



Green-Tec Solutions Sp. z o.o.

Ul. Kaczeńcowa 27,

91-214 Łódź,

tel. 42 253 16 00,

fax 42 253 16 99

kom. 731 999 270

email: sprzedaz@g-tec.pl, info@g-tec.pl

Materiały pomocnicze

do wymiarowania żelbetowych stropów

gęstożebrowych, wykonanych na

styropianowych płytach szalunkowych typu JS

dr hab. inż. Maria E. Kamińska

dr hab. inż. Artem Czkwianianc

dr inż. Jan Kozicki

mgr inż. Jacek Filipczak

wrzesień 2000r.



Katedra Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej
Department of Concrete Structures Technical University of Lodz

93 - 590 Łódź, Al. Politechniki 6, tel. (0-42) 631-35-75, fax. (0-42) 631-35-84

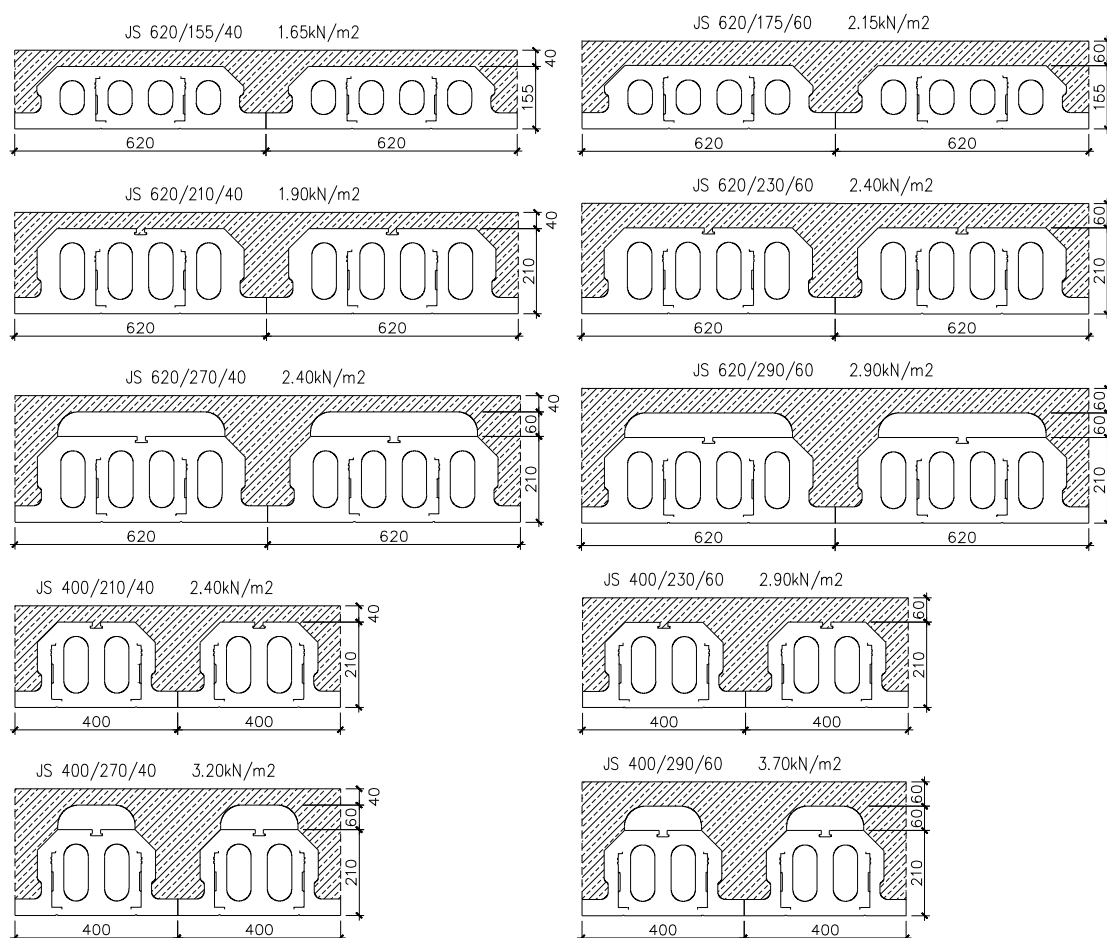
1. Wstęp

Poniższe materiały zostały opracowane przez Politechnikę Łódzką na zlecenie firmy PPHU Jacek Sukiennik.

Monolityczne stropy gęstożebrowe firmy Sukiennik są wykonywane na styropianowych płytach szalunkowych typu JS, które mają aprobatę techniczną Instytutu Techniki Budowlanej nr AT-15-2644/97. Płyty te stanowią jednocześnie szalunek, jak i wypełnienie stropu, co ułatwia i skraca czas jego wykonywania. Dzięki styropianowemu wypełnieniu strop ma bardzo dobrą izolacyjność termiczną. Jest to istotne zwłaszcza dla stropów usytuowanych nad nieogrzewanymi pomieszczeniami piwnicznymi, czy pod nieogrzewanymi poddaszami. Należy też podkreślić, że lekkość tego szalunku ułatwia jego montaż w budynku, a sam strop ma stosunkowo nieduży ciężar własny i bardzo dobrą sztywność, typową dla konstrukcji monolitycznych.

Trzy rodzaje płyty szalunkowej oraz styropianowe nakładki umożliwiają projektowanie pięciu typów stropów, przy czym grubość żelbetowej płyty, wylewanej na szalunku, może być ustalana dowolnie.

Typy stropów i ich ciężary własne przy dwóch założonych grubościach płyty - 40 i 60mm, przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Typy stropów i ich ciężary własne

Różne wysokości konstrukcyjne stropu i różne rozstawy żeber umożliwiają stosowanie tych stropów w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych i wielorodzinnych, w budynkach użyteczności publicznej, a także w budynkach przemysłowych. Projektant ma przy tym dużą swobodę rozwiązań architektonicznych, gdyż tymi stropami można przekrywać rozpiętości do 9.6m.

2. Zasady obliczania i konstruowania

W opracowaniu podano nomogramy ułatwiające dobór wysokości konstrukcyjnej stropu i przyjęcie zbrojenia. Dotyczą one wszystkich pięciu typów stropów przy dwóch grubościach płyty - 40 i 60mm.

Nomogramy opracowano na podstawie normy PN-B-03264:1999, rozpatrując strop jako element wolnopodparty. Założono, że zbrojenie będzie wykonywane na budowie. Do obliczeń przyjęto beton klasy B20 i stal klasy A-III (znak 34GS) oraz na strzemiona stal klasy A-0 (znak St0S-b).

Grubość otulenia głównych prętów zbrojenia przyjęto równą 20mm. Przy średnicy strzemion $\varnothing 6$ mm minimalne grubości otulenia całego szkieletu zbrojenia spełniają wymagania dla klasy środowiska 1.

Rozstawy żeber stropu są uwzględnione w obliczeniach.

Przy doborze wysokości konstrukcyjnej i rozstawu żeber korzysta się z nomogramów typu A (od A1 do A8), a do przyjęcia zbrojenia głównego i strzemion z nomogramów typu B (od B1 do B10) i tablicy B11 lub typu C (od C1 do C10) i tablicy C11, odpowiednio dla grubości płyty stropu 40 i 60mm.

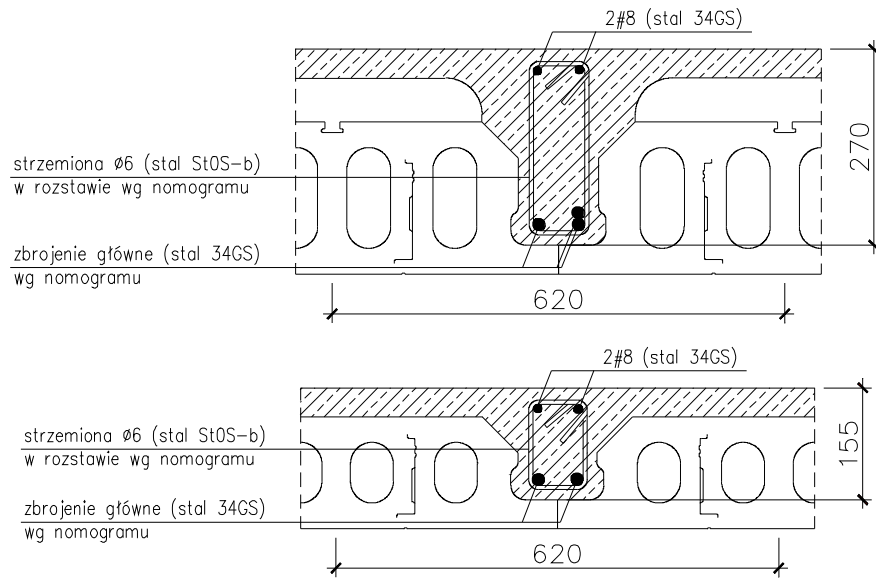
Tradycyjny sposób ukształtowania zbrojenia żebra przy dwóch lub trzech głównych prętach ilustrują rys. 2a i 2b. Podłużne zbrojenie żebra należy powiązać strzemionami, których rozstaw w poszczególnych strefach jest określony w tablicach B11 lub C11, odpowiednio dla stropu z płytą 40 i 60mm.

Można także stosować strzemiona otwarte o kształcie jak na rys. 2c. W tym wypadku zbrojenie żebra stanowią jedynie pręty dolne i strzemiona o rozstawie określonym w tablicach B11 lub C11.

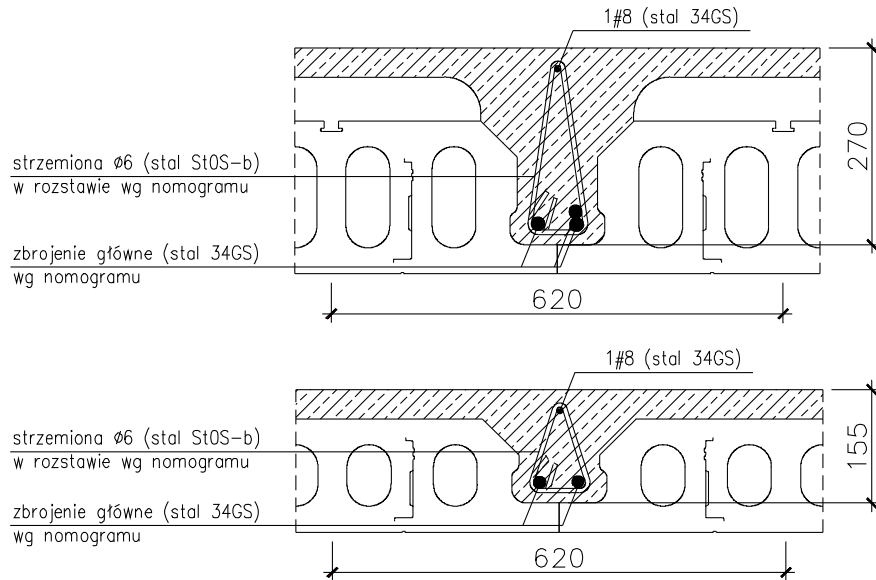
Ze zbrojenia płyty stropu można zrezygnować, jeżeli są spełnione następujące warunki:

- strop z płytą o grubości 40mm
 - obciążenie równomiernie rozłożone ponad ciężar własny stropu $\leq 5\text{kN/m}^2$,
 - strop nie jest obciążony siłami skupionymi,
- strop z płytą o grubości 60mm
 - obciążenie równomiernie rozłożone ponad ciężar własny stropu $\leq 10\text{kN/m}^2$,
 - strop nie jest obciążony siłami skupionymi.

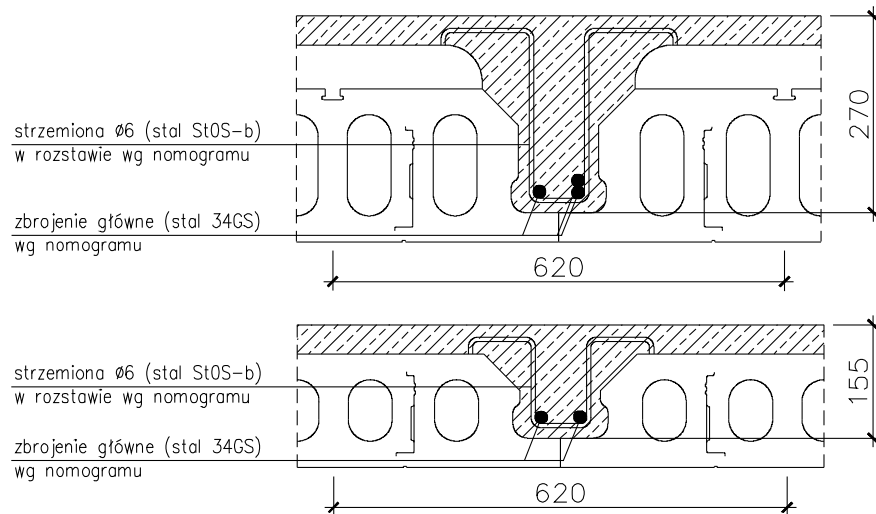
a)



b)



c)



Rys. 2. Zasady zbrojenia stropu

W pozostałych przypadkach płyta stropu powinna być zbrojona siatką z prętów #6mm (stal 34GS) o oczkach 250×250mm. Jeżeli oddziaływania skupione mają charakter ruchomy (np. nacisk kół wózków widłowych), to zaleca się przyjęcie płyty o grubości co najmniej 60mm, zaś zbrojenie płyty należy obliczyć zgodnie z normą PN-B-03264:1999.

W każdym wypadku projektant musi przewidzieć ułożenie w stropie dodatkowego zbrojenia łączącego strop z podporami, według wymagań PN-B-03264:1999 pkt. 9.6, w celu ograniczenia zakresu szkód wywołanych przez oddziaływania wyjątkowe (np. wybuch gazu). Jako część tego zbrojenia można wykorzystać pręty siatki ułożonej w płycie stropu, pod warunkiem ich należytego zakotwienia w wieńcu lub podciągu.

3. Przykłady

Przykład 1

Należy zaprojektować strop o rozpiętości w świetle ścian $L_s=5.80\text{m}$ w budynku szkolnym.

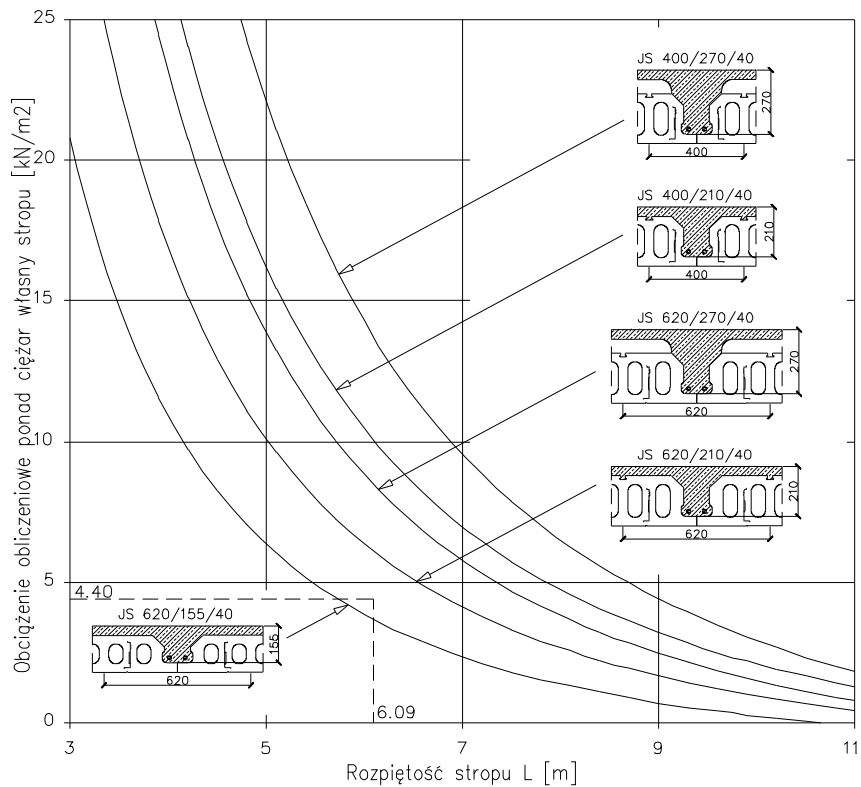
Obciążenie stropu (bez ciężaru własnego) wynosi $[\text{kN}/\text{m}^2]$:

| | obliczeniowe | | | charakterystyczne długotrwałe | |
|---|--------------|------------|------|----------------------------------|-------|
| | char. | γ_f | obl. | % obc. | char. |
| - warstwy wykończeniowe | 1.00 | 1.3 | 1.30 | 100 | 1.00 |
| - zastępcze od ścianek działowych | 0.25 | 1.2 | 0.30 | 100 | 0.25 |
| - użytkowe zmienne (długotrwałe 50%) | 2.00 | 1.4 | 2.80 | 50 | 1.00 |
| | | | 4.40 | | 2.25 |

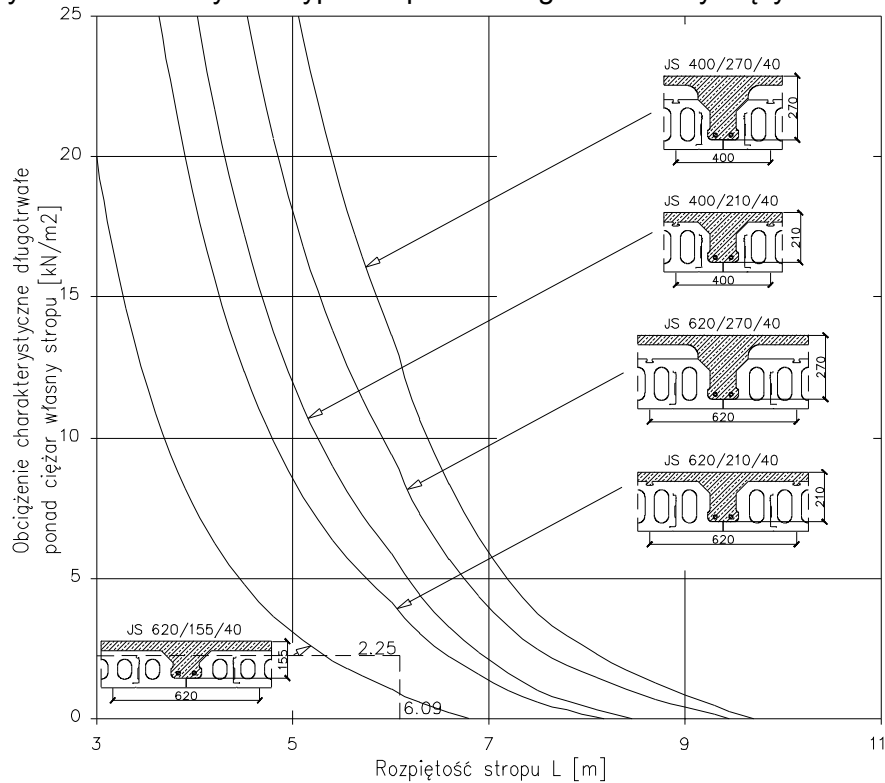
Rozpiętość obliczeniowa

$$L_0=1.05 \times 5.80=6.09\text{m}$$

Ze względu na niewielkie obciążenie użytkowe przyjmujemy strop z płytą górną o grubości 40mm. Z nomogramów A1 i A2 (rys. 3 i 4) wynika, że dla $L_0=6.09\text{m}$ strop o wysokości konstrukcyjnej 210mm, nawet przy zbrojeniu żeber dwoma prętami, jest w stanie spełnić oczekiwania projektowe.

