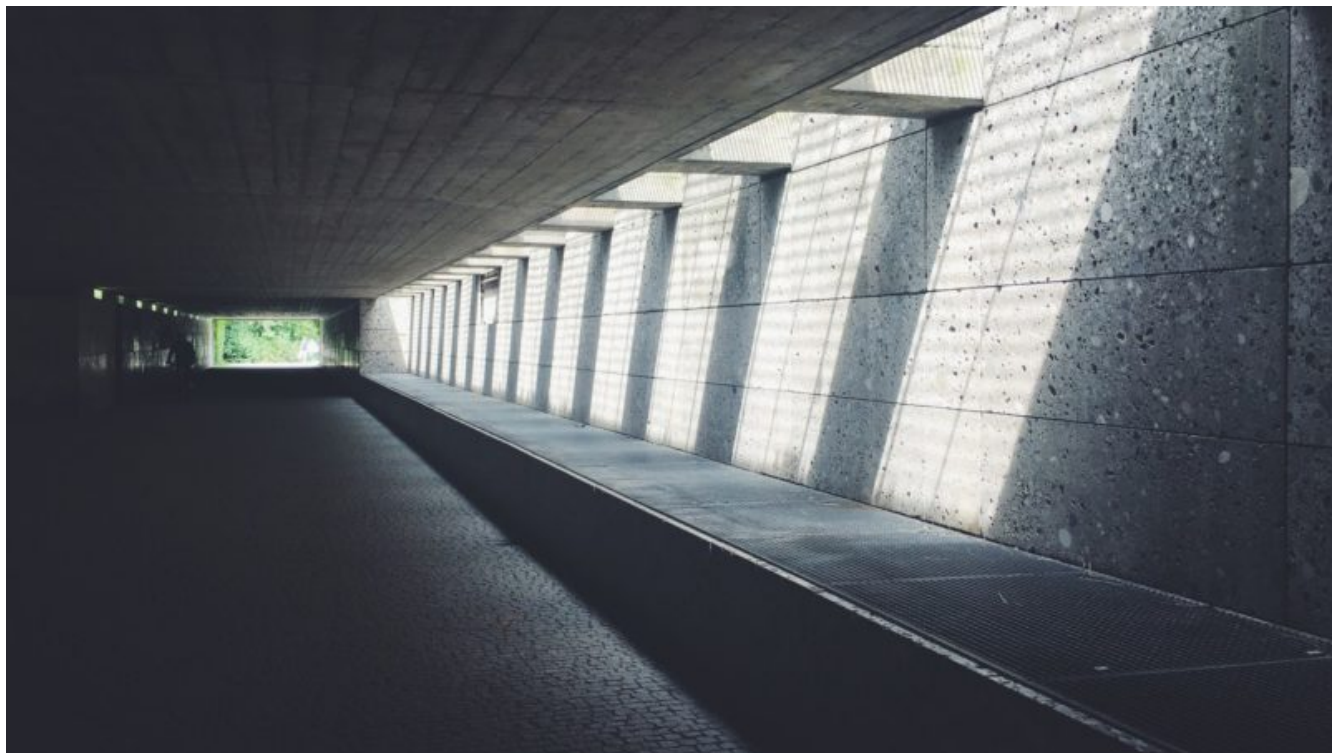


OPROJEKTOWANIU.PL

([HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/](http://www.oprojektowaniu.pl/))

BLOG O PROJEKTOWANIU KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH



ŻELBET ([HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/CATEGORY/ZELBET/](http://www.oprojektowaniu.pl/category/zelbet/))

