

dr inż. arch. Tomasz Rybarczyk¹⁾

Mury skrzepowane metodą na zwiększenie nośności ścian z autoklawizowanego betonu komórkowego

Architekci coraz częściej projektują budynki bez wewnętrznych ścian konstrukcyjnych. Pozbawia to usztywnienia ściany zewnętrzne, dlatego też coraz częściej projektuje i wykonuje się usztywnienie murów zewnętrznych za pomocą elementów żelbetowych – rdzeni i rygli ułożonych w murach w płaszczyźnie ścian zewnętrznych. Niewielu projektantów wie, że jeśli spełnione zostaną odpowiednie warunki konstrukcyjne, to uzyska się mury skrzepowane, które wykonuje się w celu zwiększenia nośności ścian. W kontekście tego, że beton komórkowy jest najpopularniejszym materiałem murowym mającym wiele zalet (ekologicznym, łatwym w stosowaniu i zapewniającym energooszczędność budynku), ale niewielką wytrzymałość na ściskanie, to skrzepowanie jest sposobem na zwiększenie nośności murów z niego wykonanych.

Co to jest mur skrzepowany?

Definicja muru skrzepowanego pojawiła się w normie PN-EN 1996-1-1 (Eurokod 6) [1]. Zgodnie z tą normą jest to mur, którego odkształcenia zostały ograniczone w pionie i w poziomie przez przylegającą do niego konstrukcję żelbetową lub mur zbrojony. Do krepowania murów wykorzystuje się przede wszystkim żelbetowe monolityczne rygle i wieńce stropów albo rygle, jeśli na murach nie ma opartych stropów (co ma miejsce w budynkach typu halowego). W praktyce nie stosuje się murów zbrojonych jako elementów krepujących lub stosuje się bardzo rzadko. Można więc przyjąć, że jeśli mur jest skrzepowany, to elementami żelbetowymi.

W wielu publikacjach [2 ÷ 9] zwraca się uwagę na różnice między murem skrzepowanym a murem stanowiącym wypełnienie szkieletu żelbetowego oraz podaje zalety murów skrzepowanych. Zgodnie z normą [1] elementy krepujące powinny być wykonywane po zrealizowaniu fragmentów muru. Tylko wówczas będą funkcjonować razem. Połączenie pomiędzy elementami krepującymi a ścianą murowaną uzyskuje się dzięki ich wzajemnej przyczepności. Elementy krepujące mogą mieć zazębienia w celu poprawy połączenia między nimi a ścianą murowaną. Pionowe i poziome elementy krepujące powinny być połączone ze ścianą, tak aby pod wpływem oddziaływań współdziałały razem jako jeden element konstrukcyjny. Ponadto w normie [1] znajdują się zalecenia dotyczące lokalizacji i rozstawu rdzeni oraz wymagań, jakie powinny spełniać.

Najczęściej mury skrzepowane wykonuje się intuicyjnie, a nawet przez przypadek, nie mając na uwadze, że ma to być mur skrzepowany. Wytyczne wykonania murów skrzepowanych podaje

norma [1], która zaleca, aby murowane ściany skrzepowane miały pionowe i poziome elementy krepujące, wykonane z żelbetu lub tylko zbrojenie murów zapewniające pełną współpracę w przenoszeniu oddziaływań. Taka współpraca jest wówczas, gdy górne i boczne elementy krepujące zostaną wykonane po wybudowaniu muru w sposób zapewniający ich połączenie ze ścianą. Użytkuje się to przez pozostawienie w murze strzępi lub wymurowanie krawędzi na równo przy rdzeniach żelbetowych wykonywanych po wymurowaniu lub przez zastosowanie zbrojenia w spoinach wspornych ścian, wpuszczanego w monolityczne rdzenie. Eurokod 6 [1] zaleca stosowanie strzępi w murach wykonanych z elementów murowych grupy 1 i 2. Jako zbrojenie łączące mur z rdzeniem można przyjąć pręty o średnicy nie mniejszej niż 6 mm, w rozstawie nie większym niż 300 mm. W przypadku, gdy w ścianach projektuje się zastosowanie zbrojenia spoin wspornych (np. ze względu na zginanie), zakotwienie może być zrealizowane przez przedłużenie tego zbrojenia do wnętrza rdzenia na długość zakotwienia. Długość zakotwienia pręta prostego w żelbetowym rdzeniu należy obliczyć wg normy [1]. Ze względu na małe wymiary poprzeczne rdzeni, najczęściej stosuje się zakotwienie prętów w postaci haków prostych lub półokrągłych. W praktyce projektanci stosują większe zbrojenie (np. 4 φ 12), a przekrój poprzeczny rdzeni jest zwykle kwadratowy o wymiarach 24 x 24 cm albo 18 x 18 cm, co wynika z grubości muru.

