

Betonowanie płyty fundamentowej nowego bloku energetycznego Elektrowni Bełchatów

BOT Elektrownia Bełchatów jest największą w Polsce i Europie elektrownią opalaną węglem brunatnym. Wytwarza około 18 procent energii elektrycznej w kraju. Nowy blok energetyczny Elektrowni Bełchatów będzie miał moc 833 MW. Głównym celem przedsięwzięcia jest odbudowa mocy elektrowni w związku z wyłączaniem z eksploatacji bloków niespełniających przyszłych standardów emisyjnych.

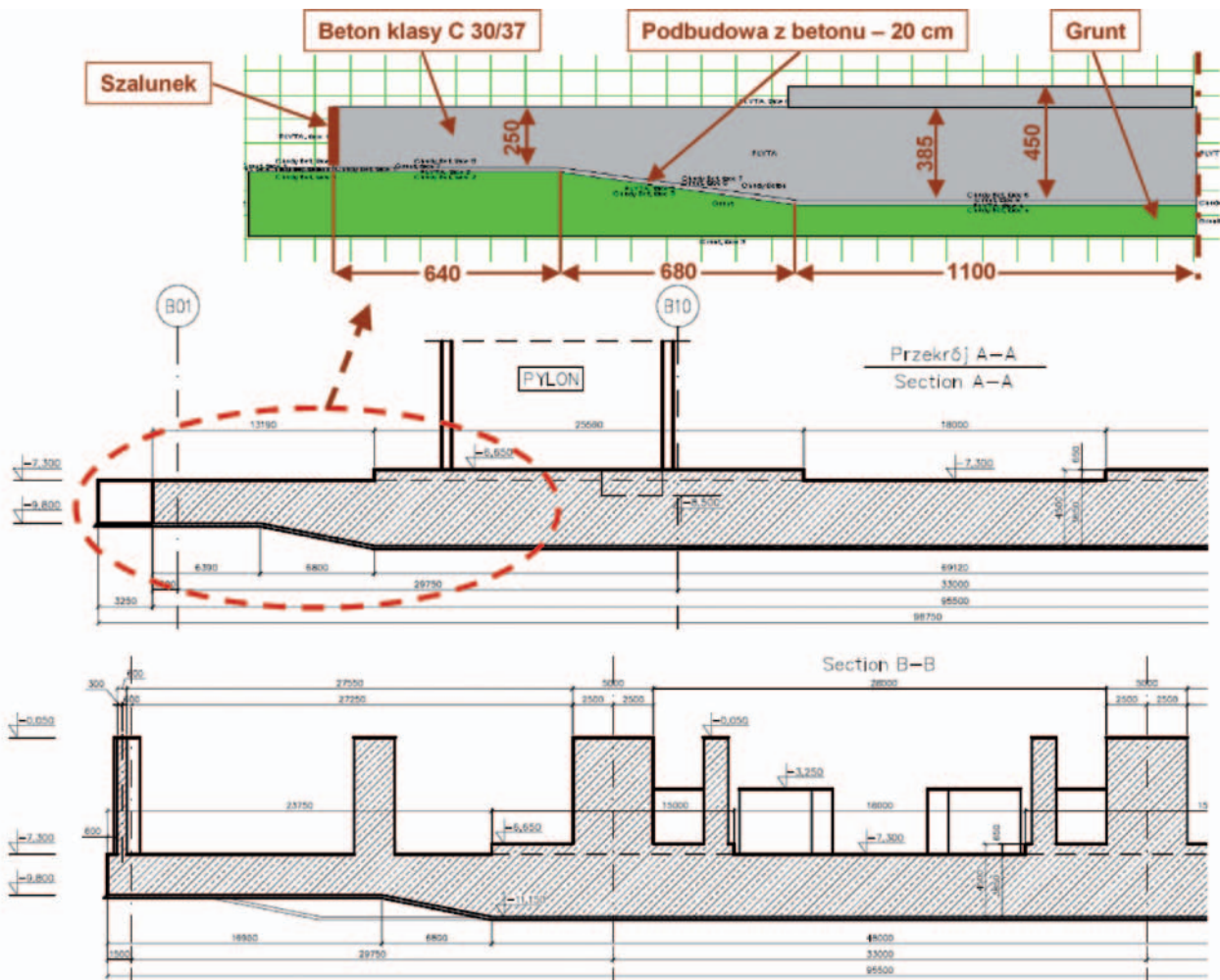
Produkcja energii elektrycznej w elektrowni rozpoczęła się w 1981 roku. Od lat 90. elektrownia wdraża plan stopniowej modernizacji, który ma na celu podniesienie sprawności wytwarzania energii i spełnienie norm emisji. Na większości bloków (8 z 12) zainstalowane są instalacje odsiarczania spalin i nowoczesne, wysoko sprawne elektrofiltry. Dzięki temu w ostatniej dekadzie znacznie ograniczono emisję zanieczyszczeń. Budowa nowego bloku i modernizacja Elektrowni Bełchatów są częścią długofalowego programu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Inwestycja ta jest również odpowiedzią na wymogi dyrektywy unijnej w sprawie kontroli emisji z dużych instalacji i wynika z zastępowania starych bloków nowoczesnymi.

