

Informacje uzupełniające: Model obliczeniowy podstawy jednogłęziowego słupa dwuteowego obciążonego osiowo

Ten dokument przedstawia zasady wymiarowania płyt czołowych i wyznaczania nośności podstawy jednogłęziowych słupów dwuteowych obciążonych osiowo.

Dokument ten ogranicza się do bisymetrycznych elementów obciążonych w sposób osiowy, jednak zasady w nim przedstawione mogą być również wykorzystywane przy określaniu nośności słupów o przekroju z rur.

Spis treści

1.	Wstęp	2
2.	Parametry	4
3.	Model obliczeniowy	4
4.	Sytuacja projektowa 1: Wymiarowanie blachy czołowej podstawy słupa	7
5.	Sytuacja projektowa 2: Określenie nośności obliczeniowej podstawy słupa na ściskanie	10
6.	Nośność podstawy słupa na ścinanie	11
7.	Odniesienia	12
Załącznik A	Nośność na docisk	13

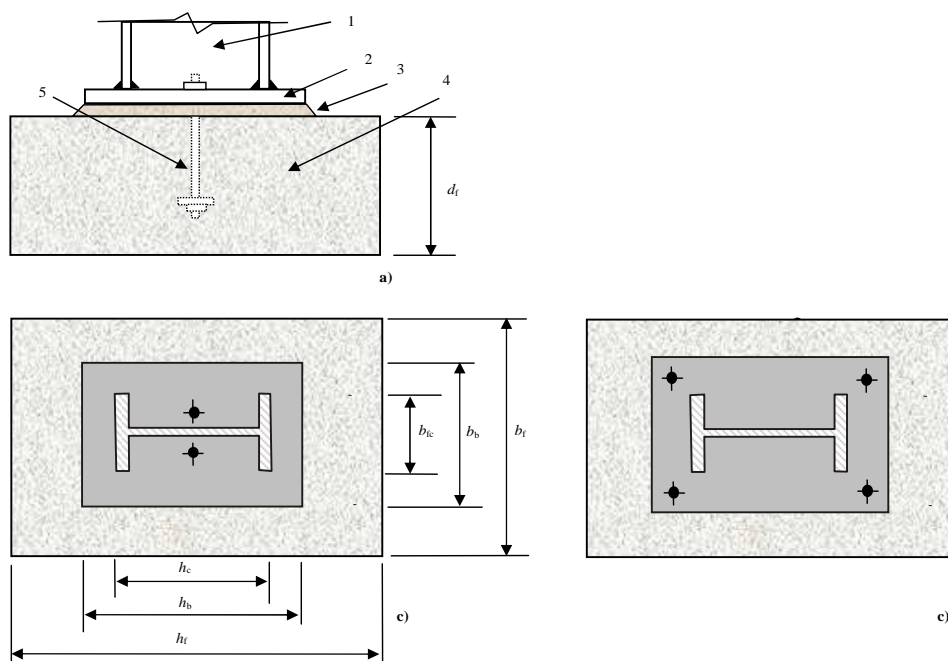
1. Wstęp

Ten dokument zawiera zasady projektowania podstawy jednołęziowego słupa o przekroju dwuteowym, obciążonego siłą osiową i siłą ścinającą (np. przegubowa stopa słupa). W typowych podstawach słupów, prostokątna blacha czołowa stopy słupa jest symetrycznie przyspawana do trzonu słupa obwodową spoiną pachwinową (Rys. 1.1).

Jeżeli połączenie podstawy słupa z fundamentem projektuje się jako przegubowe, do zamocowania blachy podstawy w fundamencie stosuje się zazwyczaj dwie kotwy, umieszczone symetrycznie na osi większej bezwładności przekroju poprzecznego trzonu słupa, po obydwu stronach środka. W niektórych krajach (np. Wielka Brytania) w połączeniu tego typu stosuje się cztery kotwy, co może umożliwić łatwiejszy montaż (ustawianie w pozycji pionowej) trzonu słupa. Śruby kotwiące zapewniają również nośność połączenia podstawy słupa z fundamentem w przypadku pojawienia się w słupie siły rozciągającej - nośność zakotwienia ze względu na wrywanie kotew. Mogą także, po spełnieniu pewnych warunków służyć do przenoszenia sił poprzecznych.

W tym dokumencie nie zawarto:

- sprawdzania nośności śrub kotwiących,
- sprawdzania nośności spoin łączących trzon słupa z blachą czołową.



Oznaczenia:

1. Dwuteowy trzon słupa
2. Blacha podstawy
3. Podlewka betonowa
4. Fundament żelbetowy
5. Śruby kotwiące

Rys. 1.1 *Typowe przegubowe połączenie stopy słupa z fundamentem z dwoma i czterema śrubami kotwiącymi*

W praktyce wyróżnić można dwie sytuacje projektowe:

- Znane są wymiary przekroju poprzecznego trzonu słupa i obciążającej siły osiowej. Wyznacza się wymiary płyty czołowej podstawy słupa.
- Znane są wymiary przekroju poprzecznego trzonu słupa i płyty czołowej blachy podstawy i na tej podstawie określa się nośność na ściskanie zakotwienia słupa.

Procedury obliczeniowe uwzględniające powyższe sytuacje projektowe przedstawiono w Rozdziałach 4 i 5.

Podstawą do projektowania jest znajomość wartości wytrzymałości obliczeniowej na docisk materiału z którego wykonano podlewkę. Przykładowe, przybliżone wartości wytrzymałości podano w Rozdziale 4, a dokładniejszy sposób ich określenia w Rozdziale 5. Natomiast sposób wyznaczenia wytrzymałości na docisk, biorąc pod uwagę wymiary fundamentu, oraz wzrost wytrzymałości na docisk pod płytą podstawy, podano w Załączniku A.

