



foto: Zdzisław, https://www.fotozdzislaw.pl

Realizacja betonów masywnych w Elektrowni Jaworzno

1. Wstęp

W ubiegłym roku Grupa Górażdże prowadziła dwa kluczowe dla polskiej energetyki projekty: budowę bloków nr 5 i 6 Elektrowni Opole oraz budowę bloku 910 MW Elektrowni Jaworzno. Inwestycje te są największymi realizacjami w infrastrukturze energetycznej w Polsce prowadzonymi w ostatnim czasie. Sumarycznie firma Górażdże Beton Sp. z o.o. dostarczyła dla potrzeb tych realizacji blisko 100 tys. m³ betonu przeznaczonego dla konstrukcji masywnych. Pierwsza z realizacji, rozbudowa Elektrowni Opole, była szerzej omawiana w nr 3/2015 BTA, w którym też przybliżono technologię betonów masywnych.

Budowa bloku węglowego o mocy 910 MW w Elektrowni Jaworzno to największa inwestycja Grupy Tauron. Inwestycja obejmuje budowę bloku energetycznego w oparciu o kocioł pyłowy, opalany węglem kamiennym, z niskoemisyjną komorą spalania. Zgodnie z harmonogramem, zakończenie prac i oddanie bloku do eksploatacji planowane jest w 2019 roku.

Inwestycja ta umożliwi Grupie Tauron wycofywanie z użytkowania starszych jednostek węglowych. Parametry nowego bloku węglowego będą znacznie lepsze od zastępowanych. Jego sprawność wyniesie blisko 46 proc. Jaworznicki blok spełni surowe unijne wymagania z zakresu ochrony środowiska.



foto: Archiwum autorów

Ponadto będzie przystosowany do ewentualnego dobudowania w przyszłości instalacji do wychwytywania dwutlenku węgla, co jest zgodne z wymaganiami Komisji Europejskiej.

Jednymi z najważniejszych elementów konstrukcyjnych wykonywanych dla potrzeb tej budowy były masywne płyty fundamentowe: maszynowni o objętości ok. 13 tys. m³ oraz kotłowni o objętości ok 22,3 tys. m³. Realizacja tych kluczowych obiektów powierzona została firmom Warbud SA – płyta maszynowni oraz Eiffage Polska – płyta kotłowni.

Zgodnie z przyjętym harmonogramem robót realizacja obydwu płyt odbyła się w dniach od 7 do 19 grudnia 2015.

2. Uwarunkowania technologiczne

Zarówno płyta maszynowni jak również płyta kotłowni, ze względu na swoje wymiary, stanowią konstrukcje masywne, wobec których należało przedsięwziąć środki ograniczające wpływ temperatury związanej z hydratacją cementu.

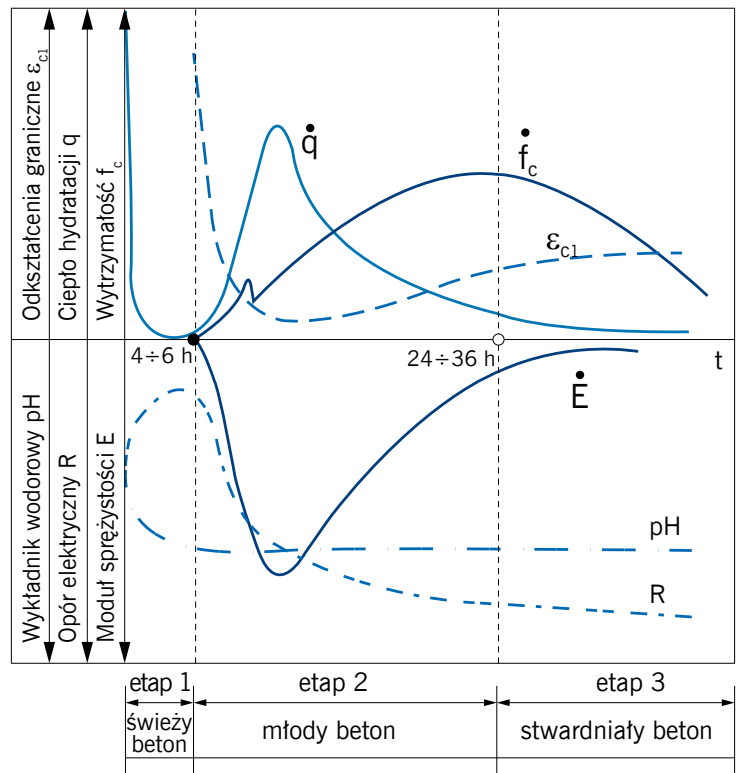
W rzeczywistych konstrukcjach mamy do czynienia z pojawieniem się naprężeń wywołanych więzami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Więzy wewnętrzne wynikają z niskiej przewodności cieplnej betonu, a zatem z ograniczonego transferu ciepła w wnętrza do powierzchni – z której ciepło oddawane jest do otoczenia. Występujące różnice pomiędzy temperaturą wewnętrzną a zewnętrzną danego elementu wywołują większą rozszerzalność termiczną wnętrza niż warstw powierzchniowych.