Budowa nowego bloku jest tak zaplanowana, aby po jego uruchomieniu w 2009 roku możliwe było okresowe wyłączenie bloków 5-12, w celu ich przebudowy i odtworzenia. Inwestycja jest realizowana przez konsorcjum firm, ALSTOM. Kontrakt na wykonanie budynku głównego wraz z obiektami odsiarczania dla nowego bloku podpisała spółka Budimex Dromex SA. Dostawcą betonu na potrzeby budowy jest CEMEX Polska Sp. z o.o., która w obrębie elektrowni uruchomiła dwie mobilne wytwórnie betonu towarowego.

Ogólne informacje o projekcie

Jednym z pierwszych etapów budowy, ale jednocześnie jednym z najważniejszych, były prace związane z betonowaniem płyty fundamentowej pod budynek główny kotłowni. Zgodnie z projektem budowlanym, budynek kotłowni posadowiony został na jednej płycie fundamentowej o łącznej kubaturze około 27,5 tysiąca metrów sześciennych. Powierzchnia płyty ma kształt prostokąta o wymiarach boków: długość 98,8 metra; szerokość 83,5 metra. Grubość płyty jest zmienna, przechodząc od 2,5 metra, poprzez 3,85, aż do 4,5 metra. Wybrane przekroje płyty fundamentowej pokazano na rysunku 1. Wykonanie tak specyficznego,

Rys. 1. Przekroje płyty fundamentowej w nowym bloku energetycznym Elektrowni Bełchatów



Rys. 2. Obraz sposobu zbrojenia elementu płyty fundamentowej



Źródło: Archiwum

żelbetowego elementu fundamentowego było jednym z największych tego typu przedsięwzięć na terenie Polski, a prawdopodobnie i Europy w ostatnich dziesięcioleciach.

Na złożoność i stopień skomplikowania całego przedsięwzięcia składało się wiele czynników. Prace przygotowawcze rozpoczęto już pół roku przed terminem betonowania. Na tym etapie dokonywano wstępnych uzgodnień na temat organizacji robót i technologii betonowania, ale również poruszano kwestie logistyczne związane z zapewnieniem odpowiedniej ilości i jakości materiałów, takich jak stal zbrojeniowa, kruszywa, cement i inne. W kolejnych etapach, po wizytacjach placu budowy, dokonywano bardziej szczegółowych ustaleń i zobowiązań, w efekcie czego powstał szczegółowy dokument Organizacji i Technologii Robót opracowany przez Katedrę Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej, Budimex Dromex i CEMEX Polska, zatwierdzony później przez Alstom oraz nadzór inwestorski budowy.

Zakres prac i organizacja budowy

Prace zbrojarskie rozpoczęły się w połowie marca 2007 roku i trwały 43 dni. W tym czasie zamontowano 3165 ton stali zbrojeniowej, wykonano około 16.600 sztuk konstrukcyjnych połączeń spawanych i około 80.000 sztuk połączeń montażowych. W tym etapie prac uczestniczyło 120 zbrojarzy i 60 spawaczy. Prace wykonywane były w cyklu całonocowym.

Deskowanie płyty zostało wykonane w systemie TRIO-Peri z nietypowym, zaproponowanym przez wykonawcę, rozparciem zewnętrznym. Wąski wykop uniemożliwił zastosowanie typowych koźłów oporowych, a odległości między ścianami uniemożliwiały użycie ściągów. Do tego celu użyto ok. 250 m.b. ścianki z grodziec stalowych oraz umocnienia skarpy wykopu płytami drogowymi. Założono, że deskowanie musi wytrzymać parcie mieszanki betonowej na pełną wysokość płyty, ze względu na duże opóźnienie początku wiązania mieszanki betonowej.

