

Projektowanie dużych ścian żelbetowych z uwagi na warunki pożarowe



dr hab. inż.
ROBERT KOWALSKI, PROF. PW
Politechnika Warszawska,
Wydział Inżynierii Lądowej
ORCID: 0000-0002-0876-3489



mgr inż.
ROBERT MODZELEWSKI
Design Construction Studio;
Robert Modzelewski i Andrzej Redmerski
ORCID: 0000-0001-9072-6750

W artykule został omówiony praktyczny przypadek zaprojektowania dużych ścian żelbetowych w spalarni odpadów z uwagi na odporność ogniową. Pożar rozpatrywano jako wyjątkową sytuację projektową.

Aktualnie w Polsce i w Europie wśród siedmiu podstawowych wymagań stawianych obiektom budowlanym [1, 2] na drugim miejscu, zaraz po bezpieczeństwie konstrukcji, jest wymienione bezpieczeństwo pożarowe. W celu zagwarantowania tego bezpieczeństwa obiekty budowlane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku pożaru [2, 3]:

- (1) nośność konstrukcji została zachowana przez określony czas,
- (2) powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia oraz dymu w obiektach było ograniczone,
- (3) rozprzestrzenianie się ognia na sąsiednie obiekty było ograniczone,
- (4) osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt lub być uratowane w inny sposób,
- (5) było uwzględnione bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

W świetle polskich przepisów [4, 5] przygotowanie nowego obiektu na wypadek pożaru jest realizowane na etapie projektowania, w wyniku uzgodnienia projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej [5]. Za przeprowadzenie tej czynności odpowiedzialny jest rzeczoznawca do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Zgodnie z zapisami rozporządzenia [5] podstawę uzgodnienia mają jednak stanowić dane przedstawione w projekcie budowlanym, określone przez projektanta. Praktyka projektowa wymusiła inne postępowanie. Obecnie, najczęściej podczas projektowania nawet średnio skomplikowanych obiektów budowlanych, rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych bierze aktywny udział w projektowaniu z uwagi na ochronę przeciwpożarową, a często nawet przejmując od głównego projektanta wiodącą rolę w tym obszarze.

Spełnienie (2) – (5) z wyżej wymienionych wymagań zazwyczaj odbywa się bez udziału

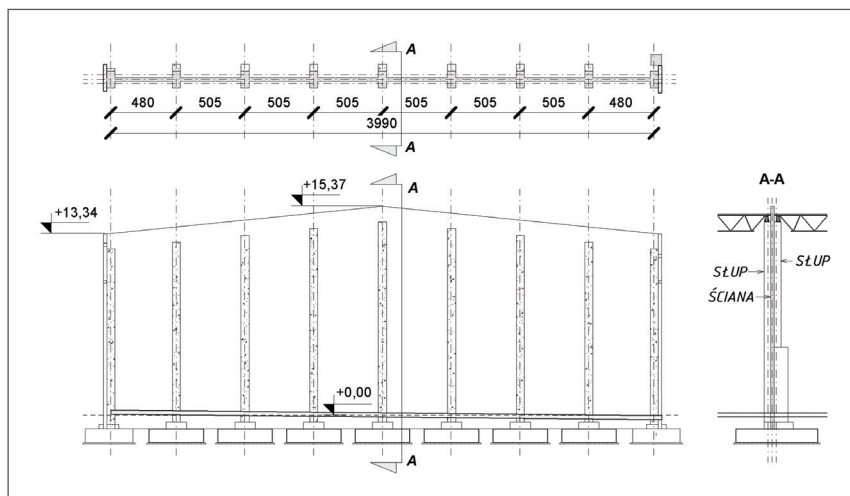
projektanta konstrukcji. Na nim spoczywa jednak obowiązek zagwarantowania, aby było spełnione wymaganie pierwsze. Sprowadza się to do takiego zaprojektowania konstrukcji, aby miała ona wymaganą przepisami [3] odporność ogniową, najczęściej w zakresie nośności (R), a niekiedy również szczelności (E) i izolacyjności (I).

