

Prof. Inż. Dr. ANDRZEJ PSZENICKI

Stalowo-szkieletowe budownictwo przemysłowe.

Konstrukcje stalowo-szkieletowe, które wprowadzono tak szybko w budownictwie mieszkaniowym, stanowią dzisiaj również jedną z obszerniejszych dziedzin budownictwa przemysłowego.

Główną cechą a zarazem różnicą charakteryzującą budowlę tego typu w porównaniu z innymi jest to, że elementy nośne, które podtrzymują cały budynek, przenoszą obciążenie na grunt tylko w poszczególnych oddzielnych punktach, podczas gdy ciśnienie budowli z cegły, kamienia lub betonu rozkłada się na całym obwodzie budynku. W budynkach monolitowych ściany zewnętrzne oraz ściany wewnętrzne są elementami nośnymi, gdy tymczasem w budowlach szkieletowych ściany tworzą tylko odgródzenie od otaczającej przestrzeni i jako przytrzymywane przez elementy szkieletu, nie przenoszą obciążenia bezpośrednio na grunt. Dlatego ściany budowli szkieletowych winny być dostatecznie sztywne i wytrzymałe na parcie wiatru. Muszą one również dawać wymaganą izolację cieplną, w którym to celu wykonywa się je ze złych przewodników ciepła.

W budynkach przemysłowych, do których możemy zaliczyć nie tylko budynki fabryczne, lecz również i wszelkiego rodzaju budowle użytkowe i inne, jak hangary lotnicze dla samolotów, balonów, sterowców, garaże samochodowe, dworce kolejowe, muzea, teatry, cyrki i t. p. b. często pożądanym jest, a nawet czasem niezbędnym, by hale były bardzo obszerne i przytem bez jakichkolwiek podpór-słupów w tych halach. Zastosowanie stali daje w podobnych wypadkach bardzo szerokie możliwości.

Stateczność swą budowla otrzymuje tutaj z zabezpieczenia stałości samego szkieletu. We wszystkich przypadkach niezależnie od tego, jaki układ będziemy stosować przy projektowaniu szkieletu, czy to układ słupowy, czy to układ ramowy, zawsze musimy mieć na widoku, że układ ten winien być w całości niezmienny geometrycznie. Zatem ściany i dach, a czasami również płaszczyzna kryjąca górną kondygnację budynku winny być stałe. Dolna płaszczyzna, t. j. ziemia, jest zawsze niezmienna, przeto umoco-

wanie podpór na fundamentach zapewnia w dostatecznej mierze stałość tej płaszczyzny. Zewnętrzne ściany mają konieczną sztywność zapewnioną i bez wiązań dodatkowych, o ile rygle szkieletu połączone są dostatecznie mocno ze słupami. Szkielety ramowe są same przez się dostatecznie sztywne. Zapewnienie tej sztywności przy poinoceniu wypełnienia szkieletu nie wystarcza jednak przy większych budowlach i w kierunku poziomym winno się to zapewnić niezależnie od wypełnienia.

Szkielety żelazobetonowe budowli o znacznych wysokościach otrzymują zbyt wielkie wymiary i przez zajmowanie większej przestrzeni oraz większą wagę są mniej korzystne również i w budownictwie przemysłowym od stalowych.

Wykonanie projektu budowli stalowo-szkieletowej wymaga większej znajomości statyki, niż opracowanie projektu budynku ze zwykłego muru.

Dokładnie obliczony i opracowany w szczególności konstrukcyjnych szkielet stalowy wymaga również wcześniejszego rozplanowania montażu oraz dokładnego określenia położenia instalacji wewnętrznych w projekcie.

Wykonanie budynków przemysłowych stalowo-szkieletowych może być prowadzone w znacznie szybszym tempie, niż budowle z cegły lub kamienia. Szkielet wykonywa się zazwyczaj w warsztatach i w zupełnie wykończonym stanie przewozi się na miejsce robót, gdzie montowanie może odbywać się bardzo prędko. W miarę wykańczania montowania poszczególnych części szkieletu, wykonywać można inne roboty, nie tylko piętrami, lecz i częściami pięter. Tym sposobem wykończenie budynku i oddanie go do użytku może nastąpić w bardzo krótkim czasie. Ma to ważne znaczenie pod względem finansowym, gdyż wyłożony na budowę kapitał procentowuje się bardzo szybko. Standaryzacja różnych elementów szkieletowych może jeszcze więcej skrócić czas wykonania. Zestawienie szkieletu na miejscu nie wymaga odpowiedniej pogody i temperatury powietrza, a montaż można wykonać przy mrozach w zimie i tym sposobem znowu znakomicie skrócić czas budowy.