Na długo przed betonowaniem rozważany był rów-

nież temat logistyki i dostaw materiałów do produkcji betonu. Ze sporządzonego bilansu materiałowego wynikało, że w ciągu niespełna 6-7 dni konieczne jest dostarczenie i zaopatrzenie wytwórni betonu, które będą uczestniczyły w projekcie w następujące ilości materiałów:

- 6800 ton cementu – tyle mieści się w 261 cementowozach
- 3400 ton popiołów lotnych – to 130 cementowozów
- 51.000 ton kruszyw – taka ilość zmieściłaby się w 1817 wywrotkach
- 180 ton domieszek chemicznych do betonu – 180 pojemników.

Dlatego opracowano szczegółowy harmonogram dostaw materiałów transportem kolejowym i samochodowym, z uwzględnieniem magazynów pośrednich. Wybrane rozwiązanie z jednej strony pozwoliło na znaczne skrócenie czasu gromadzenia materiałów do produkcji, a z drugiej pozwalało na dowolne przemieszczanie i dysponowanie materiałem w trakcie betonowania. Magazyn pośredni kruszyw zlokalizowany był na placu budowy, natomiast cement, popiół lotny i domieszki chemiczne dostarczane były z magazynu Cementowni Rudniki. Logistyka i koordynacja dostaw materiałów, w trakcie betonowania, prowadzona była 24 godziny na dobę przez 12 osób. W tym celu opracowano precyzyjny harmonogram transportu, uwzględniający tzw. miejsca oczekiwania cementowozów, zlokalizowane w pobliżu placu budowy i wytwórni betonu, tak aby możliwe było bezwzględne kierowanie transportu do określonej wytwórni w zależności od monitorowanych zużyć materiałów. Transport cementu odbywał się piętnastoma cementowozami, z których każdy wykonał 17 kursów (magazyn – wytwórnie betonu). Popiół lotny do wytwórni dowożony był piętnastoma cementowozami, a każdy cementowóz wykonał osiem kursów. Dostawy kruszyw z magazynu pośredniego realizowane były za pośrednictwem 25 samochodów samowyładowczych.

Wykonując szczegółową symulację przebiegu procesów, określono niezbędną ilość sprzętu koniecz-

Rys. 3. Rzut placu budowy z organizacją ruchu



nią do wykonania zadania. Ustalono również niezbędną liczbę osób z przypisaniem każdej osobie funkcji i zakresu jej odpowiedzialności w trakcie betonowania. Pod uwagę brano możliwość wystąpienia nieprzewidzianych zdarzeń natury technicznej jak i niekorzystnych warunków atmosferycznych. Ostatecznie ustalono, że 27.500 metrów sześciennych betonu dostarczanych będzie z pięciu wytwórni podstawowych: trzy wytwórnie zlokalizowane w obrębie budowy, jedna wytwórnia w Bełchatowie i jedna w Łodzi. Dodatkowo ustalono dwie wytwórnie jako rezerwowe (w Łodzi i Sieradzu), które gotowe były do uruchomie-

nia produkcji w ciągu godziny od otrzymania informacji. Do transportu betonu przeznaczono 50 betonomieszarek, z których każda wykonała około 60 kursów, co daje liczbę 3000 transportów. Do podawania betonu w element przeznaczono sześć pomp do betonu (o wysięgach: 42 i 46 metrów) – pracujących ciągle oraz trzy pompy rezerwowe. Ze strony dostawcy betonu w całe przedsięwzięcie zaangażowanych było około 140 osób: kierowców, operatorów pomp, operatorów wężów betoniarских, ładowarek, logistyków, pracowników działu utrzymania ruchu, IT, gospodarki materiałowej, laborantów, technologów, koordynatorów. Wszystkie zdarzenia skoordynowane były przez dwie osoby na zmianie roboczej: koordynatora nr 1 i technologa nr 1.

