Prof. Inż. Dr. STEFAN BRYŁA

# Stalowo-szkieletowe budownictwo mieszkalne.

W ostatnich dziesiątkach lat wieku ubiegłego zaznaczyła się w Ameryce tendencja do budowania wysokich domów, wyższych, niż mogły na to pozwolić dawniej stosowane konstrukcje murowane. Przy wzrastających wysokościach bowiem, filary, nawet z najlepszej cegły i na najlepszej zaprawie, musiałyby stać się tak grube, że musiałyby ucierpieć tak wielkość pomieszczeń dolnych, jakoteż ich oświetlenie. Tymczasem najniższe piętra potrzebują zazwyczaj właśnie jaknajwiększych otworów, choćby z uwagi na sklepy i magazyny.

Trudnościom tym zaradziło zastosowanie stali do budowy domów.

Stal, nawet w swych najsłabszych gatunkach, jest najbardziej wytrzymałym, najsilniejszym materjałem konstrukcyjnym, pozwalającym na możliwie najmniejsze przekroje, pewnym co do swych własności chemicznych, fizycznych i wytrzymałościowych, niezależnym od zmian atmosferycznych, dającym się łatwo zabezpieczyć od ognia i zniszczenia, dającym się łatwo łączyć, tak przegubowo, jak i sztywnie. Zastąpienie zatem filarów murowanych przez słupy stalowe, umożliwiło budowę domów wielopiętrowych. Nie jest to jednak jedyny powód rozwoju konstrukcji szkieletowej jako przeciwstawienie konstrukcjom murowanym. Przemawia za niemi możliwość wyzyskania miejsca, gdyż zamiast grubych murów widzimy słupy z cienkiemi ścianami, większa sztywność i monolityczność konstrukcyj budowanych na niepewnych gruntach, większe bezpieczeństwo na wybuchy (np. katastrofa spowodu wybuchu gazu w r. 1931 w Gdyni byłaby bez porównania mniejsza, gdyby budynek był szkieletowy), łatwe uzyskanie ubikacyj wszelkiego kształtu i typu i t. p.

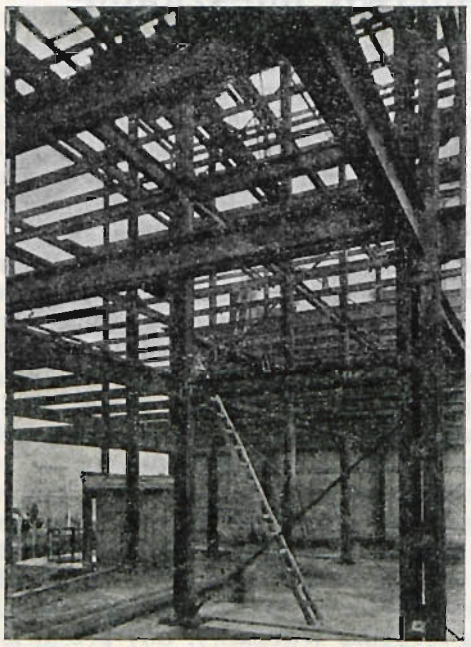
Buduje się wysokich domów coraz więcej. Nie poradzi tu lamentowanie przeciwników tych budowli, nie poradzi uzasadnianie, że one się nie kalkulują, — tylko w niewielkiej ilości wypadków celem ich jest kalkulacja handlowa i opłacalność. Ale, gdyby celem budowli stawianych była zawsze i wszędzie wyłącznie opłacalność, nie mielibyśmy też budynków monumentalnych, a w miejsce pięknej architektury, panowałyby szablon i normalizacja. Zdobimy gmachy reprezentacyjne metalami półszlachetnemi, marmurami, licujemy kamieniami, wprowadzamy ozdobne kształty i oświetlenie — i nikt nie wymienia argumentu „opłacalność". Tak samo niema tego argumentu, gdy w grę wchodzi budowa gmachów wielopiętrowych, które dziś kształtują sylwetkę miast. Czyż Kampanilla wenecka opłaca się?