Jeżeli rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych bierze udział w zapewnieniu wymaganej odporności ogniowej konstrukcji, to bazą prowadzonej przez niego oceny są zazwyczaj proste wymagania podane w instrukcji [6] lub *Dane tabelaryczne* znajdujące się w normie [7]. Na podstawie podanych tam zaleceń jest możliwe zagwarantowanie odpowiedniej odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych prostych, powtarzalnych obiektów. W przypadku obiektów nietypowych, skomplikowanych lub o szczególnym zagrożeniu bezpieczeństwa wykorzystanie jedynie *Danych tabelarycznych* [6 lub 7] może prowadzić do zastosowania rozwiązań niekorzystnych ekonomicznie, a niekiedy nawet do wyklucze-

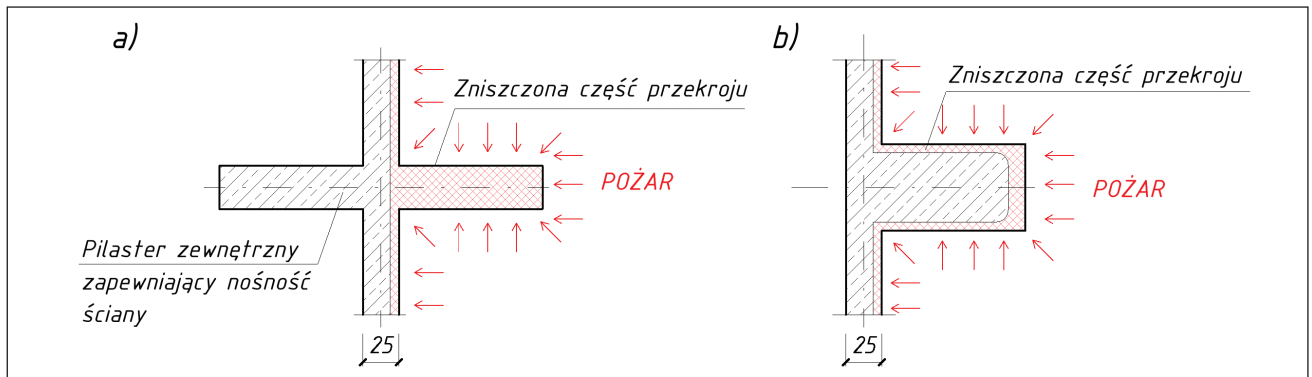
nia możliwości wybudowania pewnych obiektów. Warto wtedy pokusić się o zagwarantowanie odporności ogniowej konstrukcji metodami analitycznymi, na podstawie rozpatrywania pożaru jako wyjątkowej sytuacji projektowej. Opis takiego sposobu postępowania można znaleźć m.in. w [7–9].

Rozpatrywany przypadek

Podczas projektowania spalarni odpadów zadaniem projektanta konstrukcji było m.in. zaprojektowanie wielu dużych ścian oddzielań przeciwpożarowych składowisk opalu, spełniających wymagania odporności ogniowej REI 240, tzn. zachowania nośności, szczelności i izolacyjności przez 240 minut oddziaływania pożaru standardowego. Wysokość projektowanych ścian przekraczała 17 m, a ich długości w rzucie dochodziły do 40 m. Na ścianach oparte było lekkie przekrycie o konstrukcji stalowej, jednak w odniesieniu do tego elementu nie postawiono wymagań nośności ogniowej. Zakładano, że już w początkowej fazie pożaru dach może się zawalić „do środka” obiektu.



Rys. 1. Fragment rzutu rozpatrywanego obiektu i przykładowy przekrój ściany [10]



Rys. 2. Przekroje zredukowane przyjęte do analizy warunków stanu granicznego nośności ścian z uwagi na warunki pożarowe: a) pilastry usytuowane po obu stronach zasadniczej przegrody, b) pilastry usytuowane tylko od strony działania pożaru

Na rys. 1. przedstawiono przykładowy fragment rzutu rozpatrywanego obiektu i przykładowy widok oraz przekrój ściany.