Ze strony wykonawcy do prac związanych z zabudową i układaniem betonu przeznaczono sześć brygad pracowników (tj. 60 osób) wyposażonych w 25 wibratorów pograżanych. Dodatkowo w pracach związanych z kontrolą układania mieszanki, logistyką dostaw, pielęgnacją, wykończeniem powierzchni, kontrolą stanu szalowania, koordynacją uczestniczyło 60 osób. Prace prowadzone były na dwie zmiany dwunastogodzinne. Dyrektor kontraktu (zmiana dzienna) i zastępca dyrektora kontraktu (zmiana nocna) odpowiedzialni byli za koordynację wszelkich działań ze strony wykonawcy oraz podejmowanie kluczowych decyzji w wypadku ewentualnych zdarzeń i problemów nieprzewidzianych. Również na tym etapie określono i zabezpieczono niezbędną przepustowość łączy telekomunikacyjnych, decydując się na połączenie satelitarne dla systemu sterującego wytwórniami betonu. Ze względu na duże prawdopodobieństwo wystąpienia w trakcie betonowania nadmiernego obciążenia sieci operatora telefonii komórkowej GSM, zdecydowano się stałą łączność na budowie zapewnić przy użyciu radiotelefonów.

Ważnym etapem przygotowań było opracowanie

Tabela 1. Skład mieszanki betonowej – wykorzystanej do betonowania płyty fundamentowej

Właściwości mieszanki betonowej i betonu				
Współczynnik W/C = 0,67				
Współczynnik W/(C+0,4P) = 0,60				
Współczynnik W/(C+P) = 0,44				
Założona klasa wytrzymałości na ściskanie po 56 dniach - C30/37				
Założona konsystencja - S4 (160 - 210 mm)				
Składnik / Pochodzenie:		Ilość [kg]	Gęstość	Objętość
Kruszywa:				
Piasek 0-2 mm	Stobiecko/Antoniówka	600	2,63	228
Grys 2-8 mm	Graniczna	325	2,67	122
Grys 8-16 mm	Graniczna	450	2,67	169
Żwir 16-32 mm	Mietków	455	2,65	172
Spoivo:				
CEM III/A 32,5 N NA HSR LH	Cementownia Rudniki	230	3,0	78
Fly Ashe	UTEX / EC Łaziska	120	2,15	56
Domieszki chemiczne:				
Isola BV74/FM74 (30)	Superplastyfikator	2,30	1,1	2,09
Isola BV	Plastyfikator	2,30	1,18	1,95
Isola VZ PH	Opóźniacz	1,38	1,05	1,31
Woda		155	1,0	155
Powietrze				16
SUMA:		2186	dm ³	1000

planu organizacji ruchu zarówno w obrębie budowy jak i w obrębie wytwórni betonu. Ruch kołowy krzyżował się w wielu miejscach, również z ruchem na drogach ogólnie dostępnych. W celu zapewnienia bezpieczeństwa szczegółowo ustalono sposoby i kierunki poruszania się wszystkich pojazdów biorących udział w betonowaniu. Ustalono miejsca tankowań i ewentualnych napraw. Przerwy, spożywanie posiłków przez pracowników odbywały się również w wyznaczonych i przygotowanych miejscach, a w celu ograniczenia ruchu samochodów osobowych na terenie budowy oraz wytwórni betonu zaplanowano przewożenie pracowników w czasie zmian autobusem. W niektórych obszarach ograniczono lub wyeliminowano ruch pieszy. Wszystkie ciągi komunikacyjne zostały oznakowane i oświetlone.

Do wjazdu na budowę wyznaczono jedno miejsce, w pobliżu którego zorganizowano punkt kontroli. W punkcie kontroli prowadzona była dokładna ewidencja betonowozów wjeżdżających na plac budowy, które potem kierowane były przez logistykę w odpowiednie miejsce rozładunku, w zależności od zapotrzebowania. W punkcie kontroli dokonywano również oceny wizualnej konsystencji mieszanki betonowej, a w przypadkach wątpliwych wykonywano badanie konsystencji metodą opadu stożka. Możliwa również była korekta konsystencji za pomocą wtórnego dozowania superplastyfikatora.

W okresie bezpośrednio poprzedzającym betonowanie wszystkie osoby, które miały brać udział w realizacji, zostały przeszkolone z zakresu BHP oraz zapoznane z planem przebiegu betonowania. Zarówno w czasie przygotowań jak i w czasie samego betonowania położono wielki nacisk na bezwypadkowy przebieg wszystkich procesów. Wiele działań przygotowawczych miało na celu zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa. W praktyce zaowocowało to brakiem zdarzeń wypadkowych.

