

# Projektowanie postępu prac przy wbudowaniu mieszanki betonowej

Dr hab. inż. Andrzej Więckowski, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,  
mgr inż. Roman Zimka, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie

## 1. Wprowadzenie

W planowaniu i później przy wbudowywaniu mieszanki betonowej muszą zostać uwzględnione ograniczenia wynikające z czasów trwania reakcji chemicznych, zachodzących od chwili kontaktu cementu z wodą. Stąd dla nie pogorszenia właściwości późniejszego betonu, zgodnie z [1–7, 10, 11], przygotowanie mieszanki, operacje transportowe i jej wbudowanie, można wykonywać tylko do chwili początku wiązania cementu.

Zagadnienie jest mniej skomplikowane przy betonowaniu niewielkich elementów, mieszanką przygotowaną np. w automatycznym węźle przyobiekowym [8, 9]. Obecnie mieszanka na budowę zazwyczaj jest przywożona z odległych specjalistycznych wytwórni, a betonowanie elementów obiektów budowlanych, nierzadko wiąże się z wielogodzinnym lub nawet wielodniowym wbudowywaniem mieszanki [11]. Aby zapewnić jednolitość betonu, konieczne jest połączenie mieszanki ułożonej wcześniej, z dokładaną nową porcją, jeszcze przed chwilą początku wiązania cementu [2, 4]. Prace te można wykonywać w tzw. czasie dysponowanym na dodanie porcji następnej. Zależnie od wydajności zespołu betonowania, objętości betonowanego elementu i również wymiarów rzutu poziomego realizowanego monolitu mieszanka musi być wbudowywana zgodnie z wynikami analiz rozwiązań dopuszczalnych, według zaplanowanych kierunków przesuwania się poszczególnych frontów robót [11]. Wówczas zarówno przy niewielkich elementach, jak i przy dużych monolitach, o objętościach nawet wielu tysięcy m<sup>3</sup> mieszanki wbudowywanej warstwami, jest zapewnione prawidłowe ułożenie, zagęszczenie i połączenie wszystkich układanych porcji, jak również zostaje wymuszony naturalny porządek i rytm pracy.

## 2. Przeobrażenia w czasie mieszanki ze spoiwami cementowymi

W powstawaniu betonu, zgodnie z [2], można wyróżnić 4 okresy. Z mieszanką betonową  $M$  mamy do czynienia w okresie I – wstępnego dojrzewania i II – wiązania. W okresach, III – twardnienia i IV – eksploatacji, występuje już beton, odpowiednio: młody –  $B_m$  i dojrzwały –  $B_d$ .

Czasem początku wiązania cementu  $\tau_{pw}$  nazywa się okres od chwili  $t_0$  zmieszania cementu z wodą, przyjmowanej za rozpoczęcie procesu dojrzewania ( $t_0$  – zazwyczaj utożsamia się z 0 na skali czasu) do chwili  $t_{pw}$  – określonej jako początek wiązania zastosowanego cementu, w występujących warunkach. Czas trwania  $\tau_{pw}$  odpowiadający okresowi I – wstępnego dojrzewania wynosi:

