



# PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

WYDAWCA SP. Z O. O. PRZEGLĄD TECHNICZNY

REDAKTORZY INŻ. J. FALKIEWICZ I INŻ. M. THUGUTT

Nr. 14-15

WARSZAWA, 21 LIPCA 1937 R.

Tom LXXV

STEFAN BRYŁA

669.14:666.981

## W sprawie stosowania stali wyborowych w konstrukcjach żelbetonowych

W zeszycie 11 „Przełądu Technicznego” z r. b. pojawił się artykuł p. inż. *Friedsteina* p. t. „O uzbrojeniu żelbetonowych zespołów stalą *Griffel*”, dotyczący zresztą w meritum sprawy nie tylko zastosowania stali *Griffel*, ale w znacznym stopniu wogóle zastosowania stali wysokowartościowych w konstrukcjach żelazobetonowych. Nie zajmując się dzisiaj żadnym specjalnym systemem wkładek wysokowartościowych, a tylko wkładkami tymi wogóle, pragnę na ten temat ogólny parę słów powiedzieć. Nie jest bowiem przypadkiem, że stale wyborowe zaczęły wchodzić w zastosowanie na polu nie tylko konstrukcji stalowych, ale i żelazobetonowych. Jest to zupełnie logiczny postęp techniki, a nawet konieczność pod kątem technicznym i gospodarczym, do której dochodzimy w Polsce, podobnie jak w całej Europie.

Podstawą, z której wychodzi się przy ustalaniu naprężeń dopuszczalnych stali (obojętne, czy w konstrukcjach stalowych czy żelazobetonowych) jest granica plastyczności materiału stalowego; ona to, a nie granica wytrzymałości jest podstawą określania naprężeń dopuszczalnych. Na tym stanowisku stają też przepisy wszystkich państw i przepisy polskie również. Stal *Griffel* badana w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów dała wartości  $Q_r = \text{śr. } 4268 \text{ kg/cm}^2$ , stal grzebieniowa wartości  $Q_r = \text{śr. } 4387 \text{ kg/cm}^2$  (obtoczona), względnie  $4531 \text{ kg/cm}^2$  (nie obtoczona; ta właśnie wartość jest miarodajna), stal *Isteg* wartości  $Q_r = 3738 \text{ kg/cm}^2$ . Według przepisów polskich można naprężenia dopuszczalne dla stali wyborowych podnieść w tym stosunku, w jakim pozostaje  $Q_r$  danej stali do  $Q_r$  stali handlowej (żelazo handlowe), które według przepisów należy przyjąć  $Q_r = 2400 \text{ kg/cm}^2$ . W rzeczywistości dla stali handlowej mamy  $Q_r$  nie  $2400 \text{ kg/cm}^2$ , ale znacznie mniej, nawet do  $1700 \text{ kg/cm}^2$ . Dla jakiejś stali wyborowej posiadającej np.  $Q_r = 4000 \text{ kg/cm}^2$ , możemy

podnieść naprężenia dopuszczalne w stosunku  $\frac{4000}{2400} \sim 1,7$  razy, podczas gdy w rzeczywistości ten stosunek granic plastyczności obu stali podnosi się nawet do  $\frac{4000}{1700} \sim 2,4$ . Podnosimy zatem naprężenia dopuszczalne dla stali wyborowej w znacznie mniejszym stosunku, niż wynikałoby, gdybyśmy brali za punkt wyjścia rzeczywiste  $Q_r$  stali handlowej, a więc zwiększamy nawet dla niej współczynnik pewności prawie półtorakrotnie. Oczywiście ważne jest to wszystko w granicach proporcjonalności, ale też w tych granicach zamykamy się obliczeniami.

Uważam zarazem, że naprężenia dopuszczalne przy stalach wysokowartościowych nie powinny być wyższe, niż  $2100 \text{ kg/cm}^2$ , z uwagi na naprężenia rozciągające w betonie i możliwość powstawania rys.