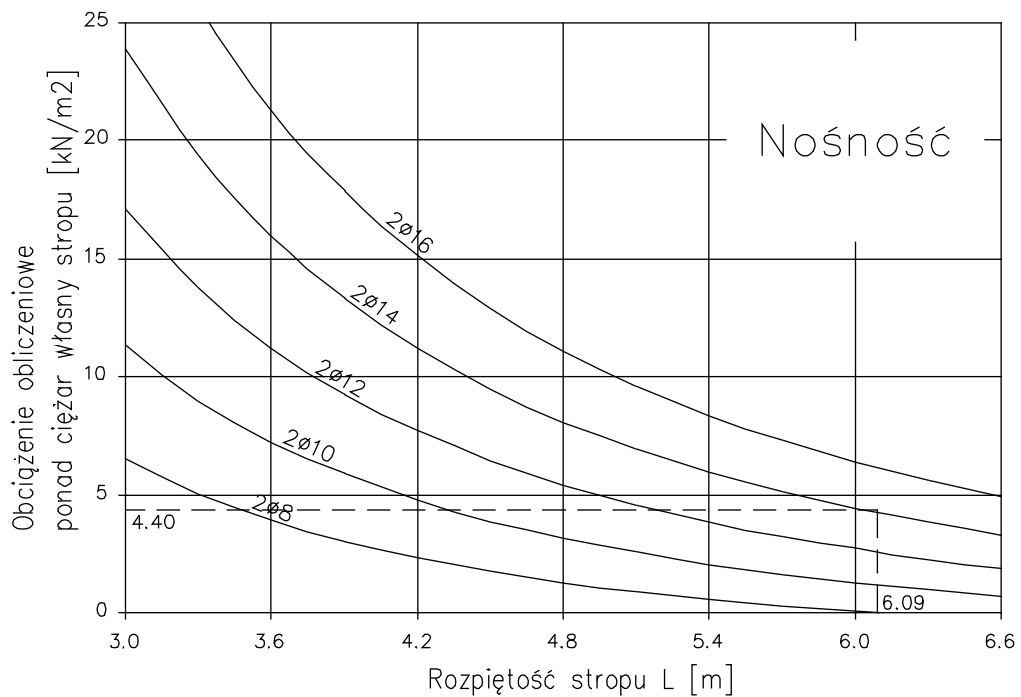


Rys. 3. Zasada wyboru typu stropu - nomogram A1 dotyczący nośności

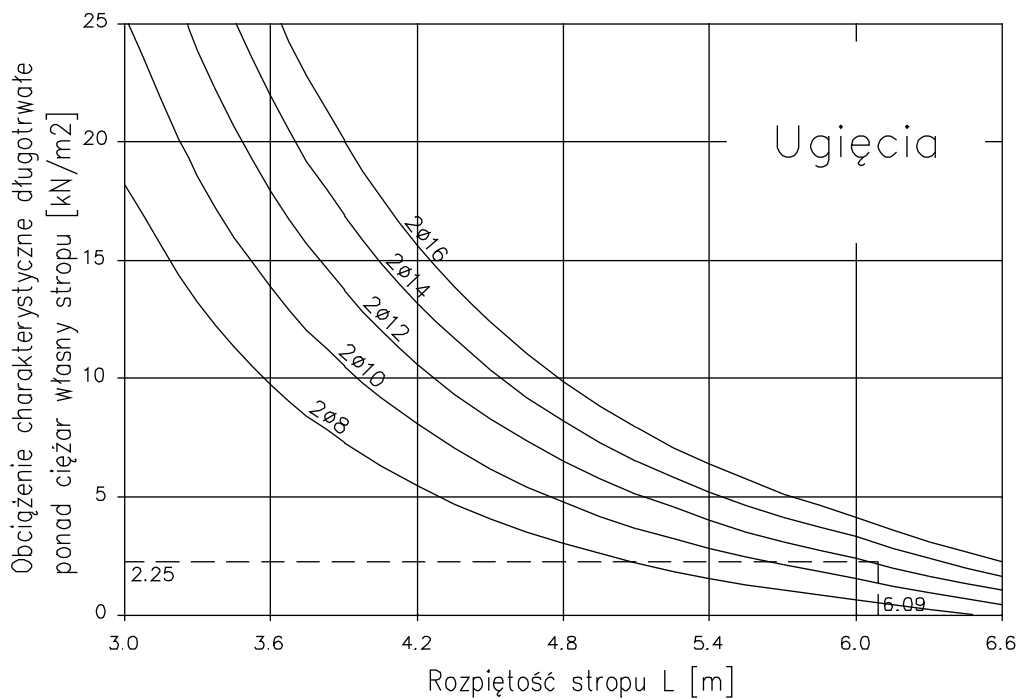


Rys. 4. Zasada wyboru typu stropu - nomogram A2 dotyczący ugięć

Z nomogramów B3 (rys. 5) odczytujemy, że ze względu na nośność potrzebne jest zbrojenie żebra 2#14, a ze względu na ugięcia mniej, bo 2#12mm (rys. 6). Ostatecznie przyjmujemy zatem w każdym żebrze 2#14.



Rys. 5. Odczytywanie zbrojenia potrzebnego ze względu na nośność - nomogram B3



Rys. 6. Odczytywanie zbrojenia potrzebnego ze względu na ugięcia- nomogram B3

Obliczeniowa siła poprzeczna na krawędzi podpory przy ciężarze własnym stropu 1.90 kN/m^2 wynosi:

$$V_{Sd} = 0.5 \times (1.90 \times 1.1 + 4.40) \times 5.80 = 18.82 \text{ kN/m}$$

Z tablicy B11 odczytujemy, że przy zbrojeniu każdego żebra dwoma prętami

$V_{Rd} = 15.28 \text{ kN/m}$, zatem odcinek a wynosi

$$a = \frac{V_{Sd} - V_{Rd}}{V_{Sd}} \times \frac{L_s}{2} = \frac{18.82 - 15.28}{18.82} \times \frac{5.80}{2} = 0.55 \text{ m}$$

Przyjmujemy na odcinkach po 0.55m od lica podpór strzemiona $\varnothing 6$ o rozstawie $s_2=110\text{mm}$, zaś na pozostałej długości żeber stropu o rozstawie $s_1=140\text{mm}$.

Przykład 2

Zaprojektować strop w wielorodzinnym budynku mieszkalnym przy osiowym rozstawie ścian nośnych 9.00m. Szerokość ściany wynosi 0.25m.

Obciążenie stropu (bez ciężaru własnego) wynosi $[\text{kN/m}^2]$:

| | obliczeniowe | | | charakterystyczne długotrwałe | |
|---|--------------|------------|------|----------------------------------|-------|
| | char. | γ_f | obl. | % obc. | char. |
| - warstwy wykończeniowe | 1.00 | 1.3 | 1.30 | 100 | 1.00 |
| - zastępcze od ścianek działowych | 0.25 | 1.2 | 0.30 | 100 | 0.25 |
| - użytkowe zmienne (długotrwałe 35%) | 1.50 | 1.4 | 2.10 | 35 | 0.53 |
| | | | 3.70 | | 1.78 |

Przyjmujemy jak poprzednio strop z płytą górną o grubości 40mm. Na podstawie nomogramu A4 przyjmujemy strop typu JS 400/270/40 o wysokości konstrukcyjnej 270mm, rozstawie żeber 400mm i zbrojeniu trzema prętami w każdym żebrze. Z nomogramu B10 odczytujemy, że o przekroju zbrojenia żebra decyduje ugięcie i że potrzebne jest zbrojenie 3#16mm.

Obliczeniowa siła poprzeczna przy ciężarze własnym stropu 3.20kN/m^2 wynosi:

$$V_{sd}=0.5 \times (3.20 \times 1.1 + 3.70) \times (9.00 - 0.25) = 31.59 \text{ kN/m}$$

Z tablicy B11 odczytujemy, że przy zbrojeniu każdego żebra trzema prętami $V_{Rd} = 30.84 \text{ kN/m}$, zatem odcinek a wynosi

$$a = \frac{31.59 - 30.84}{31.59} \times \frac{8.75}{2} = 0.10 \text{ m} < s_1 = 0.13 \text{ m}$$

Przyjmujemy przy podporach po trzy strzemiona co $0.10 \text{ m} < s_2 = 0.13 \text{ m}$, licząc od lica ściany, a na pozostałym odcinku strzemiona w rozstawie co 0.19 m .

Przykład 3

Zaprojektować strop w budynku magazynu przy osiowym rozstawie podpór 6.00m i obciążeniu użytkowym zmiennym 10kN/m².

Ze względu na możliwość obciążenia stropu wózkami widłowymi przyjęto płytę stropu o grubości 60mm.

Obciążenie stropu (bez ciężaru własnego) wynosi [kN/m²]:

| | obliczeniowe | | | charakterystyczne długotrwałe | |
|--------------------------------------|--------------|------------|-------|-------------------------------|------|
| | char. | γ_f | obl. | % obc. | obl. |
| - warstwy wykończeniowe | 1.20 | 1.3 | 1.56 | 100 | 1.20 |
| - użytkowe zmienne (długotrwałe 80%) | 10.00 | 1.2 | 12.00 | 80 | 8.00 |
| | | | 13.56 | | 9.20 |

Z nomogramów A7 i A8 wynika, że można zastosować strop JS 620/290/60 lub strop JS 400/230/60, z żebrami zbrojonymi trzema prętami, przy czym decydujące jest ugięcie stropu (A8).

Rozważmy obie możliwości.

Strop JS 620/290/60

Z nomogramu C6 odczytujemy, że ze względu na nośność potrzeba 3#16mm, a ze względu na ugięcie 3#12. Przyjmujemy zbrojenie 3#16.

Obliczeniowa siła poprzeczna na krawędzi podpory (b=0.20m) przy ciężarze własnym stropu 2.90kN/m² wynosi:

$$V_{sd}=0.5 \times (2.90 \times 1.1 + 13.56) \times (6.00 - 0.20) = 48.58 \text{ kN/m}$$

Z tablicy C11 odczytujemy, że przy zbrojeniu każdego żebra trzema prętami $V_{Rd} = 21.41 \text{ kN/m}$, zatem odcinek a wynosi

$$a = \frac{48.58 - 21.41}{48.58} \times \frac{5.80}{2} = 1.62 \text{ m}$$

Przyjmujemy na odcinkach równych 1.69m od lica podpór strzemiona $\varnothing 6$ co 130mm, na odcinkach środkowych co 200mm. W każdym żebrze potrzeba zatem 38 strzemion.

Strop JS 400/230/60

Z nomogramu C8 odczytujemy, że ze względu na nośność, jak i ugięcie potrzeba 3#16.

Na podstawie tablicy C11, przy ciężarze własnym stropu 2.90kN/m² (tyle samo co poprzednio) i $V_{Rd} = 25.37 \text{ kN/m}$

$$a = \frac{48.58 - 25.37}{48.58} \times \frac{5.80}{2} = 1.39\text{m}$$

Przyjmujemy na odcinkach równych 1.43m od krawędzi podpory strzemiona $\varnothing 6$ co 110mm, na pozostałym odcinku równym 2.94m co 150mm - łącznie 46 strzemion.

Porównajmy teraz obie możliwości.

Ciężary własne obu stropów są jednakowe, nie będą się więc one różnić pod względem zużycia betonu.

Zużycie stali na główne zbrojenie żeber będzie jednak większe w drugim przypadku, bo trzy pręty #16mm musimy układać co 0.40m. W stropie JS 620/290/60 takie trzy pręty #16mm trzeba ułożyć co 0.62m - zużycie stali na główne zbrojenie będzie zatem niższe o 35%.

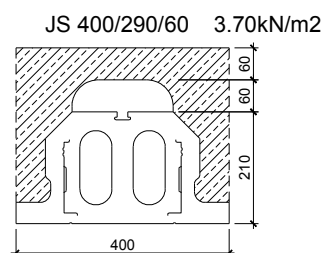
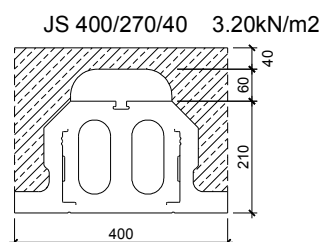
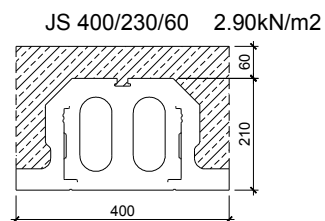
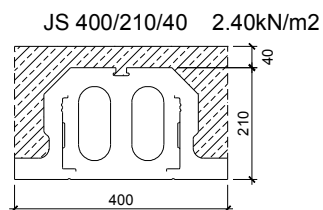
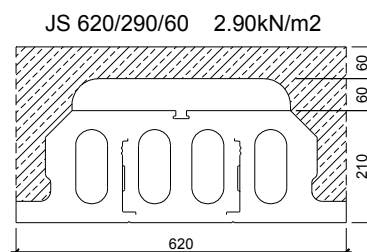
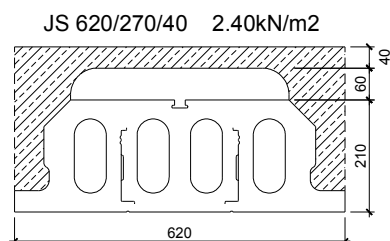
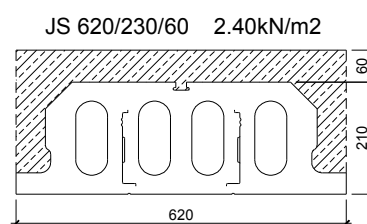
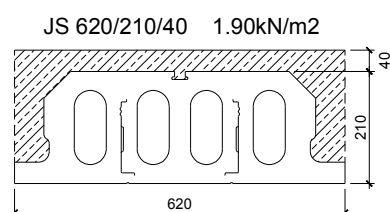
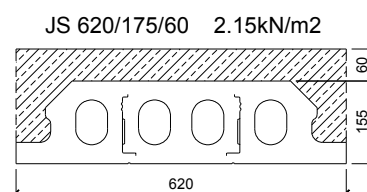
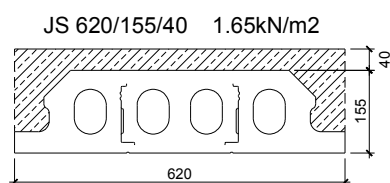
Strop JS 400/230/60 wymaga też wykonania większej liczby strzemion (prawie dwukrotnie), chociaż są one o około 120mm krótsze niż w stropie JS 620/290/60.

Pod względem zużycia stali i pracochłonności wykonania przewagę ma więc strop JS 620/290/60.

Strop JS 400/230/60 wygrywa jednak pod względem wysokości konstrukcyjnej - jest o 60mm niższy. Przy ograniczeniu wysokości przewidzianej na strop to właśnie może decydować o wyborze typu stropu.