Podczas analizy odporności ogniowej rozpatrywanych ścian w pierwszej kolejności skorzystano z *Danych tabelarycznych* znajdujących się w instrukcji [6] oraz w Eurokodzie [7]. W podanych tam wymaganiach znajduje się m.in. zapis, iż „(...) stosunek wysokości ściany w świetle do grubości ściany nie powinien przekraczać 40”. Odnosi się on zarówno do ścian nośnych, jak i nienośnych. Stosując się ściśle do przytoczonego wymagania, można było oszacować, że w rozpatrywanym przypadku konieczne będzie zaprojektowanie ściany o grubości przekraczającej 40 cm ($1700/40 = 42,50$ cm). A gdyby dodatkowo wziąć pod uwagę, że ściana ma schemat statyczny wspornika zamocowanego w fundamencie, i w związku z tym przyjąć jej wysokość wyboeczeniową jako podwojoną wysokość rzeczywistą, to można by oszacować, że wymagana grubość ściany powinna wynosić nawet

około 85 cm. Rozwiązanie takie uznano za nieekonomiczne, również z uwagi na to, że w ścianach o tak dużej grubości i długości, wynoszącej w rzucie od 30 do 40 m, konieczne byłoby zastosowanie zbrojenia poziomego o bardzo dużym przekroju, niezbędnego z uwagi na powstrzymanie nadmiernego rozwoju zarysowań spowodowanych odkształceniami wymuszonymi konstrukcją.

Projektowanie rozpatrywanych ścian z uwagi na warunki pożarowe

W celu zaprojektowania rozpatrywanych ścian tak, aby ich wymiary były racjonalne, podjęto decyzję, że ściany będą miały grubość 25 cm i dodatkowo zostaną usztywnione pilastrami usytuowanymi w rozstawie od 4,50 m do 9,00 m. Ściana o grubości 25 cm usztywniona pilastrami spełnia z zapasem wymagania odporności ogniowej REI 240 [3].

W ścianach wewnętrznych i niektórych zewnętrznych pilastry zaprojektowano po obu

stronach przegrody. Rozwiązanie takie wprowadzono w celu uzyskania korzystniejszych wyników analizy nośności konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe. W niektórych ścianach zewnętrznych, ze względu na bliskość sąsiedniego budynku, było jednak konieczne zastosowanie pilastrów jednostronnych. Po wstępnym zaprojektowaniu ścian z uwagi na trwałą sytuację projektową przeanalizowano ich nośność pod kątem działania pożaru standardowego występującego po jednej stronie przegrody.

W przypadku ściany z pilastrami usytuowanymi po obu stronach zasadniczej przegrody ze względu na warunki pożarowe do analizy przyjęto, że pilastry usytuowane od strony występowania pożaru są zniszczone w wyniku działania wysokiej temperatury (rys. 2a). Zachowanie przez ścianę wymaganej nośności obliczeniowej można było jednak zagwarantować po przeanalizowaniu warunków stanu granicznego nośności przekroju zredukowanego, składającego się ze ściany stanowiącej przegrodę (również z zredukowanym przekroju) oraz pilastra osłoniętego przed działaniem pożaru przez tę ścianę. Pomimo obliczeniowego zniszczenia części konstrukcji obliczeniowa nośność ściany jako całości została zachowana. W wyniku przeprowadzonych analiz ustalono, że pilastry powinny mieć szerokość przekroju od 25 cm do 40 cm oraz wysokość przekroju (rozumianą jako odległość końca pilastra od bliższego lica ściany) zawierającą się w przedziale od 60 cm do 120 cm.

W przypadku ścian z pilastrami usytuowanymi tylko po jednej stronie przegrody, tzn. od strony występowania pożaru, konieczne było zastosowanie pilastrów o większej szerokości przekroju. Zachowanie przez ścianę wymaganej nośności obliczeniowej zagwarantowano wtedy po przeanalizowaniu warunków stanu granicznego nośności przekroju zredukowanego (wg rys. 2b). W tym przypadku oprócz redukcji przekroju konieczne było uwzględnienie obniżenia granicy plastyczności zbrojenia ograniczonego do wysokiej temperatury. W wyniku przeprowadzonych analiz ustalono, że pilastry powinny mieć szerokość przekroju od 60 cm do 80 cm.

