

Wsparcie dostawy mieszanki betonowej z wykorzystaniem symulacji komputerowej

Mgr inż. Aneta Kończak, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Beton jest podstawowym materiałem do wznoszenia obiektów budowlanych [1, 2]. Jego znaczenie obrazuje przedstawione przez Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego (SPBT) zapotrzebowanie na poziomie 26,2 mln m³ w roku 2019 i tendencja do ciągłego wzrostu produkcji na kolejne lata [3] (stan ten może zmienić pandemia COVID-19, przez którą prognozuje się pogorszenie warunków inwestycyjnych i problemy finansowo-ekonomiczne w wielu branżach gospodarki).

Mieszanki betonowe od lat produkowane są w wytwórniach. Dostarczane są na place budowy specjalistycznym sprzętem, często czteroosiowymi betonomieszarkami samochodowymi – betonowozami, które mają za zadanie utrzymać właściwości mieszanki w czasie transportu. W celu zapewnienia efektywnej dystrybucji wymagane jest sprawne planowanie przedsięwzięcia.

2. Przeszkody efektywnego dostarczania mieszanki betonowej na budowę

Dystrybucja mieszanki jest procesem cyklicznym, składającym się z czterech następujących po sobie czynnościach: załadunku betonowozu, transportu mieszanki na budowę, rozładunku i ułożenia mieszanki oraz powrotu betonowozu do węzła betoniarskiego. Z pozoru nieskomplikowany proces dostawy i ułożenia mieszanki nastrocza wiele trudności. Wytwórnia mieszanki betonowej dostarczająca beton na budowę spotyka się z wieloma problemami, które utrudniają sprawną realizację zamówienia [4].

Jeden z czynników, który sprawia trudność w dostawie mieszanki, dotyczy rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów i ich niezbędnego wyposażenia. Ograniczenie w rozporządzeniu ciężaru pojazdów czteroosiowych do 32 t [5] wymusza na wytwórni zmniejszenie załadunku betonowozu do 7,5 m³ (nie pozwalając wykorzystać pełnego ładunku pojazdu), co w konsekwencji w celu zapewnienia ciągłości betonowania wiąże się ze zwiększeniem liczby betonowozów w danym procesie. Takie rozwiązanie wymaga od wytwórni większej ostrożności, ale wpływa również niekorzystnie na ochronę środowiska. SPBT od kilku

lat wnioskuje i ubiega się o zmiany w przepisach, opierając się na doświadczeniach innych krajów, redukujących liczbę przejazdów betonomieszarek [6].

Ze względu na wysokie koszty utrzymania betonowozów jako sprzętu specjalistycznego wiele wytwórni zrezygnowało z prowadzenia własnych flot. Dostawę mieszanki betonowej zleca się osobnym firmom, co skutkuje potrzebą precyzyjnego planowania, ze względu na zwiększenie liczby uczestników, od których zależeć będzie jakość mieszanki betonowej. Zarządzanie kilkoma podmiotami wymaga wielkiego wysiłku, tym bardziej że odpowiedzialność za jakość wbudowanej mieszanki spoczywa w głównej mierze na jej producencie.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na trudności w zapewnieniu wymaganych właściwości betonu jest niedbałe rozplanowanie pracy brygady na placu budowy. Mała liczba pracowników przy ułożeniu mieszanki betonowej może spowodować długie oczekiwanie betonowozów na rozładunek, a przekroczenie czasu wiązania betonu wiąże się z ryzykiem utraty właściwości betonu. Przy takim rozwiązaniu kierownictwo budowy powinno zgłosić potrzebę zaprojektowania mieszanki z wydłużonym czasem wiązania. Do innych zakłóceń w dostawie mieszanki betonowej na budowę można zaliczyć:

- utrudnienia na trasie spowodowane nasileniem ruchu, remontami na drodze lub kolizjami,
- niekorzystne warunki atmosferyczne, tj. deszcz, silny wiatr, zalegająca pokrywa śnieżna,
- awarie – niesprawność maszyn/pojazdów biorących udział w przeprowadzonym procesie, awarie węzła betoniarskiego,
- możliwość niespełnienia zalecanych wymagań mieszanki betonowej, oznaczające odesłanie transportu z powrotem do wytwórni [7].

Należy również zwrócić uwagę na specyficzny rodzaj prowadzonych zamówień. Najczęstszym terminem składania zleceń jest przeddzień lub ten sam dzień dostawy mieszanki betonowej. Tego typu charakter zamówień wymusza na producencie konieczność bycia w pełnej gotowości do obsługi niezaplanowanych zleceń.