Zgodnie z normą [1], elementy krepujące powinny być wykonane na poziomie każdej kondygnacji. Pionowe elementy krepujące (rdzenie) należy sytuować w połączeniach ścian nośnych oraz na obu bokach każdego otworu o powierzchni większej niż 1,5 m². Poziome elementy krepujące (wieńce) wykonuje się w poziomie stropów, a jeśli ich nie ma, to wieńce umieszcza się w ścianach w odległości zapewniającej odpowiednią sztywność ścian. Dodatkowe elementy krepujące mogą być niezbędne w ścianach, w których maksymalna rozpiętość, zarówno w pionie, jak i poziomie, wynosi 4,0 m. Zalecenia normy [1] dotyczą również umieszczania w murach elementów krepujących przy otworach o powierzchni większej niż 1,5 m² co 4,0 m w poziomie i pionie. Są to bardzo rygorystyczne wymagania, ponieważ chcąc je spełnić, trzeba w ścianach wykonać znacznie więcej rdzeni. Na szczęście zalecenie dotyczące rozstawu wieńców i rdzeni co 4,0 m nie jest obligatoryjne. Norma [1] pozostawia projektantowi decyzję o przyjęciu rozstawu rdzeni.

Zalety murów skrzepowanych i ich zastosowanie

Mury skrzepowane mają większą odporność na zarysowania i większą nośność niż mury bez skrzepowania. Potwierdziła to praca [10]. Dzieje się tak, ponieważ skurcz betonu w elemen-

¹⁾ Solbet Sp. z o.o.; tomasz.rybarczyk@solbet.pl

tach krępujących powoduje występowanie naprężeń ściskających w murze usytuowanym między elementami krępującymi, co ma bardzo korzystny wpływ na konstrukcję ściany. W ścianie skrepowanej, na skutek skurczu betonu, mur jest poddany dwuososiowemu ściskaniu. Naprężenia ściskające od skurczu betonu mogą mieć wartość $0,2 \div 0,3 \text{ N/mm}^2$ [5, 6] i to one odpowiadają za zwiększenie odporności muru na zarysowanie [11, 12].

Mury skrepowane bardzo dobrze sprawdzają się w trudnych warunkach (tereny eksploatacji górniczej, tereny narażone na trzęsienia ziemi, podtopienia oraz powodzie). Są też stosowane na trudnych terenach w kontekście warunków posadowienia oraz możliwości odkształceń podłoża, a także na terenach działania silnych wiatrów. Tego typu mury są znacznie bardziej odporne na zarysowanie niż mury bez skrepowania, dlatego na świecie często wykonuje się je na obszarach poddanych wpływom sejsmicznym. W Polsce mury skrepowane stosowane były dotychczas na terenach poddanych wpływom eksploatacji górniczej, w miejscach narażonych na wystąpienie osuwisk oraz na terenach zalewowych [3 ÷ 6]. Nie zostały one zniszczone, ani nawet mocno zarysowane.

Należy też dodać, że w ostatnich latach obserwuje się coraz częstsze wykorzystanie murów skrepowanych na obszarach pozbawionych wpływów wyjątkowych. Skrepowanie stosuje się wówczas w celu usztywnienia konstrukcji i przeciwdziałania uszkodzeniom np. od ekstremalnych wiatrów. W niektórych przypadkach skrepowanie ścian zewnętrznych umożliwia również zaprojektowanie i wybudowanie budynku bez wewnętrznych ścian konstrukcyjnych. Coraz częściej tego typu formy budynku są projektowane i wykonywane (np. budynki parterowe bez stropu, budynki wielorodzinne albo budynki komercyjne typu np. markety ze ścianami murowanymi).