Strop monolityczny JS

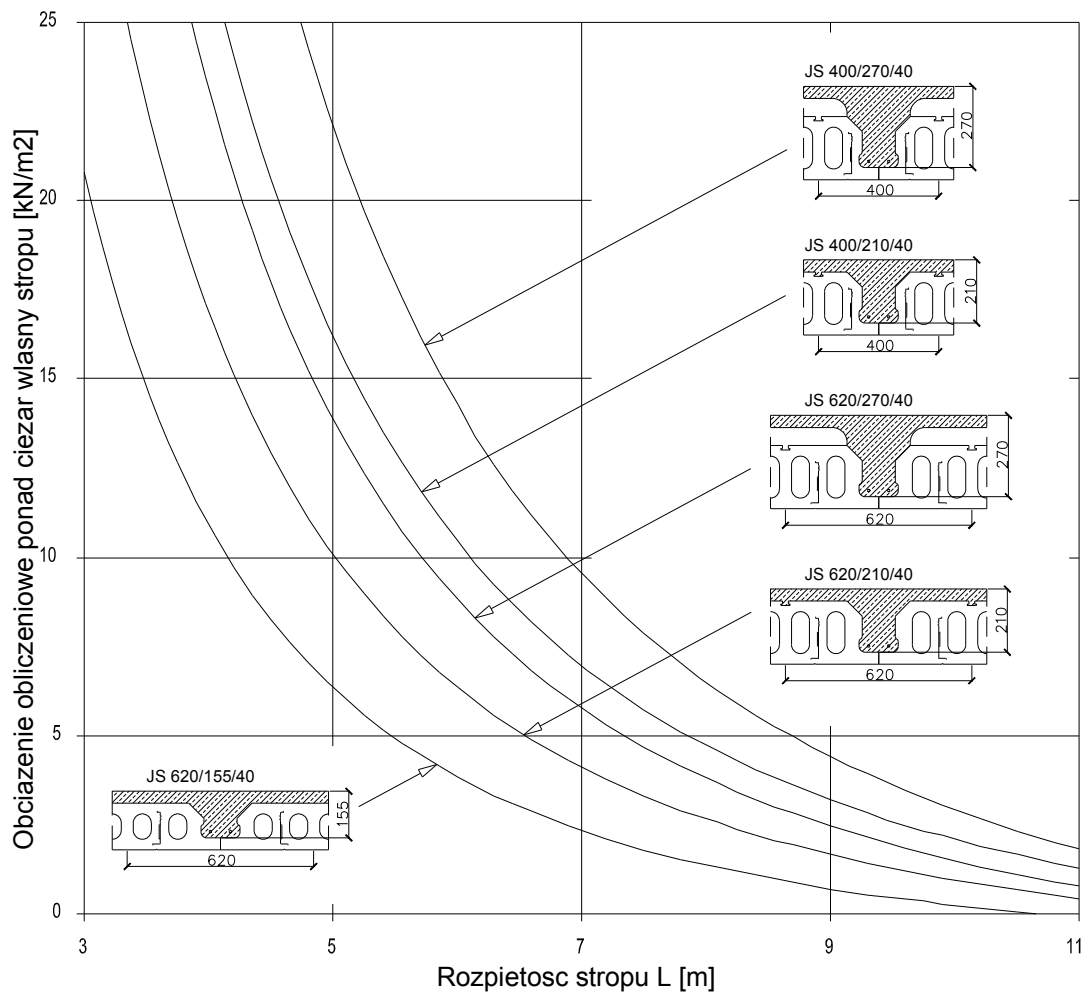
Typy stropu i ciężar własny



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 40mm

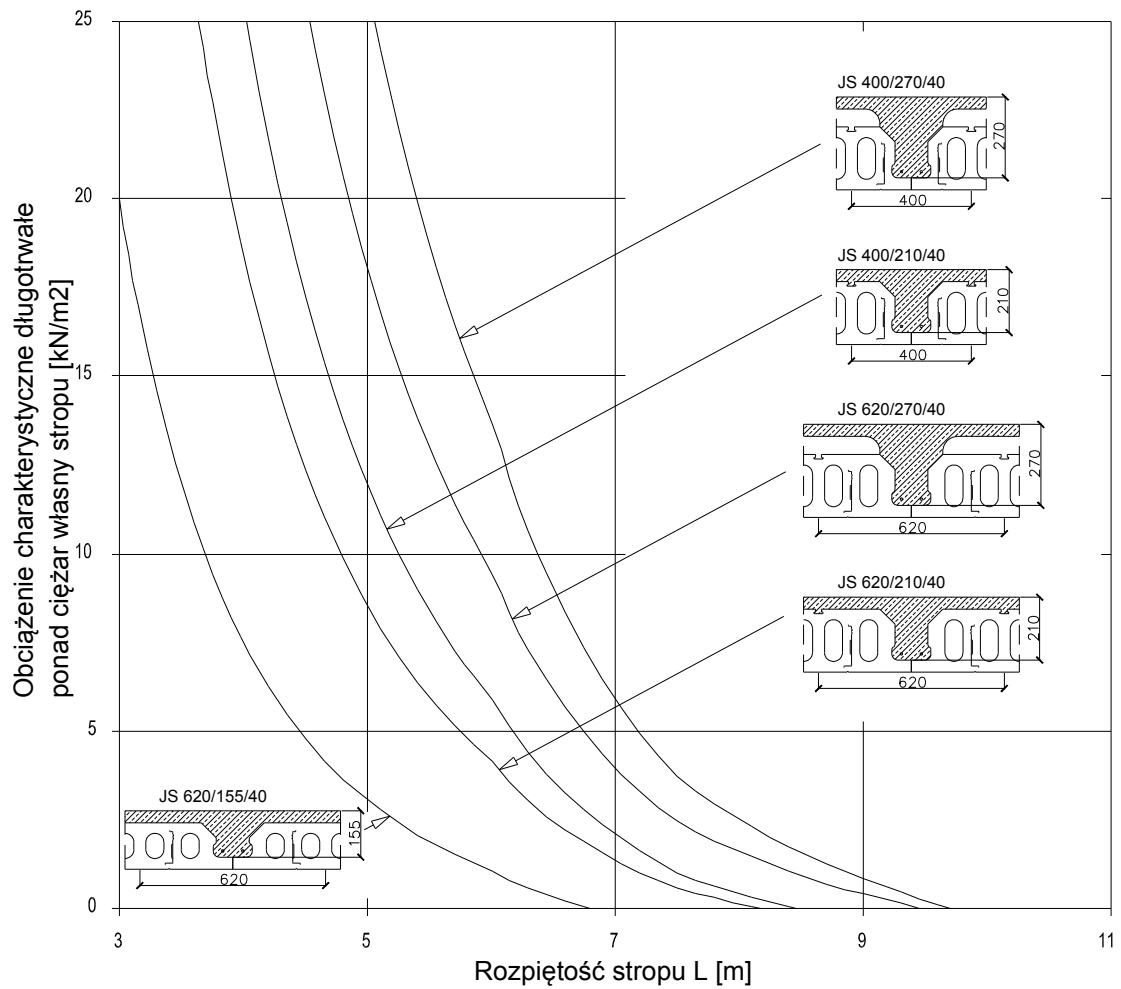
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na nośność
(zbrojenie 2#16 34GS)**



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 40mm

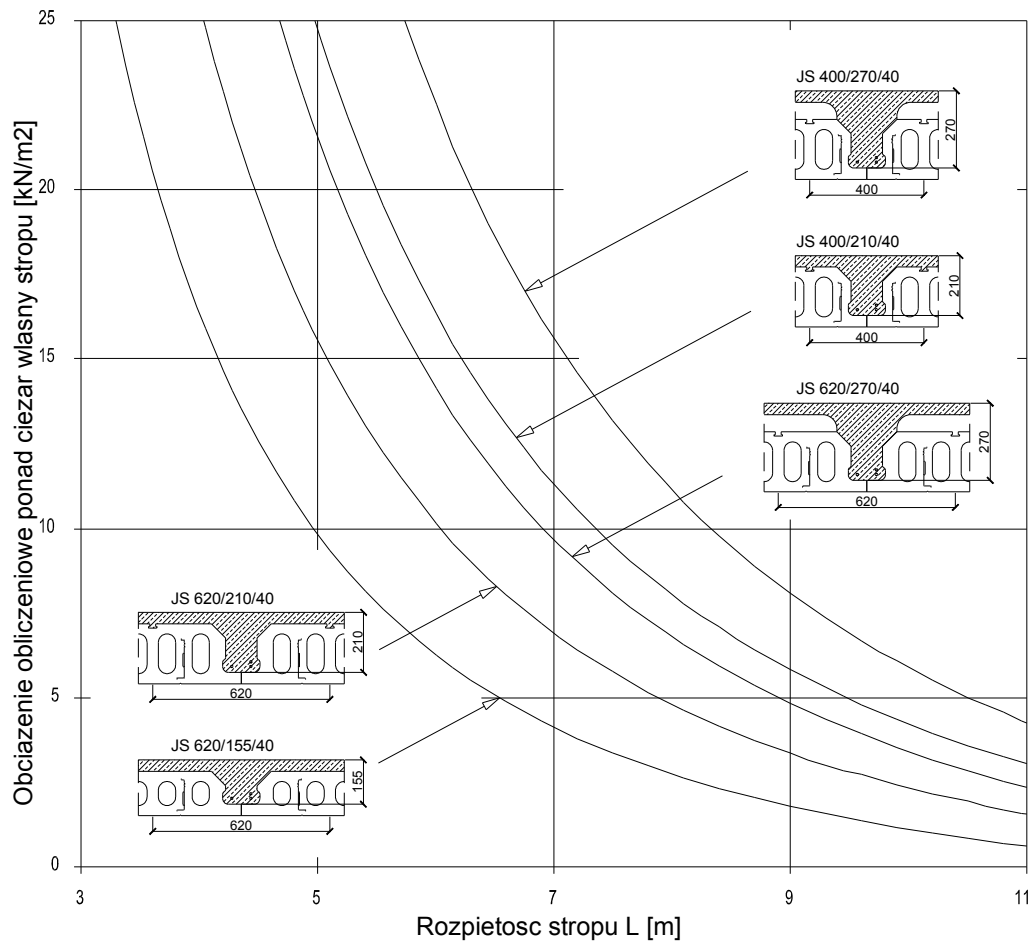
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na ugięcia
(zbrojenie 2#16 34GS)**



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 40mm

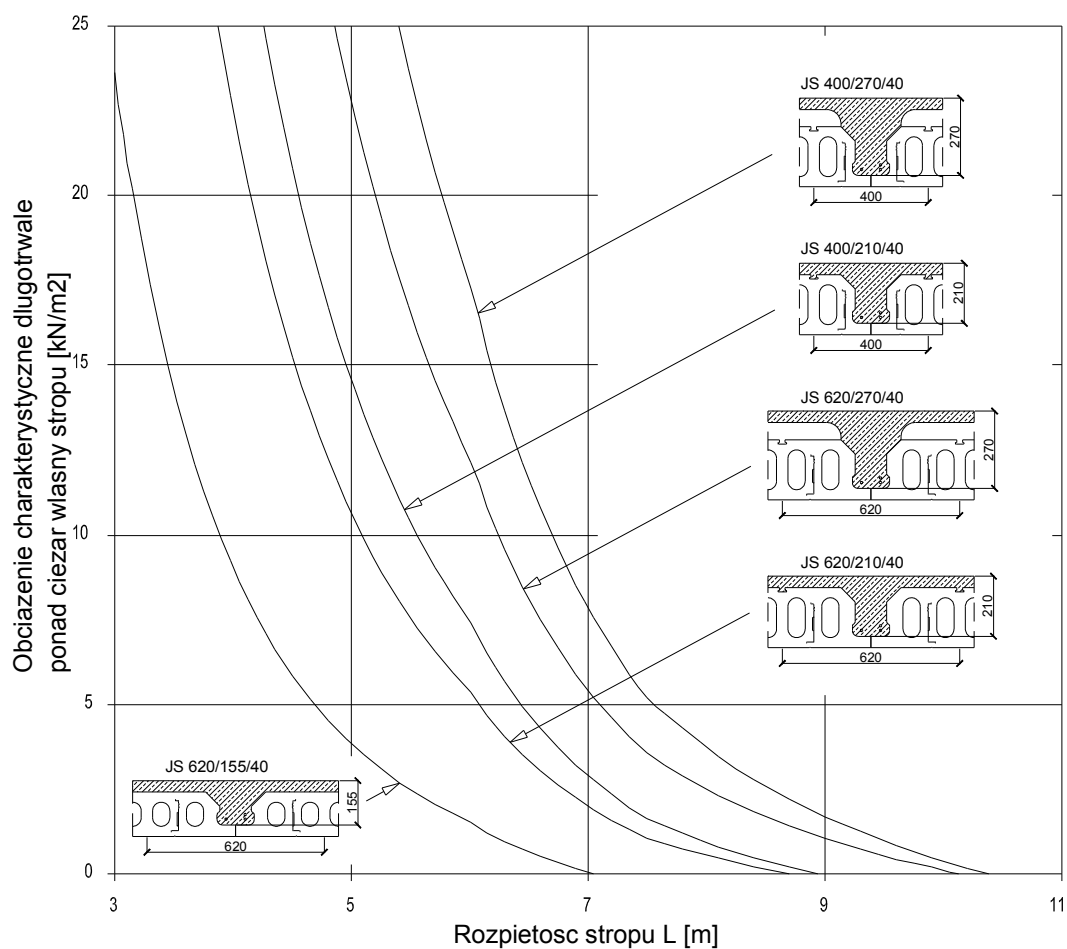
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na nośność
(zbrojenie 3#16 34GS)**



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 40mm

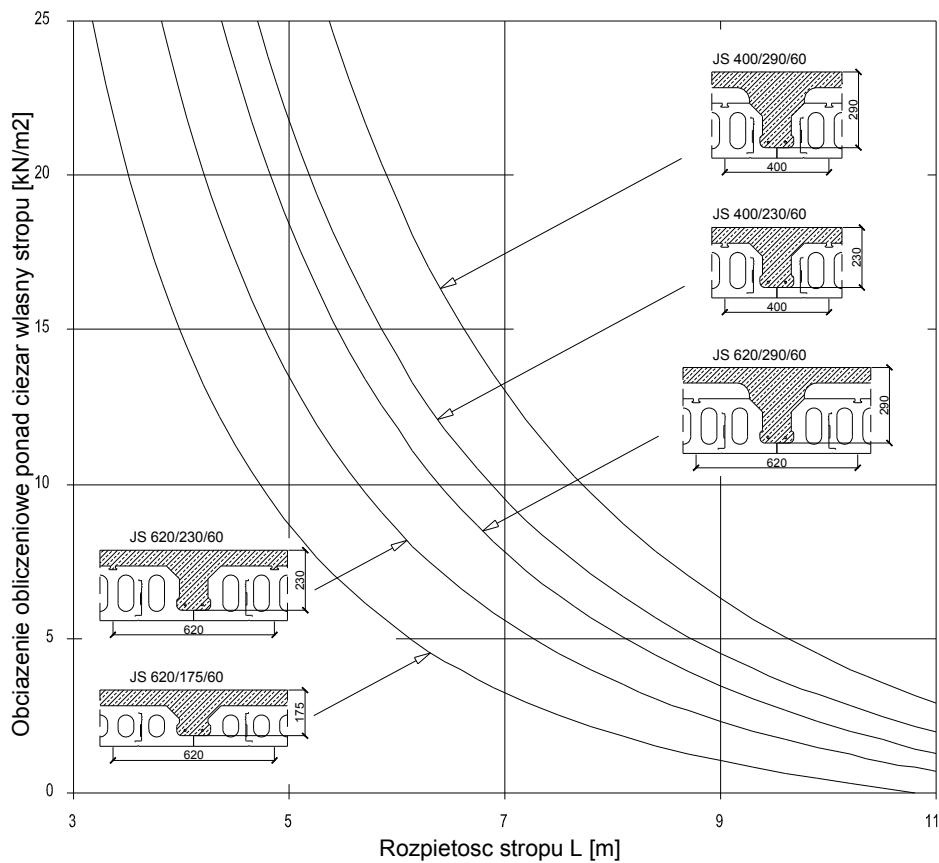
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na ugięcia
(zbrojenie 3#16 34GS)**