Połączenie stopy słupa z fundamentem może być przyjęte (projektowane) i uwzględniane w analizie statycznej jako połączenie nominalnie przegubowe. Norma EN 1993-1-8 nie zawiera żadnych zaleceń dotyczących klasyfikacji tego typu połączeń, natomiast mogą się one znajdować w załącznikach krajowych.

2. Parametry

Oznaczenia parametrów stosowanych w dokumencie (patrz Rys. 3.1 i Rys. 3.2):

Tab. 2.1 Parametry

Parametr	Znaczenie	Parametr	Znaczenie
α	Stosunek długości lub szerokości obszaru naprężeń docisku pod płytą czołową do długości lub szerokości blachy płyty czołowej	h_f	Długość fundamentu (odpowiadająca wysokości przekroju trzonu słupa)
α_{cc}	Współczynnik uwzględniający długotrwałe, niesprzyjające efekty spowodowane sposobem obciążenia fundamentu betonowego	h_c	Wysokość przekroju trzonu słupa
β_f	Współczynnik materiałowy	h_p	Wysokość blachy czołowej podstawy słupa
γ_c	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla betonu (patrz EN 1992-1-1).	t_c	Grubość pasa trzonu słupa
γ_{M0}	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa ze względu na zginanie blachy podstawy	l_{eff}	Długość efektywna ściskanego T-stubu blachy podstawy
b_p	Szerokość blachy podstawy	t_{wc}	Grubość środnika trzonu słupa
b_f	Szerokość fundamentu	t_p	Grubość blachy podstawy
b_{fc}	Szerokość kształownika trzonu słupa	A_{c0}	Pole powierzchni części ściskanej pod blachą podstawy o wymiarach b_p i h_p .
b_{eff}	Szerokość efektywna ściskanego T-stubu blachy podstawy	A_{c1}	Obliczeniowa powierzchnia rozkładu obciążeń w fundamencie betonowym $b_{c1} \times h_{c1}$
c	Dodatkowa szerokość strefy docisku (na zewnątrz obrysy przekroju trzonu słupa)	$C_{i,d}$	Współczynnik tarcia pomiędzy blachą podstawy a fundamentem
d_f	Wysokość fundamentu	F_{Rdu}	Wytrzymałość strefy ściskanej A_{c0} , blachy podstawy według EN 1992-1-1.
f_{yb}	Granica plastyczności śrub kotwiących	$F_{t,Rd}$	Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie (spowodowana siłami tarcia)
f_{yp}	Granica plastyczności blachy podstawy	$F_{v,Rd}$	Wytrzymałość obliczeniowa na ścinanie
f_{jd}	Wytrzymałość obliczeniowa połączenia na docisk	$N_{j,Ed}$	Wartość obliczeniowa siły ściskającej w trzonie słupa
f_{cd}	Wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie, zgodnie z EN 1992-1-1.	$N_{j,Rd}$	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie podstawy słupa
		$V_{j,Ed}$	Wartość obliczeniowa siły ścinającej w trzonie słupa

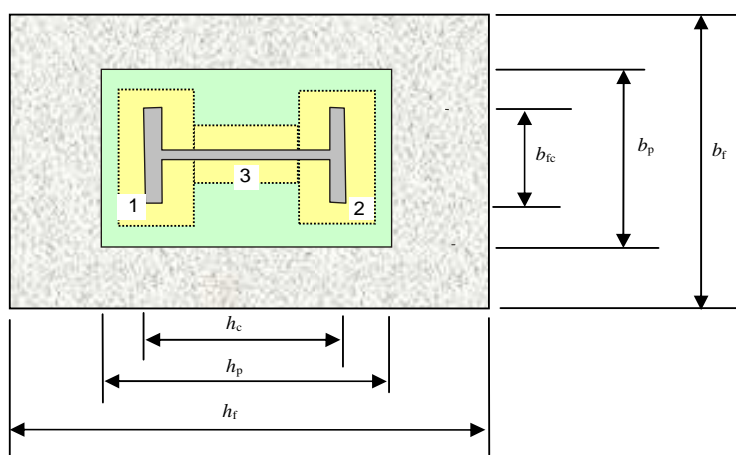
3. Model obliczeniowy

3.1 Informacje ogólne

Model obliczeniowy pozwalający na określenie nośności połączenia ze względu na ściskanie bazuje na §6.2.5 i §6.2.8.2(1) EN 1993-1-8. Model ten zakłada, że naprężenia docisku pod płytą czołową nie przekraczają wytrzymałości obliczeniowej betonu na docisk i nie prowadzą do nadmiernych odkształceń spowodowanych zginaniem blachy płyty czołowej.

W modelu obliczeniowym przyjęto, że nośność obliczeniowa na docisk podstawy słupa do fundamentu jest uzależniona od trzech nie zachodzących na siebie T-stubów obciążonych siłą ściskającą: po jednym dla fragmentów blachy przy pasach słupa i jednym dla blachy podstawy przy średniku słupa, jak na Rys. 3.1. Dla każdego z T-stubów nośność obliczeniowa na docisk jest określona przez pomnożenie pola powierzchni strefy docisku przez wytrzymałość materiału fundamentu na docisk.

Długość i szerokość każdego z T-stubów zależą od wymiarów pasa lub średnika trzonu słupa i dodatkowych szerokości strefy docisku jak pokazano na Rys. 3.2 i Rys. 4.1. Chociaż wartość dodatkowej szerokości strefy docisku zależy od nośności blachy płyty podstawy na zginanie i wytrzymałości betonu fundamentu, całkowite efektywne pole docisku powinno być skorygowane, jeżeli przyjęcie wartości wyjściowych prowadzi do zachodzenia poszczególnych T-stubów na siebie.