Główny zarzut p. inż. *Friedsteina* w stosunku do stali wyborowych skierowany jest jednak w kierunku konieczności zwiększenia naprężenia dopuszczalnego dla betonu w zginanych urządzeniach żelazobetonowych w razie stosowania dla belki o tych samych wymiarach wkładek o równowartej wytrzymałości. Równowartą wytrzymałością nazywam iloczyn  $f \cdot k$ , przy czym  $f$  oznacza przekrój wkładek, zaś  $k$  naprężenie dopuszczalne.

Rzeczywiście, przy stosowanym dotychczas sposobie liczenia, podnosi się obliczeniowe naprężenie w razie zastosowania wkładek o mniejszym przekroju z powodu przesunięcia się osi obojętnej. Podkreślam „obliczeniowe” i to według obecnie jeszcze stosowanego ale bardzo kwestionowanego i dzisiaj właściwie przestarzałego sposobu obliczenia, który nie jest w zgodzie z rezultatami doświadczeń, polega bowiem na założeniach dość dowolnych, zwłaszcza co do  $n = \frac{E_s}{E_b}$ , który to stosunek współ-

czynników sprężystości zależy od wielu czynników i przyjmowany jest zazwyczaj w bardzo problematycznej wielkości 15 (czasem 10). Nowsze sposoby obliczenia (zwłaszcza metoda *Saligera*), uniezależniają się od tego problematycznego  $n$  są bez porównania bardziej zbliżone do istotnego stanu rzeczy. (Por. np. mój artykuł w *Cemencie* Nr. 6 i 7 b. r. p. t. „Ku racjonalnemu obliczaniu konstrukcji żelazobetonowych”, także szereg artykułów w *Beton u. Eisen* i w pracach II Kongresu Mostów i Konstrukcyj Inżynierskich w Berlinie). One też odpowiadają doświadczeniom z belkami żelazobetonowymi bez porównania lepiej. Gdy zatem doświadczenia wskazują, że belka zbrojona stalą wysokowartościową o równowartej wytrzymałości ma tę samą, a nieraz wyższą nośność, gdy wskazuje to nadto logika, to zgody z rzeczywistością nie należy szukać w teoretycznych wywodach dotychczas stosowanej niedoskonałej metody obliczania, ale w realnych wynikach doświadczeń.

Wnioskować bowiem należy nie tyle na podstawie dedukcji matematycznej, wychodzącej z nieścisłego założenia, ile na podstawie rzeczywistego stanu rzeczy. Bez zastosowania matematyki nie sposób jest obliczyć konstrukcji inżynierskiej, ale koncepcja matematyczna sama dla siebie nie wystarcza, i gdy jest sprzeczność pomiędzy nią a doświadczeniem, miarodajne jest doświadczenie. Dlatego też zamiana wkładek na wysokowartościowe jest zupełnie dopuszczalna przez zastosowanie relacji  $f \cdot k = f_1 \cdot k_1$  (znaczek „ $n$ ” wprowadzony został dla stali wyborowej).

Podnoszenie więc naprężeń dopuszczalnych dla stosowanego dotychczas sposobu obliczenia nie jest bynajmniej „jednostronnym, niczem nieuzasadnionym przyjęciem”, ale wprowadzeniem koniecznej poprawki do tegoż sposobu obliczenia, aby stosować się do rzeczywistości, i do wyników doświadczeń, z czego może nawet nie zdawano sobie sprawy przed kilku laty ale co dzisiaj jest oczywiste.

Dlatego też w konsekwencji przeliczenie przykładu obliczenia, przytoczone przez p. inż. *Friedsteina*, powinno być oparte na tych samych wymiarach betonu, i przy takim bezpośrednim przeliczeniu uzbrojenia na równowartą wytrzymałość według wzoru  $f \cdot k = f_1 \cdot k_1$ , jak to się przyjmuje przy wszystkich stalach wysokowartościowych czy to będzie stal grzebieniowa, czy stal *Griffel* czy stal *Isteg*. A wtedy rezultat porównania będzie inny i nie potrzeba się długo zastanawiać, aby dojść do wniosku, że wkładki ze stali wysokowartościowej opłacają się, niekiedy zaś nawet bardzo.