Tem bardziej, że nawet argument ten wogóle jest często nieprawdziwy. Kalkulacja wysokiego domu jest uzależniona od ceny placu i kosztów budowy; w Down Town Nowego Jorku kalkuluje się bezpośrednio (bez uwzględnienia momentu reklamy) ok. 30—40 pięter, u nas, w środku Warszawy dobrze zaprojektowany budynek, bez luksusowych marmurów i ozdób, dla ok. 10 pięter. Ponadto jednak musi się wziąć pod uwagę kalkulacyjność pośrednią. Jakąż reklamę robi bowiem budowa takich wysokich gmachów! Sylwetka 16 piętrowego gmachu Tow. Prudential zaczyna stawać się coraz bardziej charakterystyczną sylwetką Warszawy. Gdy przedtem mało kto wiedział o tem Towarzystwie, dzisiaj wiedzą o niem wszyscy. Do jakiego stopnia ta reklama się opłaca, mogą powiedzieć tylko finansiści, nie inżynierowie, ale opłaca się napewno. I ona to była głównym czynnikiem, który spowodował, że Ameryka zaroiła się od coraz to wyższych i wyższych budowli, które dzisiaj przewyższyły już paryską wieżę Eiffla i doszły do wysokości 380 *m*. W Stanach Zjednoczonych istnieje dzisiaj przeszło 5000 gmachów t. zw. wysokich („tall buildings"). — I jest rzeczą nieuchronną, że takie „drapacze chmur" będą się coraz bardziej mnożyć w Europie.

Mylne byłoby jednak wiązanie konstrukcji szkieletowej z „drapaczami chmur". Przeciwnie — nadają się one, nawet jeszcze bardziej, dla mniejszych wysokości i wtedy najbardziej się opłacają. Granica ich opłacalności w stosunku do szkieletów żelbetowych leży u nas dzisiaj — przy niskich cenach cementu — mniej więcej na granicy około 8—10 pięter dla konstrukcyj nitowanych, schodzi zaś poniżej tej cyfry dla konstrukcyj spawanych. Cyfry te obniżają się jeszcze, jeżeli konstrukcję stalową zaprojektuje się bardzo oszczędnie. Od tej granicy w dół opłaca się wogóle konstrukcja żelbetowa. Jednakowoż i tu

*

mogą zajść wypadki, gdy wskazana będzie stal, zwłaszcza, gdy prace budowlane — jak u nas często się zdarza — rozpocząć się mogą dopiero późnem latem. Wtedy zastosowanie stali będzie korzystne i pod względem technicznym i pod względem finansowym, chociażby nawet konstrukcja stalowa wypadła drożej, niż żelbetowa. Pod względem technicznym — gdyż budowa może być prowadzona nawet w razie ewent. mrozów, (których nadejście należy uwzględniać na listopad — grudzień), a więc podciągnięta pod dach jeszcze w danym roku. Pod względem finansowym, gdyż doprowadzenie budowli pod dach w danym roku pozwala z reguły na oddanie jej do użytku w następnym, niepodciągnięcie — dopiero w roku trzecim, w konsekwencji zaś oprocentowanie włożonego w budowę kapitału jest o rok wcześniejsze.

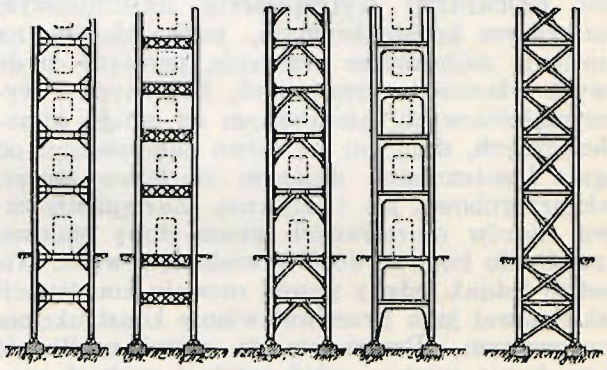


*Ryc. 1.*
*Szkielet stalowy spawany gmachu Izby Skarbowej w Katowicach.*

Dla bardzo małych wysokości, a więc domków parterowych lub jednopiętrowych wysuwa się znów stal, jako jedyna nieomal możliwość szkieletu. Umożliwia ona budowę szybką, niezależną od temperatury, seryjną przy doskonałem wykorzystaniu gruntu (ściany są tu zazwyczaj z różnych materjałów, t. zw. zastępczych, a więc bardzo cienkie), a wreszcie bardzo tania robocizna. Deskowanie i rusztowanie, które dla tak małej budowli z żelbetu nie kalkulowałoby się, odpadają zupełnie, a zastosowanie spawania zmniejsza robociznę do minimum. Budowa takich domków o szkielecie stalowym opłaca się jednak wogóle tylko przy wykonaniu seryjnem.