Oznaczenia:

1. Pole powierzchni docisku T-stub reprezentującego lewy pas trzonu słupa
2. Pole powierzchni docisku T-stub reprezentującego prawy pas trzonu słupa
3. Pole powierzchni docisku T-stub reprezentującego średnik trzonu słupa

Rys. 3.1 Podstawa słupa i pola powierzchni docisku nie zachodzących na siebie T-stubów (patrz Rys. 6.19 EN 1993-1-8)

3.2 Typy blach czołowych podstaw słupów

Norma EN1993-1-8 wyróżnia dwa typy blach czołowych podstaw słupów: ‘z dużym wycięciem blachy’ i z małym wycięciem blachy.

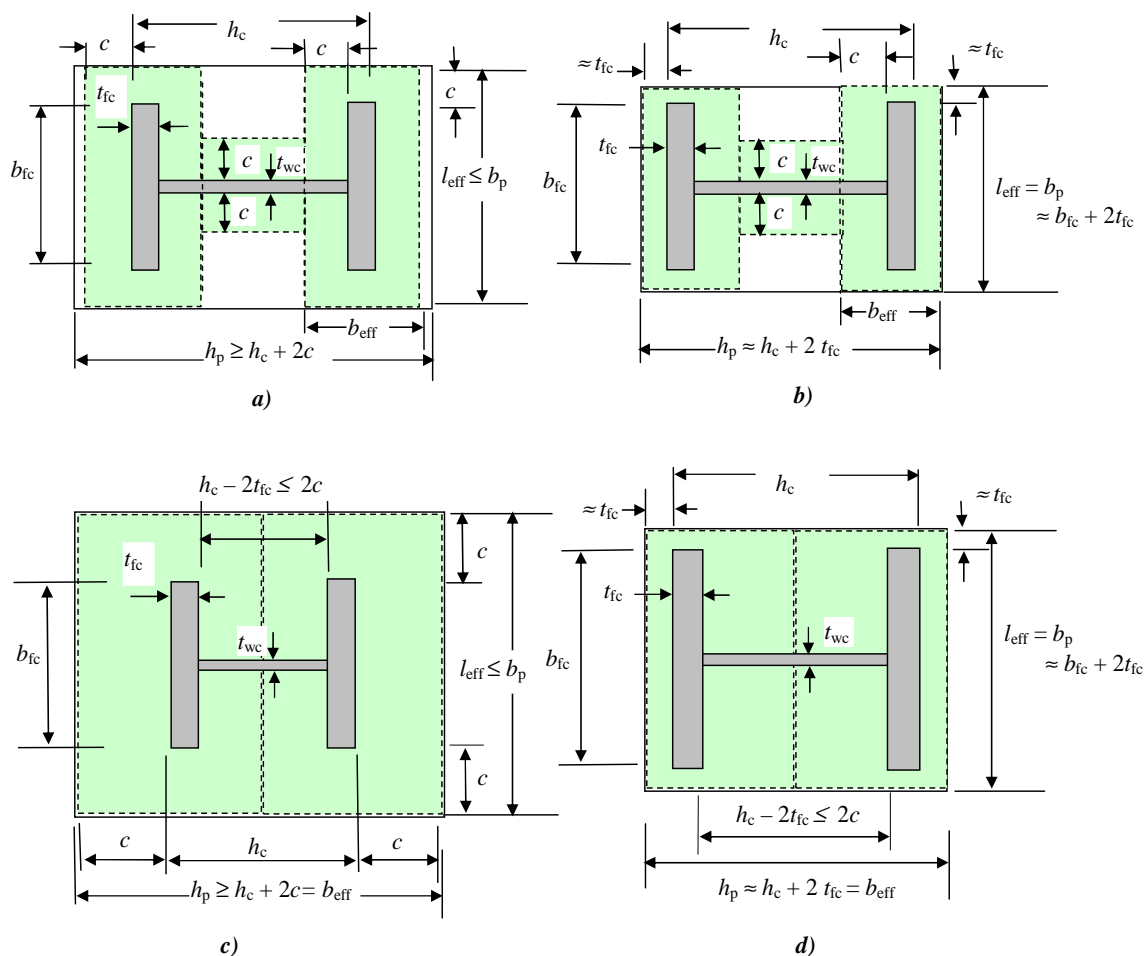
W przypadku “dużego wycięcia blachy”, projektowanie płyty podstawy poza obwodem przekroju słupa polega na wyznaczeniu obliczeniowej szerokości strefy docisku c każdego z T-stubów, Rys. 3.2a.

W przypadku “małego wycięcia blachy”, szerokość strefy docisku znajdującej się poza obwodem słupa, od zewnętrznej strony pasów trzonu słupa, jest zazwyczaj mniejsza niż wartość „ c ” i w przybliżeniu można ją przyjąć równą grubości ścianki pasa trzonu słupa, Rys. 3.2b).

3.3 Uwzględnienie zachodzenia na siebie T-stubów

W przypadku niektórych trzonów słupów wykonanych z przekrojów typu H, gdy blacha czołowa podstawy charakteryzuje się znaczną grubością, pola powierzchni docisku T-stubów reprezentujących pasy (wyznaczone przy przyjęciu dodatkowej szerokości "c") mogą zachodzić na siebie, patrz Rys. 3.2c) i Rys. 3.2d). W tym przypadku przyjmuje się prostokątne pole powierzchni docisku:

- “Mały wysięg blachy”: $A_{\text{eff. bearing}} = A_{c0} = l_{\text{eff}} b_{\text{eff}} = h_p b_p$
- “Duży wysięg blachy”: $A_{\text{eff. bearing}} = A_{c0} = l_{\text{eff}} b_{\text{eff}} = (h_c + c)(b_{fc} + c) \leq h_p b_p$



- a) “Duży wysięg blachy”, pola powierzchni docisku nie zachodzą na siebie,
- b) “Mały wysięg blachy”, pola powierzchni docisku nie zachodzą na siebie,
- c) “ Duży wysięg blachy ”, pola powierzchni docisku zachodzą na siebie,
- d) “ Mały wysięg blachy ”, pola powierzchni docisku zachodzą na siebie,

Rys. 3.2 Pola powierzchni i wymiary ekwiwalentnych T-stubów

4. Sytuacja projektowa 1: Wymiarowanie blachy czołowej podstawy słupa

W przypadku gdy słup oraz obciążony siłą ściskającą przekrój słupa są znane, wymiarowanie blachy czołowej podstawy słupa można przeprowadzić przy zastosowaniu następującej procedury.