3. Symulacja komputerowa jako metoda wsparcia przy zarządzaniu dostawą betonu towarowego

3.1. Symulacja komputerowa techniką wsparcia podejmowania decyzji w procesach produkcyjnych

Planowanie obsługi w większości wytwórni mieszanek betonowych – wyznaczanie terminów, liczby betonowozów, trasy ich przejazdu oraz kolejności realizacji zleceń odbywa się ciągle w oparciu o doświadczenie personelu, bez wsparcia o system doradczy. Jednymi z metod doradztwa, wartego uwagi, są techniki symulacyjne, bazujące na wirtualnym modelowaniu i planowaniu procesu dystrybucji. Techniki te znane są głównie w przedsiębiorstwach produkcyjnych, opartych na ciągłym doskonaleniu efektywnego wytwarzania produktu. Metoda ta może mieć jednak również zastosowanie w dostawie mieszanki betonowej, ze względu na cykliczność przejazdu i możliwość wprowadzania zmian w dostawie w czasie rzeczywistym [8, 9].

Do utworzenia sprawnie działającego systemu doradczego opartego na metodach symulacyjnych wyróżnia się następujące kroki:

- zebranie danych z procesów dostawy, mających wpływ na jego przebieg,
- utworzenie modelu symulacyjnego, obrazującego przebieg procesu, z możliwością analizy i wyciągnięcia wniosków z realizacji jako nauki z przykładów,

i powszechnej łączności bezprzewodowej, wykorzystanie metod symulacyjnych wpisuje się w zamierzenia unowocześniania procesów budowlanych [10]. Rozwój digitalizacji może również posłużyć wykorzystaniu danych z wielu lat, co pozwoli rozbudować bazę i usprawnić etap planowania. Atutem metod symulacyjnych jest nauka z przykładów, umożliwiająca przewidywanie czasów wszystkich etapów dystrybucji na podstawie dotychczasowego doświadczenia. Przy wykorzystaniu telefonii komórkowej [11] możliwe jest również monitorowanie procesów i sterowanie nimi w trakcie ich trwania. Wszystkie powyższe działania mogą wpłynąć na zwiększenie efektywności dostawy betonu towarowego na budowę.

3.2. Symulacja procesów dostaw mieszanki betonowej na budowę

W artykule zostały przedstawione przykłady wykonanych badań dostawy mieszanki betonowej. Zebrano dane, które miały wpływ na wydajność procesu [12]. Charakterystykę procesów zaprezentowano w tabeli 1.

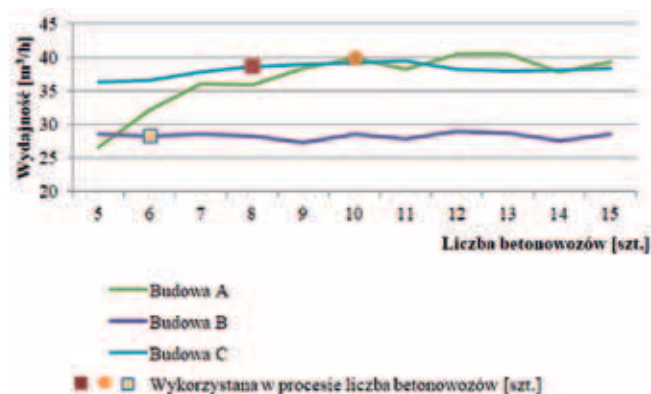
Symulację komputerową procesów wykonano przy użyciu programu MicroCyclone. Wydajność procesu w zależności od liczby wykorzystanych betonowozów zaprezentowano na rysunku 1.

Powyższe przykłady pokazują, że część dostaw betonu towarowego mogłaby się odbyć ze zmniejszoną liczbą betonowozów, nie wpływając na wydajność betonowania. Możliwe

Tabela 1. Charakterystyka badanych procesów

Lp.	Budowa	Wielkość betonowania [m ³]	Długość trasy [km]	Typ betonowanego elementu	Godziny betonowania	Pogoda	Liczba betonowozów	Liczba pomp	Wydajność procesu [m ³ /h]
1.	A	340,0	11,30	Płyta fundamentowa	7:00–16:00	Pogodnie, wysoka temperatura	10	1	39,90
3.	B	260,0	9,3	Płyta fundamentowa	18:00–5:00	Pogodnie	6	1	28,19
4.	C	200	16,90	Posadzka	8:00–16:00	Pochmurno	8	1	38,6

- po złożonym zamówieniu odnalezienie przypadku analogicznego, który po wprowadzeniu modyfikacji posłuży do utworzenia modelu symulacyjnego,
- monitoring i sterowanie procesu w czasie rzeczywistym przez dostosowanie przebiegu procesu do zmiennej sytuacji (spowodowaną m.in. przez zmianę natężenia ruchu). W celu zapewnienia wiarygodnego modelu wymagane jest zebranie odpowiedniej liczby informacji o analizowanym procesie. Może to zniechęcić wytwórnię do wprowadzenia tej techniki, zwłaszcza że z wykorzystaniem programów symulacyjnych wiąże się koszt wdrożenia oprogramowania oraz wykwalifikowanie i utrzymanie personelu odpowiedzialnego za obsługę zleceń. W dobie idei Construction 4.0, dążącej do dalszej komputeryzacji, automatyzacji procesów



Rys. 1. Wykres wydajności w zależności od liczby wykorzystanych betonowozów

jest przeprowadzenie symulacji, biorąc pod uwagę inne warianty procesu: zmiana liczby wykorzystanych pomp, narzucenie rytmu pracy, wybór alternatywnej trasy dojazdu itp. Symulacja może zatem stać się metodą w rozpoznaniu racjonalnego rozwiązania.