$$\tau_{pw} = t_{pw} - t_0, t_0 < t_{pw}. \quad (1)$$

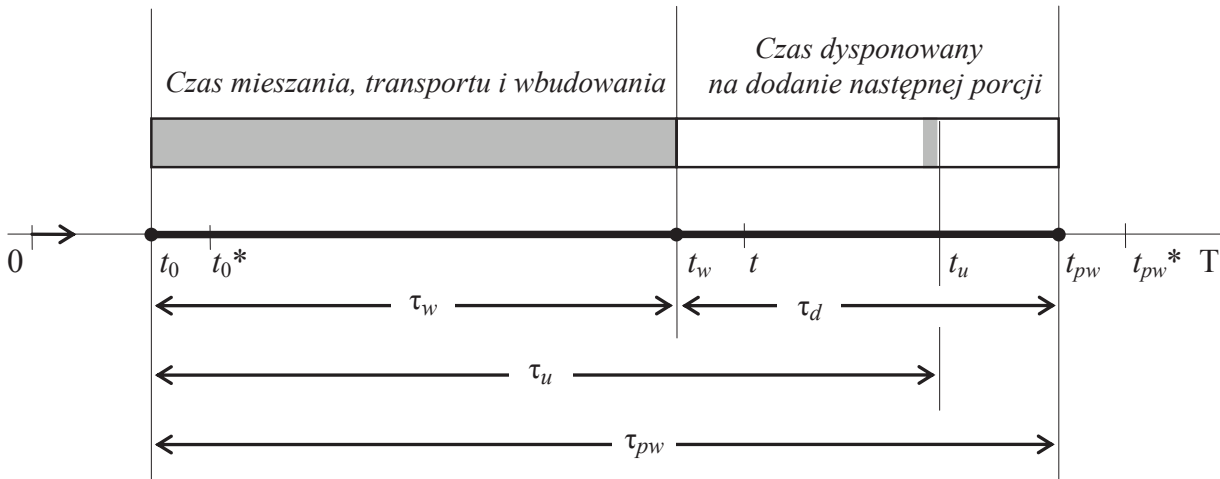
W przypadku mieszanki z kilku zarobów dostarczanej razem, np. w betonomieszarce samochodowej, za chwilę zmieszania cementu z wodą  $t_0$  – przyjmuje się chwilę tej części mieszanki, którą zarobiono wodą najwcześniej. Po zmieszanym składników betonu, w tym: cementu z wodą, zaczyn cementowy najpierw jest podobny do cieczy z zawiesiną. Z upływem czasu w wyniku reakcji chemicznych na powierzchniach ziaren cementu wytwarzają się drobne kryształki w formie szczecinek, woda nasycy się produktami hydratacji i w konsekwencji cechy fizyczne mieszanki zmieniają się. Pod koniec okresu I – wstępnego dojrzewania ma ona postać lepkiej masy, o podwyższonej zwięzłości, która przy jej badaniu stawia wyraźny opór wciskanemu prętowi. Mieszanka zachowuje jednak jeszcze właściwości podobne do płynów z zawiesiną.

Stan taki umożliwi wykonywanie robót i operacji związanych z poruszaniem mieszanki betonowej przy jej mieszaniu, transporcie, układaniu, ewentualnie przy zagęszczaniu i zagładzeniu powierzchni.

Naturalnie długość przedziału czasu  $\tau_{pw}$  zależy od rodzaju cementu, dodatków i domieszek oraz od temperatury mieszanki i może być bardzo niewielka, nawet poniżej 1 minuty, przy szybko wiążącymi cementami glinowymi lub znacznie większa, zwykle około 3 godzin, przy betonach towarowych, na cementach portlandzkich.

## 3. Czas mieszania, transportu i wbudowania oraz czas dysponowany na dodanie następnej porcji

**A. Czasem mieszania, transportu i wbudowania  $\tau_w$**  nazywano okres wykonania tych robót (rys. 1). Okres ten odpowiada przedziałowi czasu od chwili  $t_0$  – zarobienia



**Rys. 1.** Odzworowanie przedziałów czasu: mieszania, transportu i wbudowania –  $\tau_w$ , czasu dysponowanego –  $\tau_d$ , czasu urabiania –  $\tau_u$ ,  $t$  – analizowana chwila czasu,  $T = \{t : -\infty < t < +\infty\}$

cementu wodą, do chwili  $t_w$  – zakończenia wbudowywania (zakończenie betonowania), tj. do chwili najpóźniejszego zakończenia: układania, ewentualnie zagęszczenia, wyrównania i zagładzenia powierzchni mieszanki danej porcji. Czas trwania tego okresu wynosi:

$$\tau_w = t_w - t_0, t_w < t_{pw} \quad (2)$$

Naturalnie chwila  $t_w$  zakończenia wbudowywania mieszanki musi nastąpić jeszcze przed chwilą początku wiązania cementu  $t_{pw}$ .

**B. Czasem dysponowanym**  $\tau_d$  (na dodanie następnej porcji) – nazwano przedział czasu, w którym do porcji mieszanki ułożonej można dołożyć następną porcję mieszanki i wspólnie zespolić połączenie. Jest to przedział czasu od chwili zakończenia wbudowywania mieszanki –  $t_w$ , do chwili początku wiązania cementu w tej porcji mieszanki –  $t_{pw}$  (naturalnie, również w porcji dokładanej –  $t_{pw}^*$ ). Czas trwania tego okresu można obliczyć z relacji:

$$\tau_d = t_{pw} - t_w, t_w < \min(t_{pw}, t_{pw}^*) \quad (3)$$

**C. Czasem urabiania**  $\tau_u$  – nazwano okres, w którym zostają wykonane, jw. zmieszanie, transport i wbudowanie danej porcji mieszanki oraz połączenie z porcją mieszanki dołożoną później. Okres urabiania odpowiada przedziałowi czasu od chwili  $t_0$  – zarobienia cementu wodą w porcji ułożonej, do chwili  $t_u$  – zakończenia spajania tej porcji mieszanki ułożonej wcześniej z porcją dołożoną później i wynosi:

$$\tau_u = t_u - t_0, t_u < \min(t_{pw}, t_{pw}^*), \quad (4)$$

gdzie:

$t_{pw}$  i  $t_{pw}^*$  – chwile początku wiązania cementu w porcjach

odpowiednio, ułożonej wcześniej i dołożonej później. Dla uzyskania monolitycznego połączenia mieszanki układanej i ułożonej wcześniej, niezbędne jest ich zespolenie, jeszcze przed chwilą początku wiązania cementu  $t_{pw}$  w każdej z łączonych porcji. W przypadku betonów tradycyjnych, zgodnie z [2], wymaga się, aby równocześnie z zagęszczaniem mieszanki układanej wibrator był zagłębiony na 5–10 cm w warstwę dolną wcześniej ułożoną.

#### 4. Objętość wbudowanej mieszanki w czasie dysponowanym

Objętość mieszanki  $V_d \text{ m}^3$ , którą zespół betonowania wbudowuje w czasie dysponowanym można określić z relacji, [11]:

$$V_d = Q_{tech} (\tau_d - \tau_r), \quad (5)$$

gdzie:

$Q_{tech}$  – wydajność techniczna zespołu betonowania (objętość wbudowanej mieszanki, w jednostce czasu, odpowiadająca rezultatowi pracy złożonego zespołu, który przygotowuje, transportuje, układa i zagęszcza mieszankę wraz z ewentualnym zagładzeniem powierzchni, w warunkach analizowanego miejsca realizacji i jakości wykonania robót),  $\text{m}^3/\text{h}$ ,

$\tau_d$  – czas dysponowany, wg relacji 3 (tylko w przedziale tego czasu  $\tau_d$ , tj. do chwili początku wiązania cementu, do porcji mieszanki ułożonej można dołożyć następną porcję mieszanki i wykonać wspólne połączenie), h,  
 $\tau_r$  – rezerwa czasu (w zakresie tej rezerwy jest możliwe np. wydłużenie czasu przejazdu lub zrealizowanie koniecznych przerw normowych, szczególnie podczas wielogodzinnych betonowań), h.

## 5. Sposoby układania mieszanki betonowej

Zależnie od objętości mieszanki  $V_n$  – przewidzianej do wbudowania w element i objętości  $V_d$ , którą zespół urabiania wbudowuje w czasie dysponowanym wyróżnia się betonowanie, [11]:

- w całym elemencie lub
- warstwami.

### A. Betonowanie w całym elemencie

Wykonywanie robót polegające na betonowaniu w całym elemencie może być realizowane przy  $V_n < V_d$ , [11]. Warunek oznacza, że niezbędna objętość mieszanki  $V_n$ , którą należy wbudować w element jest mniejsza od objętości  $V_d$ , którą zespół wbudowuje w czasie dysponowanym  $\tau_d$  (tj. do chwili  $t_{pw}$  – wystąpienia początku wiązania cementu w dowolnej porcji mieszanki spośród łączonych w monolit; układanej i ułożonej wcześniej).

Spełnienie powyższego warunku może nastąpić i betonowanie w całym elemencie może być wykonywane: przy względnie dużym czasie dysponowanym  $\tau_d$  i przy elementach o niewielkich objętościach, kilku m<sup>3</sup>, jak np. słupy, belki oraz małe ściany i płyty.

### B. Betonowanie warstwami

W przypadku  $V_n \geq V_d$ , tzn. jeśli niezbędna objętość mieszanki  $V_n$ , którą należy wbudować w element jest większa lub równa objętości mieszanki  $V_d$ , jaką zespół wbudowuje w czasie dysponowanym  $\tau_d$ , stosuje się betonowanie warstwami [11]. Wówczas, zależnie od wielkości rzutu poziomego betonowanej powierzchni, mieszankę układa się poziomymi warstwami:

- o długościach całego elementu lub
- ze stopniami na części albo na całej długości elementu.