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 60mm

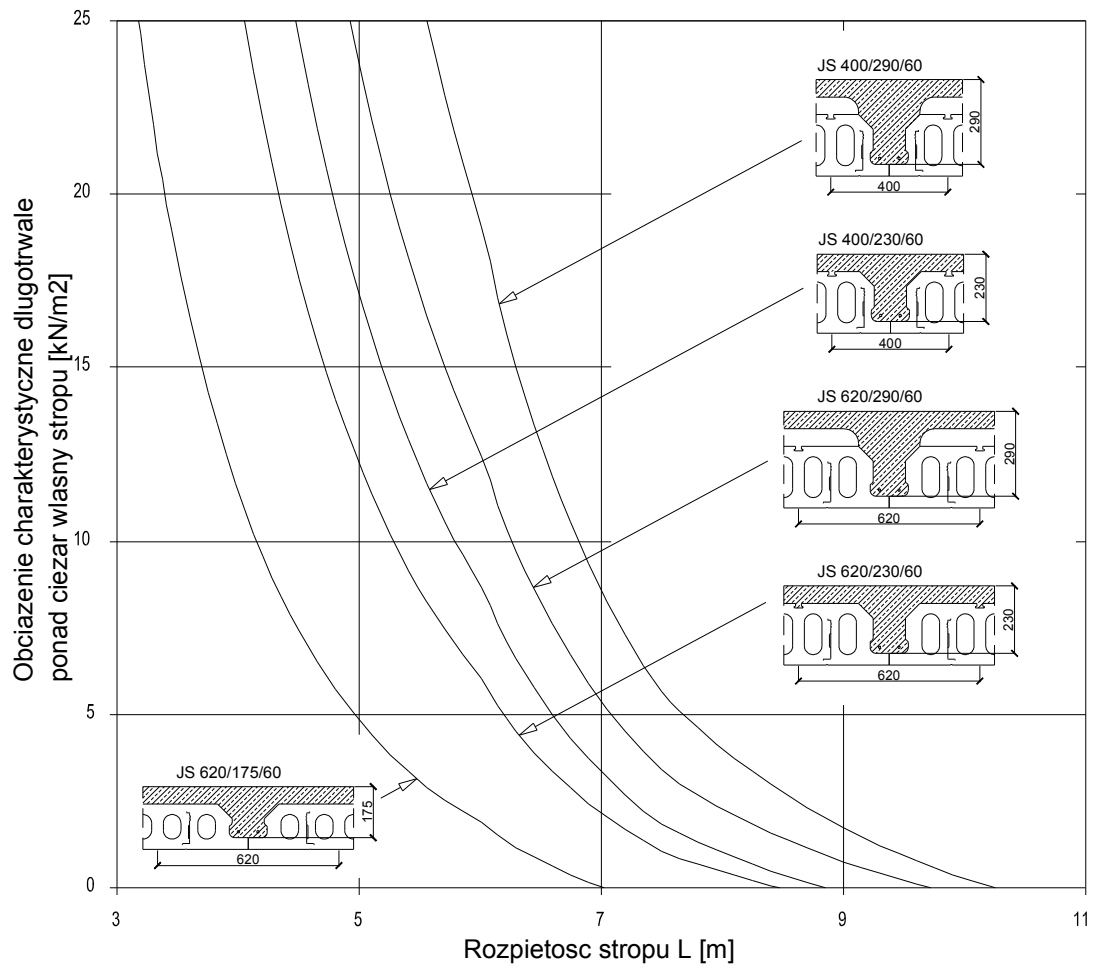
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na nośność
(zbrojenie 2#18 34GS)**



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 60mm

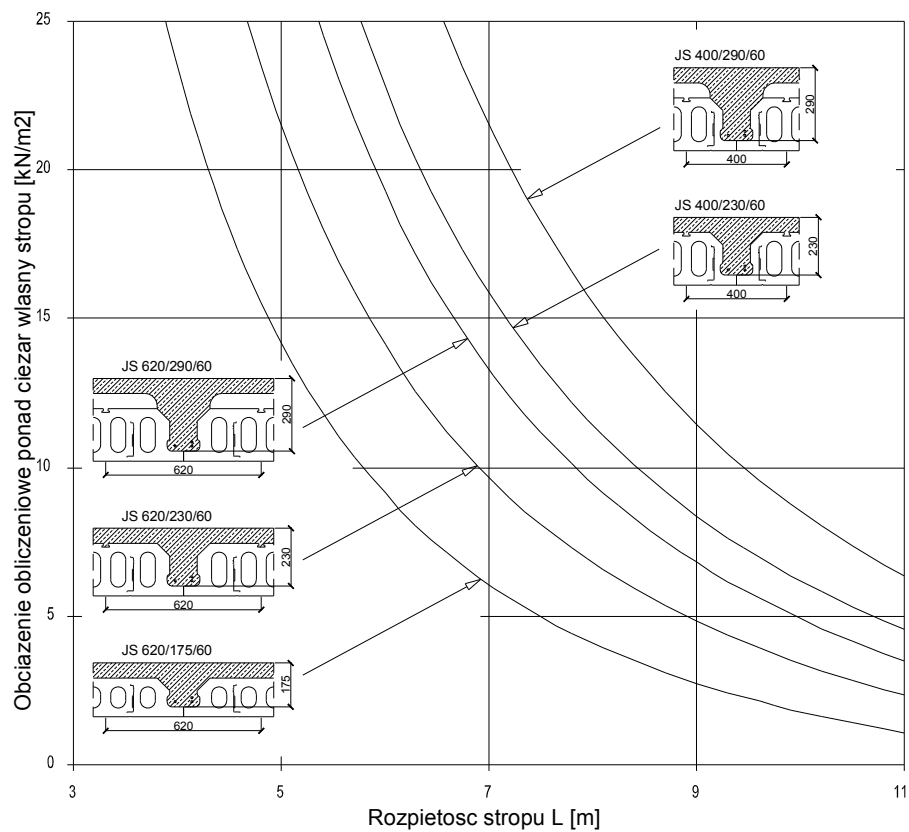
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na ugięcia
(zbrojenie 2#18 34GS)**



Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 60mm

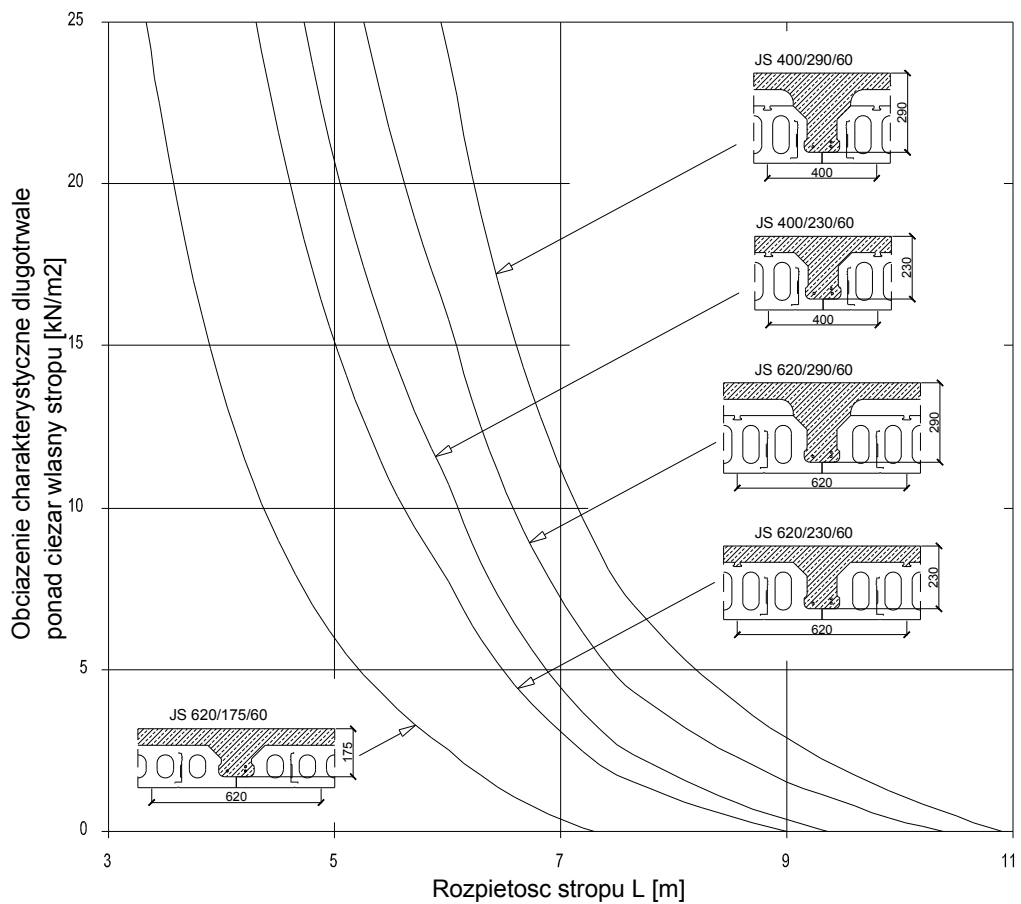
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na nośność
(zbrojenie 3#18 34GS)**



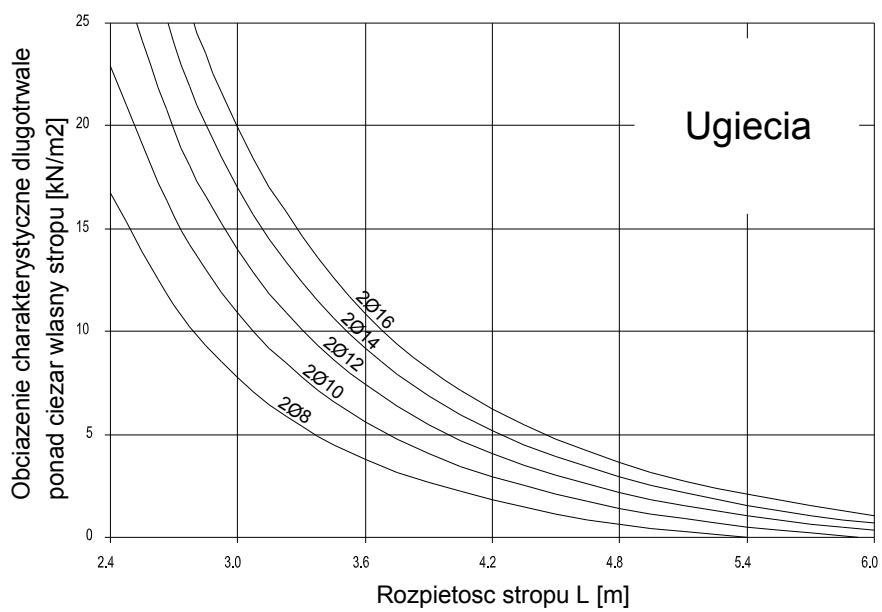
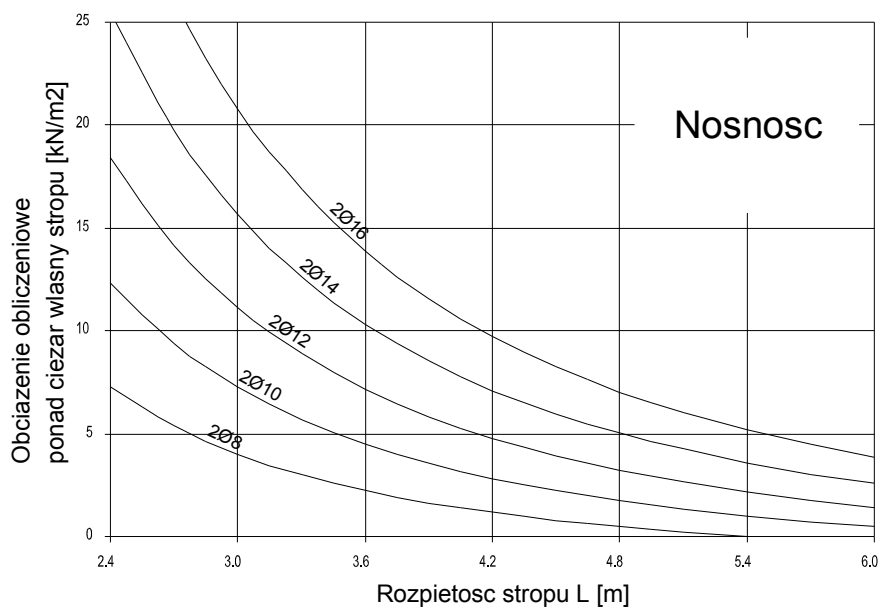
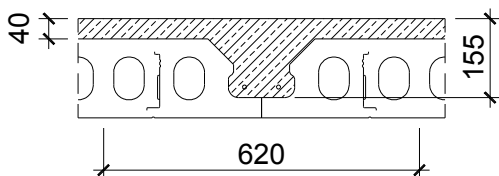
Strop monolityczny

Zbrojenie klasy A-III, płyta o grubości 60mm

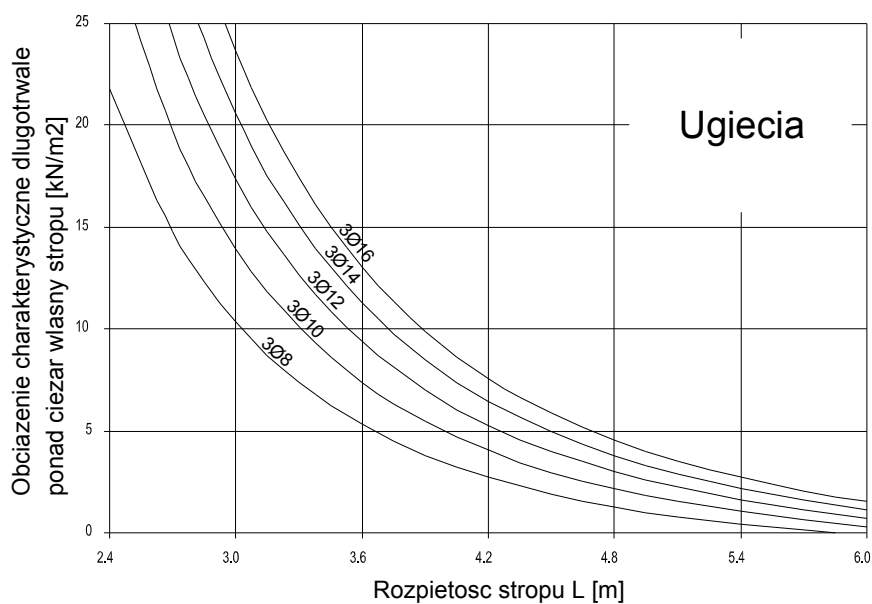
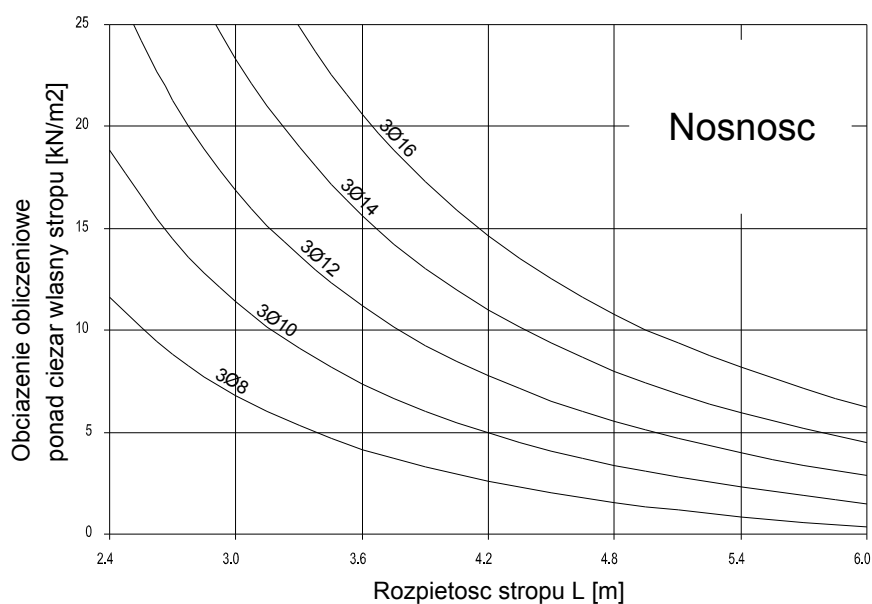
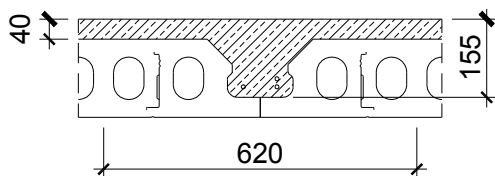
**Zakres obciążenia 1m² stropu ze względu na ugięcia
(zbrojenie 3#18 34GS)**



