

Tematyka artykułu była omawiana podczas III Ogólnopolskiej Konferencji Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego pt. Problemy techniczno-prawne utrzymania obiektów budowlanych, która odbyła się w styczniu 2014 r.

dr Joanna Bogusławska-Kozłowska*
doc. dr inż. Jan Jeruzal**
dr inż. Jacek Szer***

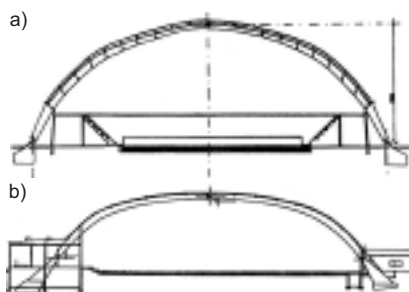
Naprawa dźwigarów z drewna klejonego warstwowo

W latach 70. i 80. ubiegłego wieku zrealizowano w Polsce kilkadziesiąt hal sportowych, w których konstrukcję przekrycia wykonano z wielkowymiarowych dźwigarów z drewna klejonego warstwowo. Większość tych obiektów jest użytkowana do dziś, ale w elementach konstrukcji wystąpiły uszkodzenia, które wymagały naprawy. W związku z tym, przeprowadzono analizę kilku zlokalizowanych głównie w regionie łódzkim. W artykule przedstawiono wyniki badań skuteczności i trwałości stosowanych w praktyce budowlanej metod napraw, po wieloletnim okresie eksploatacji.

Przyczyny i skutki uszkodzeń konstrukcji oraz metody naprawy

Przeprowadzono badania hal sportowo-widowiskowych w Łodzi, Spale, Zgierzu oraz Bełchatowie zrealizowanych w latach 1979 – 1981. Konstrukcję hal tworzą trójprzegubowe łuki z drewna klejonego warstwowo o rozpiętości 60 m (hala w Zgierzu) i 50 m (hale w Łodzi, Spale i Bełchatowie). Hale w Łodzi i Zgierzu przekryte są na części szerokości (44 m w Łodzi i 54 m w Zgierzu), co sprawia, że część łuków z obu stron jest wyeksponowana na działanie czynników zewnętrznych poza obrysem pokrycia (rysunek 1). Te końcowe części łuków, widoczne poza podłużnymi ścianami hali, zabezpieczone zostały bardzo skromną obróbką blacharską. W halach w Spale i Bełchatowie konstrukcja jest przekryta z jednej strony konstrukcją dachu (funkcjonalnie zlokalizowane są tam pomieszczenia zaplecza), a z drugiej łuki widoczne są od strony zewnętrznej.

* Wyższa Szkoła Sztuki i Projektowania w Łodzi
** Politechnika Łódzka
*** Główny Urząd Nadzoru Budowlanego



Rys. 1. Przekroje badanych obiektów: a) hale w Spale i Bełchatowie; b) hale w Zgierzu i Łodzi

W latach 1980 – 2012 zaobserwowano w omawianych obiektach zawilgocenia, pęknięcia i rozwarstwienia spoin klejonych, korozję biologiczną (porażenia przez owady, zagrzybienie, rozkład drewna), deformacje łuków (sztywność konstrukcji). Przeprowadzone analizy pozwoliły usystematyzować popełnione błędy w procesie inwestycyjnym i w okresie eks-