Objętość układanej warstwy mieszanki  $V_w$ , m<sup>3</sup>, można określić z relacji:

$$V_w = abh, \quad (6)$$

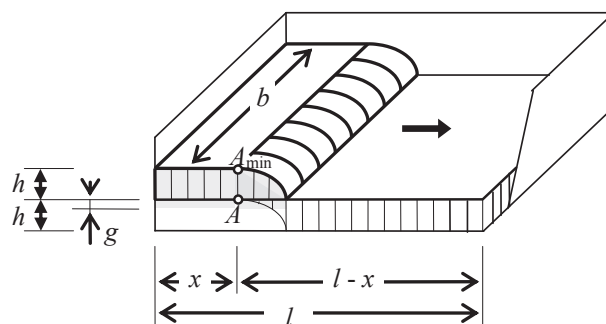
gdzie, w metrach:

$a$  – długość,  $b$  – szerokość (tu: równa szerokości betonowanego elementu),  $h$  – wysokość (grubość układanej warstwy).

Po przekształceniu relacji (6) i po podstawieniu objętości  $V_d$ , którą zespół betonowania układa w czasie dysponowanym, długość  $a$  m układanej warstwy wynosi:

$$a = \frac{V_d}{bh} \quad (7)$$

**B1. Betonowanie warstwami o długościach całego elementu** jest wykonywane w przypadku  $a > l$ , rysunek 2, [11]. Warstwy poziome, w sposób ciągły, przez całą długość elementu można układać pod warunkiem, że długość elementu  $l$  m jest mniejsza od długości –  $a$  m warstwy, którą zespół betonowania wykonuje



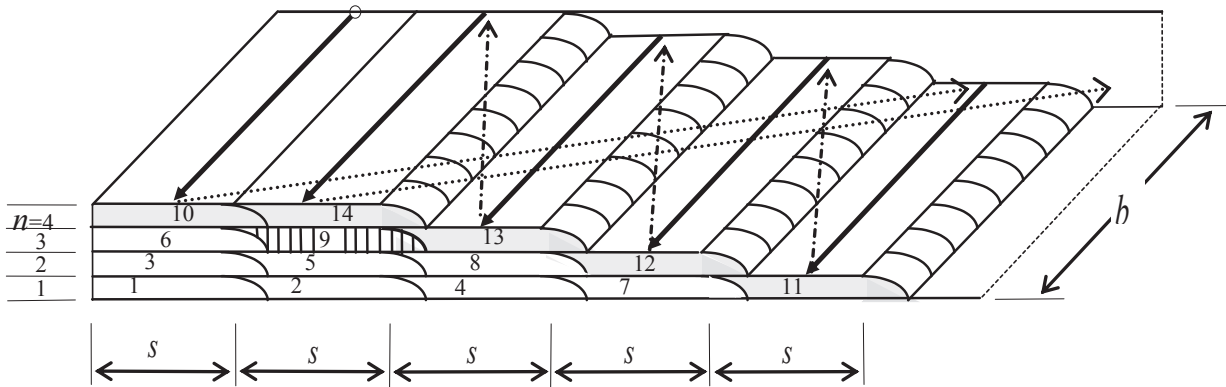
**Rys. 2.** Betonowanie warstwami o długościach całego elementu, opis w tekście

w czasie dysponowanym  $\tau_d$ ; warstwa ta jest, jw. o grubości –  $h$  i o szerokości odpowiadającej szerokości elementu –  $b$ .

Na rysunku 2, niech punkt  $A$  oznacza miejsce na powierzchni połączenia warstwy o grubości  $g = (5-10)$  cm (wg nieobowiązującej normy [4]), w mieszance ułożonej wcześniej, dla której czas dysponowany na dobetonowanie wynosi  $\tau_d$ . Aby mieszankę w warstwie następczej, nowej połączyć (np. zagęścić wraz z przypowierzchniową warstwą ułożoną wcześniej) przy punkcie  $A$ , należy zabetonować górną warstwę, co najmniej do punktu  $A_{min}$  (leżącym w pionie nad punktem  $A$ ). Należy więc dobetonować warstwę już ułożoną, od punktu  $A$  do końca elementu, tj. na odcinku  $l-x$  oraz warstwę górną na odcinku  $x$ . Po zsumowaniu długość tej dobetonowanej warstwy wynosi:  $l-x+x=l$ .