4. Podsumowanie

Osiągnięcie wysokiej jakości robót betonowych uzależnione jest od wielu czynników. Wbrew pozorom prosty w założeniach proces dystrybucji betonu obarczony jest dużym ryzykiem niepowodzenia. Zmienne warunki atmosferyczne, natężenie ruchu, niewłaściwe rozplanowanie pracy brygady czy niespodziewane awarie maszyn mogą negatywnie wpłynąć na przebieg dostawy i ułożenia mieszanki. W celu przeciwdziałania niepowodzeniom poszukuje się rozwiązań, które umożliwią wsparcie w podejmowaniu decyzji w zarządzaniu procesami, a w konsekwencji wpłyną na ich usprawnienie. Jedną z technik wspomagania decyzji są metody symulacyjne. Ich atuty są oparte na nauce z przykładów i wykorzystaniu w sterowaniu procesem w czasie rzeczywistym. Ponadto metody te są jednym ze sposobów uniknięcia zakłóceń, obniżenia kosztów dystrybucji i zapewnienia wysokiej jakości betonu oraz mają również korzystny wpływ na konkurencyjność producenta na rynku.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Raczkiewicz W., Beton – materiał budowlany znany od wieków, Przegląd Budowlany 10/2012, str. 13–18
- [2] Yan Shangyao, Han-Chun Lin and Yin-Chen Liu, Optimal schedule adjustments for supplying ready mixed concrete following incidents, Automation in Construction 20.8 (2011): 1041-1050
- [3] Podsumowanie rynku betonu towarowego w Polsce w 2019, Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego w Polsce, Kraków, 2020
- [4] Orłowski Z., Orłowski M., Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw betonu towarowego, Logistyka 6/2014
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. 2003 nr 32, poz. 262)
- [6] Gruszczyński M., Beton materiałem przyszłości, Nowoczesne budownictwo inżynierskie 3/2019
- [7] Choi J., Xuelei J. & Jeong W., Optimizing the Construction Job Site Vehicle Scheduling Problem. Sustainability 10(5)2018
- [8] Han S. W., Lee S. Y. & Halpin D. W., Productivity evaluation of the conventional and GPS-based earthmoving systems using construction simulation. In Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives, 2005
- [9] Feng C. W. & Wu H. T., Integrating fmGA and CYCLONE to optimize the schedule of dispatching RMC trucks, Automation in Construction 15(2)2006
- [10] Sawhney A., Riley M. & Irizarry J., Construction 4.0: An innovation platform for the built environment. Routledge, 2020
- [11] Nižetić S., Šolić P., González-de D. L. D. I. & Patrono L., Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. Journal of Cleaner Production 274/2020
- [12] Graham L. D., Forbes D. R. & Smith S. D., Modeling the ready mixed concrete delivery system with neural networks, Automation in Construction 15(5)2006

Szkolenie: Warszawa, 23–24 listopada 2020 r. Forma: stacjonarna/online

Złożone Konstrukcje Żelbetowe

Zaawansowane wymiarowanie, ocena stanu technicznego i wzmocnienia przemysłowych konstrukcji żelbetowych w oparciu o własne realizacje autora

PRZYGOTOWANIE I PROWADZENIE

- autorskie projekty zorientowane na szczelność i opanowanie skutków rys w budownictwie przemysłowym,
- piece, kominy, zbiorniki, wieże, maszty, wiatraki, hale przemysłowe, płyty fundamentowe,
- działania termiczne, redystrybucja momentów, ograniczenie naprężeń, odkształceń.

PROBLEMATYKA

- projektowanie przy uwzględnieniu oddziaływań termicznych i zarysowania betonu,
- ustalanie sił wewnętrznych, naprężeń, stref ściskanych, szerokości rys i odkształceń,
- ocena stanu technicznego konstrukcji i przyczyn awarii,
- metody przebudowy, napraw i wzmocnień,
- kontrola jakości wykonawstwa, błędy wykonawcze i eksploatacyjne.

PROF. DR HAB. INŻ. PIOTR NOAKOWSKI

Dyrektor międzynarodowej firmy eksperckiej Constructure (Exponent) w Dusseldorfie, biegły sądowy w Niemczech, polski rzeczoznawca i wykładowca na uczelniach w Niemczech, w Polsce i w Ameryce. W dorobku ponad 1000 projektów i ekspertyz w różnych krajach świata; specjalnością są hale przemysłowe, kominy przemysłowe, konstrukcje parkingowe, piece przemysłowe, płyty fundamentowe, posadzki przemysłowe, siłownie wiatrowe, tunele, wieże telewizyjne, maszty telekomunikacyjne i zbiorniki.

INFORMACJE

Program oraz zapisy na www.archmedia.pl

Informacji udziela organizator szkolenia:

Grążyna Grzymkowska-Gałka

ARCHMEDIA

tel. 690 820 224

mail: info@archmedia.pl