Właściwym terenem stosowania stalowego szkieletu będą jednak u nas budowle przynajmniej kilkupiętrowe lub wyższe. Szkielet stalowy spełnia w nich zadanie przeniesienia wszystkich działających na budowlę obciążeń, a więc ciężaru własnego samego szkieletu, ciężaru ścian, stropów, obciążeń użytecznych, a wreszcie obciążeń z powodu wiatru, tak podczas montażu, jak i po wykonaniu budowli. Ciężary pierwsze są pionowe, parcie wiatru jest poziome; odpowiednio więc do tych rozmaitych działań musimy zastosować, t. j. wprowadzić w konstrukcję szkieletu stalowego odpowiednie elementy. Belki i podciągi przenoszą obciążenia stropów i ścian każdego piętra na słupy (ryc. 1). Belki mogą być wykonane jako wolnopodparte, częściowo lub zupełnie utwierdzone (zwłaszcza w konstrukcjach spawanych), wreszcie ciągłe. Słupy przenoszą ciężary pionowe możliwie osiowo, lub — o ile to się nie da uskutecznić — mimoosiowo.

Stropy, słupy i ściany spełniają jednak swoją funkcję i w stosunku do drugiego zadania, t. j. przeniesienia parcia wiatru. Zadaniem stropów wykształconych, jako możliwie sztywne tarcze, jest przeniesienie sił w płaszczyznach poziomych na poszczególne układy wiatrownic pionowych. Zazwyczaj sztywność ich jest wystarczająca, by wiatr przenieść. Jeżeli nie, to wprowadzamy w nie specjalne poziome wiatrownice, zwłaszcza w wieżach wysokich budowli, o zarysie belek kratowych, lub wiszących (por. ryc. 4). Wiatr wywołuje również dodatkowe siły w słupach. Konstrukcja taka nie jest w zasadzie sztywna, jednakowoż w niższych i w szerokich budowlach sztywność połączeń belek i słupów jest wystarczająca dla wykonanej budowli, tem bardziej, że ściany, zwłaszcza bez otworów okiennych i drzwiowych stężają budynek również w wysokim stopniu. Większe budynki otrzymują specjalne pionowe wiatrownice (ryc. 2). Praktyka amerykańska poleca zazwyczaj stosować je, gdy stosunek wysokości do podstawy jest większy niż 4 dla budynków obudowanych, wzgl. większy niż 3 dla wolnostojących. Najprostsze i najtańsze są wiatrownice kratowe, jednakowoż można je zastosować tylko w ścianach bezotworowych. W przeciwnym razie stosuje się tężniki ramowe rozmaitych typów; do nich zaliczyć też należy tężniki kątowe. W zasadzie tężniki należy rozmieścić w 2-ch prostopadłych do siebie (w rzucie poziomym) kierunkach; przeprowadza się to rozmaicie, zależnie od rozmieszczenia ścian i otworów w tych ścianach. Jednak nawet