Rys. 3. Wygląd zrealizowanej ściany



Źródło: R. Modzelewski

Analizy nośności ścian z uwagi na warunki pożarowe przeprowadzono za pomocą metody Izotermy 500°C rekomendowanej w [7]. Obszerny opis wpływu pożaru na konstrukcje żelbetowe i projektowania tych konstrukcji ze względu na warunki pożarowe można znaleźć m.in. w pracy [9]. Na rysunku 3. przedstawiono przykładowy wygląd jednej ze zrealizowanych ścian.

Podsumowanie

Pomimo tego, iż ostatnio coraz częściej rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych biorą aktywny udział w projektowaniu obiektów budowlanych, to i tak spełnienie wymagania, aby w przypadku pożaru „nośność konstrukcji została zachowana przez określony czas” spoczywa na projektancie konstrukcji.

Zastosowanie prostych *Danych tabelarycznych* PN-EN 1992-1-2 do projektowania z uwagi na warunki pożarowe dużych, wysokich, praktycznie wolnostojących ścian oddziela przeciwpożarowych składowisk opatu w spalarni odpadów prowadziło do niekorzystnych ekonomicznie rozwiązań. W celu zagwarantowania odporności ogniowej ścian REI 240 konieczne byłoby zaprojektowanie ścian o bardzo dużej grubości. Po przeprowadzeniu analiz, w których pożar rozpatrywano jako wyjątkową sytuację projektową, można było zaprojektować usztywnione pilastrami ściany o podstawowej grubości 25 cm.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (tekst ujednolicony; Dz.U. 2009 nr 178, poz. 1380).
- [2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. nr 75, poz. 690) z późn. zm.
- [4] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012 poz. 462 z późn. zm.).
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. nr 121, poz. 1137 z późn. zm.).
- [6] Instrukcja ITB 409/2005. Projektowanie elementów konstrukcji żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową.
- [7] PN-EN 1992-1-2: 2008: Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- [8] PN-EN 1990:2004: Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- [9] Kowalski R., Konstrukcje żelbetowe w warunkach pożarowych. Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2019.
- [10] Modzelewski R., Redmerski A., Projekt konstrukcyjny obiektów instalacji przekształcania frakcji resztkowej zmieszanych odpadów komunalnych, w Poznaniu. Grudziądz-Poznań 2014.

DOI: 10.5604/01.3001.0013.8796

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Kowalski Robert, Modzelewski Robert, 2020, Projektowanie dużych ścian żelbetowych z uwagi na warunki pożarowe. „Builder” 04 (273). DOI: 10.5604/01.3001.0013.8796

Streszczenie: W referacie omówiono praktyczny przypadek zaprojektowania dużych ścian żelbetowych w spalarni odpadów, z uwagi na odporność ogniową, na bazie rozpatrywania pożaru jako wyjątkowej sytuacji projektowej. Zasadność takiego postępowania wynikała z faktu, że wykorzystanie prostych *Danych tabelarycznych* PN-EN 1992-1-2 prowadziło do rozwiązań niekorzystnych ekonomicznie. Po przeanalizowaniu nośności ogniowej konstrukcji za pomocą metody Izotermy 500°C oraz w wyniku zastosowania żelber usztywniających ściany znacznie zredukowano ich grubość.

Słowa kluczowe: żelbet, pożar, projektowanie, konstrukcja

Abstract: Structural fire design of large RC walls. This paper contains a case study of a fire design of large RC walls in a waste incineration plant. In the analysis fire was considered as an accidental design situation. This approach was necessary, because the standard analysis based on simplified Tabulated data given in EN 1992-1-2 has led to a design that was not economically feasible. The analysis of fire resistance of the structure by 500°C isotherm method together with the use of stiffening ribs, has allowed to significantly reduce the required wall thickness.

Keywords: reinforced concrete, fire, designing, structure

REKLAMA

Moc rozwiązań.

Systemy naprawcze
Powłoki ochronne
Impregnaty hydrofobizujące



HUFGARD POLSKA Sp. z o.o.
42-209 Częstochowa, ul. Rząsawska 44/46
tel. +48 34 360 46 94, fax +48 34 360 46 98
www.pt-polska.com, e-mail: biuro@hufgard.pl