Skrepowanie muru w kontekście betonu komórkowego

Beton komórkowy jest materiałem, z którego wykonuje się m.in. mury konstrukcyjne w różnego rodzaju budynkach, w tym w wielokondygnacyjnych. Błocki z betonu komórkowego mają wytrzymałość na ściskanie $1,7 - 4 \text{ N/mm}^2$, która jest na ogół wystarczająca. Mimo tego projektanci podchodzą do wyboru betonu komórkowego w sposób zachowawczy i w praktyce dosyć często przyjmują materiały na ściany o znacznie większej wytrzymałości na ściskanie. Zupełnie niepotrzebnie, ponieważ można zastosować dosyć prosty zabieg i wykonać mury skrepowane. Dzięki temu mury z betonu komórkowego uzyskują większą nośność oraz mniejszą podatność na zarysowania niż bez skrepowania. Przeprowadzone badania murów z betonu komórkowego w ramach pracy [10] były pionierskimi badaniami laboratoryjnymi w kraju i na świecie. Będą one szczegółowo prezentowane w kolejnych artykułach.



Badanie ścian skrepowanych z ABK

Fot. archiwum Solbet

Podsumowanie

Konstrukcje murowe rozwijają się wielotorowo. W przypadku betonu komórkowego polega to na polepszaniu właściwości użytkowych wyrobów. Rozwój następuje przez synergiczne łączenie ze sobą znanych i dobrze rozpoznanych technologii, umożliwiających ich optymalne wykorzystanie oraz zwiększenie interakcji. Takim rozwiązaniem jest właśnie łączenie konstrukcji murowych z żelbetem. To daje duże możliwości zastosowania betonu komórkowego jako materiału konstrukcyjnego.

Literatura

- [1] PN-EN 1996-1-1:2023-08 – Eurokod 6 – Projektowanie konstrukcji murowych – Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [2] Asinari M. Buildings with structural masonry walls connected to tie-columns and bond-beams. Praca doktorska, Università degli Studi di Pavia, 2007.
- [3] Brzez S, Perez-Gavilán JJ. Application of Strut-and-Tie Model for seismic design of confined masonry shear walls. Proceedings of the 16th International Brick and Block Masonry Conference, Padova, Italy, 26-30 June 2016.
- [4] Graubner C-A. Differentiation between the terms „confined masonry” and „infill masonry”. Mauerwerk 22. 2018; Heft 2: 126 – 127.
- [5] Jäger W, Schöps P. Confined masonry – a chance to improve the load bearing capacity. 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, pp. 225÷236.
- [6] Jäger W, Schöps P. Eingefasstes Mauerwerk als Möglichkeit zur Erhöhung der Tragfähigkeit von Aussteifungswänden. Fraunhofer IRB Verlag, 2009.
- [7] Marques Rui, Lourenço Paulo, B. Unreinforced and confined masonry buildings in seismic regions: Validation of macro-element models and cost analysis. Engineering Structures. 2014; vol. 64: 52 ÷ 67.
- [8] Tena-Colunga A, Juárez-Ángeles A, Salinas-Vallejo V. Cyclic behavior of combined and confined masonry walls. Engineering Structures. 2009; vol. 31: 240 ÷ 259.
- [9] Tu YH, Chuang TH, Lin PC, Weng PW, Weng YT. Experiment of Slender Confined Masonry Panels under Monotonic and Cyclic Loading. Structures Congress ASCE. 2011, s. 2730 – 2740.
- [10] Rybarczyk T. Nośność i odkształcalność ściskanych murów z betonu komórkowego skrepowanych konstrukcją żelbetową. Rozprawa doktorska, promotor: prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec; Politechnika Śląska.
- [11] Jasiński R, Gąsiorowski T. Morfologia zarysowań ścian skrepowanych ścinanych poziomo. Materiały Budowlane. 2019. DOI: 10.15199/33.2019.04.03A.
- [12] Jasiński R, Gąsiorowski T. Zarysowanie i zniszczenie ścian skrepowanych ścinanych poziomo. Materiały Budowlane. 2019; 5: 38 – 39.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