Zespół jw. w czasie dysponowanym  $\tau_d$  układa mieszankę na odcinku  $a$  większym długości betonowanego elementu  $l$ , gdyż  $a > l$ . Zatem podczas układania i zagęszczania kolejnych warstw o długościach całego elementu, przy zachowaniu takiego samego zwrotu i kierunku przesuwania frontu robót oraz przy betonowaniu wykonywanym w sposób ciągły, zostaje zapewnione wspólne zagęszczanie mieszanki na powierzchniach przylegania kolejnych warstw i monolityczne ich połączenie.

**B2. Betonowanie warstwami ze stopniami na części elementu** jest wykonywane przy  $a \leq l$  i  $s \geq s_{min}$ , rysunek 3, [11]. Warunek oznacza, że w czasie dysponowanym  $\tau_d$  zespół betonowania układa mieszankę na odcinku  $a$  mniejszym lub równym długości betonowanego elementu  $l$ . Bowiem zgodnie z opisem w punkcie  $A$ , w przypadku  $a \leq l$ , w warstwie już ułożonej, w punkcie  $A$  chwila początku wiązania cementu wystąpi równocześnie lub wcześniej, niż mieszanka zostanie ułożona w warstwie następczej w punkcie  $A_{min}$  (zaliczono tu również szczególny przypadek równoczesności chwil, zakończenia układania mieszanki w warstwie następczej, z początkiem wiązania cementu w warstwie poprzedniej). Nie jest więc możliwe wspólne zagęszczenie i monolityczne połączenie tych warstw na całej długości  $l$  przed



**Rys. 3.** Betonowanie warstwami, ze stopniami na części elementu, opis w tekście

wystąpieniem początku wiązania cementu. Zatem, w takim przypadku, również nie jest możliwe betonowanie warstwami o długościach całego elementu.

Sposób betonowania warstwami ze stopniami na części elementu najczęściej jest stosowany przy elementach o wydłużonym rzucie poziomym, jak np. przęsła mostowe, kilkunastometrowej szerokości i kilkudziesięciometrowej długości.

Betonowanie ze stopniami polega na wbudowywaniu warstw mieszanki w formie pasów, często o szerokościach z przedziału od 1,5 m do 6 m, układanych w kierunku poprzecznym, na całej szerokości  $b$  elementu (rys. 3). Układanie poziomych pasów mieszanki powtarza się od warstwy  $n = 1$ , położonej najniżej, z zachowaniem kolejności warstw pośrednich, aż do warstwy  $n$  ułożonej najwyżej, z uskokami na kolejnych warstwach, tworzących stopnie. Betonowanie realizuje się w sposób ciągły, z zachowaniem stałego zwrotu i kierunku przesuwania frontu robót, jak na rysunku 3.

Przy betonowaniu mieszanka w połączeniach sąsiednich pasów musi zostać zagęszczona przed wystąpieniem początku wiązania cementu w mieszance tych pasów. Najniekorzystniejszy przypadek występuje przy wykonywaniu betonowania wszystkich  $n$  pasów w warstwie (przy betonowaniu na całej wysokości elementu) przy układaniu pasów wewnętrznych. Na przykład przy układaniu pasa 9 należy wykonać połączenie, np. zagęścić równocześnie z przypowierzchniową warstwą mieszanki w przylegających pasach 5, 6 i 8. Następnie wraz z przypowierzchniową warstwą mieszanki przylegającego pasa 9 należy najpierw zagęścić wspólnie z mieszanką pasa 10, później pasa 13 – obok oraz pasa 14 – powyżej, czyli w czasie dysponowanym dla mieszanki pasa 9 muszą zostać zabetonowane pasy od 10 do 14.

Liczba pasów, które w czasie dysponowanym należy zabetonować, zatem wynosi:

$$n + 1. \quad (8)$$

W czasie dysponowanym zespół betonowania układa i zagęszcza mieszankę na odcinku  $a$  m. Stąd szerokość

