

Informacje uzupełniające: Projektowanie elementów oporowych przenoszących siłę poziomą w stopach słupów przegubowych

Opracowanie zawiera reguły projektowania elementów oporowych (ostróg), przenoszących siłę poziomą w podstawach słupów. Przedstawione reguły uzupełniają opracowania SN037 i SN043, w których omówiono projektowanie podstaw przegubowych i utwierdzonych słupów stalowych.

Zawartość

1.	Wstęp	2
2.	Rodzaje elementów oporowych	3
3.	Parametry	5
4.	Model obliczeniowy	6
5.	Sytuacja obliczeniowa 1: Wymiarowanie blachy podstawy z elementem oporowym na działanie siły poprzecznej	8
6.	Sytuacja obliczeniowa 2: Wyznaczanie nośności podstawy z elementem oporowym na działanie siły poprzecznej	12
7.	Literatura	13

1. Wstęp

Opracowanie obejmuje swym zakresem przegubowe stopy słupów ([SN037](#)) oraz stopy utwierdzone ([SN043](#)).

W większości typowych przypadków, do przeniesienia siły poziomej ze słupa na fundament wystarczająca jest siła tarcia, pojawiająca się pomiędzy blachą poziomą podstawy słupa a betonowym fundamentem (z dodatkową warstwą podlewki), tak jak pokazano to w opracowaniu [SN037](#).

W przypadku przegubowego zamocowania słupa w fundamencie, jeśli w słupie pojawia się siła rozciągająca, wówczas siły tarcia nie powstają. W przypadku sztywnych połączeń słupa w fundamencie, samo tarcie bywa niewystarczające, gdy znaczna siła pozioma występuje równocześnie z niewielką wartością momentu zginającego lub niewielką wartością siły ściskającej.

W takich sytuacjach wymagane są inne sposoby przekazania siły poziomej z słupa na fundament.

Mogą one być następujące:

- Przekazanie siły poziomej przez śruby kotwiące, pracujące czas na ścinanie i docisk (por. [§6.2.2\(7\) PN-EN 1993-1-8](#)).
- Zagłębienie podstawy słupa wraz z blachą podstawy we wnęce wykonanej w fundamencie (fundament „kielichowy”). Głębokość wnęki wynosi co najmniej 300 mm. Po umieszczeniu w niej słupa, wnęka jest wypełniana starannie zagęszczonym betonem. Taki sposób jest najbardziej odpowiedni do projektowania sztywnego zamocowania słupa w fundamencie. Siła pozioma, a także siły wynikające z działania momentu zginającego, są wówczas przekazywane przez docisk obetonowanej części słupa na ściany wnęki fundamentu. W fundamencie jest wymagane odpowiednie zbrojenie.
- Ustawienie podstawy słupa wraz z blachą podstawy w płytkim zgłębieniu, wykonanym w fundamencie, zwykle nie głębszym niż 100 mm. Przekazywanie siły poziomej odbywa się w sposób podobny, jak w połączeniu „kielichowym”. Rozwiązanie takie nie jest zalecane do słupów mocowanych przegubowo do fundamentu, ponieważ deformacje wywołane obrotem podstawy słupa mogą wywoływać miejscowe zniszczenia betonu nad i obok blachy podstawy.
- Zapewnienie odpowiedniego zamocowania słupa do płyty posadzki w poziomie parteru. Takie rozwiązanie wymaga upewnienia się, czy płyta posadzki posiada odpowiednie zbrojenie, zdolne do przejścia siły poziomej ze słupa.
- Zaprojektowanie elementu oporowego, przyspawanego od spodu poziomej blachy podstawy, który umieszczony jest we wnęce fundamentu. Przestrzeń pomiędzy elementem oporowym a wnęką wypełniana jest niskokurczliwą zaprawą cementową po ustawieniu słupa na fundamencie.