□ Krok 1: Wybór wytrzymałości obliczeniowej materiałów

Wytrzymałość stali blachy podstawy:

Przyjmuje się obliczeniową granicę plastyczności stali blachy podstawy f_{yp} .

Wytrzymałość na docisk materiału (podlewki) fundamentu:

Jak pokazano poniżej, w większości praktycznych przypadków, wytrzymałość podlewki na docisk może być przyjęta jako równa wytrzymałości betonu na ściskanie (**Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**) $f_{jd} = f_{cd}$.

Tab. 4.1 Wytrzymałość betonu na docisk odpowiadająca poszczególnym klasom betonu.

Klasa betonu f_{ck}	20	25	30	35	40	45
Wytrzymałość na docisk f_{jd} (N/mm ²)	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30

Bardziej ogólnie, wytrzymałość podlewki na docisk można wyznaczyć według wzoru:

$$f_{jd} = \beta_j \alpha f_{cd}$$

gdzie:

β_j współczynnik, którego wartość zaleca się przyjmować równą 2/3,

$\alpha = \sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$ współczynnik uwzględniający wzrost wytrzymałości betonu na skutek rozchodzenia się naprężeń w betonie na obszarze A_{c1} (patrz Annex A). W praktyce wartość tego współczynnika przyjmuje się równą 1,5.

f_{cd} wytrzymałość obliczeniowa betonu fundamentu na ściskanie.

Biorąc powyższe pod uwagę (wartości współczynników β_j i α) można przyjąć, że:

$f_{jd} = \beta_j \alpha f_{cd} = (2/3)(1,5)f_{cd} = f_{cd}$, co odpowiada wartościom z **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

W przypadku wykonywania fundamentu, zaleca się stosowanie betonów klas średnich.

W przypadku betonów innych klas, patrz Aneks A.

□ Krok 2: Wstępne przyjęcie wymiarów blachy czołowej podstawy słupa

Pierwsze oszacowanie wymaganej powierzchni blachy czołowej podstawy słupa określa się za pomocą poniższych wzorów, przyjmując wartość większą z poniższych:

$$A_{c0} = \frac{1}{h_c b_{fc}} \left[\frac{N_{j,Ed}}{f_{cd}} \right]^2$$

$$A_{c0} = \frac{N_{j,Ed}}{f_{cd}}$$

□ Krok 3: Wybór typu blachy czołowej podstawy słupa

Typ blachy czołowej podstawy słupa zaleca się przyjmować według poniższych wskazówek:

$$A_{c0} \geq 0,95 h_c b_{fc} \quad \text{a "duży wysięg płyty"},$$

$$A_{c0} < 0,95 h_c b_{fc} \quad \text{a "mały wysięg płyty"}.$$

Uwaga: Blacha z dużym wysięgiem może być przyjęta we wszystkich przypadkach.

□ Krok 4: Określenie szerokości strefy docisku

Wielkość szerokości strefy docisku „c”, wyznacza się poprzez spełnienie poniższych warunków nośności ze względu na docisk (patrz Rys. 3.2 i 4.1):

Nośność obliczeniowa ze względu na docisk w przypadku “krótkiego wysięgu płyty”:

Przyjmując, że odległość od pasa trzonu słupa do krawędzi blachy czołowej podstawy słupa jest równa grubości pasa słupa t_{fc} , nośność obliczeniową ze względu na docisk wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = f_{jd} [2(b_{fc} + 2 t_{fc})(c + 2 t_{fc}) + (h_c - 2 c - 2 t_{fc})(2 c + t_{wc})]$$

Nośność obliczeniowa ze względu na docisk w przypadku a “dużego wysięgu płyty”:

Przyjmując, że zasięg strefy ściskanej liczony od krawędzi pasa i środka trzonu słupa jest równy odległości „c”, nośność obliczeniową ze względu na docisk wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = f_{jd} [2(b_{fc} + 2 c)(2c + t_{fc}) + (h_c - 2 c - 2 t_{fc})(2 c + t_{wc})]$$

Zastępując w powyższych wyrażeniach $N_{j,Rd}$ przez $N_{j,Ed}$, jako rozwiązanie równania kwadratowego otrzymamy wartość "c":

$$c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad \text{- z którego wybieramy tylko pierwiastek dodatni.}$$

W Tab. 4.2 Przedstawiono wyrażenia pozwalające na wyznaczenie wartości stałych A, B i C w przypadku podstaw słupów, w których wymiary T-stubów nie zachodzą na siebie

Tab. 4.2 Wyrażenia pozwalające na wyznaczenie parametrów A, B i C

Stała	"Mały wysięg płyty"		"Duży wysięg płyty"	
	Nie zachodzące T-stuby	Nie zachodzące T-stuby	Zachodzące T-stuby	Zachodzące T-stuby
A	2	2	2	2
B	$-(b_{fc} - t_{wc} + h_c)$	$+(2 b_{fc} - t_{wc} + h_c)$	$+(b_{fc} + h_c)$	
C	$+(N_{j,Ed}/2f_{jd}) - (2b_{fc}t_{fc} + 4t_{fc}^2 + 0,5h_c t_{wc} - t_{fc} t_{wc})$	$+(b_{fc}t_{fc} + 0,5h_c t_{wc} - t_{fc} t_{wc}) - (N_{j,Ed}/2f_{jd})$	$+(b_{fc}h_c)/2 - (N_{j,Ed}/2f_{jd})$	

Sprawdzenie warunku zachodzenia na siebie T-stubów

W niektórych przypadkach wyznaczona szerokość strefy ściskanej "c" jest większa niż połowa wysokości środka trzonu słupa, co jest niedopuszczalne gdy bierzemy pod uwagę przypadek, w którym pola docisku poszczególnych T-stubów nie zachodzą na siebie.