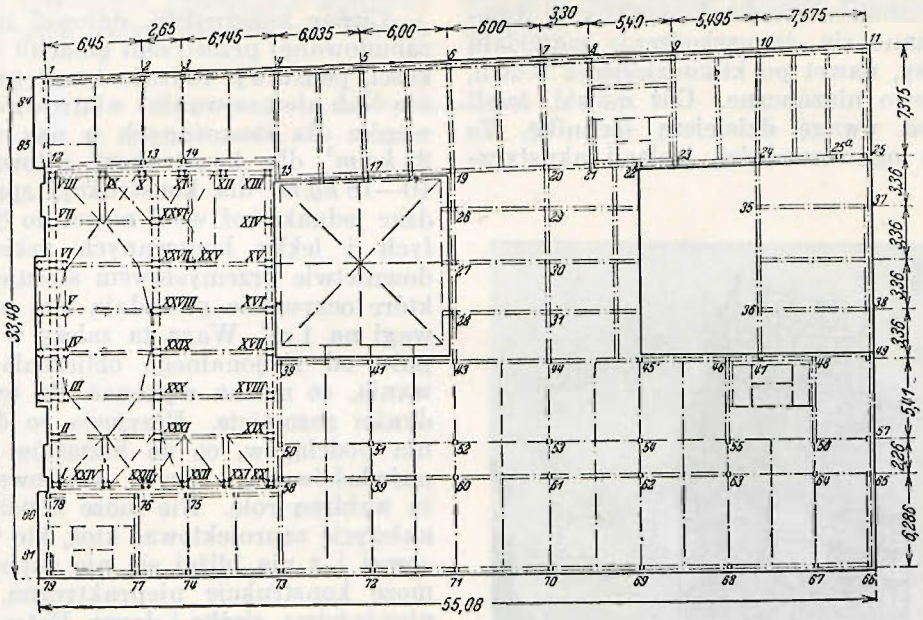


Typy tężników wiatrowych.

*Ryc. 2.*
*Systemy wiatrownic.*

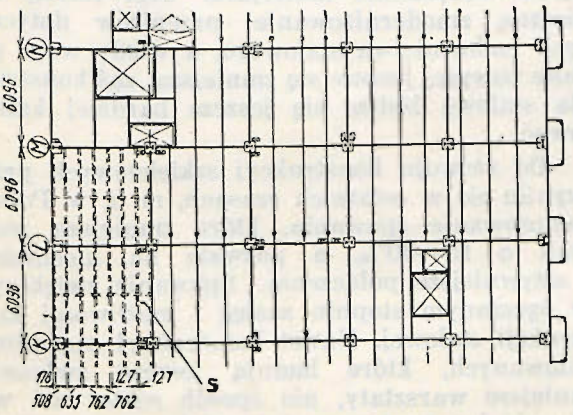
mniejsze budynki muszą być podczas montażu usztywnione czy lekkiemi tężnikami stalowemi, czy też prowizorycznemi drewnianemi.

przez długi czas amerykański drapacz Woolworth Building, został już po wykonaniu fundamentów i rozpoczęciu szkieletu najzupełniej




*Ryc. 3.*
*Rzut poziomy gmachu Prudential w Warszawie.*

Nie trzeba dodawać, że z uwagi na możliwą prostotę, taniość i szybkość wykonania konstrukcji szkieletu i fundamentów, wskazane jest jak najdalej idące znormalizowanie szkieletu kon-

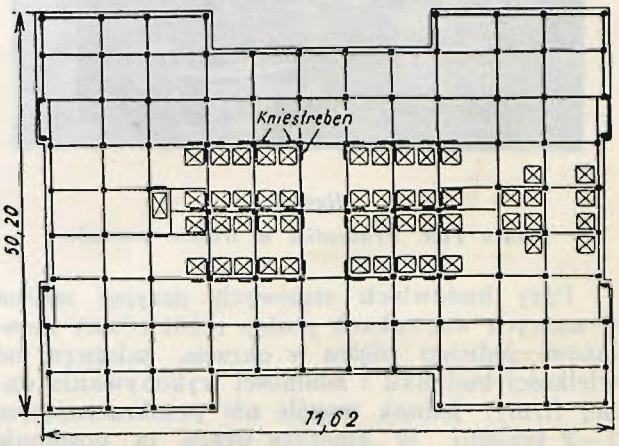



*Ryc. 4.*
*Rzut poziomy Daily News Building w Chicago.*
*S — Strop żelbetowy.*

strukcji, poczynając od rzutu poziomego, poprzez słupy i wiatrownice, a kończąc na szczegółach konstrukcji (ryc. 3, 4, 5). Pewną nieregularność wprowadzają jednak zawsze klatki schodowe, wraz ze schodami i windami. W konstrukcji stalowej nie przedstawiają jednakowoż żadnych trudności takie nieregularności, jak wykusze, wysunięcie czy cofnięcie ścian zewnętrznych i wewnętrznych i t. p. (ryc. 7). Przedewszystkiem jednak łatwe są przeróbki.