Stosowanie śrub kotwiących do przejścia siły poziomej nie jest powszechną praktyką. Aby wykorzystać śruby kotwiące do przekazania siły poziomej na fundament, należy najpierw upewnić się, że będzie to możliwe bez znacznych przemieszczeń poziomych podstawy słupa.

(patrz [§6.2.2\(5\) EN 1993-1-8](#)). Jeżeli śruby kotwiące są osadzone w uprzednio wykonanych kanałach kotwiących (studzienkach) wówczas nie zawsze mogą one przejść siłę poziomą. Często w blachach podstawy są stosowane otwory powiększone, aby umożliwić zgubienie odchyłek wykonawczych ustawienia śrub kotwiących w fundamencie. W takim przypadku stosowane są dodatkowe podkładki z blach pod nakrętkami śrub kotwiących i powinny one być spawane do blachy podstawy, aby umożliwić przekazanie siły poziomej na śruby kotwiące. Zaleca się, aby średnice otworów w takich dodatkowych podkładkach z blach były jak najmniejsze, na przykład $d + 1,5$ mm (gdzie d jest nominalną średnicą śruby kotwiącej). Przy takich środkach ostrożności, obliczeniowa nośność śrub kotwiących przy obciążeniu siłą poziomą określana jest według [§6.2.2\(7\) EN 1993-1-8](#) i może być dodawana do nośności ze względu na poślizg pomiędzy blacha podstawy a fundamentem.

W niniejszym opracowaniu nie omawia się projektowania podstawy słupa w zagłębieniu fundamentu ani jego mocowania do płyty posadzki parteru celem przekazania siły poziomej.

Przedmiotem opracowania jest projektowanie elementów oporowych, których zadaniem jest przekazanie siły poziomej z słupa na fundament.

Element oporowy (ostroga) jest wykonywany najczęściej w postaci krótkiego odcinka kształtownika stalowego, spawanego pod spodem blachy podstawy. Po ustawieniu słupa w ostatecznym położeniu, podczas wypełniania podlewką przestrzeni pomiędzy blachą podstawy a wierzchem fundamentu, wypełniana jest także przestrzeń pomiędzy elementem oporowym a ścianami wnęki w fundamencie, gdzie element oporowy jest osadzony. Siła pozioma przekazywana jest wówczas ze słupa bezpośrednio na fundament za pomocą docisku pomiędzy pionowymi ściankami elementu oporowego a fundamentem betonowym.

W praktyce, spotykane są dwie sytuacje projektowe:

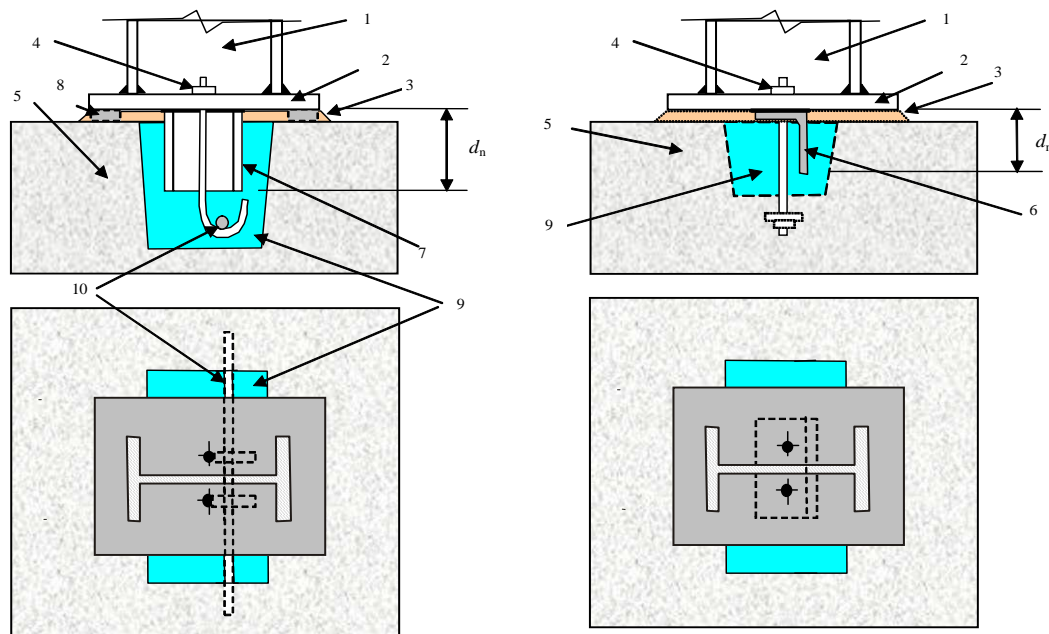
1. Znany jest rozmiar trzonu słupa i wielkości sił obciążających fundament. Należy wówczas wyznaczyć wymiary blachy podstawy i wymiary elementu oporowego.
2. Znane są wymiary trzonu słupa, blachy podstawy, elementu oporowego i wymiary całej podstawy słupa. Należy sprawdzić nośność podstawy na działanie siły pionowej i poziomej.