Ponieważ jednak w konstrukcji żelazobetonowej decydują nie tylko momenty ściśle obliczeniowe, ale także momenty konstrukcyjno-wytrzymałościowe, przeto są elementy konstrukcji, w których stale wysokowartościowe obecnie się nie opłacają i tam ich stosować nie warto. Dotyczy to następujących elementów:

a) płyty żelazobetonowe, tu bowiem odległość prętów od siebie nie powinna wynosić więcej niż  $1\frac{1}{2} g$ , ( $g$  jest grubością płyty);

b) pręty pomocnicze, np. wkładki rozdzielające;

c) bardzo często strzemiona w belkach, a zawsze strzemiona w słupach;

d) pręty podłużne w słupach według stosowa-

nych do dzisiaj przepisów; czynię to zastrzeżenie dla tego, że rezultaty doświadczeń (np. doświadczenia prof. *Paszkowskiego* ze słupami uzbrojonymi stalą grzebieniową, przy których byłem również obecny) dają znakomite wyniki i kto wie, czy od tej zasady nie trzeba będzie odstąpić, wprowadzając nowe wzory dla słupów uzbrojonych stalami wysokowartościowymi;

e) wogóle pręty w elementach ściskanych.

W powyższych wywodach uwzględniłem moment ekonomiczny w znaczeniu jedynie opłacalności konstrukcji na rynku. Chcę uwzględnić również moment gospodarczy z punktu widzenia gospodarki państwowej, którego to punktu wyjścia nie uwzględnia wogóle rynek prywatny, ale na który muszą zwracać uwagę władze — a przecież państwo jest największym zleceniodawcą budowlanym. Sprawa naszego ubóstwa pod względem rud nie może odbijać się ujemnie na stosowaniu stali, bo są obiekty, które musi się w stali budować, albo, które wskazane jest budować w stali. Niemniej to ubóstwo musi prowadzić coraz bardziej w tym kierunku, aby wprowadzać stale wysokowartościowe na miejsce stali handlowej (co zresztą wogóle się opłaca mimo zwiększonych kosztów produkcji). W konstrukcjach żelazobetonowych oznacza to zalecenie stali wysokowartościowych zamiast zwykłej stali handlowej. Oba zatem momenty, ogólnopaństwowy i prywatny kierują do stosowania stali wyborowych i w tym kierunku pójść musi konstrukcja żelazobetonowa w Polsce.

Przy stosowaniu stali wysokowartościowych musimy przecież zwrócić w wysokim stopniu uwagę na sprawę przyczepności wkładek do betonu, która tu odgrywa pierwszorzędną rolę wobec zmniejszenia przekroju wkładek. Wszystkie doświadczenia wskazują na to, że najbardziej wskazane jest zwiększenie przyczepności przez wprowadzenie złączenia mechanicznego, przyczepności mechanicznej (*mechanical bond*), którą uzyskuje się najłatwiej przez zahaczanie wkładek o beton przy pomocy poprzecznych żeberek, co widzimy dzisiaj w stali grzebieniowej. Gdy takie żeberka się zastosuje, to — jak wynika z doświadczeń — można nawet opuścić haki, co oznacza oszczędność na wadze ponad 3%, a na robociznie gięcia wkładek kilkadziesiąt %. Jest to dalsza, najzupełniej słuszna i uzasadniona wszystkimi doświadczeniami premia dla stali wysokowartościowych z żeberkami, pozwalająca na dalszą oszczędność. W stali skręcanej (*Isteg*) przyczepność ta też wzrasta, jednak nie w tym stopniu. Więcej o tym w następnym artykule, który ukaże się w zeszycie 16 „Przeł. Techn.”

Jeżeli uwzględnimy wszystkie wyżej podane czynniki, to dojdziemy do wniosku, że oszczędność przy zastosowaniu stali wyborowych przy stalach żebranych (np. stal grzebieniowa) wynosi 15—20% kosztów uzbrojenia.

Reasumując powyższe, dochodzę do wniosku, że tam, gdzie w porównanie może wejść stosowanie stali handlowej i stali wyborowej, nie ma celu wogóle stosowania stali handlowej (żelaza handlowego). Specjalnie korzystne są stale, przy których przyczepność do betonu jest zwiększona przez wprowadzenie żeberek.