$s$  m jednego pasa układanej mieszanki wynosi:

$$s = \frac{a}{n + 1}. \quad (9)$$

Najmniejsza szerokość układanych pasów wynika z niezbędnego frontu robót, m.in. z potrzebnych rozstawów listew prowadzących i wyrównujących, wygodnych szerokości do zagładzania i zabezpieczania górnej powierzchni elementu oraz dla wygodnego układania i zagęszczania mieszanki. Niezbędna szerokość układanych pasów  $s_{min}$  m często jest z przedziału od 3 m do 6 m, rzadziej poniżej 2 m. Zatem niezbędna szerokość układanego pasa mieszanki wynosi:

$$s \geq s_{min}. \quad (10)$$

W przypadku niespełnienia powyższego warunku przez 1 zespół betonowania, sprawdza się możliwość zastosowania 2 zespołów roboczych, które muszą spełnić poniższy warunek:

$$s_1 + s_2 \geq s_{min}, \quad (11)$$

gdzie:  $s_1, s_2$  – szerokości pasów układanej mieszanki w czasie dysponowanym, odpowiednio dla zespołów 1 i 2, w m.

W praktyce w takich przypadkach pompy są ustawione przy obu bokach betonowanego elementu (porównaj rys. 5). Obydwa zespoły układają mieszankę w tej samej warstwie zaczynając każdy od swojej strony i zbliżają się do siebie, aż do spotkania, po wykonaniu pasa przez całą szerokość elementu. Następne pasy są wykonywane w ten sam sposób, przy zachowaniu potrzebnej kolejności ich układania, z przemieszczaniem się pomp wraz z frontem robót, wzdłuż betonowanego elementu.

**B3. Betonownie warstwami ze stopniami na całym elemencie** jest wykonywane przy zastosowaniu dwóch lub więcej, ogólnie  $m > 1$  zespołów betonowania,



spełniających warunek:  $\Sigma a_i > l$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , [11]. Warstwy poziome, w sposób ciągły, można układać w przypadku mniejszej długości betonowanego elementu  $l$  m, niż suma długości warstw  $a_i$  m, które razem m – zespołów betonowania układu w czasie dysponowanym  $\tau_d$  (zgodnie z punktem A, warstwy te są grubości  $h$  m i szerokości  $b$  m – odpowiadającej szerokości betonowanego elementu).

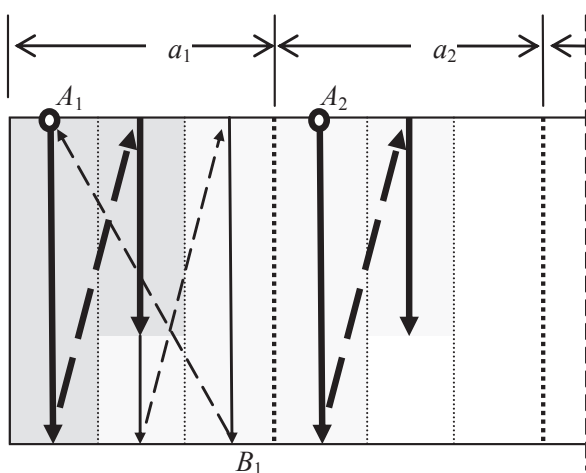
W przypadku zastosowania:  $m = 2$  zespoły układają one mieszankę w tej samej warstwie, zaczynając od przeciwległych końców i zbliżają się do siebie, aż do wykonania warstwy przez całą długość elementu. Następne warstwy są wykonywane podobnie, również z ich rozpoczynaniem od końców elementu.

W przypadku betonowania elementów długich, przy zastosowaniu większej liczby, niż dwa zespoły ( $2 < i \leq m$ ) przewiduje się, że każdy z zespołów, pierwszą warstwę, układa na przydzielonej dla niego powierzchni (tj. każdy zespół  $i$  ma przydzieloną powierzchnię na odcinku  $a_i$ , rysunek 4). Przydzielone powierzchnie są proporcjonalne do wydajności układania poszczególnych zespołów. Układanie warstwy pierwszej, od punktu  $A_1$  rozpoczyna zespół 1 (pierwszy). Po zakończeniu układania mieszanki przez 1 zespół, na zaplanowanej powierzchni (o długości  $a_1$ , tj. do punktu  $B_1$ ) zespół 2 rozpoczyna kontynuowanie tej warstwy (od punktu  $A_2$ ) zgodnie ze zwrotami strzałek. Po ułożeniu mieszanki na całej przewidzianej powierzchni przez zespół 2 (tj. na odcinku  $a_2$ ) układanie rozpoczyna zespół 3 itd. Zatem przy układaniu pierwszej warstwy, bezpośrednio po ukończeniu betonowania przez zespół poprzedzający  $i - 1$  (na zaplanowanej powierzchni o długości  $a_{i-1}$ ), następny zespół  $i$  kontynuuje układanie tej warstwy (na zaplanowanej powierzchni o długości  $a_i$ ).