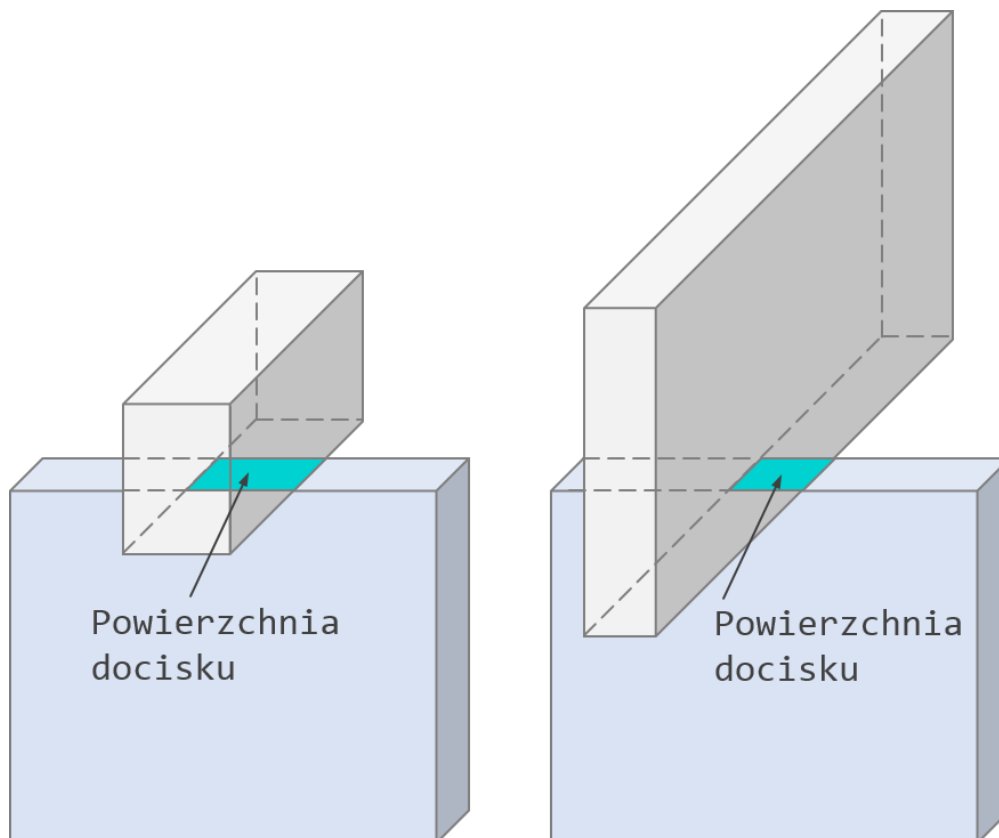
DOCISK, CZYLI JAK PROJEKTOWAĆ POWIERZCHNIE OBCIĄŻONE MIEJSCOWO – CZĘŚĆ 1

📅 26 LISTOPADA 2018

💬 6 KOMENTARZY ([HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/DOCISK-CZYLI-JAK-PROJEKTOWAC-POWIERZCHNIE-OBCIAZONE-MIEJSCOWO-CZESC-1/#COMMENTS](http://www.oprojektowaniu.pl/docisk-czyli-jak-projektowac-powierzchnie-obciazone-miejscowo-czesc-1/#comments))

Jest wiele takich sytuacji, kiedy na element betonowy działa obciążenie skoncentrowane na niewielkiej powierzchni. Czasem może to być siła skupiona lub skoncentrowane obciążenie powierzchniowe.

Przykład: ściana żelbetowa podpierająca belkę lub inną ścianę powyżej, które biegną prostopadle do siebie. Rysunek poniżej obrazuje podane przez mnie przykłady.



Rys. 1 Przykłady powierzchni poddanych działaniu obciążeń miejscowych

W takich przypadkach zachodzi ryzyko zniszczenia powierzchni na dwa sposoby:

1. przez miejscowe miażdżenie betonu lub
2. poprzeczne siły rozciągające.

W pierwszej sytuacji mamy do czynienia z typowym **zjawiskiem docisku powierzchni betonowej**. Należy sprawdzić obliczeniowo czy nośność betonu w tym miejscu jest wystarczająca. Mówi o tym Eurokod 2 (EC2) w punkcie 6.7.

Drugi punkt dotyczy ryzyka **rozłupywania betonu pod powierzchnią docisku na skutek działania poprzecznych sił rozciągających**. To zagadnienie jest opisane w Eurokodzie w pkt. 6.5