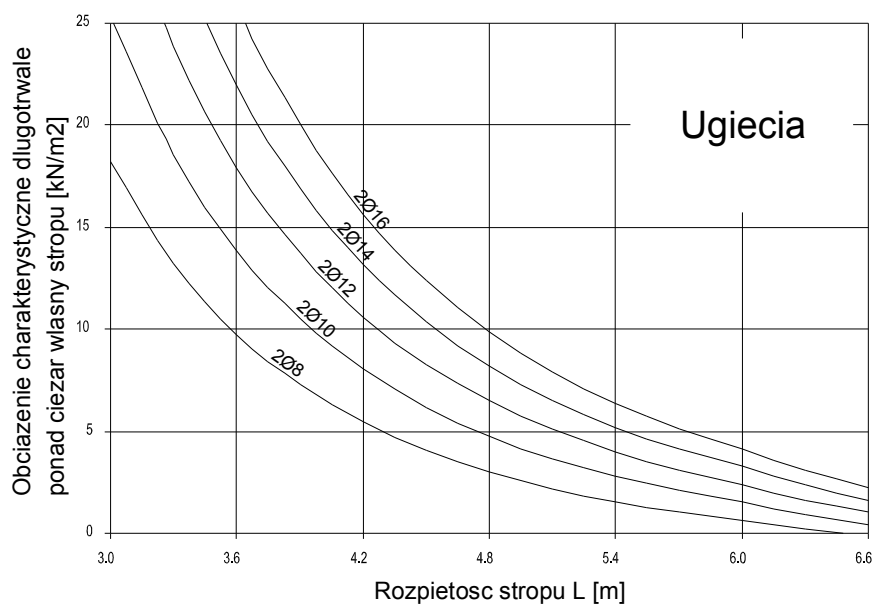
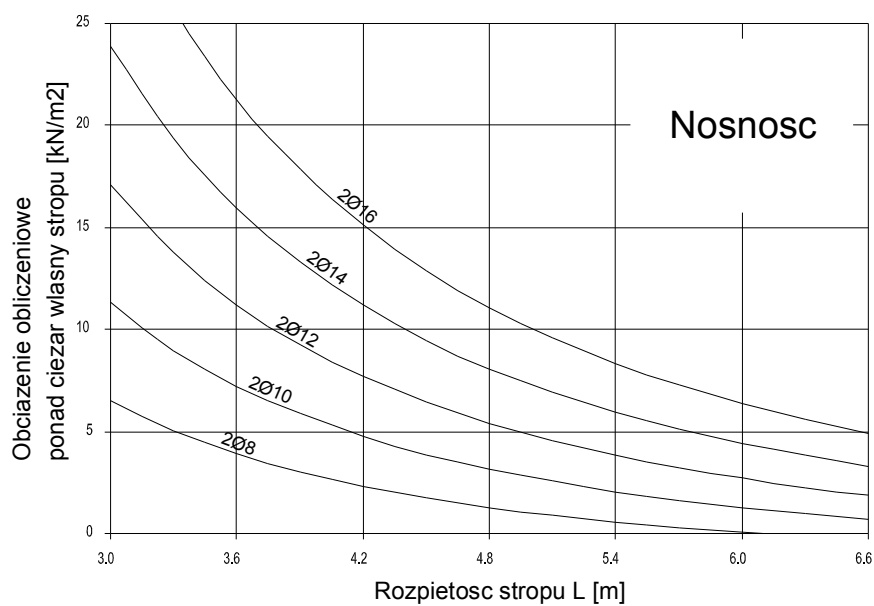
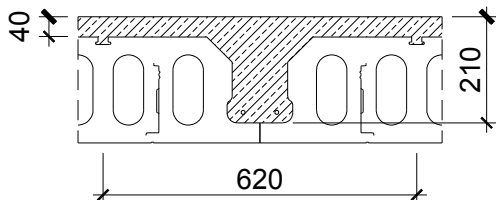
JS 620/155/40
beton B20, stal A-III



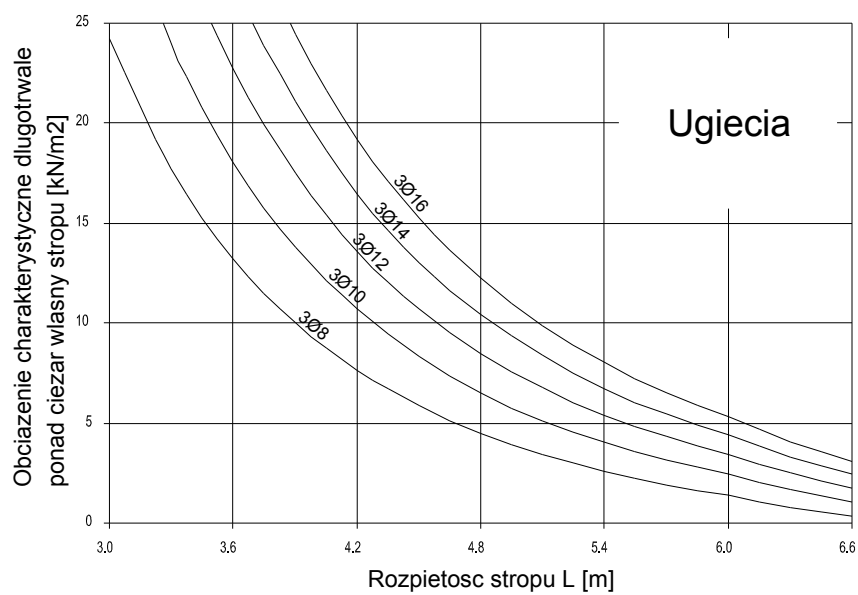
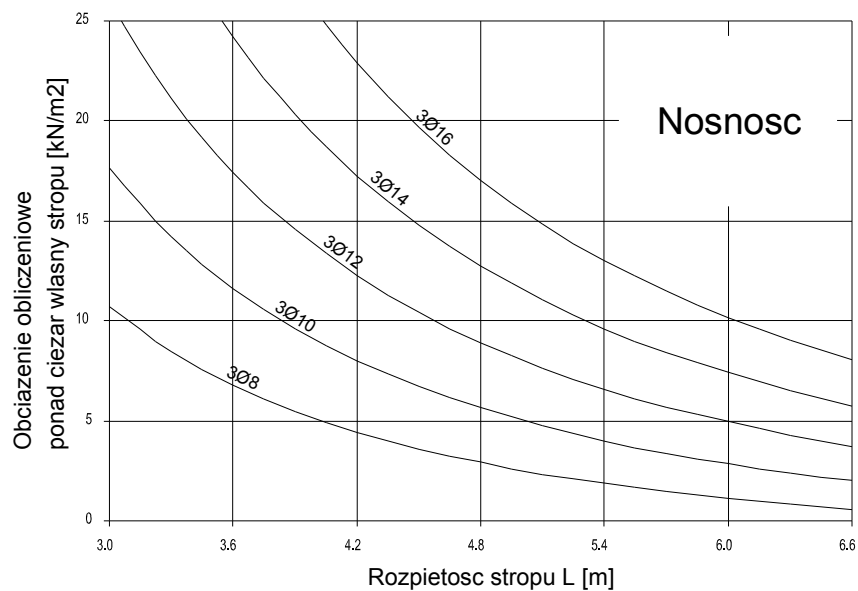
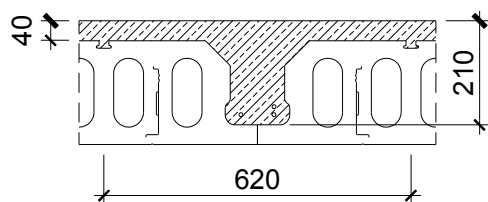
JS 620/155/40
beton B20, stal A-III



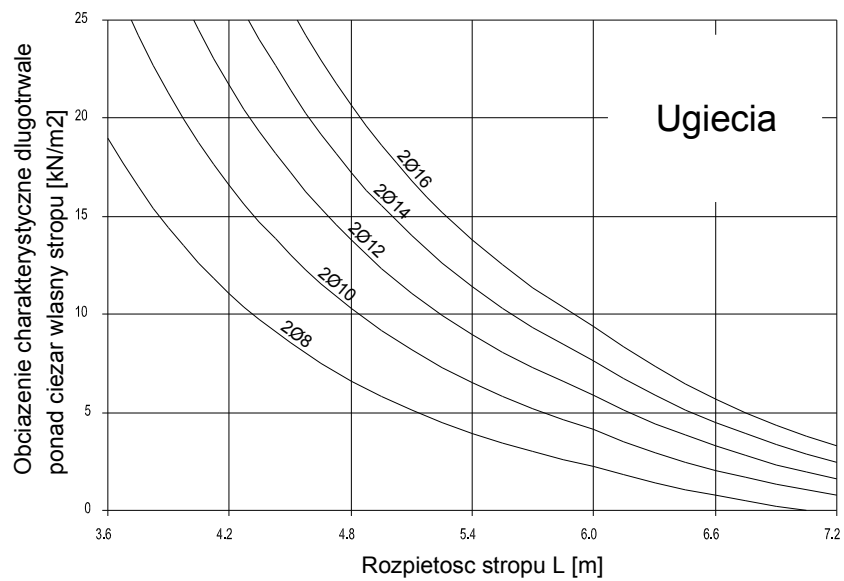
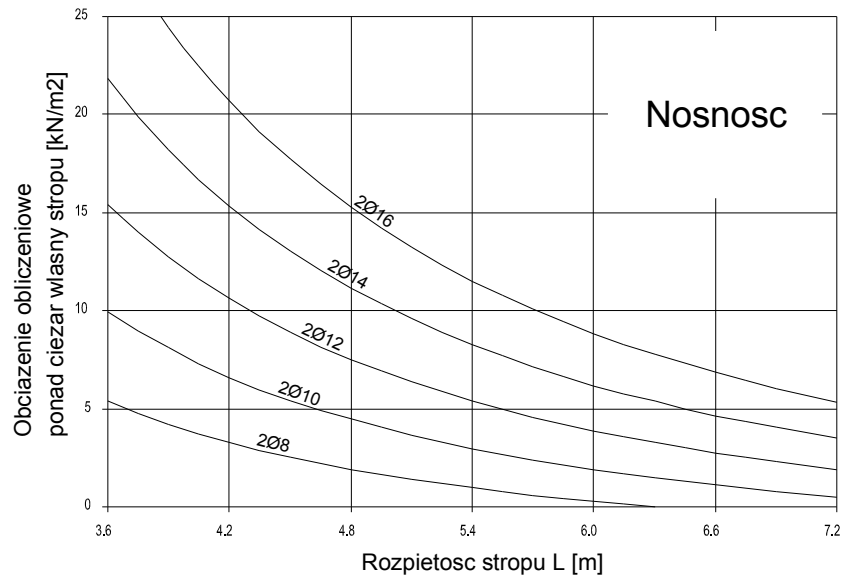
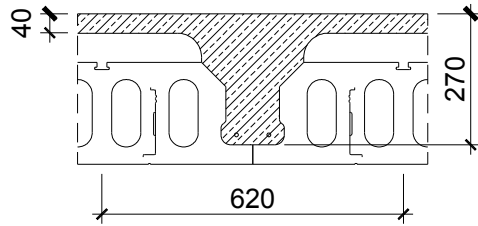
JS 620/210/40
beton B20, stal A-III



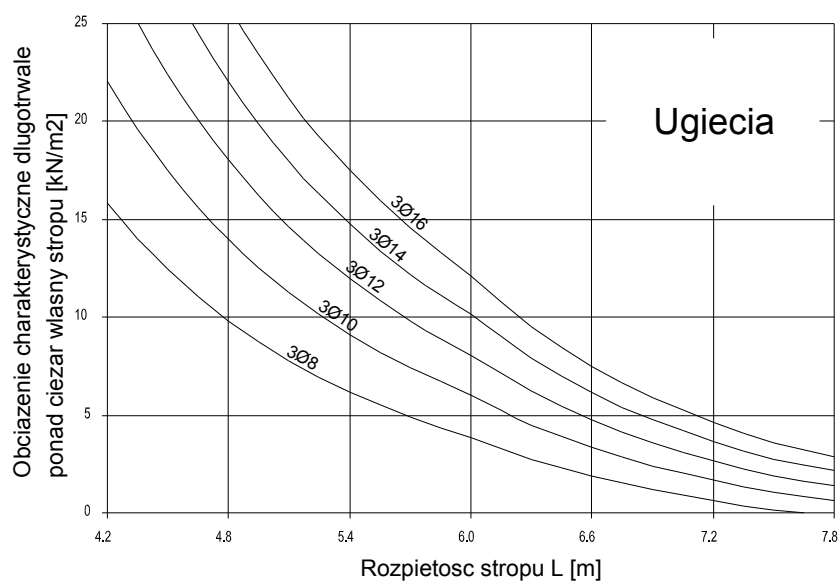
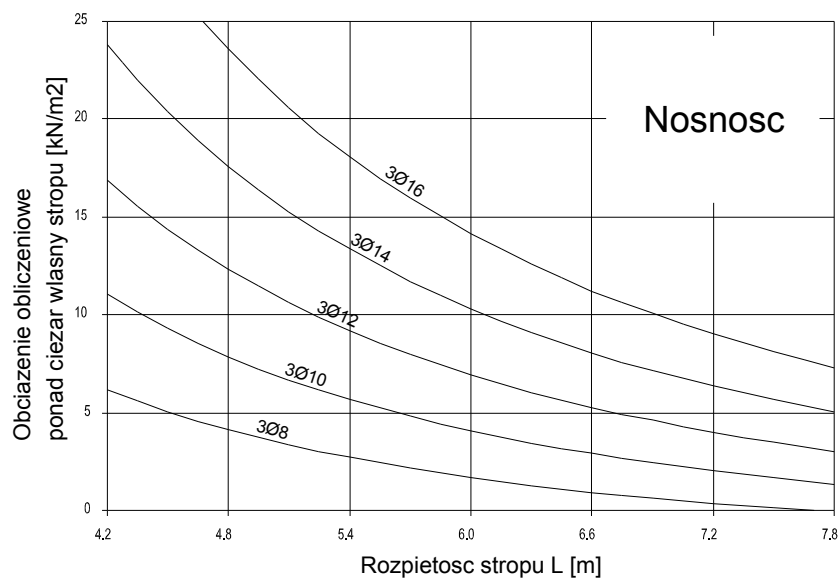
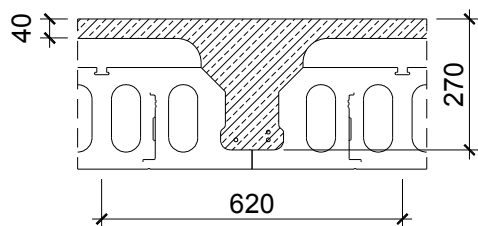
JS 620/210/40
beton B20, stal A-III



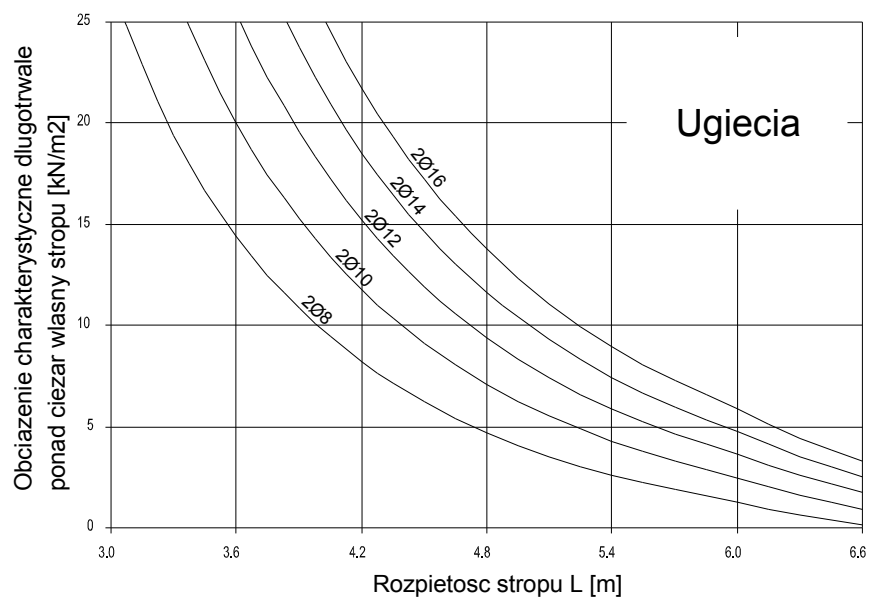
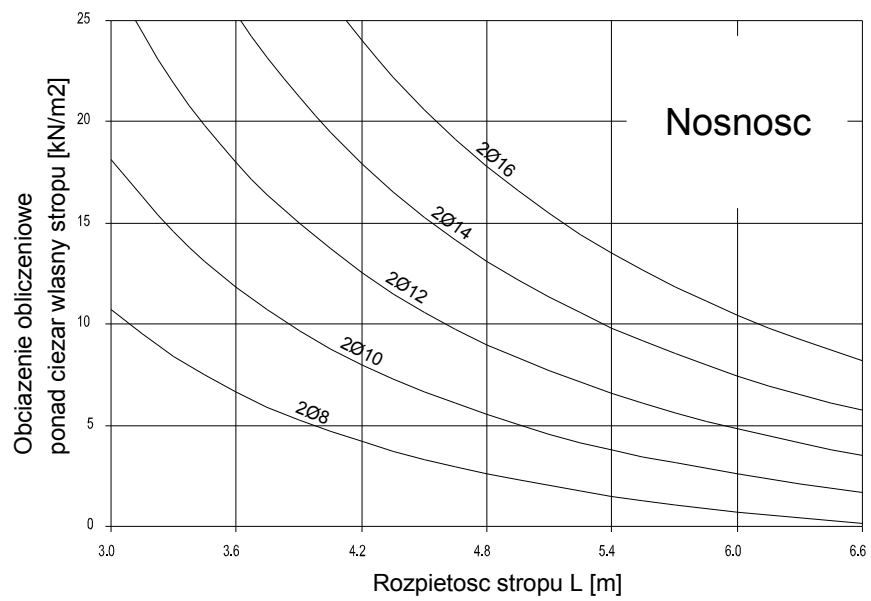
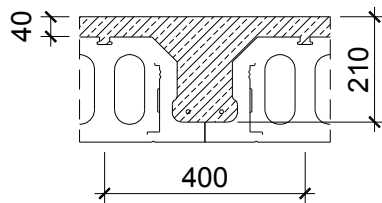
JS 620/270/40
beton B20, stal A-III