Zjawisko to szczególnie niebezpieczne jest w młodym betonie – który charakteryzuje się niskimi odkształceniami granicznymi, niską wytrzymałością mechaniczną a jednocześnie najwyższą szybkością wydzielania ciepła hydratacji (rys. 1).

Aby nie dopuścić do powstania naprężeń przekraczających wytrzymałość na rozciąganie betonu, należy ograniczyć ilość oraz szybkość wydzielania ciepła podczas hydratacji spoiwa oraz zmniejszyć różnicę temperatur warstw wewnętrznych oraz zewnętrznych przez zastosowanie izolacji termicznej. Pozornie prowadzenie robót betonarskich w warunkach niskich temperatur korzystnie wpływa na obniżenie ryzyka pęknięć betonu, ponieważ znacznie obniżona zostaje szybkość procesu hydratacji, a co za tym idzie mniejsze jest tempo wydzielania ciepła. Należy jednak pamiętać, iż w tym okresie niskie temperatury otoczenia mogą doprowadzić do powstania znacznych gradientów temperatur pomiędzy wnętrzem elementu a jego powierzchnią. Szczególny nacisk należy położyć na stałe kontrolowanie zmian temperatur dojrzewającego betonu w taki sposób, aby poprzez dobór intensywności pielęgnacji termicznej w kontrolowany sposób prowadzić chłodzenie powierzchniowe betonu, niedopuszczające jednocześnie do przekroczenia różnic temperatur wynoszących 20°C (rys. 2) [1].

Podstawowym etapem związanym z realizacją konstrukcji masywnych jest odpowiedni dobór jakościowy oraz ilościowy składników mieszanki betonowej z uwzględnieniem następujących aspektów:

- ciepła hydratacji zastosowanego spoiwa
- całkowitej ilości spoiwa
- reologii mieszanki betonowej w czasie potrzeb-



Rys. 1. Zmiany wybranych właściwości betonu w czasie dojrzewania [2]

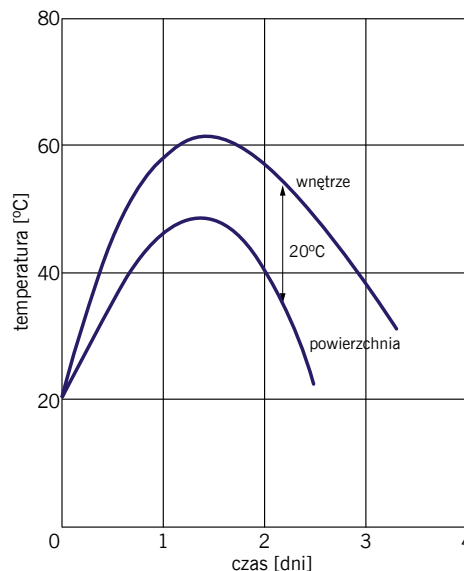
- nym do zabudowy
- czasu wiązania
- klasy wytrzymałości na ściskanie
- dodatkowych wymogów związanych z trwałością konstrukcji.

Jako recepturę mieszanki betonowej przeznaczoną do tej realizacji zastosowano rozwiązanie sprawdzone podczas realizacji płyt fundamentowych Elektrowni Opole, bazujące na cemencie CEM III/B 42,5L – LH/SR/NA.