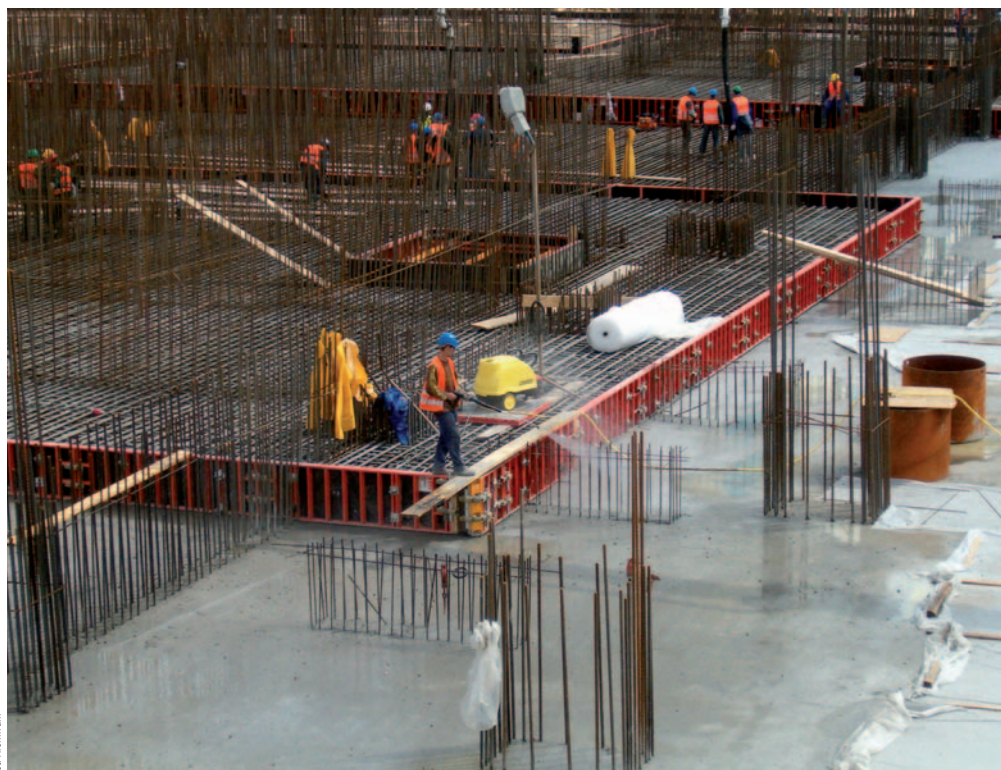
Numer stanowiska	Ilość sprawdz. betonowozów	Konsystencja mieszanki Opad stożka [mm]				Temperatura mieszanki [°C]			
		min.	max.	średnia	odch. stand.	min.	max.	średnia	odch. stand.
1	272	90	>260	206	27	10	27	17	2,9
Dwa betonowozy o opadzie stożka 9 cm odesłane do korekty konsystencji, dwa betonowozy o konsystencji >260mm odesłano do wytwórni									
2	247	70	250	206	26	12	27	16,9	2,7
Dwa betonowozy o opadzie stożka 7 i 8 cm odesłane do korekty konsystencji									
Razem stanowiska 1 + 2	519	100	260	207	24	10	27	17	2,8
Wartości średnie w podsumowaniu nie uwzględniają 6 odesłanych betonowozów jak wyżej.									

Technologia i organizacja betonowania

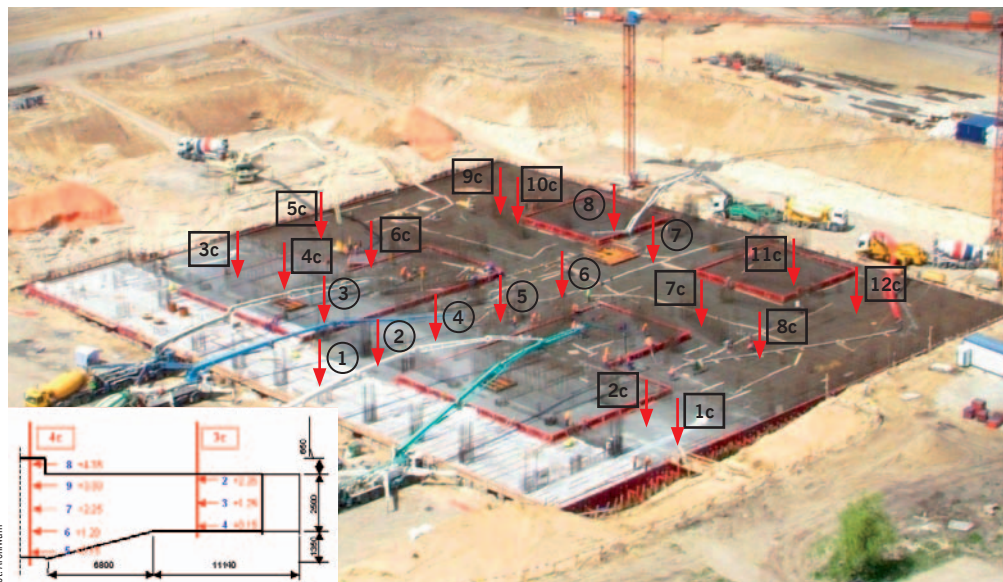
Wydajność mobilnych i stacjonarnych wytwórni betonu pozwalała na przyjęcie w założeniach projektowych, że betonowanie ciągle będzie prowadzone ze średnią wydajnością ok. 200 m³/godz. Przy kubaturze fundamentu ok. 27.500 m³ przewidywany czas betonowania to 137,5 godz., tzn. prawie 6 dni.