Na jedno jednak trzeba zwrócić uwagę, a mianowicie na dobre opracowanie planu montowania szkieletu stalowego. Wchodzi tutaj też w grę dźwigi, jakie winny być stosowane, ilość i jakość robotników, gdyż w warunkach dobrze zorganizowanej pracy można osiągnąć znacznie większe oszczędności w wydatkach i na czasie. Kombinowanie dopiero przy wykonywaniu samej budowli często jest zawodne. Dówóz części szkieletu powinien odbywać się również zgodnie z planem montowania.

Jakość tego rodzaju materiału, jakim jest stal, jak również wykonanie szkieletu stalowego nie nasuwają zwykle wątpliwości co do swej wytrzymałości. Daje to nam zupełnie pewne podstawy do projektowania budowli o określonym współczynniku pewności, nawet bez uciekania się do przeprowadzania specjalnych prób, gdyż wyrób stali jest na tyle ustalony i pewny, że zawsze można ją otrzymać w stałych cechach wytrzymałościowych. Wykonanie zaś szkieletu stalowego w warsztatach przez wykwalifikowanych robotników, którzy czasami przez całe swoje życie spełniają jedne i te same roboty, może stanowić dostateczną gwarancję należytego i dokładnego wykonania roboty. Nie można tego powiedzieć o innych konstrukcjach, które wykonywane są często przez przygodnych sezonowych robotników.

Jedną z najważniejszych zalet budowli przemysłowych stalowo-szkieletowych jest możliwość uniknięcia często drogich i skomplikowanych rusztowań i szalowań. Po zestawieniu dolnych części szkieletu górne części są składane prawie bez rusztowań. Robotnicy często podnoszą się na znacznej wysokości razem z podciągami, na których siadają i w tej pozycji łączą belkę ze słupami. Szalowanie stropów jest bardzo proste, gdyż można je podwieszać bezpośrednio do belek stropowych.

Fundamenty pod budowle szkieletowe są na ogół tańsze niż pod budowle monolitowe, a w szczególności przy szkieletach stalowych fundamenty są tańsze o 10 do 14% niż przy szkieletach żelazobetonowych. Posadowienie szkieletów na gruntach niezupełnie pewnych, gdzie można oczekiwać nierównomiernego osiadania poszczególnych podpór szkieletu, dla szkieletu stalowego nie jest tak niebezpieczne, jak np. dla szkieletu żelazobetonowego. Przy pewnym osiadanii w poszczególnych elementach konstrukcji stalowej może dojść naprężenie do granicy płynności, co może spowodować pewne odkształcenia stałe, lecz nie będzie to jeszcze sprawą niebezpieczną dla samej budowli.

Obniżenie ciężaru szkieletu, tak stalowego jak i żelazobetonowego, a więc i kosztów budowli, można osiągnąć przez stosowanie wypełniania ścian materiałami lekkimi odpowiednio wytrzymałymi i dobrymi izolatorami ciepła. Na obniżenie ciężaru szkieletów wpływa również m. i. zastosowanie belek ciągłych wieloprzęsłowych zamiast belek rozciętych na podporach.

Elementy szkieletów otulonych betonem lub zaprawą cementową nie podlegają rdzewieniu. Praktyka wykazała, że gmachy szkieletowe stalowe rozebrane po 35 latach swej egzystencji,

miały części szkieletów zupełnie niezardzewiałe i mogły być użyte do innych budowli podobnie jak nowe.