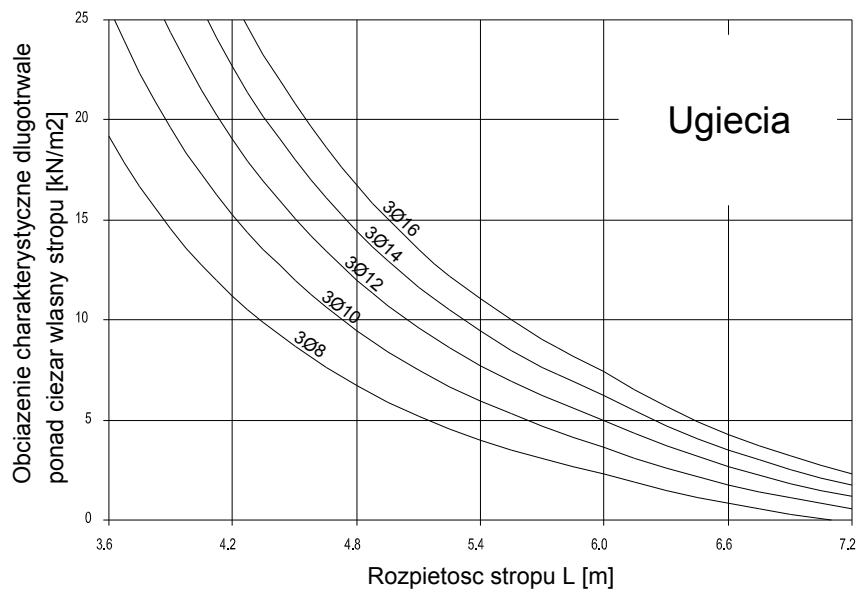
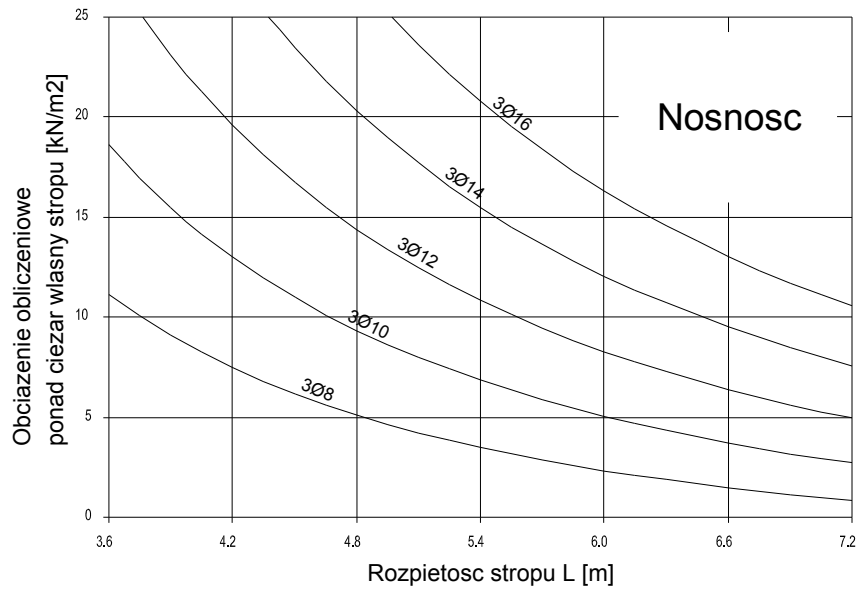
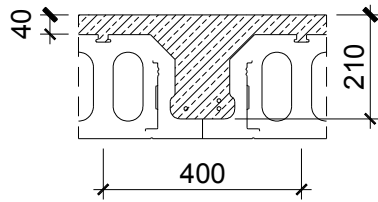
JS 620/270/40
beton B20, stal A-III



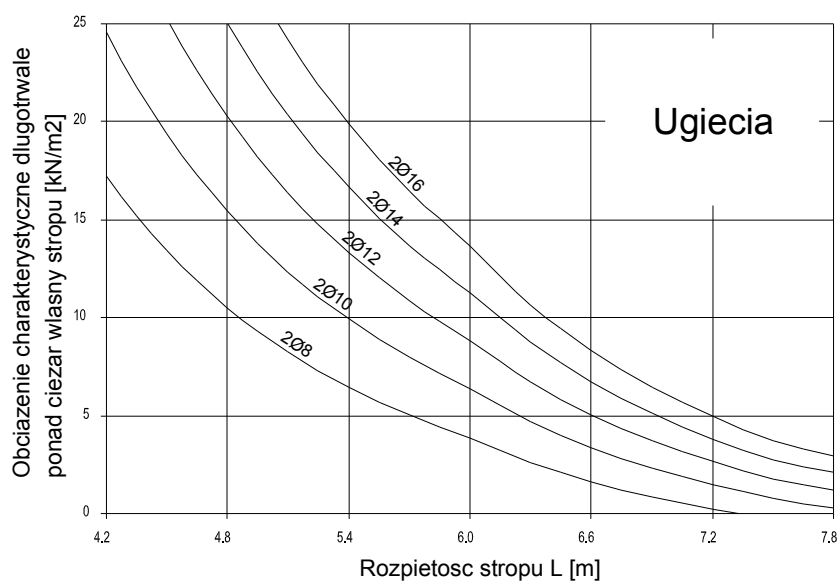
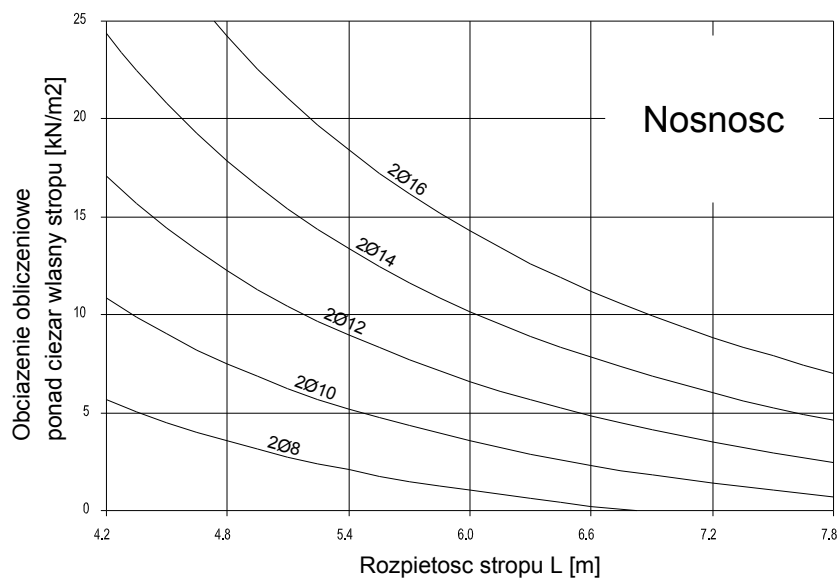
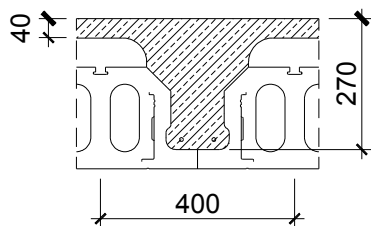
JS 400/210/40
beton B20, stal A-III



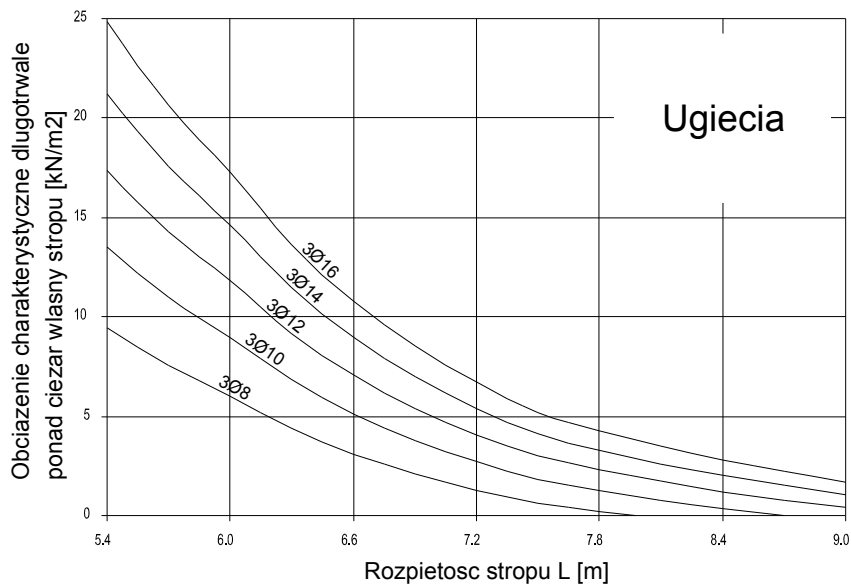
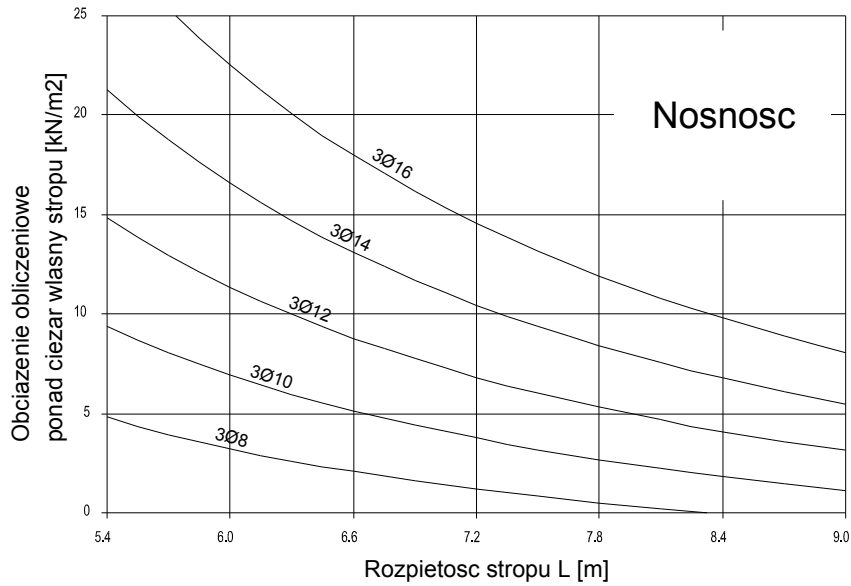
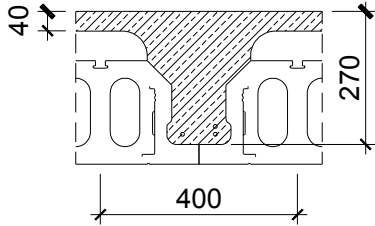
JS 400/210/40
beton B20, stal A-III



JS 400/270/40
beton B20, stal A-III



JS 400/270/40
beton B20, stal A-III



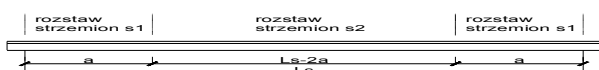
Zbrojenie na ścinanie

Strzemiona Ø6 dwucięte, stal St0S

$$a = \frac{V_{Sd} - V_{Rd}}{V_{Sd}} \frac{L_s}{2}, \quad V_{Sd} = 0.5qL_s$$

q - obciążenie obliczeniowe

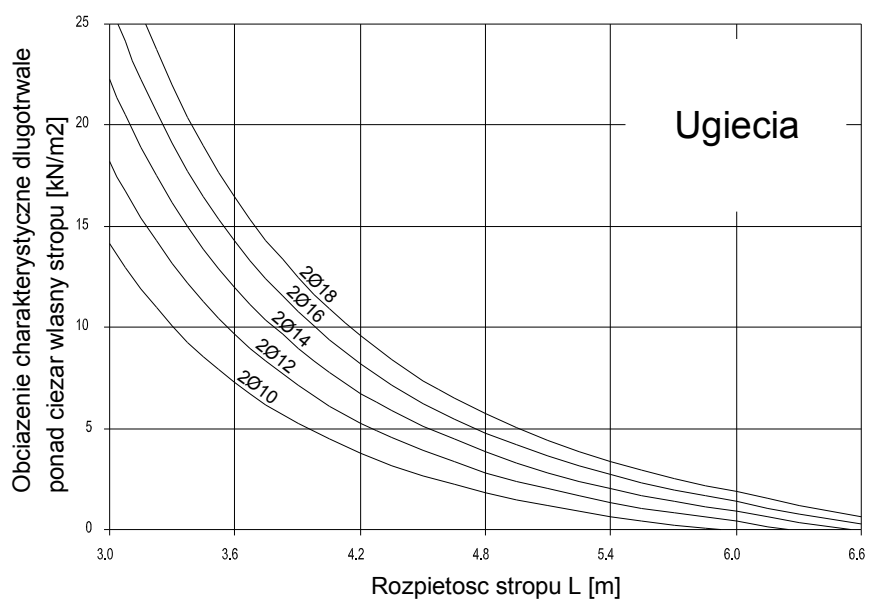
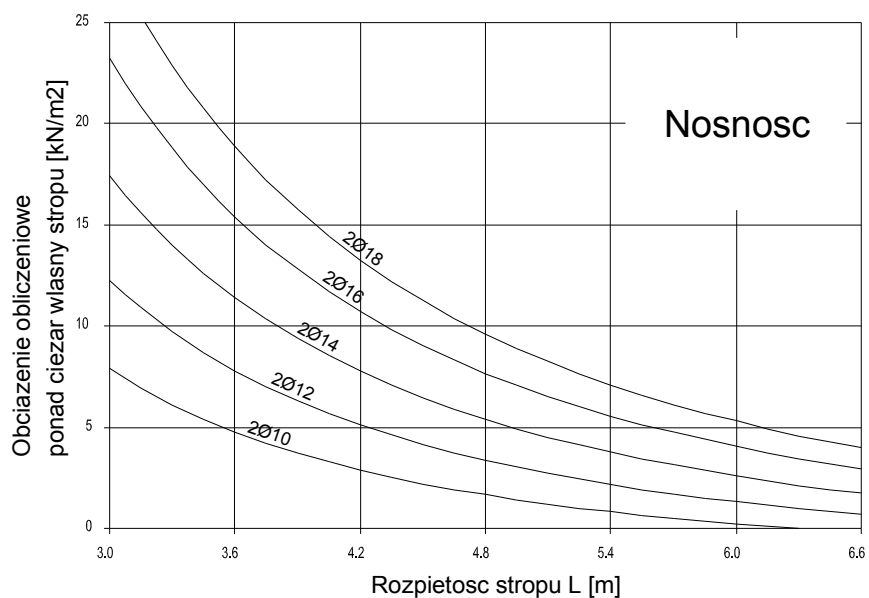
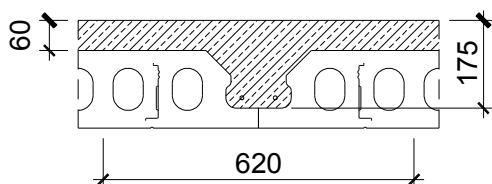
całkowite [kN/m²]