Przyczyny i skutki uszkodzenia konstrukcji z drewna klejonego

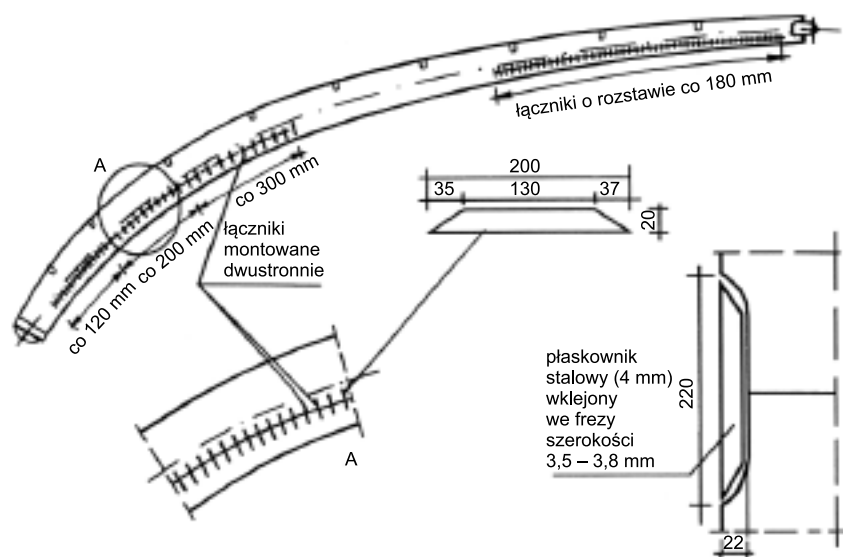
Grupa	Czynnik	Przykłady	Skutek
Błędy projektowe	deszcz, śnieg, kondensacja pary wodnej, niedostosowanie stopnia zabezpieczenia do warunków środowiskowych	ekspozycja przypadkowych części dźwigarów na zewnątrz bez należytej ochrony np. przez impregnację, wykonanie obróbek blacharskich, zadaszenie; brak odwodnienia w okuciu podporowym; brak odprowadzenia skroplin np. w okuciu podporowym; ze stalowego pokrycia, obudowa dźwigarów bez zapewnienia wentylacji, brak lub niewłaściwa impregnacja drewna przed czynnikami biologicznymi oraz ogniem	zawilgocenie, zagrzybienie – rozkład drewna, porażenie przez owady, powstanie rozwarstwień i pęknięć w przekroju dźwigarów w strefach przypadkowych oraz na długości
Błędy podczas montażu	niewłaściwe magazynowanie dźwigarów	składowanie bezpośrednio na ziemi, bez zabezpieczenia przed opadami i wilgocią	zawilgocenie, zagrzybienie – rozkład drewna, porażenie przez owady, powstanie rozwarstwień i pęknięć
		nieusunięcie śrub montażowych	miazdzenie drewna w okuciu podporowym
Błędy eksploatacyjne	dotychczasowe obciążenie konstrukcji	wykonanie dodatkowych warstw poszycia, podsufitki lub montaż dodatkowego wyposażenia	powstanie rozwarstwień i pęknięć, nadmiernych ugięć
	powstanie nowych źródeł zawilgocenia – kondensacja pary wodnej	zmiana przeznaczenia obiektu; obudowa odkrytych wcześniej fragmentów dźwigarów bez zapewnienia wentylacji	zawilgocenie, powstanie rozwarstwień i pęknięć, zagrzybienie – rozkład drewna, porażenie przez owady
	zaniechanie okresowych przeglądów	nieprzestrzeganie przepisów Prawa budowlanego – art. 62	zbyt późna reakcja na sygnały o zagrożeniach, dopuszczenie do powstania stanów awaryjnych

ploatacji, ustalić czynniki, które prowadzą do degradacji konstrukcji z drewna klejonego warstwowo oraz opisać skutki popełnionych błędów. Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli.

Rozwarstwienia (zarysowania) dźwigarów z drewna klejonego warstwowo znacznie obniżają nośność przekroju poprzecznego konstrukcji. Naprawy tego typu uszkodzeń wykonano dwiema metodami:

- **podatną** – z zastosowaniem połączenia łącznikami mechanicznymi tzw. żyłkami z płaskowników stalowych (rysunek 2);
- **iniekcji z zastosowaniem żywicy epoksydowej**.

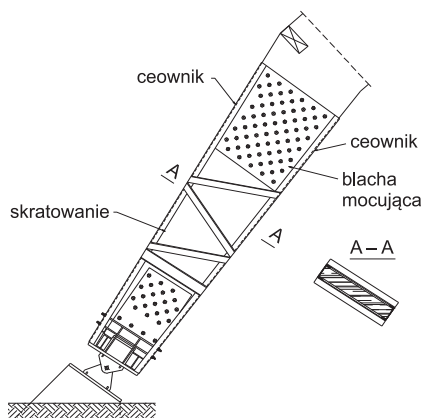
Do naprawy konstrukcji drewnianych, które uległy korozji biologicznej (zostały porażone przez owady i grzyby, wystąpił rozkład drewna), zastosowano metodę „flekowania”, tzn. uzupełnienia ubytków zniszczonego drewna starannie do-



Rys. 2. Projekt naprawy rozwarstwionego dźwigara metodą „żyłek”

pasowanymi i zaimpregnowanymi fragmentami nowego drewna.

Przy dużych uszkodzeniach konieczne było wykonanie dodatkowych okuć stalowych, które zabezpieczyły dźwigary przed utratą zdolności do przenoszenia obciążeń (rysunek 3). Po zakończeniu prac naprawczych zaimpregnowano dźwigary metodą powierzchniową.