Zdarza się u nas bardzo często, że właściciel czy architekt zmienia swoje zamiary w trakcie budowy. Dodanie nowych pięter, zmiana rozkładu pomieszczeń, jest na porządku dziennym. Nietylko zresztą u nas, ale wszędzie. Najwyższy

przeprojektowany i trzeba było go zmienić zupełnie. Tak samo w trakcie budowy gmachu Tow. Prudential w Warszawie, który był projektowany zrazu jako 15-to piętrowy, dodano

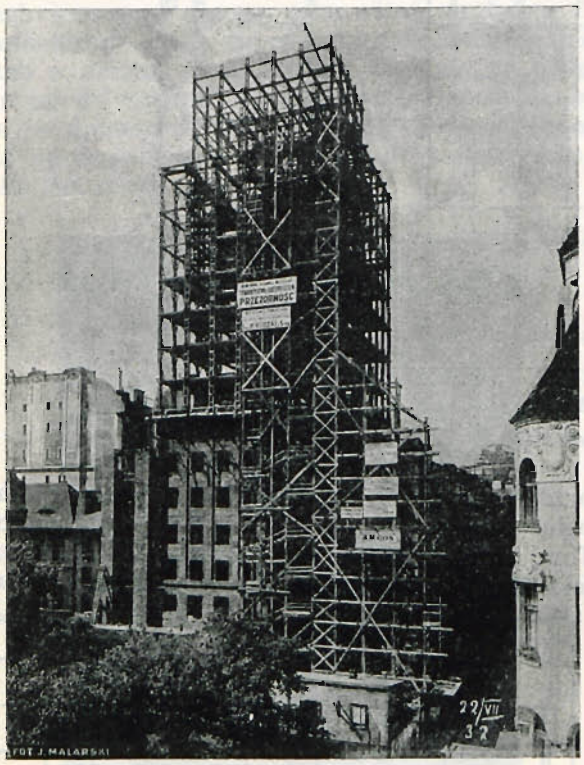



*Ryc. 5.*
*Rzut poziomy Empire State Building w Nowym Jorku.*

już w trakcie wykonywania szkieletu najwyższych pięter — jeszcze jedno piętro. W stalowej konstrukcji jest łatwo też przeprowadzić nietylko wszystkie potrzebne zmiany, ale nawet w razie całkowitej czy częściowej rozbiórki, materjał może być w znacznej części użyty. Dotyczy to nietylko częściowej rozbiórki w razie zmian w trakcie budowy, ale także zupełnej, w razie, gdy po zamortyzowaniu budynku, zostanie on przeznaczony na rozebranie, by ustąpić miejsca nowemu, większemu.

Nie mamy dzisiaj obaw co do trwałości stali z uwagi na możliwość rdzewienia. Nie mówiąc już o stalach nierdzewiejących, mamy przecież wszelką pewność pod tym względem przy otule-

niu konstrukcji betonem, co dziś wykonywa się z reguły w budownictwie. Ale nawet dawniejsze sposoby — powleczenie konstrukcji minją — zabezpieczały od rdzewienia w dostatecznym stopniu. Przy rozbiórce starych budynków w Ameryce, przekonano się, że uszkodzenie materjału z powodu rdzy, nawet po kilkudziesięciu latach, były stosunkowo nieznaczne. Cóż mówić, jeżeli weźmiemy pod uwagę dzisiejszą technikę. To samo dotyczy ogniotrwałości, izolacji akustycznej i t. p.




*Ryc. 6.*
*Gmach Tow. Prudential w trakcie montażu.*

Przy budowlach stalowych przyjąć można w naszych warunkach postęp robót równy montażowi jednego piętra w okresie, zależnym od wielkości budynku i zdolności wykonywania danej firmy, jednak wogóle nie przekraczającym 1—2 tygodni. W Ameryce praca ta postępuje szybciej i liczy się wogóle przeważnie 2 piętra na tydzień. Jednakowoż często spotyka się ten postęp jeszcze większy. N. p. montaż najwyższego dzisiaj 85 piętrowego budynku świata Empire State Building wykonano w 6 miesiącach, pomimo, że tydzień roboczy trwał tylko 5 dni, i że przerwy nocnej w danym wypadku wogóle nie było. W lipcu 1930, wykonano w ciągu 22 dni roboczych 22 pięter.