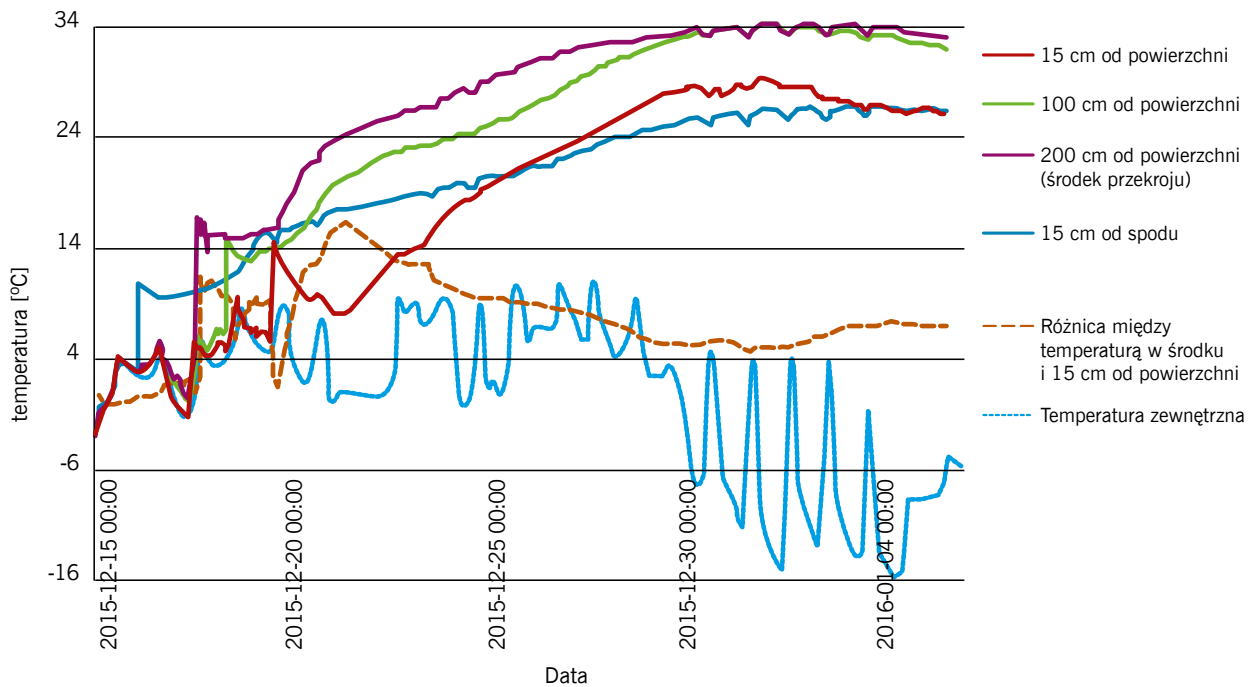
Dzięki zastosowaniu tego cementu możliwe było uzyskanie kompozycji spoiwa charakteryzującego się ciepłem hydratacji na poziomie 120 J/g po 41 godzinach.

Jednocześnie mieszanka betonowa posiadała ok. 30-godzinny czas opóźnienia wiązania, a czas zachowania klasy konsystencji wynosił 4 godziny.

Bardzo niski współczynnik ciepła hydratacji ce-



Rys.2. Przykład rozkładu temperatur – zewnętrzne spękanie elementu masywnego [1]



Rys. 3. Rozkład temperatur podczas dojrzewania betonu zabudowanego w konstrukcji fundamentu kotłowni Elektrowni Jaworzno

mentu/wytrzymałość na ściskanie cementu po 28 dniach dojrzewania, wynoszący ok. 3,4 J/g/MPa, umożliwił uzyskanie zakładanej klasy przy jednoczesnym zachowaniu niskich wartości ciepła hydratacji w początkowym okresie.