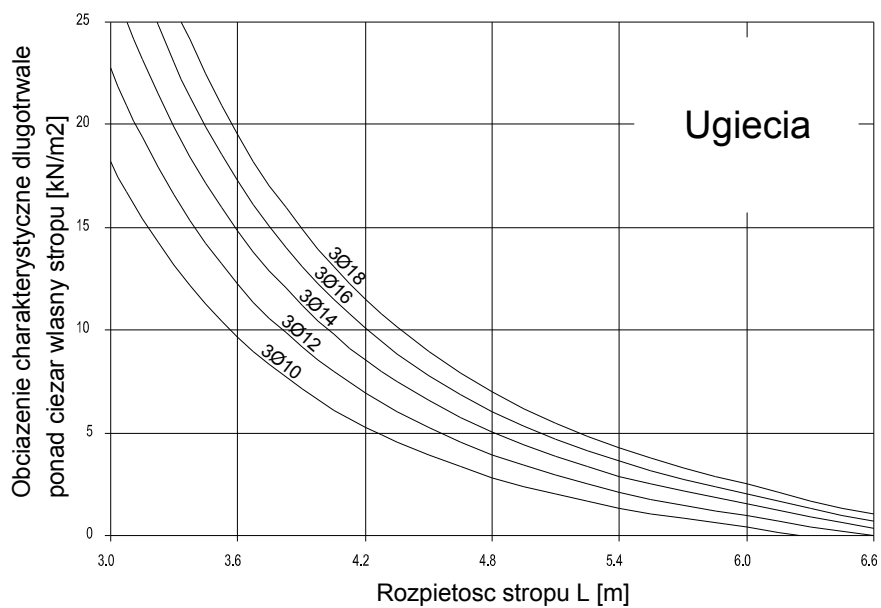
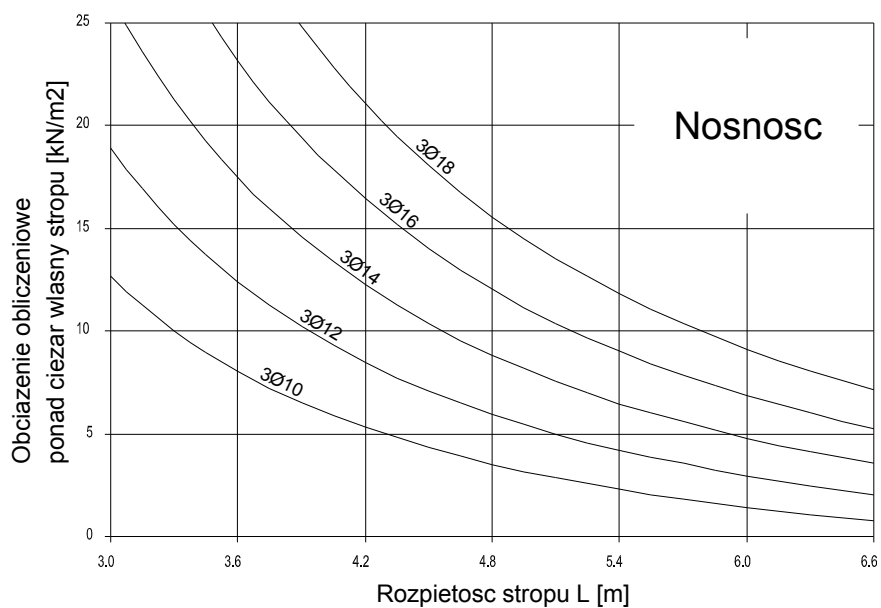
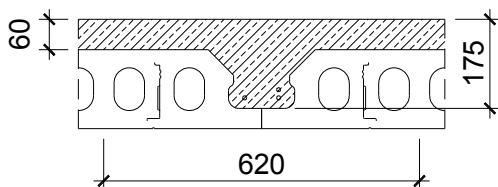
Jeżeli $a < 0$, to na całej długości należy ułożyć strzemiona w rozstawie s_2

| Symbol i przekrój stropu | Zbrojenie żebra podłużne dolne | $V_{Rd} = \min\{V_{Rd1}, 0.2V_{Rd2}\}$ kN/m | Rozstaw strzemion | |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|-------------------|-----|
| | | | s1 | s2 |
| JS 620/155/40 | 2 pręty 3 pręty | 10.66 10.24 | 75 | 100 |
| JS 620/210/40 | 2 pręty 3 pręty | 15.28 14.86 | 110 | 140 |
| JS 620/270/40 | 2 pręty 3 pręty | 20.32 19.90 | 130 | 190 |
| JS 400/210/40 | 2 pręty 3 pręty | 23.68 23.03 | 110 | 140 |
| JS 400/270/40 | 2 pręty 3 pręty | 31.49 30.84 | 130 | 190 |

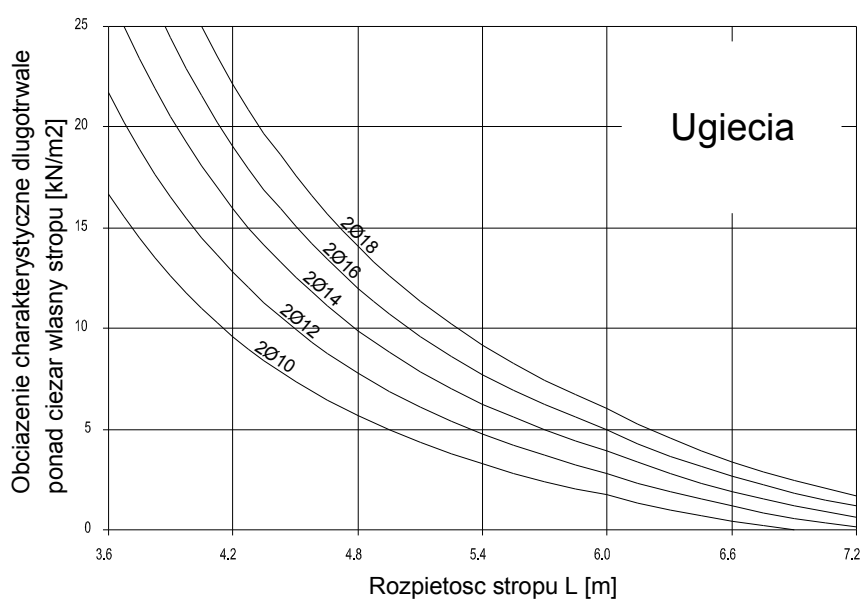
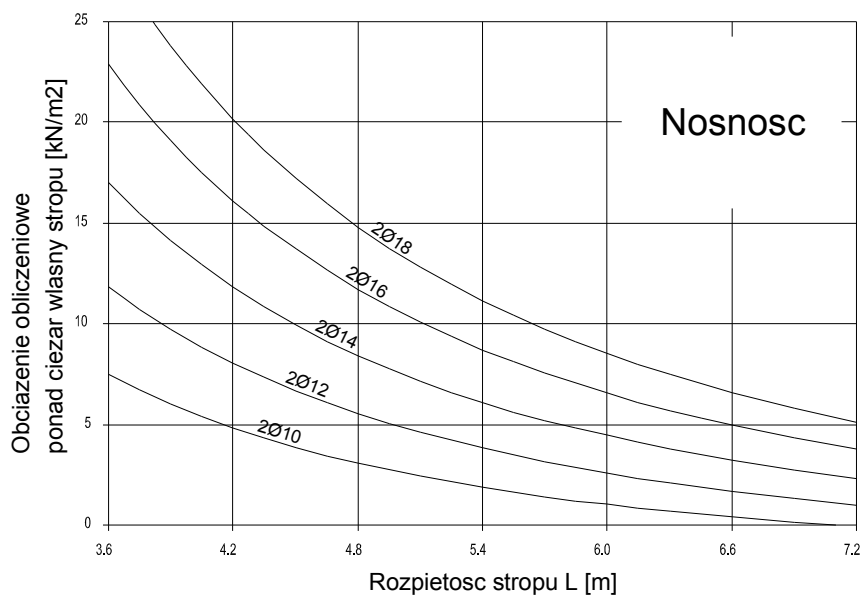
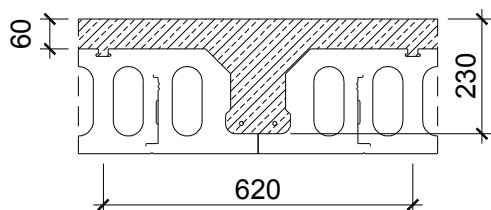
JS 620/175/60
beton B20, stal A-III



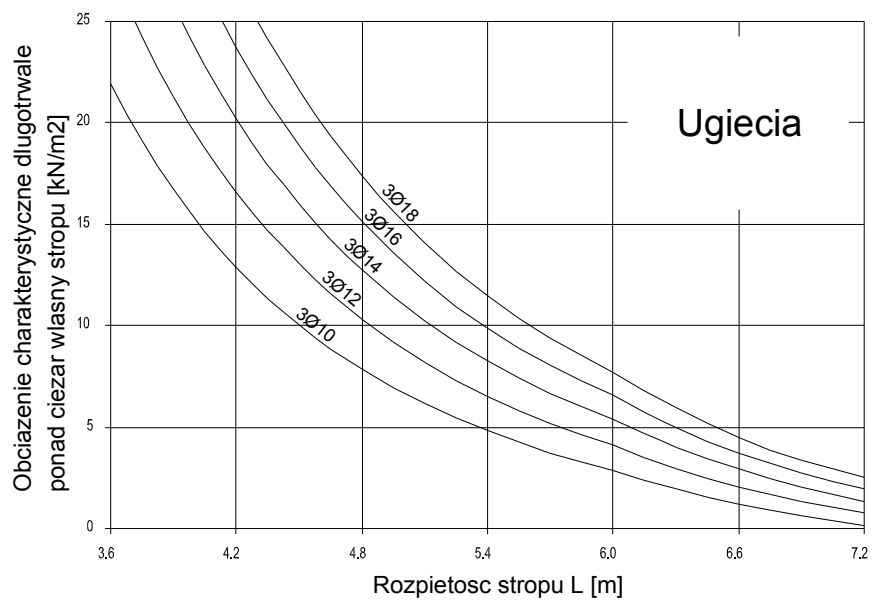
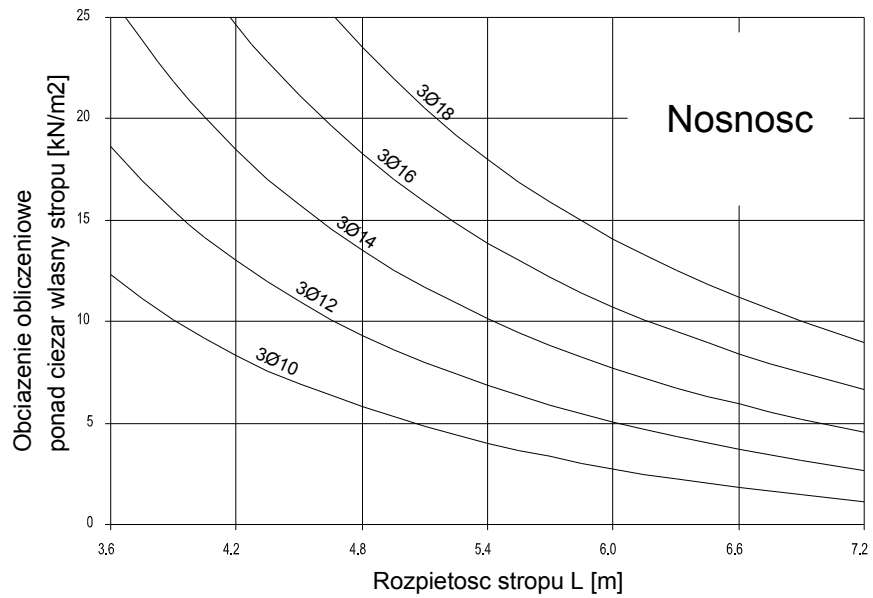
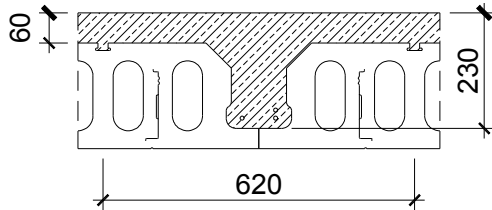
JS 620/175/60
beton B20, stal A-III



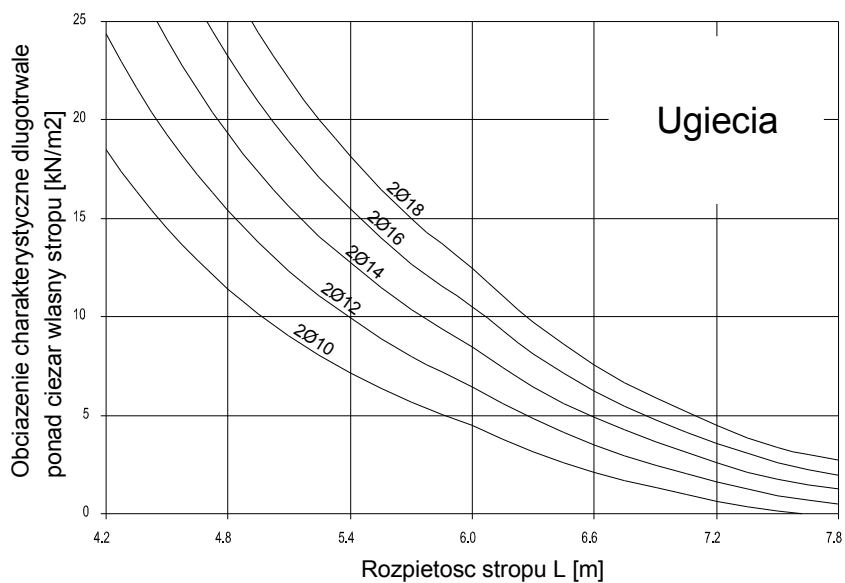
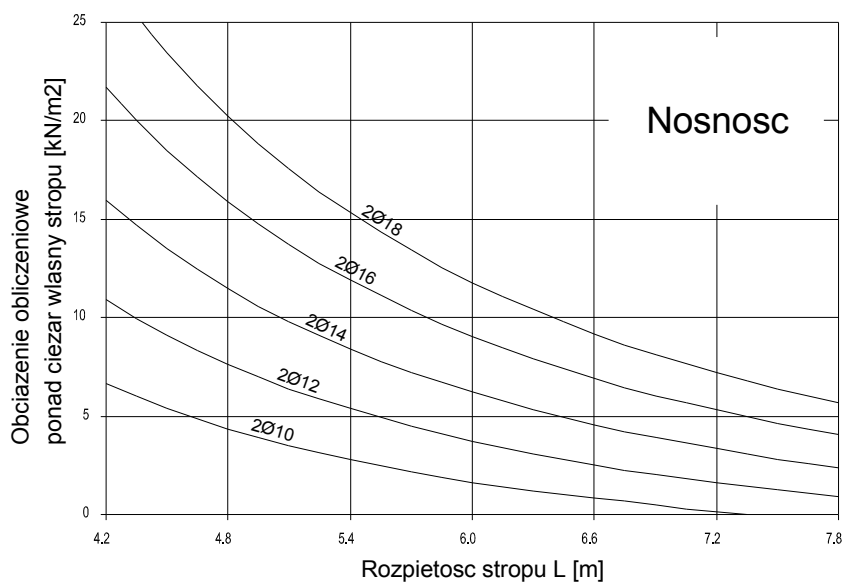
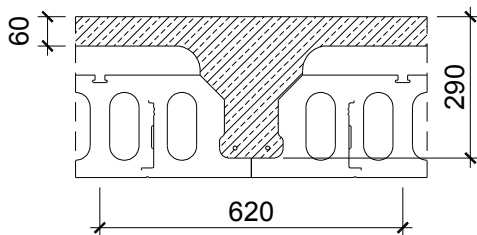
JS 620/230/60
beton B20, stal A-III



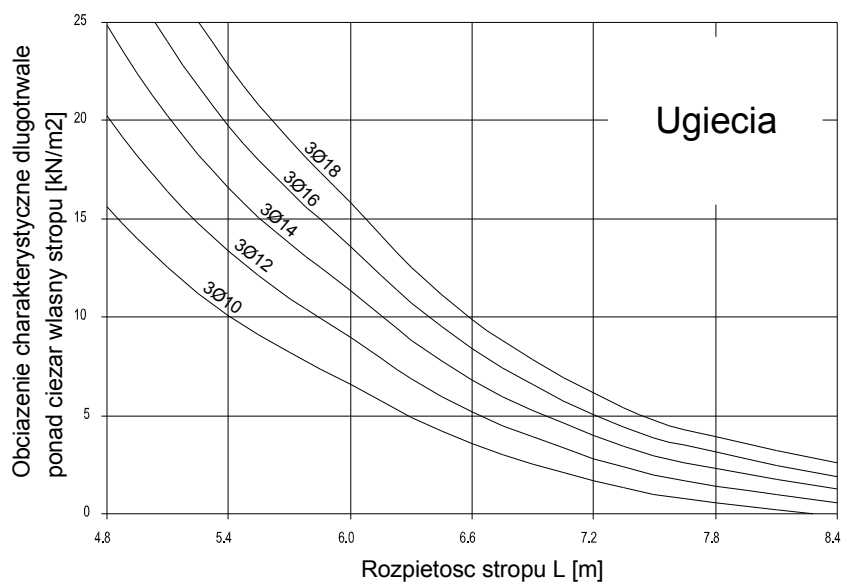
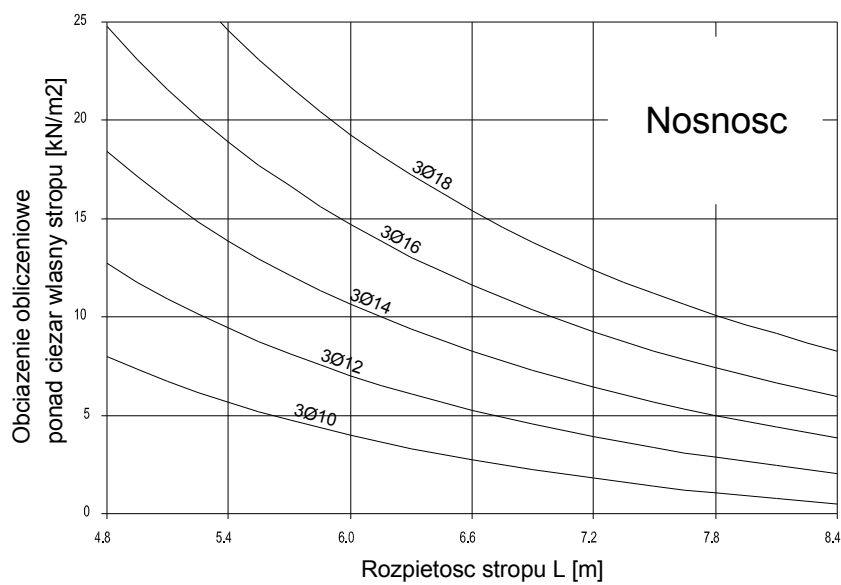
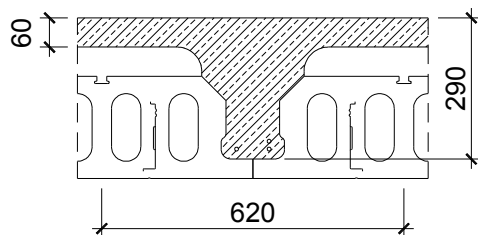
JS 620/230/60
beton B20, stal A-III