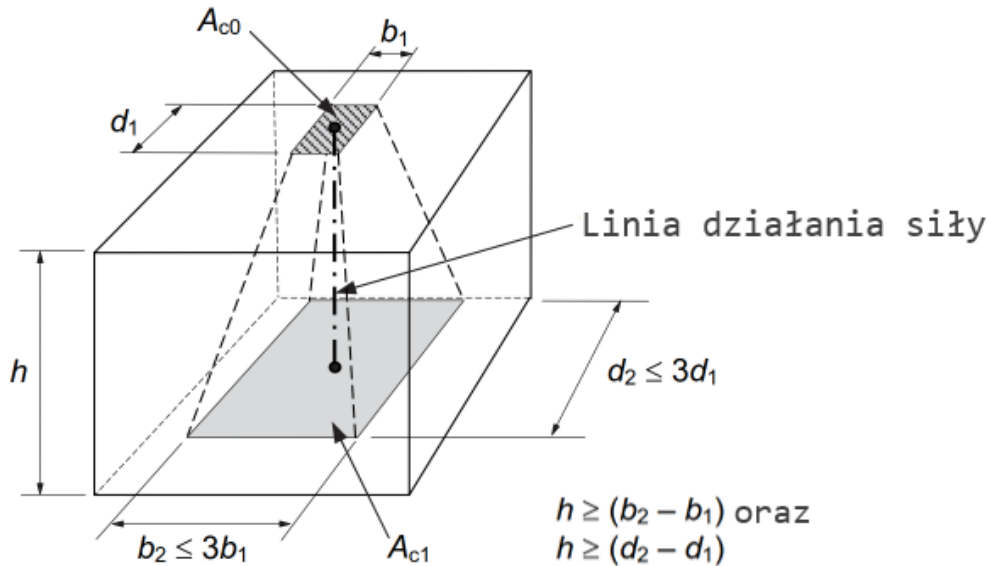
W tym wpisie zajmę się pierwszym zagadnieniem, czyli określeniem nośności na docisk powierzchni obciążonej miejscowo. Sposób wymiarowania zbrojenia na poprzeczne siły rozciągające opiszę w drugiej części tekstu dotyczącego docisku (link znajdziecie tutaj: *Docisk, czyli jak projektować miejsca obciążone miejscowo – Część 2* [tekst w opracowaniu]).

NOŚNOŚĆ NA DOCISK – RÓWNOMIERNY ROZKŁAD OBCIĄŻENIA

W przypadku równomiernego rozkładu obciążenia na powierzchni docisku (patrz rys. 2) nośność można obliczać ze wzoru:

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

gdzie: A_{c0} – powierzchnia docisku, A_{c1} – największa obliczeniowa powierzchnia rozdziału spełniająca wymagania rys. 2.



Rys. 2 Rozkład sił wywołany częściowym obciążeniem powierzchni [Fingerloos et al. 2016]

Jest jednak kilka warunków, które musi spełniać powierzchnia rozdziału A_{c1} , aby poprawnie określić nośność na docisk F_{Rdu} . Są to za Eurokodem 2:

- wysokość, mierzona w kierunku obciążenia, na której pole przekroju ściskanego obszaru zwiększa się od A_{c0} do A_{c1} , powinna spełniać warunki podane na rys. 2,
- środek projektowanej powierzchni rozdziału A_{c1} powinien znajdować się na linii działania przechodzącej przez środek powierzchni docisku A_{c0} ,
- przyjęta obliczeniowo powierzchnia rozdziału A_{c1} powinna mieć kształt podobny do A_{c0} ($b_1/d_1 = b_2/d_2$),
- jeżeli na przekrój betonu działa więcej niż jedna siła ściskająca, to zaprojektowane powierzchnie rozdziału nie powinny się nakładać.

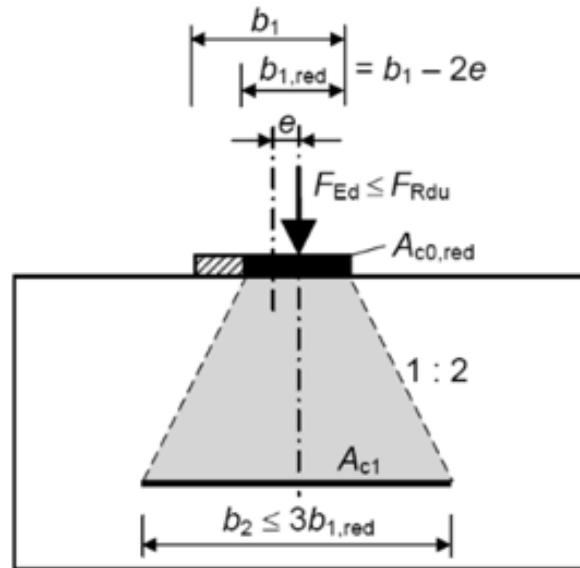
Poniżej wyjaśnię dodatkowo co robić, kiedy warunki te nie są zachowane.