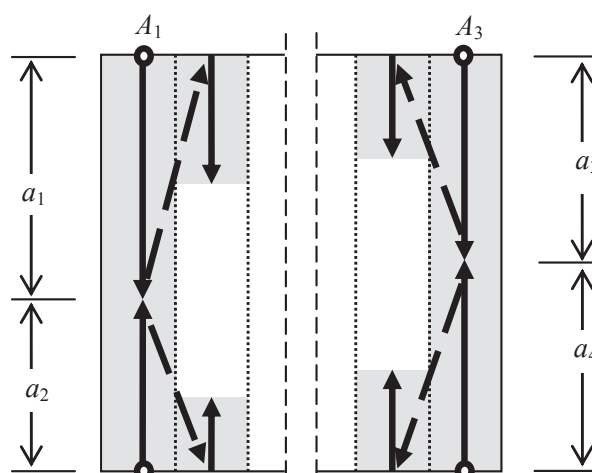
Po zakończeniu układania pierwszej warstwy na odcinku  $a_1$  przez zespół 1 rozpoczyna on układanie 2 warstwy od punktu  $A_1$ . Kontynuuje układanie aż do chwili ukończenia przez zespół 2 (następny) układania mieszanki

w 1 warstwie (niższej) itd. Zatem układanie mieszanki w drugiej i w każdej następnej warstwie przez zespół  $i$  jest wykonywane do chwili przejścia frontu robót przez zespół następny  $i + 1$ , tj. do chwili ukończenia przez zespół następny  $i + 1$  betonowania warstwy poprzedniej (niższej). Następuje to po przejściu od zespołu ( $i + 1$ ) frontu robót i rozpoczęciu układania mieszanki w warstwie niżej, przez kolejny zespół  $i + 2$ . Przekazanie zaś frontu przez  $i - 1$  zespół (przedostatni) następuje dopiero po ukończeniu układania do końca warstwy niższej przez  $i$ -ty zespół (ostatni). Zasada taka zapewnia zachowanie ciągłości układania warstw i betonownie całej długości elementu, bez przestojów zespołów, nawet przy zmieniających się ich wydajnościach.

W przypadku betonowania elementów o objętościach wielu tysięcy  $m^3$ , o długościach i szerokościach kilkunastometrowych lub większych, np. płyt fundamentowych, przy zastosowaniu  $i = 4$  zespoły, planuje się układanie przez nie mieszanki w tej samej warstwie, na przydzielonych powierzchniach, o wielkościach proporcjonalnych do wydajności odpowiednich zespołów, rysunek 5. Poszczególne powierzchnie układania są zlokalizowane symetrycznie względem środka rzutu poziomego betonowanego elementu. Po 2 zespoły rozpoczynają układanie mieszanki pasami, od końców przeciwległych boków. Każde dwa zespoły (przy jednym boku) układają mieszankę w tym samym pasie, zbliżając się do siebie, aż do spotkania. Po wykonaniu całego pasa, podobnie od końców rozpoczynają oraz wykonują pasy następne, zbliżając się do środka elementu. Tym samym, wszystkie zespoły i fronty robót, od przeciwległych boków zbliżają się do siebie, zgodnie ze zwrotami strzałek. Po ukończeniu betonowania ostatnich pasów i spotkaniu się, tj. po zakończeniu betonowania całej warstwy, zespoły przystępują do betonowania warstwy następnej, wg takich samych zasad realizacji robót jak w warstwie poprzedniej, tj. rozpoczynając od końców przeciwległych boków, tj. od punktów  $A_1$  i  $A_2$  oraz  $A_3$  i  $A_4$ .



**Rys. 4.** Betonowanie warstwami, ze stopniami na całym elemencie, opis w tekście



**Rys. 5.** Betonowanie na przydzielonych powierzchniach warstwami, opis w tekście

Powyższe zasady przemieszczania frontów przy wbudowywaniu mieszanki rekompensują ewentualne zakłócenia w postępie robót jednych zespołów przez zespoły pozostałe oraz jest możliwa ciągła praca wszystkich zespołów, bez ewentualnego oczekiwania na spóźniające się.

