

fragmenty konstrukcji żelbetonowych z widocznymi ubytkami spowodowanymi odpryskiwaniem termicznym betonu.

Czynniki zwiększające prawdopodobieństwo odpryskiwania termicznego to przede wszystkim duża wilgotność betonu, wysoki gradient temperatury w przekroju (gwałtowne ogrzewanie), niska przepuszczalność i wysoka klasa betonu, a także gęsto rozmieszczone zbrojenie [17]. Na wystąpienie odpryskiwania są szczególnie podatne betony wysokich wytrzymałości oraz betony samozagęszczalne, charakteryzujące się dużą szczelnością struktury, która utrudnia wydostawanie się pary wodnej nagromadzonej pod ciśnieniem w porach [6].

3.3. Ocena betonu w konstrukcjach po pożarze

Podczas pożaru, ze względu na dużą bezwładność termiczną betonu, na powierzchni ogrzewanych elementów temperatura jest znacznie wyższa niż w ich wnętrzu, a beton przestaje mieć jednorodne właściwości w przekrojach. Degradacja betonu jest największa w warstwach przypowierzchniowych, w których często występują również ubytki spowodowane odpryskiwaniem. Dlatego podczas oceny konstrukcji żelbetonowych po pożarze szczególnie istotne jest określanie grubości zewnętrznych warstw przekrojów badanych elementów, w których beton jest na tyle uszkodzony, że należy go uznać za zniszczony [15, 31], a także określenie, czy nie została zniszczona przyczepność betonu do zbrojenia.

W przypadku, gdy elementy konstrukcyjne zostały znacznie uszkodzone w pożarze, obszary ubytków i zniszczeń betonu są dobrze widoczne i łatwe do identyfikacji. Zmiany wyglądu betonu w strefach mniej zniszczonych mogą nie zostać stwierdzone podczas oceny wizualnej. Obszary osłabienia betonu w konstrukcjach można wytypować w szybki i prosty sposób, ostukując ich powierzchnię zwykłym młotkiem stalowym. Podczas stukania w powierzchnię uszkodzonego betonu słychać charakterystyczny głuchy odgłos. Taka szybka ocena konstrukcji może być wystarczająca w przypadku zwykłych budynków kubaturowych, w których pożar trwał stosunkowo krótko. Po zabezpieczeniu konstrukcji beton w takich obszarach należy skuć do głębokości warstw niezniszczonych i uzupełniać nowym betonem.

Przeprowadzanie bardziej złożonych badań laboratoryjnych lub badań w konstrukcji (*in situ*) pozwala na uzyskanie dokładniejszych informacji dotyczących stanu betonu i jego wewnętrznej struktury. Takie badania mogą mieć szczególne zastosowanie podczas oceny konstrukcji masywnych, na przykład tuneli, elementów mostów, wiaduktów [33] lub elementów

budynków wysokościowych o znacznych wymiarach przekroju (słupy, ściany szczelinowe). Konstrukcje te zazwyczaj nie ulegają zniszczeniu nawet wtedy, kiedy intensywność i czas trwania pożaru są bardzo duże.

Aktualnie powszechnie stosuje się wiele metod badań betonu w konstrukcji [9, 10, 29, 30], które można podzielić na trzy zasadnicze grupy:

- badania próbek rdzeniowych pobranych z konstrukcji; oznaczanie wytrzymałości na ściskanie w badaniu niszczącym;
- badania seminieniszczące (małoniszczące) *in situ* powodujące niewielkie, lokalne ubytki w badanym betonie: pull-off, pull-out, break-off, penetracja sondą;
- badania nieniszczące *in situ*, nie oddziałujące trwale na badany element konstrukcji: metoda sklerometryczna, ultradźwiękowa, impact-echo.

Wymienione metody przede wszystkim są jednak przewidziane do badań betonu jednorodnego, w związku z czym stosowanie ich do oceny konstrukcji po pożarze może być ograniczone lub może wymagać modyfikacji. Najczęściej występujące ograniczenia to brak możliwości uwzględnienia zmienności wytrzymałości betonu w przekroju, brak narzędzi do pomiaru grubości warstwy zniszczonego betonu oraz zmniejszona wiarygodność wyników badania w przypadku, gdy powierzchnia badanego elementu jest nierówna i zdegradowana. Wprowadzane są również metody przeznaczone do oceny betonu w konstrukcji po pożarze (np. metoda oporu wiercenia, kolorymetryczna) oraz modyfikacje istniejących metod (np. analiza mikroskopowa, badania krążków wyciętych z próbek rdzeniowych).

Określenie wytrzymałości betonu na ściskanie w maszynach wytrzymałościowych, na próbkach rdzeniowych pobranych z konstrukcji, jest najbardziej wiarygodną i najpowszechniej stosowaną, znormalizowaną [39] metodą oceny betonu w istniejących elementach. Jednak ta metoda nie powinna być stosowana do oceny konstrukcji po pożarze, szczególnie w elementach, w których występował duży gradient temperatury w przekroju, w wyniku czego beton ma niejednorodne właściwości, zależne od odległości od ogrzewanej powierzchni. Wynik badania takiej próbki byłby niemiarodajny, najprawdopodobniej zawyżony w stosunku do wytrzymałości betonu w strefie przypowierzchniowej [28] i zaniżony w stosunku do wytrzymałości betonu usytuowanego daleko od powierzchni elementu. Należy też pamiętać, że poszczególne obszary konstrukcji mogą być w różnym stopniu poddane działaniu wysokiej temperatury, a wynik badania dotyczy tylko betonu występującego w miejscu, z którego pobrano próbkę. Na podstawie jednego lub kilku wyników nie można wnioskować o stanie betonu w innym miejscu tej samej konstrukcji.