Możliwość przeprowadzenia zmian oraz zwiększenia wysokości budowli, często nawet bez przerwy w pracy i ruchu w ubikacjach wewnątrz budynku, stanowi jedną z dalszych cennych zalet konstrukcyj stalowych w budownictwie przemysłowym. Tak np. przeprowadzono wg. projektu niżej podpisanego podniesienie fabryki sody kaustycznej Towarzystwa Solvay w Polsce w Mątwach koło Inowrocławia. Fabryka ta miała wysokość głównego budynku 23 m i podniesiona została do 43 m bez przerwy pracy w niej. Dokonanie takiej przebudowy byłoby b. trudne np. dla szkieletu żelbetowego i dla budowli zwyklej o ścianach z cegły bądź też z kamienia.

Budynki o szkieletach stalowych mogą być łatwo przenoszone i zmontowane spowrotem w innych miejscach, co jest nie do pomyślenia w budowlach żelbetowych lub monolitycznych.

Ciężar stali przypadający na 1 m³ zabudowanej przestrzeni danej budowli zależy od obciążeń użytecznych, rozpiętości i t. d. Stosownie do tego przyjąć można, że waga stali w budynkach przemysłowych wynosi 18—22 kg/m³ zabudowanej przestrzeni. I tak np. ilość ta w konstrukcji dworca głównego wynosiła 19 kg/m³, w gmachu poczty 24 kg/m³, ale już w warsztatach montażowych zaledwie 8 kg/m³, skutkiem małych obciążeń użytecznych. Widzimy zatem, że dla mniejszych obciążeń przyjąć można ten ciężar w granicach 12—15 kg/m³.

Stosowanie spawania w konstrukcjach stalowo-szkieletowych niewątpliwie zmniejsza ich ciężar i dlatego też, o ile jest pewność, że spawanie będzie wykonane dobrze, należy o ile możliwości je stosować. Na miejscach montowania wygodniej jest stosować nity lub śruby. Jeżeli chodzi o pewność co do jakości wykonanej konstrukcji, to muszą się przyznać, że oddają pierwszeństwo konstrukcjom nitowanym. Spawanie w dużej mierze zależy od subiektywnych cech spawacza.

By zmniejszyć koszty szkieletu stalowego przedewszystkiem nie należałoby stosować ogólnych norm dopuszczalnych naprężeń do wszelkich rodzajów belek. W belkach np. o ściance pełnej, w których nie występują naprężenia drugorzędne, możnaby stosować naprężenia wyższe niż w kratownicach, trzeba tylko pamiętać, że musi być zabezpieczona stateczność. Przy opracowaniu zmian norm dopuszczalnych naprężeń, powyższe powinno być wzięte pod uwagę. Dalej, obciążenia nie należy brać ze zbytmiemi nadmiarami, zapasami, które normalnie miejsca mieć nie mogą.

Stosowanie korzystniejszych kształtowników o dużych momentach bezwładności i niewielkich przekrojach, do prętów o niewielkich siłach ścisłających, dwuteowników szerokostopowych wreszcie innych profiliów ciągnionych z blach cienkich, także niewątpliwie wpłynę na zmniejszenie ciężaru konstrukcji szkieletowej.

Wreszcie zastosowanie stali wysokowartościowej może również przyczynić się do zmniejszenia ciężaru szkieletów stalowych, a przez to i do

ogólnego potaniaenia budowli. Do budowli, w których obciążenie użyteczne jest duże, szczególnie nadaje się stal wysokowartościowa nawet w tych wypadkach, gdyby koszty całości okazały się albo bardzo mało mniejsze lub nawet równe kosztom całości konstrukcji wykonanej ze stali zwykłej.

Przekroje elementów konstrukcji ze stali wysokowartościowej otrzyma się mniejsze, zatem zwiększy się przez to współczynnik użyteczności budowli i zmniejszy się ilość materiału niezbędnego na otulenie przez co również zmniejszą się ogólne koszty.

Z powyższych argumentów widzimy, że stosowanie konstrukcyj stalowych w budownictwie przemysłowym daje szereg niezaprzeczonych korzyści i dlatego budowle stalowo-szkieletowe zasługują na specjalną uwagę konstruktorów, szczególnie w wypadkach, gdy nie tylko koszty, ale całość zagadnienia bierze się pod uwagę.

(Uwaga od Redakcji: Następnie demonstrowane były zdjęcia budowli projektowanych przez prelegenta, które ze względów od niego niezależnych nie mogą być zamieszczone).