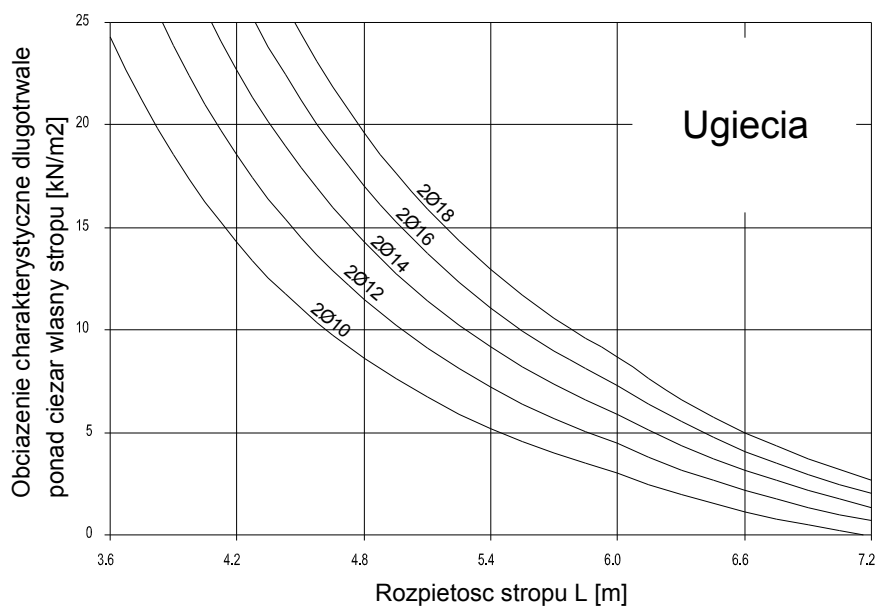
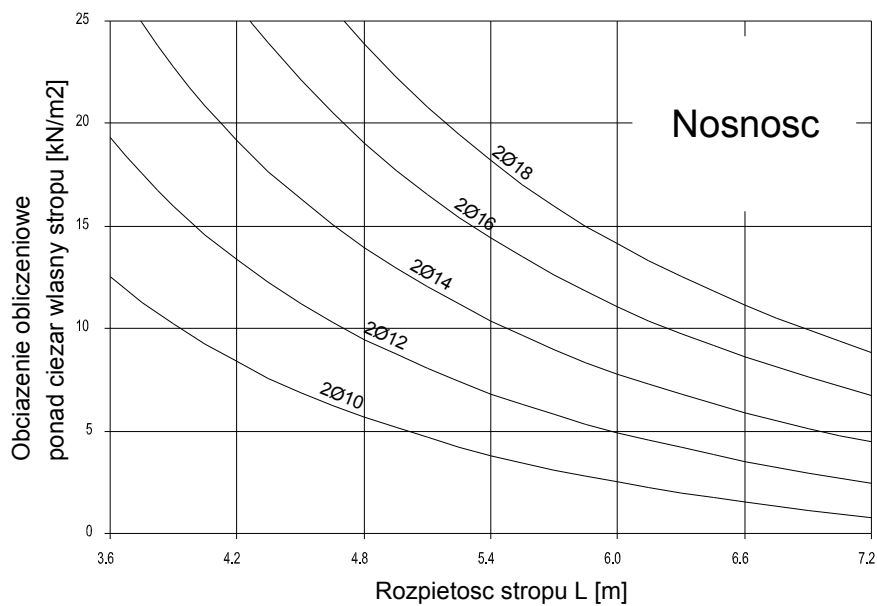
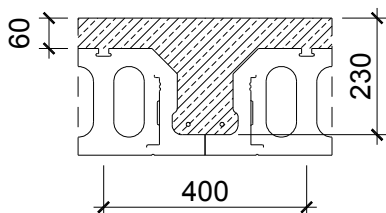
JS 620/290/60
beton B20, stal A-III



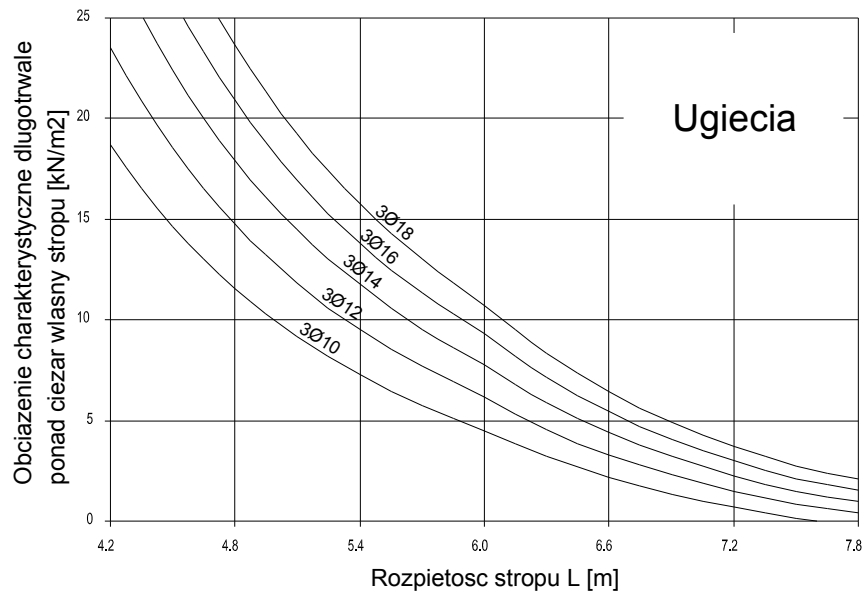
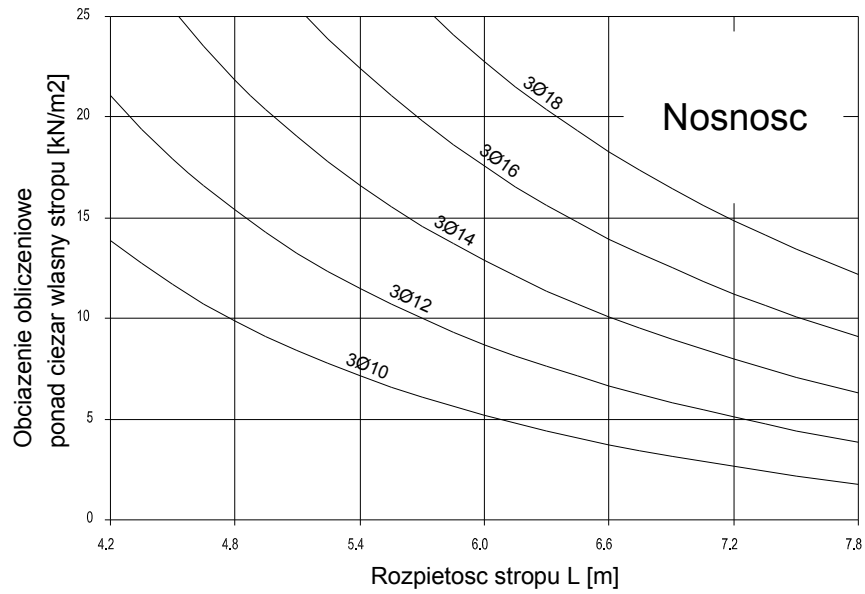
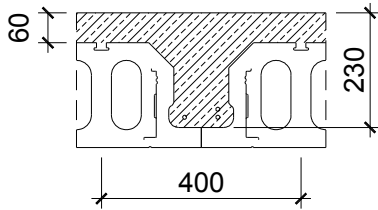
JS 620/290/60
beton B20, stal A-III



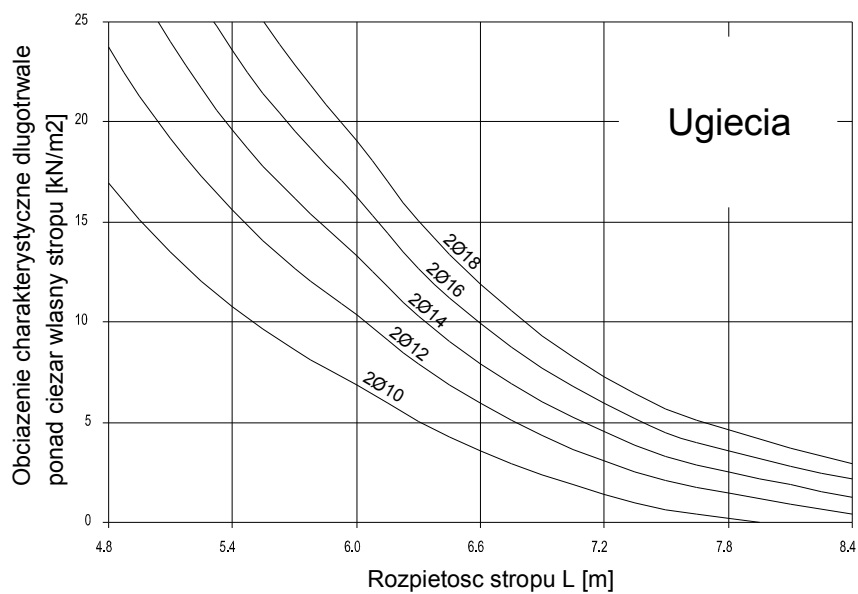
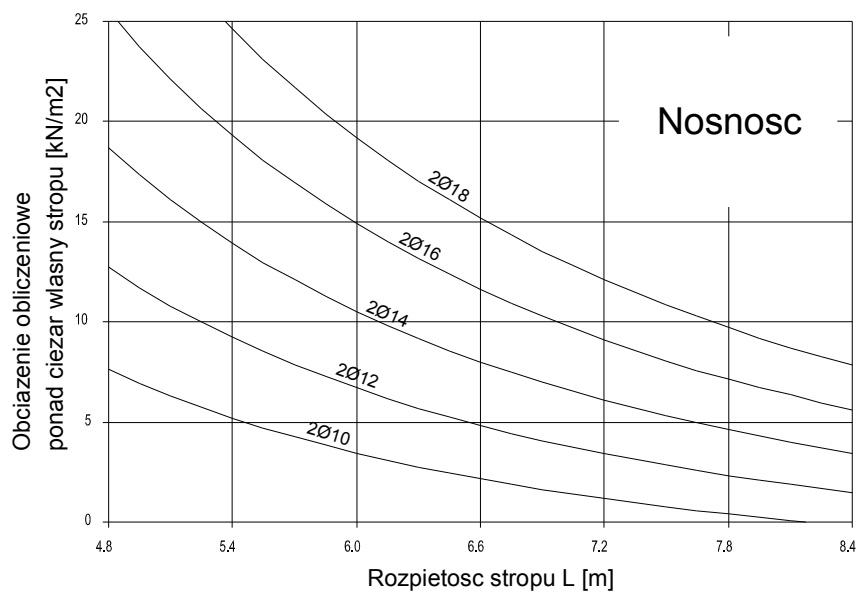
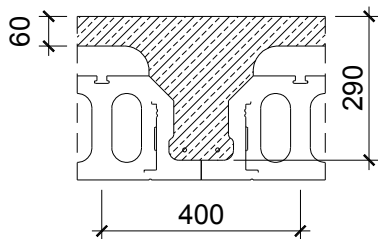
JS 400/230/60
beton B20, stal A-III



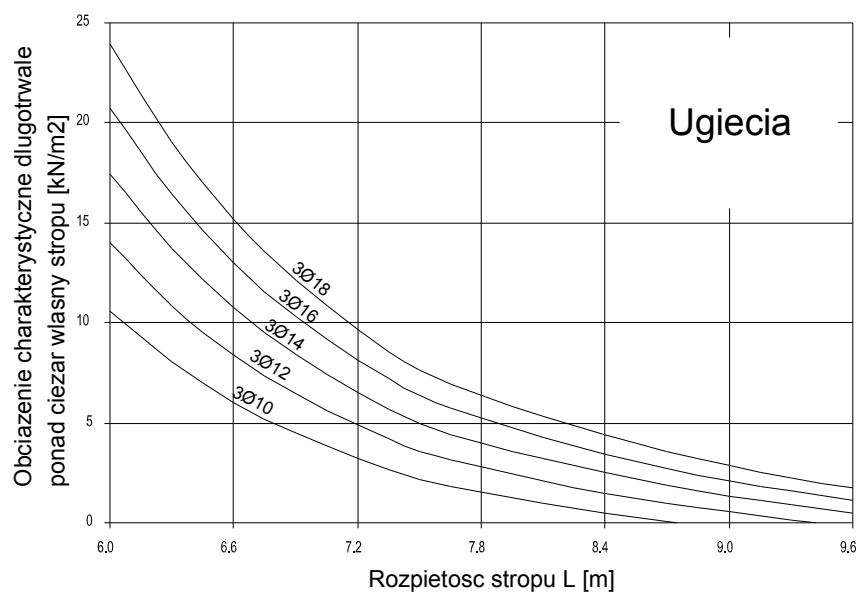
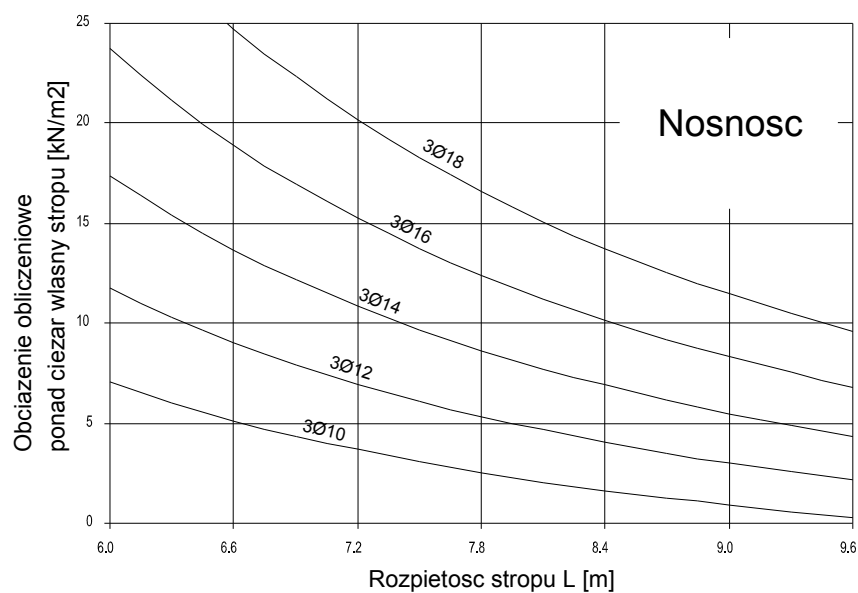
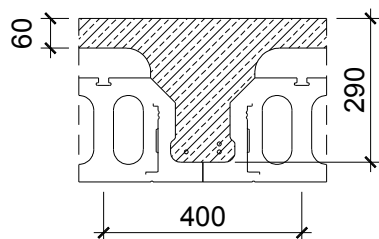
JS 400/230/60
beton B20, stal A-III



JS 400/290/60
beton B20, stal A-III



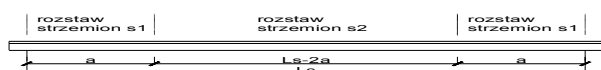
JS 400/290/60
beton B20, stal A-III



Zbrojenie na ścinanie

Strzemiona Ø6 dwucięte, stal St0S

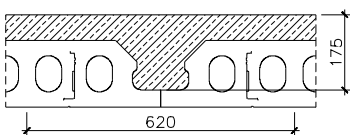
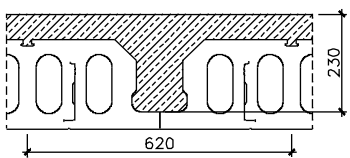
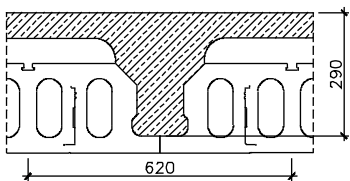
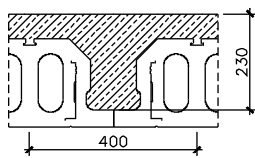
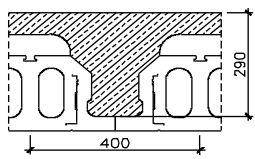
$$a = \frac{V_{Sd} - V_{Rd}}{V_{Sd}} \frac{L_s}{2}, \quad V_{Sd} = 0.5qL_s$$



q - obciążenie
obliczeniowe
całkowite [kN/m²]

Jeżeli $a < 0$, to na całej długości

należy ułożyć strzemiona w rozstawie s2

| Symbol i przekrój stropu | Zbrojenie zebra podłużne dolne | $V_{Rd} = \min\{V_{Rd1}, 0.2V_{Rd2}\}$ kN/m | Rozstaw strzemion | |
|--|-----------------------------------|--|-------------------|-----|
| | | | s1 | s2 |
| JS 620/175/60  | 2 pręty 3 pręty | 12.34 11.75 | 80 | 110 |
| JS 620/230/60  | 2 pręty 3 pręty | 16.96 16.37 | 110 | 150 |
| JS 620/290/40  | 2 pręty 3 pręty | 22.00 21.41 | 130 | 200 |
| JS 400/230/40  | 2 pręty 3 pręty | 26.28 25.37 | 110 | 150 |
| JS 400/290/40  | 2 pręty 3 pręty | 34.09 33.18 | 130 | 200 |