni licowej (fotografia 3), będące normalnym zjawiskiem wynikającym z chemicznych przemian w betonie pod wpływem zmian temperatury i migracji wody ([1, 4] i in.).



Fot. 3. Wykwity solne

Drugie kryterium podziału uwzględnia czynnik inicjujący powstawanie defektu, bądź też jego uwidocznienie. Autorzy proponują następującą klasyfikację:

- defekty powstające w efekcie ekspozycji na czynniki klimatyczne, takie jak wilgoć, temperatura, światło, m.in. płowienie, destrukcja mrozowa (fotografia 4);



Fot. 4. Destrukcja mrozowa nawierzchni z betonu wibroprasowanego

- defekty wynikające z oddziaływań mechanicznych, takich jak uderzenia i ścieranie, w tym m.in. zmiana wyglądu powierzchni, ubytki, pęknięcia (fotografia 5), powstające zarówno na etapie produkcji, jak również w fazie eksploatacji;

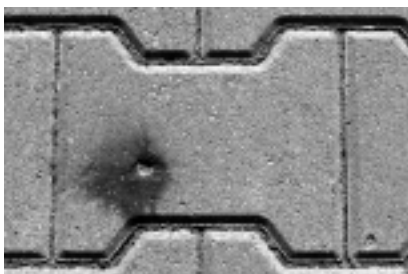


Fot. 5. Uszkodzenie mechaniczne krawędzi elementu

- defekty powstające wskutek oddziaływań chemicznych (np. środki oddziałujące).

Trzecią z proponowanych klasyfikacji defektów jest podział z uwagi na kryterium właściwej przyczyny powstawania, wg którego można wyróżnić:

- wady wynikające z niedostatecznej jakości stosowanych surowców, w tym m.in. rdzawe plamy pochodzące od obecnych w kruszywie grubym wtrąceń zawierających tlenki żelaza (fotografia 6);



Fot. 6. Wynikanie wtrąceń rudy darniowej w kruszywie grubym

- defekty będące rezultatem niewłaściwego doboru ilościowego składników, których przejawem może być np. niedostateczne zagęszczenie (fotografia 7) lub podwyższona (zróżnicowana) nasiąkliwość (fotografia 8);



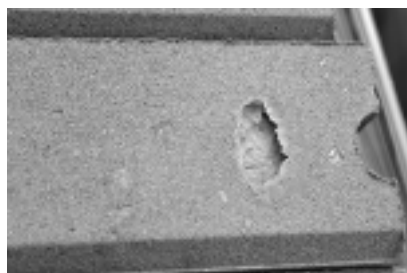
Fot. 7. Niedostatecznie zagęszczony element (krawężnik) z betonu wibroprasowanego

- defekty wynikające z niewłaściwej pracy linii produkcyjnej (spowodowanej nieodpowiednimi ustawieniami bądź niedostatecznym stanem technicznym), takie jak np. skupiska kruszywa drobnego lub spoiwa wynikają-



Fot. 8. Zróżnicowana nasiąkliwość kostek z betonu wibroprasowanego

ce z niewłaściwego mieszania (fotografia 9), czy też tzw. korona na krawędzi wyrobu wynikająca ze zużycia formy i stempla (fotografia 10);



Fot. 9. Skupisko kruszywa drobnego w obrzeżu chodnikowym



Fot. 10. „Korona” na krawędzi elementu wynikająca ze zużycia formy i stempla

- uszkodzenia wynikające z nieodpowiedniego przechowywania, składowania i transportu;

- defekty spowodowane nieodpowiednim wykonaniem nawierzchni (np. błędy w przygotowaniu podłoża);

- wady wynikające z użytkowania niezgodnego z przeznaczeniem i/lub niewłaściwej pielęgnacji i konserwacji nawierzchni.

Biorąc pod uwagę uzasadnioną konieczność prowadzenia prac optymalizacyjnych, zmierzających do opracowania opłacalnej ekonomicznie receptury umożliwiającej ograniczenie defektów, trzecia klasyfikacja jest najistotniejsza. Stanowi ona bowiem bezpośredni punkt wyjścia do określenia niezbędnych zmian do wdrożenia w zakładzie produkcyjnym. Możliwe

kierunki optymalizacji technologicznych zostaną wskazane w podsumowaniu.