Błacha z "małym wysięgiem": sprawdzenie czy nie zachodzi przypadek a "dużego wysięgu" i przeliczenie wartości szerokości c.

Błacha z "dużym wysięgiem": przeliczenie wartości szerokości c wyznaczonej przy przyjęciu całkowitego pola docisku pomiędzy pasami słupa. Wtedy warunek nośności w przypadku "dużego wysięgu" przedstawia się następująco:

$$N_{j,Ed} \leq N_{j,Rd} = f_{jd} [(b_{fc} + 2 c)(h_c + 2 c)]$$

Współczynniki A, B i C według Tab. 4.2.

□ Krok 5: Określenie minimalnych wymiarów blachy czołowej podstawy słupa

Wymiary blachy czołowej podstawy słupa przyjmuje się według następujących wzorów:

"Mały wysięg płyty":

$$b_p \geq (b_{fc} + 2 t_{fc})$$

$$h_p \geq (h_c + 2 t_{fc})$$

"Duży wysięg płyty":

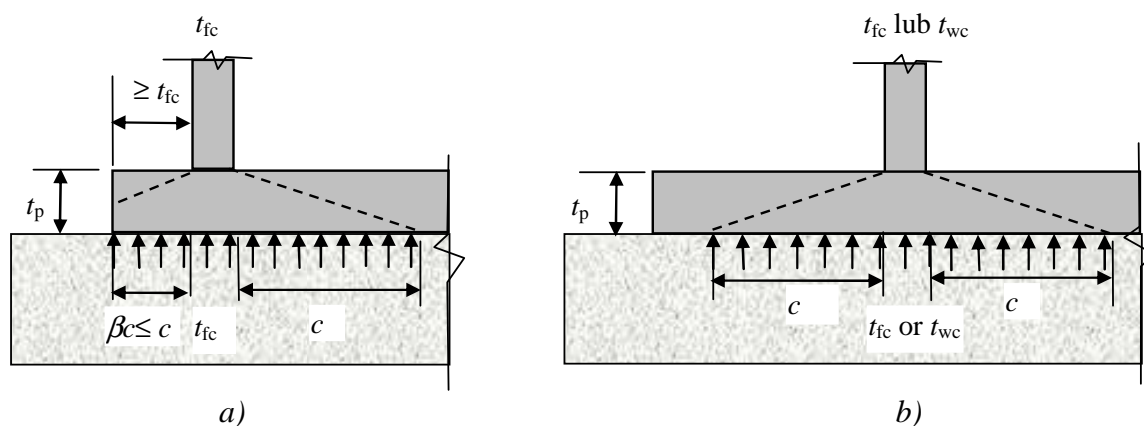
$$b_p \geq (b_{fc} + 2 c)$$

$$h_p \geq (h_c + 2 c)$$

□ Krok 6: Określenie minimalnej grubości blachy czołowej podstawy słupa

Minimalną wartość grubości blachy czołowej podstawy słupa wyznacza się przyjmując wspornikowe zamocowanie fragmentów blachy znajdujących się poza obwodem słupa, obciążonych siłami docisku f_{jd} działającymi na szerokości "c", (Rys.Rys. 4.1).

$$t_p \geq \frac{c}{\left[\frac{f_{yp}}{(3f_{jd}\gamma_{M0})} \right]^{0,5}}$$



- a) "Mały wyścięg płyty"
 b) "Duży wyścięg płyty"

Rys. 4.1 Rozkład naprężeń docisku pod blachą czołową podstawy słupa

5. Sytuacja projektowa 2: Określenie nośności obliczeniowej podstawy słupa na ściskanie

□ Krok 1: Przyjęcie podstawowych parametrów i założenia obliczeniowe

- Przyjęcie klasy stali blachy czołowej i związanej z nią granicy plastyczności stali f_{yp} .
- wymiary płyty: t_p , b_p i h_p są znane
- wymiary przekroju poprzecznego trzonu słupa: t_{fc} , t_{wc} , b_{fc} i h_c są znane
- Przyjęcie wartości współczynnika $\beta_j = 2/3$.
- wymiary fundamentu (d_f , b_f , h_f) i parametry dotyczące położenia blachy czołowej (e_b , e_h):

$$- \text{Jeżeli parametry są znane, } \alpha = \min \left[\left(1 + \frac{d_f}{\max(h_p, b_p)} \right), \left(1 + 2 \frac{e_h}{h_p} \right), \left(1 + 2 \frac{e_b}{b_p} \right), 3 \right]$$

$$\text{gdzie } e_b = (b_f - b_{fc} - 2 t_{fc})/2 \text{ and } e_h = (h_f - h_c - 2 t_{fc})/2.$$

- Jeżeli parametry są nieznane, $\alpha = 1,5$
- Wytrzymałość betonu fundamentu:
 - Jeżeli znana jest klasa betonu, f_{cd} przyjmuje się na podstawie Tab. 4.1 (lub Tab. A.1)
 - Jeżeli klasa betonu nie jest znana, zaleca się przyjęcie klasy C20: $f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2$.