W tej sytuacji należało się liczyć z koniecznością odprowadzenia wód opadowych z wnętrza fundamentu, w przypadku wystąpienia intensywnych opadów deszczu w trakcie betonowania. Przy powierzchni fundamentu ok. 1 ha opad 10 mm to 100 m³ wody. Kształt fundamentu, o dnie usytuowanym na różnych poziomach, umożliwiał samoczynne odprowadzenie wody poza obrys fundamentu jedynie na środkowym odcinku ściany zachodniej. Przyjęto zatem, że betonowanie płyty będzie prowadzone od ściany wschodniej warstwami ukośnymi, sukcesywnie w kierunku przeciwnego boku fundamentu, równomiernie na całej szerokości, tzn. na długości około 100 metrów. Aby woda z ewentualnych opadów mogła samoczynnie wypłynąć poza fundament, pozostawiono niedomknięty szalunek na środkowym odcinku ściany zachodniej. Szalunek ten domknięto

Tabela 2. Właściwości mieszanek betonowych



Rys. 4. Wczesna pielęgnacja ułożonego betonu



dopiero w trzecim dniu betonowania. Przy ścianie tej wykopano dwie studnie jako zbiorniki na deszczówkę.

Betonowanie warstwami ukośnymi w tej konkretnej sytuacji było najlepszym z możliwych rozwiązań, ze względu na kształt i rozmiar elementu. Dodatkową zaletą była możliwość sukcesywnego wyrównywania powierzchni górnej płyty fundamentowej, a tym samym łatwiejsza późniejsza pielęgnacja.

Przewidziano, że w zależności od warunków pogodowych – przy małej wilgotności lub w silnym wietrze – wystąpi konieczność pielęgnacji betonu tuż po wyrównaniu powierzchni. W takiej sytuacji zalecono rozpylanie mgiełki wodnej myjkami ciśnieniowymi. Właściwą pielęgnacją termiczną i wilgotnościową przewidziano dopiero po stwardnieniu betonu, to jest po okresie co najmniej jednej doby od uformowania wierzchniej warstwy. Jako izolację termiczną przewidziano dwie warstwy folii bąbelkowej, a pielęgnację wilgotnościową zapewniono poprzez okresowe zraszanie wodą.

Po analizie długoterminowej prognozy pogody podjęto decyzję o terminie rozpoczęcia betonowania na dzień 9 maja 2007 roku. Pierwsze dwie godziny zajęło uruchomienie całego wielkiego „mechanizmu”, w efekcie którego realizowane były dostawy: włączano do pracy kolejne wytwórnie betonu, rozpoczęto dostawy materiałów z magazynów pośrednich. Na wytwórniach rozdysponowane były betonowozy, na placu budowy oczekiwało rozstawionych sześć pomp do betonu. Do użycia gotowy był w każdej chwili sprzęt rezerowy, serwisowy itp.

W pierwszej fazie betonowanie prowadzone było czterema pompami usytuowanymi od strony wschodniej i dwiema usytuowanymi pod strone zachodniej. Beton z tych dwóch pomp był podawany rurociągami o długości 84 m na stronę wschodnią. W kolejnych fazach betonowania w miarę przesuwania się „klina” betonowego na stronę zachodnią skracano odcinki rurociągów. Takie ustawienie pomp pozwoliło na prowadzenie betonowania bez konieczności przestawiania sprzętu przez cztery dni.

Betonowanie zakończyło się 15 maja 2007 roku i trwało 138 godzin. Wbudowano 27.141 m³ betonu ze średnią wydajnością 196,7 m³/godz., a więc w pełni realizowano założenia projektowe.