Ciężar konstrukcji stalowej liczony na 1 $m^3$ zabudowanej przestrzeni gmachu zależy od wysokości, podstawy, rodzaju konstrukcji, zastosowania (lub niestosowania) wiatrownic itd. Waży ona wogóle dla stosowanych u nas wysokości 12—22 $kg/m^3$ dla konstrukcyj nitowanych i około 10—18 $kg/m^3$ dla konstrukcyj spawanych, schodząc jednakowoż wdół nawet do 8 $kg/m^3$ dla małych i lekko budowanych szkieletów. W budownictwie przemysłowem stosuje się duże hale, które oczywiście posiadają tem samem mniejsze wagi na 1 $m^3$. Waga ta zależy w znacznym stopniu od racjonalnego obliczenia i zaprojektowania, co można wykonać dla tego samego budynku rozmaicie. Przyjęcia co do rozmieszczenia podciągów, co do kształtów słupów, co do najwłaściwszego zarysu wiatrownic, odgrywają tu wybitną rolę. Nie może konstrukcji stalowej należycie zaprojektować ktoś, kto w niej nie pracował i z nią bliżej się nie zapoznał, bo zrobić może konstrukcję niepraktyczną, nieraz wręcz niewłaściwą, ciężką i drogą. Dotyczy to konstrukcyj nitowanych, a jeszcze bardziej spawanych.

Należy silnie podkreślić, że przepisy dotychczas obowiązujące nie pozwalają na należyte wykorzystanie wytrzymałości stali. Przepisy, dotyczące betonu i żelbetu, są pod tym względem znacznie bardziej współczesne i pozwalają na lepsze wyzyskanie materjału. Jest rzeczą konieczną zmodernizowanie przepisów dotyczących budownictwa stalowego, a wtedy wagi podane powyżej jeszcze się zmniejszą, zaś konstrukcja stalowa będzie się jeszcze bardziej kalkulować.

Do rozwoju konstrukcyj szkieletowych przyczyniło się w ostatnich czasach, m. i. w Polsce, zastosowanie spawania, które zmniejsza wagę stali o 15—30%, a pozwala na mocniejsze i sztywniejsze połączenia. Spawanie zwiększyło w ogromnym stopniu zasięg i możliwości konstrukcji stalowej. Nawet konstrukcyj zasadniczo nitowanych, które budują jeszcze zwłaszcza mniejsze warsztaty, nie sposób sobie dziś wyobrazić bez zastosowania częściowego spawania i bez cięcia przy pomocy wysokich temperatur.

Stalowe budynki szkieletowe przyszły do nas i rozszerzyły się bardzo szybko dzięki zastosowaniu najnowszych zdobyczy techniki konstrukcyjnej. Wymieniam najwybitniejsze z nich:

| Rok | Gmach | Wysokość | Konstrukcja |
|---|---|---|---|
| 1929 | Centralny Telegraf w Warszawie . . . | 6 pięter | nitowana |
| 1931 | Izba Skarbowa w Katowicach . . . . | 14 pięter<br>6 pięter | nitowana z zastosowaniem spawania<br>spawana |
| 1931—33 | Pocztowa Kasa Oszczędności w Warszawie | 7 pięter | spawana |
| 1932 | Towarzystwo Prudential w W-wie (ryc. 6) | 16 pięter | spawano-nitowana |
| 1933—34 | Gmach Fund. Kwater. Wojsk. w W-wie | 6 pięter | spawana |
| 1934 | Marynarka Wojenna w Warszawie . . | 5 pięter | spawana |
| 1934 | Bibljoteka Jagiell. w Krakowie . . . | 7 pięter | spawana |
| 1935 | Urząd Celny w Gdyni (w budowie) . . | 4 piętra | spawana |

Są to konstrukcje najrozmaitsze. Spotykamy między niemi tak całkowicie szkieletowe, jakoteż mieszane o ścianach zewnętrznych ceglanych. Spotykamy gmachy o średniej wysokości i gmachy wieżowe. W pierwszych przeważnie wiatrownic niema, w drugich odgrywają one rolę bardzo ważną. Wiele z tych konstrukcyj opisywano w technicznych pismach Europy i Ameryki. Należy spodziewać się, że obecnie w okresie przesilania kryzysu i następnie, po jego przeminięciu, budowle szkieletowe stalowe rozwiną się jeszcze bardziej.