□ Krok 2: Określenie wytrzymałości obliczeniowej na docisk

Wytrzymałość obliczeniową na docisk wyznacza się według wzoru: $f_{jd} = 2/3 \alpha f_{cd}$

❑ Krok 3: Wyznaczenie wartości szerokości strefy docisku

Szerokość strefy docisku wyznacza się według wzoru:

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yp}}{3f_{jd}\gamma_{M0}}}$$

❑ Krok 4: Wyznaczenie nośności blachy czołowej na ściskanie

“Mały wysięg płyty”

Jeżeli $c \leq (h_c - 2 t_{fc})/2$, nośność obliczeniową na ściskanie wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = 2 F_{fc,Rd} + F_{wc,Rd} = f_{jd} [2 (b_{fc} + 2\beta c)(c + \beta c + t_{fc}) + (h_c - 2 c - 2 t_{fc})(2 c + t_{wc})]$$

Uwaga: Długość βc (patrz Rys. 4.1) może być przyjęta jako t_{fc} .

Jeżeli $c > (h_c - 2 t_{fc})/2$, nośność obliczeniową na ściskanie wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = 2 F_{fc,Rd} = f_{jd} (b_p h_p) .$$

“Duży wysięg płyty”

Jeżeli $c \leq (h_c - 2 t_{fc})/2$, nośność obliczeniową na ściskanie wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = 2 F_{fc,Rd} + F_{wc,Rd} = f_{jd} [2 (b_{fc} + 2 c)(2 c + t_{fc}) + (h_c - 2 c - 2 t_{fc})(2 c + t_{wc})]$$

Jeżeli $c > (h_c - 2 t_{fc})/2$, $(h_c + 2 c) \leq h_p$ i $(b_c + 2 c) \leq b_p$, nośność obliczeniową na ściskanie wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = 2 F_{fc,Rd} = f_{jd} [(b_{fc} + 2 c)(h_c + 2 c)]$$

Poza tym, nośność obliczeniową na ściskanie wyznacza się według wzoru:

$$N_{j,Rd} = 2 F_{fc,Rd} = f_{jd} [\min((b_{fc} + 2 c):b_p) \times \min((h_c + 2 c):h_p)]$$

6. Nośność podstawy słupa na ścinanie

Nośność obliczeniową na ścinanie przyjmuje się równą siłom tarcia pomiędzy blachą czołową i fundamentem ([EN 1993-1-8 § 6.2.2\(6\)](#)):

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd}$$

gdzie: $F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{c,Ed}$

$N_{c,Ed}$ jest ściskającą siłą w trzonie słupa

$C_{f,d}$ jest współczynnikiem tarcia pomiędzy blachą czołową i podlewką. W przypadku podlewki cementowo-piaskowej, wartość tego współczynnika przyjmuje się równą 0,2. W przypadku innych materiałów można skorzystać z EN 1990 Annex D.

Nośność jest zachowana, jeżeli: $V_{c,Ed} \leq F_{v,Rd}$

7. Odniesienia

- 1 Cost C1 “Column Bases in Steel Building Frames”
European Commission Brussels, Edited by Klaus Weynand RWTH Aachen , 1999.
- 2 Dewolf, J.T., Ricker,D.T.
“Column Base Plates”, AISC Steel Design Guides Series, N°1, 1990.
- 3 “Joints in Steel Construction: Simple Connections”
Publication P212, SCI/BCSA, 2002.
- 4 Lescouarc’h, Y.
“Pinned column bases”, CTICM collection, 1982 (in French).

Załącznik A Nośność na docisk

A.1 Wpływ wymiarów fundamentu na wytrzymałość ze względu na docisk

Wytrzymałość podlewki ze względu na docisk f_{jd} , zależy od:

- rozkładu obciężenia działającego na blachę czołową podstawy słupa na powierzchnię fundamentu
- wytrzymałości na ściskanie betonu fundamentu
- względnej wytrzymałości i grubości podlewki betonowej ([6.2.5\(7\)](#) of EN 1993-1-8).

Jeżeli wymiary fundamentu są wystarczająco duże w porównaniu z wymiarami blachy czołowej podstawy słupa, wytrzymałość na docisk jest większa niż wytrzymałość betonu na ściskanie, ze względu na optymalny rozkład naprężeń działających na powierzchnię betonu (Rys. A.1 d)). Jeżeli rozkład taki nie jest możliwy, wytrzymałość obliczeniowa ze względu na docisk może być znacznie mniejsza niż w przypadku rozkładu optymalnego (Rys.A.1 a), b), and c)).

Wartość maksymalna wytrzymałości na docisk odpowiada sytuacji w której współczynnik $\sqrt{A_{c1} / A_{c0}} = 3,0$ (warunek graniczny zgodnie z [EN1992-1-1 §6.7\(2\)](#)).