NIERÓWNOMIERNY ROZKŁAD OBCIĄŻENIA NA POWIERZCHNI

DOCISKU

Co w przypadku, jeśli obciążenie nie jest równomiernie rozłożone na powierzchni docisku A_{c0} ? Tutaj Eurokod 2 nie podaje rozwiązania, wspomina jedynie o konieczności redukcji wartości F_{Rdu} . Podobnie jest w sytuacji, gdy mamy do czynienia z dużymi siłami ścinającymi.

Jednym ze sposobów na uwzględnienie nierównomiernego rozkładu obciążenia na powierzchni docisku jest odpowiednia redukcja tej powierzchni. Rysunek 3 wyjaśnia jak to zrobić.



Rys. 3 Rozkład sił wywołany nierównomiernym obciążeniem powierzchni [Fingerloos et al. 2016]

Wynika z tego, że zamiast b_1 podstawiamy w obliczeniach zredukowaną wartość $b_{1,red}$ (lub odpowiednio $d_{1,red}$ w miejsce d_1). W ten sposób otrzymujemy zredukowaną powierzchnię docisku $A_{c0,red}$ i rozdziału $A_{c1,red}$. Reszta obliczeń wygląda podobnie jak przy obciążeniu równomiernym.

NOŚNOŚĆ NA DOCISK PRZY RÓŻNYCH POWIERZCHNIACH DOCISKU I ROZDZIAŁU

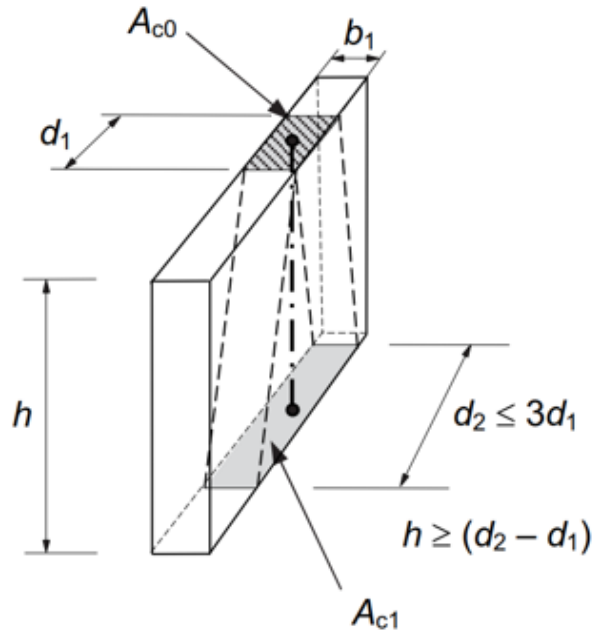
Jeśli powierzchnia rozdziału A_{c1} nie jest podobna do powierzchni docisku A_{c0} , czyli $b_1/d_1 = b_2/d_2$, należy zmniejszyć wytrzymałość betonu.

Dla powierzchni obciążonej miejscowo, która zwiększa się tylko w jednym kierunku (dwuosiowy stan naprężenia, np. siła skupiona przyłożona na ścianę – por. rys. 4), maksymalne naprężenia w betonie powinny być ograniczone zgodnie z wzorem (6.60) w EC2 jak dla wężła ściskanego do wartości:

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \cdot \nu' \cdot f_{cd}$$

gdzie: k_1 – wartość przyjmowana wg pkt 6.5.4(4) EC2 (wartość zalecana przez EC2: 1.0), ν' – współczynnik redukcji wytrzymałości betonu zarysowanego wg wzoru (6.57N) w EC2:

$$\nu' = 1 - \frac{f_{ck}}{250MPa}$$



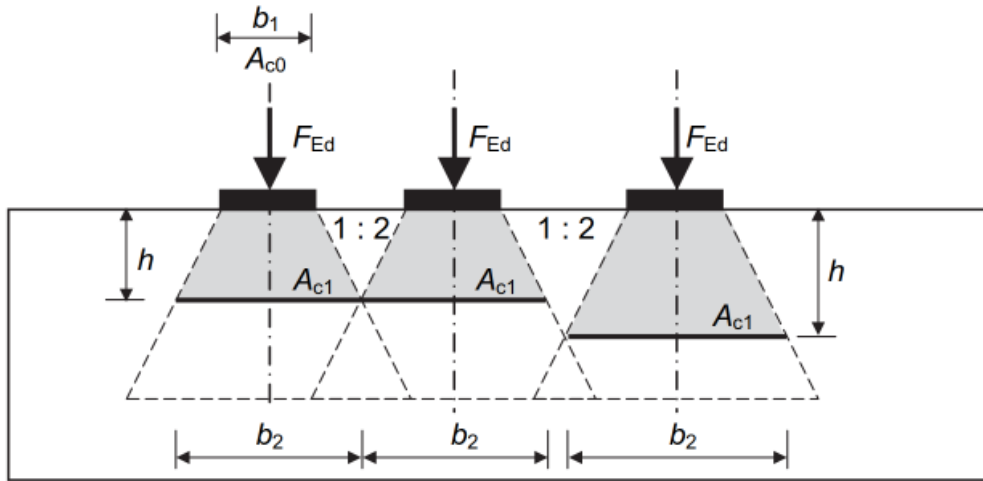
Rys. 4 Przykład rozkładu sił w przypadku różnych kształtów powierzchni docisku i rozdziału [Fingerloos et al. 2016]

W tym przypadku nośność na docisk będzie określana ze wzoru:

$$F_{Rdu} \leq A_{c0} \cdot \sigma_{Rd,max}$$

NAKŁADAJĄCE SIĘ POWIERZCHNIE ROZDZIAŁU

W przypadku występowania kilku powierzchni obciążonych miejscowo zlokalizowanych blisko siebie, gdzie powierzchnie rozdziału wyznaczone według rys. 2 nakładają się, należy ograniczyć wysokość h , dla której określa się te powierzchnie, według rys. 5.



Rys. 5 Redukcja powierzchni rozdziału przy nakładających się obszarach rozkładu sił [Fingerloos et al. 2016]

ZWIĘKSZENIE NOŚNOŚCI NA DOCISK

We wszystkich podanych wyżej przypadkach może zdarzyć się tak, że obciążenie, które działa na powierzchnię będzie większe niż nośność betonu na docisk ($F_{Ed} > F_{Rdu}$). Co wtedy zrobić?

Generalnie, mamy kilka możliwości, m.in.:

- zwiększyć wytrzymałość betonu (podnieść klasę betonu),
- zwiększyć powierzchnię docisku (np. zwiększyć przekrój elementu) lub
- zastosować zbrojenie podłużne.

Skupię się tutaj na ostatnim punkcie, czyli **dobudowaniu zbrojenia podłużnego w celu zwiększenia nośności na docisk**. Zbrojenie to ma za zadanie przejąć różnicę pomiędzy przyłożonym obciążeniem a nośnością betonu, czyli $F_{Ed} - F_{Rdu}$.

Wymagane obliczeniowo zbrojenie A_s ze względu na warunek nośności na docisk określa się ze wzoru:

$$A_s = \frac{F_{Ed} - F_{Rdu}}{f_{yd}}$$

ZBROJENIE NA POPRZECZNE SIŁY ROZCIĄGAJĄCE

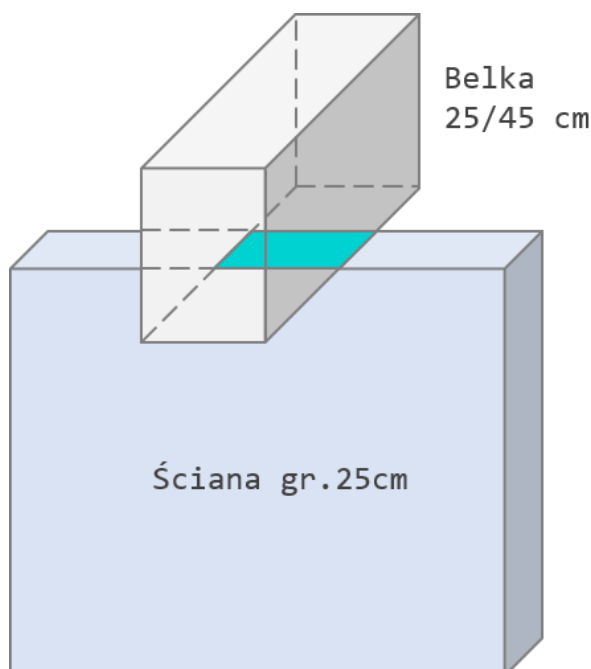
Dla każdego z podanych przypadków należy dodatkowo zastosować odpowiednie zbrojenie na siły rozciągające spowodowane obciążeniem miejscowym. O tym piszę w Części 2 tekstu, gdzie podaję procedurę na wymiarowanie zbrojenia [w opracowaniu].