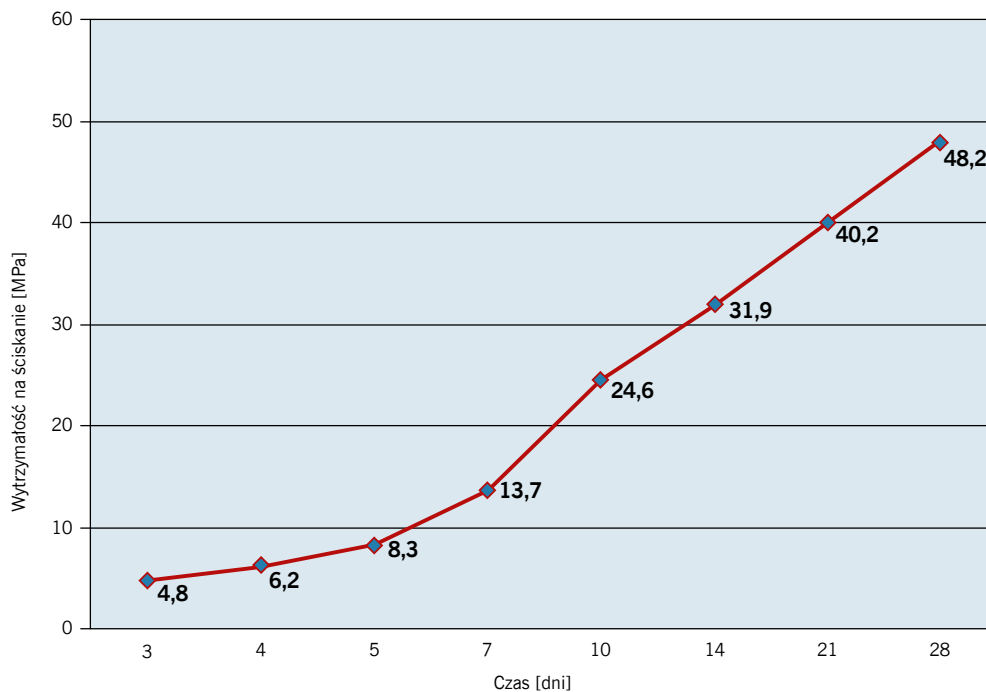
3. Betonowanie płyty kotłowni

Płytę fundamentową budynku kotłowni zaprojektowano jako element o grubości 4 m. Fundament posiadał kształt zbliżony do kwadratu, którego długości boków wynoszą około 79×74 m. Betonowanie płyty przypadło na okres od 14 do 19 grudnia, temperatury powietrza oscylowały między -3 a 6°C, zapewniając odpowiednio niską temperaturę mieszanki w zakresie między 10 a 15°C. Podczas pielęgnacji termiczno-wilgotnościowej prowadzono pomiar temperatury. Niska temperatura mieszanki i niskie temperatury otoczenia

w trakcie pielęgnacji przełożyły się na szybkość wydzielania ciepła przez twardniejący beton. Najwyższa temperatura zarejestrowana to 34,2°C w środku elementu, wystąpiła w 17. dniu od rozpoczęcia betonowania, natomiast w 14. dniu od ułożenia mieszanki w miejscu jej wystąpienia. Największa różnica między środkiem a powierzchnią płyty wystąpiła 82 godziny od ułożenia warstwy środkowej i wynosiła 16,2°C. Przypadła ona około 50 godzin po początku wiązania betonu, a więc w czasie, kiedy beton charakteryzuje się bardzo niskimi odkształceniami maksymalnymi. Dzięki zastosowaniu odpowiedniej pielęgnacji termicznej nie zostały przekroczone wartości dopuszczalnej różnicy temperatur [1], a w okresie ustabilizowania się temperatury możliwe było bezpieczne studzenie nawet przy temperaturze zewnętrznej dochodzącej do -16°C (rys. 3).



Źródło: <http://www.bib69.pl>



Rys. 4. Zmiana wytrzymałości na ściskanie betonu zabudowanego w konstrukcji fundamentu kotłowni Elektrowni Jaworzno

Wartości wytrzymałości na ściskanie prób pobranych w trakcie betonowania potwierdziły uzyskanie zakładanej klasy wytrzymałości na ściskanie C30/37 po 28 dniach dojrzewania (rys. 4).

4. Podsumowanie

W grudniu 2015 r. zrealizowano zabudowę betonu w konstrukcji dwóch fundamentów: maszynowni oraz kotłowni bloku energetycznego 910 MW Elektrowni Jaworzno o łącznej objętości ponad 35 tys. m³.

Na szczególną uwagę zasługują procesy produkcji oraz logistyki dostaw surowców do produkcji betonu. Najlepiej oddającymi ten aspekt wydają się być następujące liczby:

- betonowanie płyty fundamentowej maszynowni:
 - ilość betonu zabudowanego – 13 041 m³
 - ilość kursów betonomieszarek – 1375

- ilość przejechanych przez betonomieszarki kilometrów – 57 285
 - ilość zaangażowanych betonomieszarek – 65
 - wydajność dostaw – 170 m³/h
 - betonowanie płyty fundamentowej maszynowni:
 - ilość betonu zabudowanego – 22 335 m³
 - ilość kursów betonomieszarek – 2311
 - ilość przejechanych przez betonomieszarki kilometrów – 92 678
 - ilość zaangażowanych betonomieszarek – 65
 - wydajność dostaw – 230 m³/h
- Ilość pracowników na dobę świadczących usługi dla Górażdże Beton Sp. z o.o. około – 450 osób.

Kamil Gębusia

Artur Golda

**Centrum Technologiczne BETOTECH Sp. z o.o.
w Dąbrowie Górniczej**

Literatura

- 1 Neville A.M., *Właściwości betonu*, V edycja, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2012,
- 2 Kiernożycki W., *Betonowe konstrukcje maszynowe*, Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2003,
- 3 Cement, *kruszywa, beton w ofercie Grupy Górażdże*, praca zbiorowa pod kierunkiem Giergiczny Z., Chorula 2015,
- 4 Giergiczny Z., *Popiół lotny w składzie cementu i betonu*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013,
- 5 Witakowski P., *Technologia betonowania i pielęgnacja betonu na budowie mostu Świętokrzyskiego w Warszawie*, Prace Instytutu Techniki Budowlanej – Kwartalnik nr 4 (128), 2003



Źródło: <http://www.bok910.pl>