gdzie

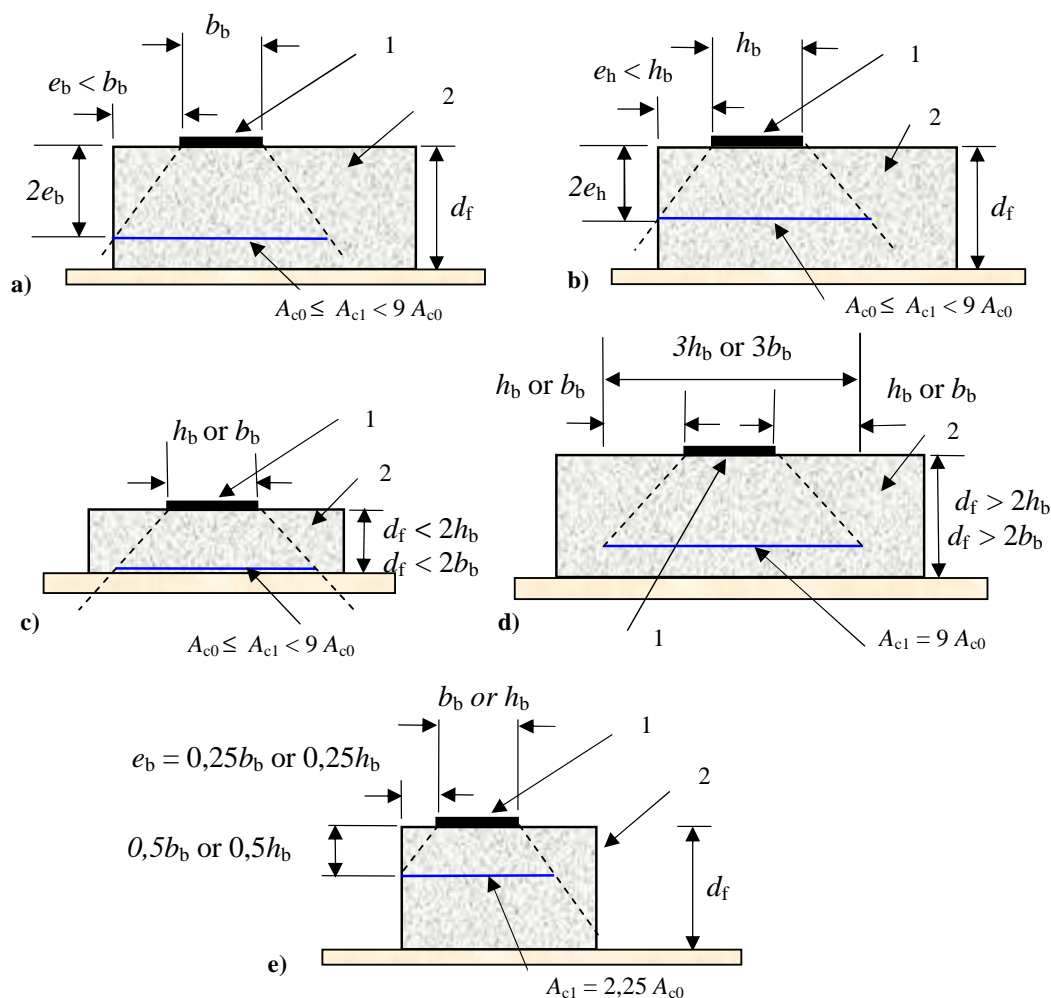
A_{c1} pole powierzchni rozdziału naprężeń (przy niezakłóconym rozchodzeniu się naprężeń w fundamencie)

A_{c0} pole powierzchni docisku płyty czołowej

Gdy współczynnik $\sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$ osiąga wartość maksymalną, wymagane wartości wymiarów (szerokość, wysokość i grubość) osiągają wartość najmniejszą z możliwych.

Chociaż teoretycznie najmniejsza wartość współczynnika $\sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$ jest równa 1, w praktyce jako najmniejszą przyjmuje się ją równą 1,5. Wartość ta odpowiada następującym wymiarom fundamentu $b_f = 1,5b_p$ i $h_f = 1,5h_p$ (Rys. A.1 e)). Żeby zapewnić odpowiedni rozkład obciężenia, wysokość fundamentu musi spełniać warunek:

$$d_f \geq \max[b_f h_f / (b_f + h_f), 3b_p h_p / (2b_p + 2h_p)]$$



Oznaczenia:

1. Pole powierzchni docisku blachy czołowej podstawy słupa A_{c0}
2. Fundament

Rys. A.1: Rozkład naprężeń w fundamencie.

A.2 Minimalna i maksymalna wartość wytrzymałości na docisk

Wytrzymałość obliczeniowa podlewki na docisk wyznacza się według wzoru:

$$f_{jd} = \beta_j \alpha f_{cd}$$

gdzie: β_j jest współczynnikiem, którego wartość przyjmuje się równą $2/3$,

$\alpha = \sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$ jest współczynnikiem uwzględniającym rozkład obciążenia działającego na fundament, pochodzącego od siły ściskającej w słupie,

f_{cd} jest wytrzymałością obliczeniową betonu na ściskanie.

Przyjęcie współczynnika $\beta_j = 2/3$ wymaga spełnienia odpowiednich warunków nośności co do podlewki betonowej ([EN 1993-1-8 §6.2.5\(7\)](#)):

- Jeżeli grubość podlewki $\leq \min(50 \text{ mm}; 0,2 h_p; 0,2 b_p)$, wytrzymałość podlewki na ściskanie powinna wynosić co najmniej $0,2 f_{cd}$
- Jeżeli grubość podlewki $> 50 \text{ mm}$, wytrzymałość podlewki na ściskanie powinna wynosić co najmniej f_{cd}

Określenie wartości współczynnika α wymaga znajomości wymiarów fundamentu.

Jeżeli wymiary fundamentu są znane, wytrzymałość obliczeniową podlewki na docisk wyznacza się według wzoru:

$$f_{jd} = \beta_j f_{cd} \sqrt{A_{c1} / A_{c0}}$$

gdzie: $\sqrt{A_{c1} / A_{c0}} = \alpha$

$$i: \quad \alpha = \min \left[\left(1 + \frac{d_f}{\max(h_p, b_p)} \right), \left(1 + 2 \frac{e_h}{h_p} \right), \left(1 + 2 \frac{e_b}{b_p} \right), 3 \right]$$

W tym dokumencie przyjęto następujące założenia upraszczające:

- W celu umożliwienia przyjęcia współczynnika $\beta_j = 2/3$, powinny być spełnione odpowiednie warunki wytrzymałości i grubości podlewki betonowej ([clause 6.2.5\(7\)](#) EN 1993-1-8).
- W celu uproszczenia określenia wytrzymałości na docisk, przyjęto, że blacha czołowa podstawy słupa podlega dociskowi na całym swym obszarze. Przyjmując $A_{c0} = b_p h_p$ (zamiast $A_{c0} = b_{eff} h_{eff}$ dla pojedynczego T-stuba), prowadzi do bezpiecznego oszacowania nośności na docisk. W przypadku gdy od początku znane są wymiary fundamentu, natomiast nieznane są wymiary blachy czołowej podstawy słupa, zaleca się przyjęcie $A_{c0} = (b_{fc} + 2 t_{fc})(h_c + 2 t_{fc})$, jako wstępne, początkowe przybliżenie.