W przypadku, kiedy takiego zbrojenia nie zastosowano, nośność na docisk należy zredukować według poniższego wzoru:

$$F_{Rdu} \leq 0.6 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Weźmy za przykład belkę opartą na ścianie (rys. 6). Wymiary przekroju poprzecznego belki: 25/45 cm, grubość ściany: 25 cm. Klasa betonu obu elementów: C30/37. Reakcja do przeniesienia z belki na ścianę przez obciążoną powierzchnię wynosi $F_{Ed} = 1350 kN$.



Rys. 6 Przykład obliczeniowy – podciąg oparty na ścianie

Tok obliczeń:

$$k_1 = 1.0 \quad \nu' = 1 - \frac{f_{ck}}{250 MPa} = 1 - \frac{30 MPa}{250 MPa} = 0.880$$

$$\sigma_{Rd,max} = k_1 \cdot \nu' \cdot f_{cd} = 1.0 \cdot 0.880 \cdot 30 MPa / 1.40 = 18.86 MPa$$

$$A_{c0} = b_1 \cdot d_1 = 0.25 m \cdot 0.25 m = 0.0625 m^2$$

(W tym przypadku nie ma potrzeby wyznaczania powierzchni rozdziału A_{c1} .)

$$F_{Rdu} \leq A_{c0} \cdot \sigma_{Rd,max} = 0.0625 m^2 \cdot 18.86 MPa = 1179 kN$$

Warunek na nośność betonu przy docisku nie jest spełniony:

$$F_{Ed} > F_{Rdu} \quad (1350 \text{ kN} > 1179 \text{ kN})$$

Wyznaczenie wymaganego obliczeniowo zbrojenia:

$$\Delta F_{Ed} = F_{Ed} - F_{Rdu} = 1350 - 1179 = 171 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{\Delta F_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{171 \text{ kN}}{435 \text{ MPa}} = 3.93 \text{ cm}^2$$

Przyjęto dodatkowe zbrojenie podłużne: 4#12 ($A_s = 4.52 \text{ cm}^2$) oraz dodatkowe zbrojenie poprzeczne ().

CIĄG DALSZY NASTĄPI...

Drugą część tekstu dotyczącą docisku i wymiarowania zbrojenia na poprzeczne siły rozciągające znajdziecie TUTAJ [w opracowaniu].

ŹRÓDŁA

1. Eurokod 2: PN-EN 1992-1-1, Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
2. Fingerloos F., Hegger J., Zilch K., EUROCODE 2 für Deutschland – Kommentar, Ernst & Sohn / Beuth, 2016
3. PN-B-03264:2002, Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone – Obliczenia statyczne i projektowanie
4. Albert A. et al., Schneider – Bautabellen für Ingenieure, Bundesanzeiger Verlag, 2016
5. Vismann U. et al., Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln, Springer / Beuth, 2015

Z pozdrowieniami

👉 [BETON \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/BETON/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/beton/)

👉 [DOCISK \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/DOCISK/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/docisk/)

👉 [MIAŻDŻENIE BETONU \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/MIAZDZENIE-BETONU/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/miazdzenie-betonu/)

👉 [MODEL ST \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/MODEL-ST/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/model-st/)

👉 [NAPRĘŻENIA \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/NAPREZENIA/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/naprezienia/)

👉 [NOŚNOŚĆ \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/NOSNOSC/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/nosnosc/)

👉 [STM \(HTTP://WWW.OPROJEKTOWANIU.PL/TAG/STM/\)](http://www.oprojektowaniu.pl/tag/stm/)