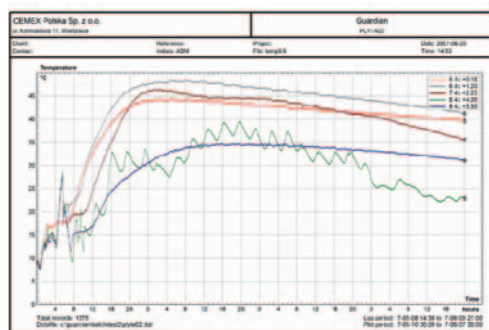
Mieszanka betonowa

Szczególnie ważnym, w przypadku betonowania tak masywnego elementu konstrukcji, było zapewnienie mieszki betonowej o jak najniższym cieple hydratacji. Dlatego przed betonowaniem przeprowadzono badania kalorymetryczności kilku mieszanek betonowych. Ostatecznie zdecydowano się wykonać beton na cemencie CEM III/A 32,5 N NA HSR LH, wprowadzając dodatkowo do mieszki betonowej dodatek mineralny w postaci krzemionkowego popiołu lotnego. Wysoką płynność i dobrą urabialność mieszki zapewniono dzięki zastosowaniu domieszek chemicznych nowej generacji firmy ISOLA. W celu zapewnienia prawidłowej zabudowy w elemencie (połączenie warstw górnej i dolnej) opóźniono początek wiązania cementu do około 25-32 godzin.

Po konsultacjach i po próbach laboratoryjnych w laboratorium CEMEX Polska i laboratorium Politechniki Łódzkiej ustalono ostateczny skład mieszki betonowej, podany w tabeli 1. Projekt przewidywał zastosowanie betonu klasy C 30/37, z tym że wytrzymałość charakterystyczną określano po 56 dniach twardnienia.

Badania wstępne dla mieszki betonowej wykonano w warunkach laboratoryjnych, jak również zdecydowano się na przeprowadzenie próby przemysłowej. Próbę przemysłową wykonano w wytwórni CEMEX Polska w Łodzi. Sprawdzano konsystencję oraz jej zmiany w czasie, pompowalność

Rys. 6. Przykładowe wyniki monitorowania warunków dojrzewania betonu – czujnik pomiarowy nr 4C



oraz czas przydatności do użycia mieszanki (opóźnienie wiązania). Test wypadł pomyślnie. Dzięki wprowadzeniu do mieszanki betonowej domieszki opóźniającej wiązanie potwierdzono, że czas przerobu wynosić będzie od 25 do 32 godzin, w zależności od temperatury zewnętrznej powietrza w trakcie betonowania. Mieszanka betonowa utrzymywała stałą konsystencję przez trzy godziny od momentu pierwszego kontaktu cementu z wodą (badań w dłuższym okresie nie przeprowadzono). W trakcie próby temperatura zewnętrzna wynosiła ok. 19°C. Dzięki uzyskanym parametrom mieszanki betonowej (konsystencja i opóźnienie wiązania) betonowanie mogłoby być prowadzone nawet z wydajnością tylko 100 m³/godz.

Podczas betonowania fundamentu zmieniono w recepturze jedynie ilość domieszki opóźniającej wiązanie, dostosowując jej ilość do zmiennych warunków pogodowych.

Kontrola jakości betonu

Kontrola jakości betonu na placu budowy prowadzona była przez akredytowane w PCA Laboratorium Katedry Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej. CEMEX Polska prowadzi kontrolę jakości na wytwórniach betonu, korzystając z usług niezależnego laboratorium BARG oraz własnych służb laboratoryjnych. Badania konsystencji, temperatury mieszanki oraz pobieranie próbek do badań wytrzymałościowych prowadzone było na dwóch stanowiskach badawczych usytuowanych przy miejscach rozstawienia pomp do betonu. Badanie konsystencji prowadzono metodą opadu stożka, a początkowo także metodą stolika rozplwu. Pomiar wykonywano co ok. 50 m³. W tabeli 2 zestawiono wyniki badań.

Na ogólną liczbę 519 oznaczeń konsystencji odnotowano jedynie osiem przypadków betonu o konsystencji poniżej 140 mm i pięć przypadków betonu o konsystencji powyżej 240 mm. Próbkę do badań wytrzymałości na ściskanie pobierane były z częstotliwością 1/100 m³ (270 oznaczeń). Próbkę zbadano po 56 dniach i uzyskano średnią wytrzymałość 46,5 MPa przy średnim odchyleniu standardowym 3,9 MPa.