Jeżeli wymiary fundamentu są nieznane, ocenia się, że są one tak dobierane, aby spełniony był warunek $\sqrt{A_{c1} / A_{c0}} = \alpha \geq 1,5$. Przyjęcie współczynnika $\alpha = 1,5$, powoduje, że wytrzymałość obliczeniową na docisk $f_{jd} = f_{cd}$ ($f_{jd} = \beta_j \alpha f_{cd} = (2/3)(1,5) f_{cd} = f_{cd}$).

Gdy wartość wytrzymałości obliczeniowej na docisk przyjmuje się równą $f_{jd} = 2/3 f_{cd}$, to pole powierzchni fundamentu A_{c1} przyjmuje się w przybliżeniu równe polu powierzchni blachy czołowej słupa A_{c0} (co ma miejsce w typowych sytuacjach budowlanych).

Wartości f_{cd} i β_j dla różnych klas betonu, podano w Tab. A.1.

Tab. A.1: Klasy betonu, wytrzymałości betonu na ściskanie i docisk (N/mm^2) dla $\beta_j = 2/3$

Klasa betonu f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50	60
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ $\gamma_c = 1,5$ i $\alpha_{cc} = 1,0$	8	10,7	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3	40
Min f_{jd} : dla $\alpha = 1,0$ $f_{jd} = 1,0 \beta_j f_{cd} = (2/3) f_{cd}$	5,3	7,1	8,9	11,1	13,3	15,6	17,8	20	22,2	26,7
f_{jd} dla $\alpha = 1,5$ $f_{jd} = 1,5 \beta_j f_{cd} = f_{cd}$	8	10,7	13,3	16,7	20	23,3	26,7	30	33,3	40
Max. f_{jd} dla $\alpha = 3,0$ $f_{jd} = 3,0 \beta_j f_{cd} = 2 f_{cd}$	16	21,4	26,6	33,4	40	46,6	53,4	60	66,6	80

Uwaga: W niektórych krajach mogą być stosowane krajowe zalecenia dotyczące minimalnej klasy betonu z którego wykonuje się fundamenty (np. fundamenty masywne – klasa min 20, fundamenty żelbetowe klasa ≥ 25).

A.3 Wyznaczenie wymiarów blachy czołowej podstawy słupa

Pole powierzchni blachy czołowej przyjmuje się jako wartość większą z:

$$\square A_{c0} = \frac{1}{A_{c1}} \left[\frac{N_{j,Ed}}{\beta_j f_{cd}} \right]^2 \text{ gdzie } A_{c1} \approx \alpha^2 (h_c b_{fc})$$

Znane wymiary fundamentu:

$$\alpha = \min \left[\left(1 + \frac{d_f}{h_c + 2t_{fc}} \right), \left(1 + \frac{d_f}{b_c + 2t_{fc}} \right), \left(1 + 2 \frac{e_h}{h_p} \right), \left(1 + 2 \frac{e_b}{b_p} \right), 3 \right]$$

$$\text{Gdzie } e_b = (b_f - b_{fc} - 2 t_{fc})/2 \text{ and } e_h = (h_f - h_c - 2 t_{fc})/2.$$

Nieznane wymiary fundamentu: $\alpha = 1,5$

$$\square A_{c0} = \frac{N_{j,Ed}}{\alpha \beta_j f_{cd}}$$

$\beta_j = 2/3$ i f_{cd} z Tab. A.1.

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Informacje uzupełniające: Model obliczeniowy podstawy jednogłęziowego słupa dwuteowego obciążonego osiowo		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Ivor Ryan	CTICM	21/04/2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Alain Bureau	CTICM	March 2006
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	17/3/06
2. France	A Bureau	CTICM	17/3/06
3. Sweden	A Olsson	SBI	17/3/06
4. Germany	C Müller	RWTH	17/3/06
5. Spain	J Chica	Labein	17/3/06
Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora	G W Owens	SCI	11/7/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Model obliczeniowy podstawy jednogłęziowego słupa dwuteowego obciążonego osiowo	
Seria		
Opis*	Ten dokument przedstawia zasady wymiarowania płyt czołowych i wyznaczania nośności podstawy jednogłęziowych słupów dwuteowych obciążonych osiowo. Dokument ten ogranicza się do bisymetrycznych elementów obciążonych w sposób osiowy, jednak zasady w nim przedstawione mogą być również wykorzystywane przy określaniu nośności słupów o przekroju z rur.	
Poziom dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikator*	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\tlumaczenie\2009-04-08!_SN\037\SN037a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 18 Pages; 990kb;	
Kategoria*	Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowania	Budynki wielokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	17/03/2006
	Data ostatniej modyfikacji	08/03/2006
	Data sprawdzenia	08/03/2006
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Ivor Ryan, CTICM
	Sprawdzony przez	Alain Bureau, CTICM
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	Połączenie stopy słupa	
Zobacz też	Odniesienie do Eurocodu	EN 1993-1-1, EN 1993-1-8
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Omówienie	Narodowa przydatność	EU
Szczególne instrukcje		