Rys. 3. Naprawa uszkodzonego dźwigara metodą dodatkowego okucia stalowego

Ocena skuteczności wykonanych napraw i zabezpieczeń

Naprawa pęknięć i rozwarstwień. W 1980 r. podczas budowy sportowej hali lekkoatletycznej w Spale stwierdzono, że jeden z dźwigarów jest rozwarstwiony. Pęknięcie przebiegało przez jedną spoinę, co świadczyło o błędach popełnionych w procesie produkcyjnym. Opracowano wówczas metodę scalenia rozwarstwień

konstrukcji z zastosowaniem wkładek stalowych wykonanych z płaskowników („żyłek”) i wklejeniu ich za pomocą żywicy epoksydowej we frez wykonany za pomocą piły tarczowej (rysunek 2). Wykonane po ponad 30 latach eksploatacji obserwacje wykazały, że zastosowana metoda jest skuteczna w przenoszeniu obciążeń rozwarstwiających. Nie zaobserwowano żadnego rodzaju uszkodzeń ani objawów starzenia kleju żywicznego. Można więc uznać, że trwałość tej metody jest zadowalająca.

Nową próbę scalenia uszkodzonych (rozwarstwionych) dźwigarów podjęto na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Metoda polegała na wykonaniu połączenia niepodatnego, przez wcisnięcie w powstałe rysy (rozwarstwienia) żywicy epoksydowej z dodatkiem mączki koloidalnej. Z badań laboratoryjnych wynika, że nośność tak wykonanej spoiny jest większa od nośności drewna na ścinanie. Obecnie stan napraw dźwigarów jest na ogół zadowalający. Jedynie w kilku dźwigarach stwierdzono rozwarstwienia w spoinach klejonych, występujące na długości ok. 1 m.

Naprawa uszkodzeń w wyniku korozji biologicznej. Po starannym usunięciu porażonych przez grzyby i zmurszałych fragmentów drewna wykonano dezynsekcję metodą gazowania, a następnie impregnację odsłoniętych części dźwigarów preparatem bio- i ogniochronnym metodą smarowania. Wzmocnienie stref przy podporowych w dźwigarach wykonano przez:

■ wklejenie wkładek z drewna (deski, bale lub elementy z drewna klejonego warstwowo) w miejscach uszkodzonych skrajnych części przekroju dźwigara lub w środ-

kowych partiach przekroju za pomocą kleju sporządzonego z żywicy epoksydowej z dodatkiem koloidalnej mączki krzemianowej jako środka tiksotropowego;

■ wypełnienie żywicą epoksydową ubytków punktowych, najczęściej nad stalowymi okuciami strefy podpór (od spodu dźwigara) lub na powierzchniach bocznych.

Obecnie stan przeważającej liczby naprawionych dźwigarów jest zadowalający. Ze szczegółowych oględzin strefy przyporowej dźwigarów w hali w Zgierzu wynika, że szerokie zadaszenie zapewnia dobrą ochronę drewna przed zawilgoceniem wskutek bezpośredniego wpływu opadów (deszczu, śniegu). Naprawione dźwigary tej hali są w dobrym stanie. Wykonane zadaszienia nie osłoniły jednak drewnianych stężeń – ich ochrona przed wodą opadową jest niedostateczna. Stężenia podlegają zawilgoceniu wodą ściekającą po osłonie elementu, która jest wykonana z blachy, a następstwa zawilgoceń zaobserwowano w dolnej strefie elementów stężeń.

Stan techniczny wzmocnień wykonanych za pomocą dodatkowego okucia stalowego. Indywidualnie zaprojektowane i wykonane wzmocnienia za pomocą stalowych okuć są w dobrym stanie. Żadne z nich nie osiągnęło stanu granicznej nośności lub użyteczności (przeciążenia, odkształceń). Ochronne powłoki malarskie również zostały starannie wykonane i są w dobrym stanie.

Stan powłok zabezpieczających. Prace naprawcze dźwigarów polegały na dezynsekcji i impregnacji powierzchniowej środkiem zwalczająco-zabezpieczającym przed biokorozją. W hali w Bełchatowie powierzchnie dźwigarów zostały dodatkowo pokryte powłoką malarską. Z oceny skuteczności wykonanych zabezpieczeń wynika, że nie ma rozwoju czynników biologicznych (owadów, grzybów), lecz powłoka malarska może maskować korozję. Konieczne są więc szczególnie staranne okresowe przeglądy obiektu.

Podsumowanie

Wykonane 10 – 30 lat temu naprawy i zabezpieczenia uszkodzonych dźwigarów hal sportowych wykonanych z drewna klejonego warstwowo można uznać za skuteczne. Szczególnie dotyczy to metod naprawy pęknięć i rozwarstwień. Istotnym elementem napraw wynikających z uszkodzeń biokorozyjnych było zadaszenie stref przyporowych łuków. Jak wykazały oględziny hali w Zgierzu, ochrona przed bezpośrednim oddziaływaniem wody opadowej jest decydująca.