Monitoring temperatury

Przed betonowaniem zamontowano sondy do pomiaru temperatury dojrzewającego betonu, temperatury powietrza, prędkości i kierunku wiatru oraz wilgotności powietrza. Monitoring prowadzono dwoma niezależnymi automatycznymi systemami pomiarowymi. Laboratorium KBB PŁ zamontowało osiem rejestratorów rozmieszczonych równomiernie na całej długości płyty zgodnie z kierunkiem betonowania. Na każdej sondzie (z wyjątkiem nr 1) umieszczono pięć czujników pomiarowych (39 punktów pomiarowych). Dodatkowo równoległe temperaturę monitorowano za pomocą pięciu rejestratorów zamontowanych przez Cemex Polska, obsługujących w sumie 12 sond pomiarowych (45 punktów pomiarowych). Miejsca rozmieszczenia rejestratorów i punktów pomiarowych pokazano na rysunku 5.

Maksymalne temperatury zarejestrowane na ośmiu sondach pomiarowych KBB PŁ wynosiły od 45,1°C do 52,0°C, natomiast na sondach firmy CEMEX

Polska wynosiły od 43°C do 50°C. Średnie temperatury dla obu systemów wyniosły odpowiednio 47,9°C i 46,5°C. Średnia temperatura mieszanki betonowej wyniosła 17°C, a więc średni przyrost temperatury betonu, wywołany procesem hydratacji cementu, wyniósł ok. 30°C. Na rysunku 6 pokazano wyniki monitorowania warunków dojrzewania betonu dla sondy nr 4C.

Pomierzone na poszczególnych sondach pomiarowych maksymalne gradienty temperatury wyniosły od 12,1°C/1 m do 22,2°C/1 m. Maksymalny gradient odnotowano po około siedmiu dniach od początku betonowania. Wartość jego nieznacznie przekroczyła zakładany w projekcie gradient temperatury równy 20°C/1 m. Przekroczenie dopuszczalnego gradientu było krótkotrwałe, ok. 6 godzin, i wystąpiło po około czterech dniach od zabetonowania tego fragmentu płyty fundamentowej. Spowodowane to było okresowym przypadkowym odstąpieniem powierzchni fundamentu z jednej warstwy folii bąbelkowej. Beton po tym okresie dojrzewania miał już wytrzymałość szacowaną na około 20 MPa i mógł bezpiecznie przenieść naprężenia rozciągające spowodowane różnicą temperatur.

Podsumowanie

Można powiedzieć, że to aż sześć miesięcy przygotowań i tylko sześć dni pracy. Jednakże dzięki tym przygotowaniom projekt betonowania płyty fundamentowej w Elektrowni Bełchatów zakończył się pełnym sukcesem. Doświadczenia zdobyte w trakcie tej realizacji świadczą o tym, że zaawansowane technicznie i technologicznie projekty budowlane mogą być z powodzeniem realizowane w Polsce. Polska dysponuje odpowiednim zapleczem sprzętowym i osobowym do wykonywania i realizacji tego typu inwestycji. Podkreślić należy fakt, że nawet najlepsze planowanie, najnowocześniejsze technologie i wysokiej klasy sprzęt budowlany nie pozwoliłyby na osiągnięcie sukcesu na tym polu bez zaangażowania ludzi, którzy wykazali się wysokim profesjonalizmem.

To byli zarówno pracownicy, którzy od wielu lat mają „kontakt z betonem”, jak i ludzie, którzy na co dzień siedzą w zaciszu swoich biur i budowę „z bliska” oglądali pierwszy raz w życiu. Wszystkich osób uczestniczących w projekcie nie sposób wymienić, niemniej jednak autorzy artykułu w tym miejscu chcieliby podziękować całej ekipie uczestniczącej w projekcie. Z pewnością wielu osobom udział w tej realizacji przyniósł wiele satysfakcji, doświadczeń oraz spowodował gotowość do stawania naprzeciw kolejnym wyzwaniom w niezapomnianej atmosferze.

**Waldemar Bujak, Marek Lebensztejn
Budimex Dromex SA
Sławomir Dobrowolski, Rafał Gajewski,
Tadeusz Jarzębowski
CEMEX Polska Sp. z o.o.
Artem Czkwianienc, Jerzy Pawlica,
Radosław Walendziak
Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska
Katedra Budownictwa Betonowego**