

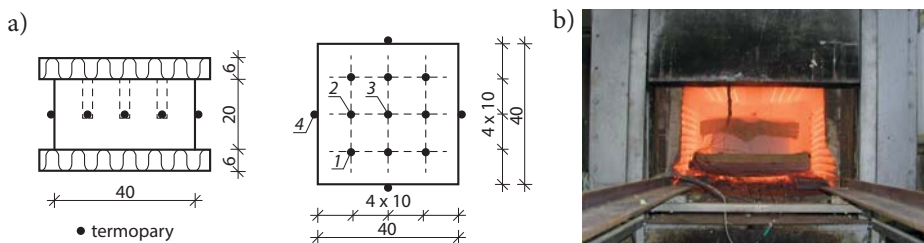
5.8. Wytrzymałość ogrzewanego betonu po ochłodzeniu

Od dawna znana jest prawidłowość, że wytrzymałość betonu rozgrzanego do wysokiej temperatury po ochłodzeniu (ang. *residual strength*) jest najczęściej mniejsza od występującej w tej temperaturze, np. [157, 179]. Jest to spowodowane dodatkowym niszczeniem struktury betonu podczas chłodzenia. Jeżeli przebiega ono gwałtownie, to na skutek występowania dużego gradientu temperatury w betonie powstają dodatkowe uszkodzenia mechaniczne związane z występowaniem naprężeń samorzównoważonych, opisanych już w podrozdziale 5.3 (rys. 5.5). Jeżeli natomiast chłodzenie przebiega powoli, to wysoka temperatura utrzymuje się w betonie dłużej, co powoduje, że niekorzystne przemiany chemiczne i fizyczne mogą zachodzić dłużej. Podczas powolnego chłodzenia bardzo istotną rolę odgrywa też bezwładność termiczna betonu.

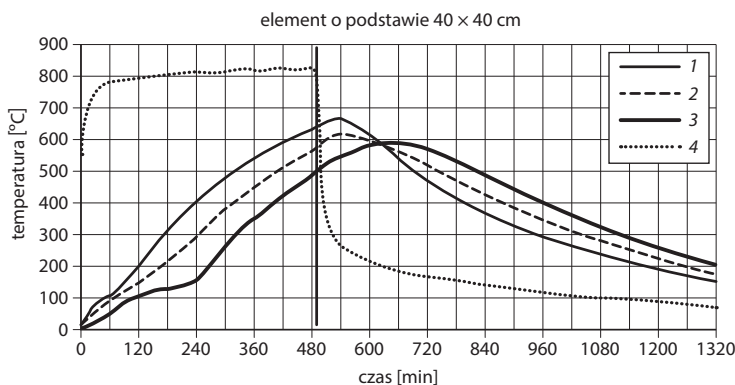
Aby uświadomić praktyczne zagrożenia związane z tym zjawiskiem, niżej przedstawiono fragment wyników badań przeprowadzonych przez autora [138, 143]. W badaniach tych elementy prostopadłościenne o wymiarach podstawy 40×40 cm, wysokości 20 cm, wykonane z betonu z kruszywem żwirowym, klasy C25/30 ogrzewano do temperatury 500°C , a następnie studzono swobodnie na powietrzu. Górną i dolną powierzchnię elementów zaizolowano płytami z wełny mineralnej, dzięki czemu ciepło mogło swobodnie przenikać jedynie przez boczne powierzchnie prostopadłościanu. Tym sposobem badane elementy miały stanowić odwzorowanie przekrojów słupów żelbetowych spotykanych w praktyce.

Na rysunku 5.24 przedstawiono rozmieszczenie punktów pomiarowych we wnętrzu elementu oraz jego przykładowy wygląd w komorze pieca. Na rysunku 5.25 natomiast podano wykresy przebiegu zmian temperatury panującej w punktach pomiarowych podczas ogrzewania i chłodzenia. Linia pionowa oznacza moment, w którym otwierano piec, wyjmowano z niego element i zaczynało jego swobodne studzenie na powietrzu.

Po zakończeniu ogrzewania temperatura na powierzchni elementu (pkt 4 na rys. 5.24a) bardzo szybko się obniżała. Pozornie mogło się zatem wydawać, że niekorzystne działanie wysokiej temperatury jest już zakończone. Tymczasem we wnętrzu elementu nadal występował wzrost temperatury – w punktach usytuowanych w pobliżu naroży (pkt 1 na rys. 5.24a) – przez prawie godzinę, a w środku przekroju elementu (pkt 3 na rys. 5.24a) – przez ok. dwie i pół godziny od zakończenia ogrzewania. W tym czasie temperatura w punkcie 3 wzrosła od ok. 500 do ok. 600°C . Na podstawie tabeli 5.1 [N23] można oszacować, że w temperaturze 500°C beton z kru-



Rys. 5.24. a) Rozmieszczenie punktów pomiaru temperatury we wnętrzu badanego elementu; b) element w komorze pieca podczas ogrzewania [138, 143]



Rys. 5.25. Zmiany temperatury we wnętrzu badanego elementu podczas ogrzewania i chłodzenia na powietrzu [138, 143]; rozmieszczenie punktów 1–4 wg rysunku 5.24a, linia pionowa – koniec ogrzewania

szwym krzemianowym zachowuje ok. 60% swej pierwotnej wytrzymałości na ściskanie, a w temperaturze 600°C – już tylko 45%. Warto też odnotować, że jeszcze po upływie dziesięciu godzin od zakończenia ogrzewania temperatura we wnętrzu przekroju badanego elementu wynosiła ponad 300°C.

Odnosząc uzyskane wyniki badań do praktycznej oceny bezpieczeństwa konstrukcji żelbetowych w warunkach pożaru i po jego zakończeniu, należy wziąć pod uwagę, że w początkowej fazie stygnięcia elementów w ich wnętrzu nadal może następować niszczenie struktury betonu. W związku z tym największe zmniejszenie nośności np. słupów żelbetowych narażonych na warunki pożarowe najprawdopodobniej wystąpi nie podczas pożaru, ale dopiero po pewnym czasie od jego opanowania. Czas ten będzie tym dłuższy, im większe będą wymiary przekrojów elementów oraz im dłuższy był czas działania pożaru.