## 6. Podsumowanie

Określenie tzw. czasu dysponowanego, tj. okresu, w którym do mieszanki ułożonej można dodać następną porcję mieszanki i wspólnie wykonać połączenie (np. zagęścić warstwę układaną wraz z 5–10 cm warstwą mieszanki ułożonej wcześniej), umożliwi określenie objętości mieszanki, jaką zespół betonowania „zdąży” wbudować, do chwili początku wiązania cementu.

W przedziale czasu dysponowanego należy przewidzieć, tzw. rezerwę czasu  $\tau_r$ , na zrekomensowanie większych czasów przygotowania mieszanki, transportu i jej układania, z uwagi na występujące w wykonawstwie zakłócenia losowe oraz dla umożliwienia w zakresie tej rezerwy odbycia koniecznych przerw normowych, zwłaszcza podczas wielogodzinnych betonowań.

Zależnie od objętości betonowanego elementu  $V_n$ , również od jego długości i szerokości oraz od objętości mieszanki  $V_d$ , którą w czasie dysponowanym wbudowuje zespół betonowania (stanowiący ostatnie ogniwo w układzie produkcyjnym: przygotowania mieszanki – transportu – betonowania), mieszanka musi być układana zgodnie z zaplanowanymi kierunkami przesuwania się

poszczególnych frontów robót. Szczególnie dla wielogodzinnych betonowań, przy wbudowywaniu mieszanki warstwami, zastosowanie otrzymanego rozwiązania zapewnia prawidłowe ułożenie, zagęszczenie i połączenie wszystkich układanych porcji w całym wykonywanym monolicie oraz usprawnia realizację prac.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Hajto D., Więckowski A., Właściwości betonu dojrzewającego w nienormowych warunkach kształtowanych przez górotwór, *Przegląd Górniczy*, 8/2014, s. 183–188
- [2] Jamróży Z., *Beton i jego technologie*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa, 2015
- [3] Kaszuba S., Golda A., *Zabudowa betonu w konstrukcjach maszynowych. Reologia w Technologii Betonu. VIII Sympozjum Naukowo-Techniczne Górażdże Cement SA, Gliwice*, 2006, s. 43–54
- [4] PN-63/B-06251 Roboty żelbetowe i betonowe. Wymagania techniczne
- [5] PN-88/B-06250 Beton zwykły
- [6] PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji betonowych
- [7] PN-EN 206-1:2014 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [8] Więckowski A., System bezmagazynowej pracy jednostek budowy i transportu, Politechnika Krakowska, s. Inżynieria Lądowa, Monografia 375, Kraków, 2010
- [9] Więckowski A., System sterowania procesami budowlanymi przy bezmagazynowym funkcjonowaniu budowy, *Przegląd Budowlany*, 7–8/2010, s. 69–74
- [10] Więckowski A., The analysis of the concrete mix delivery organisation to the construction site, *Creative Construction Conference*, Budapeszt, Węgry, 2013, s. 472–481
- [11] Więckowski A., *Transport mieszanki betonowej*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2013

**Autor: Tadeusz Urban**

**Tytuł: Wzmacnianie konstrukcji żelbetowych metodami tradycyjnymi**

**Wydawnictwo PWN, Warszawa 2015**

Książka dotyczy tradycyjnych metod wzmacniania konstrukcji żelbetowych takimi materiałami jak beton i zbrojenie metaliczne (stal). Autor reprezentuje punkt widzenia konstruktora, który przede wszystkim dba o to, żeby konstrukcja zapewniała spełnienie wymagań dotyczących stanów granicznych nośności i użyteczności. Kładzie bardzo duży nacisk na zastosowania praktyczne, metody obliczania i projektowania wzmocnień, a także na metody ich wykonania. W książce przedstawiono:

- możliwości tradycyjnych materiałów, które pod wieloma względami, zwłaszcza cenowymi, mogą konkurować ze współcześnie wprowadzanymi na rynek materiałami kompozytowymi;
- przepisy norm stosowanych przy wzmacnianiu;
- metody wzmacniania prawie wszystkich podstawowych elementów konstrukcji, które mogą wymagać wzmocnienia.

Książka, oparta na licznych badaniach eksperymentalnych przeprowadzonych w laboratorium i/lub na budowach, jest przeznaczona dla inżynierów zajmujących się rzeczoznawstwem, ekspertyzami i projektowaniem konstrukcji żelbetowych. Skorzystają z niej również studenci i wykładowcy kierunku budownictwo.