Podsumowanie

Drobnowymiarowe wyroby z betonu wibroprasowanego są obecnie jednym z najpopularniejszych rozwiązań wykonywania nawierzchni komunikacyjnych, takich jak m.in. parkingi, ścieżki rowerowe czy chodniki. Betonowa kostka brukowa powinna być zaprojektowana i wykonana tak, aby jej cechy mechaniczne były wystarczające do zachowania określonych właściwości użytkowych nawierzchni w założonym okresie eksploatacji. Z tak sformułowanym pojęciem trwałości ściśle wiąże się problem defektów występujących w gotowych elementach. Biorąc pod uwagę uzasadnioną wcześniej potrzebę dążenia do zapewnienia optymalnych właściwości wyrobu, należy dokonać podsumowania możliwości optymalizacji technologii produkcji. Autorzy sugerują, że istotne ograniczenie defektów można osiągnąć jedynie przez wykluczenie bądź zminimalizo-

wanie ich właściwych przyczyn, które zostały wcześniej sklasyfikowane. Na tej podstawie można sformułować następujące **kierunki optymalizacji**:

- zmiana składu jakościowego – polegająca przede wszystkim na starannym doborze kruszywa drobnego i grubego oraz kompatybilnego zestawu spoiwo-domieszka;

- optymalizacja receptury (składu ilościowego) przede wszystkim pod względem uziarnienia kruszywa, stosunku wodno-spoiwowego oraz ilości zaczynu;

- modyfikacja parametrów pracy linii produkcyjnej, takich jak m.in. sposób dozowania i mieszania składników, częstotliwość i czas vibracji, nacisk stempla i in.;

- zapewnienie optymalnych warunków dojrzewania (temperatura, wilgotność);

- odpowiednie pakowanie i składowanie wyrobów;

- właściwy transport i wykonanie nawierzchni.

Defekty powstające na etapie eksploatacji obniżają estetykę i właści-

wości użytkowe nawierzchni i niejednokrotnie świadczą o znacznie obniżonej trwałości wyrobu. Wynika z tego, że konieczne jest zapobieganie defektom, gdyż tylko nieliczne są zjawiskiem normalnym (np. nieznaczne różnice w fakturze i odcieniu) i niejednokrotnie przejściowym (wykwity solne).

Fot. 1 – 7 i 9 – Ł. Mrozik
Fot. 8 – M. Doering

Literatura

- [1] Bensted J., 2001. The chemistry of efflorescence. Cement Wapno Beton nr 4/2001 s. 133 – 142.
- [2] Brylicki W., 1998. Kostka brukowa z betonu wibroprasowanego. Wydawnictwo Polski Cement, Kraków.
- [3] Doering M., Mrozik Ł., Gajewski J., 2014. Stan aktualny i tendencje rozwoju rynku betonowej kostki brukowej. Materiały Budowlane nr 9/2014 s. 30 – 31.
- [4] Mrozik Ł., Kaczmarek A., Doering M., 2013. Dodatki mineralne w produkcji wibroprasowanych elementów betonowych. Materiały Budowlane nr 10/2013 s. 35 – 36.

Otrzymano 26.11.2014 r.

Fotobeton jako sposób urozmaicenia formy...

(dokończenie ze str. 28)

Należy jednocześnie pamiętać o odpowiednim dobraniu frakcji kruszywa, aby wypełnić szczeliny powstałe w wyniku frezowania (np. mieszanki o podwyższonym punkcie piaskowym i maksymalnym wymiarze kruszywa $D_{max} = 8$ mm). Obraz na powierzchni betonu powstaje na skutek interakcji światła i cienia. Efekt zależy od intensywności i kąta padania światła (bardziej żywy i czytelny jest dzięki długości cienia rzucanego przez żłobienia). Fotografia jest najbardziej czytelna, gdy światło pada pod kątem 45° , a obserwator ogląda ją z kierunku przeciwnego lub na wprost obrazu (fotografia 3).



Fot. 3. Betonowy element wykonany w technologii fotobetonu z Panoramą Warszawy

[Fot. Autorzy]

Podsumowanie

Technologia fotobetonu umożliwia urozmaicenie surowej powierzchni betonu, tworzenie artystycznych obrazów oraz symbolicznej ekspresji. Wprowadza prawie nieograniczone możliwości prezentacji motywów czy portretów na powierzchni betonu. Jest szczególnie przydatna w przypadku wykończania obiektów użyteczności publicznej, takich jak np. biblioteki, stacje metra, centra handlowe, parkingi miejskie itp. Może być cennym elementem architektury krajobrazowej i pomnikarskiej, nośnikiem informacji, krzewienia kultury i historii lub prostym sposobem prezentacji logo firmowego na elewacjach budynków. Wykorzystywana jest też na ekranach dźwiękochłonnych lub panelach osłonowych konstrukcji oporowych z gruntu zbrojonego [4].

dr inż. Wioletta Jackiewicz-Rek
mgr inż. Marcin Mroczek

Literatura

- [1] Fotobeton-ein inzwischen kalkulierbares Stilmittel für Sichtbeton; www.baulinks.de.
- [2] Jackiewicz-Rek W., Smirnow M., Woyciechowski P., Fotobeton – technologiczna efemeryda czy atrakcyjna możliwość urozmaicenia formy architektonicznej elewacji z betonu, konferencja Dni Betonu – Tradycja i Nowoczesność, 2002.
- [3] <http://www.reckli.net>.
- [4] Mroczek M., Opracowanie technologii wykonywania prefabrykowanych paneli osłonowych z zastosowaniem fotobetonu, praca magisterska, 2013.

Otrzymano 01.12.2014 r.