Zwykła procedura projektowa rozpoczyna się od wyznaczenia wymiarów blachy podstawy za pomocą procedur podanych w rozdziale 4 lub 5 opracowania [SN037](#) lub [SN043](#). Projektowanie elementu oporowego przenoszącego siłę poziomą odbywa się za pomocą procedur podanych w rozdziale 5 i 6 niniejszego opracowania.

2. Rodzaje elementów oporowych

Na Rys. 2.1 pokazano dwa rodzaje najpowszechniej stosowanych elementów oporowych. Jeden z nich to krótki odcinek kątownika, zdolny do przejścia stosunkowo niedużej siły poziomej; drugi to krótki odcinek dwuteownika, posiadający o wiele większą nośność na działanie siły poziomej.

Uwaga: Na Rys. 2.1 pokazano typowe rozwiązania podstawy słupa z elementami oporowymi. W przypadku podstaw słupów utwierdzonych (patrz Rys. 1.1 w opracowaniu [SN043](#)) szereg śrub kotwiących nie jest ustawiony obok środka trzonu słupa, lecz obok jego pasów, w wystającej części blachy podstawy)



Legenda :

- | | | | |
|----|---|-----|--|
| 1. | Trzon słupa (dwuteownik) | 6. | Element oporowy z kątownika |
| 2. | Pozioma blacha podstawy | 7. | Element oporowy z dwuteownika |
| 3. | Przestrzeń do wypełnienia podewką cementową | 8. | Steel positioning/levelling plate |
| 4. | Śruba kotwiąca | 9. | Studzienki wypełniane betonem lub zaprawą niskokurczliwą po ustawieniu słupa |
| 5. | Fundament betonowy | 10. | Pręt zbrojenia fundamentu |

Rys. 2.1 *Typowa podstawa słupa z elementem oporowym*

Inne typy elementów oporowych od tych przedstawionych na Rys. 2.1 to:

- Pionowa blacha spawana do blachy podstawy, która pełni rolę taką, jak pionowe ramię kątownika w opisanym wcześniej przypadku.
- Pozioma blacha o znacznych wymiarach (osadzona w betonie swoją grubością, spawana na obwodzie do blachy podstawy) która wywołuje docisk do betonu pod działaniem siły poziomej.

Podane niżej zasady projektowania odnoszą się do elementów oporowych pokazanych na Rys. 2.1. Mogą one jednakże być łatwo adaptowane do innych typów elementów oporowych, w szczególności tych wymienionych w rozdziale 1.

Najlepiej, gdy elementy oporowe są przyspawane do blachy podstawy centralnie, na przedłużeniu osi trzonu słupa. W przypadku elementu oporowego z kątownika, jeśli długość kątownika (szerokość elementu oporowego) jest umieszczona centralnie względem osi trzonu słupa, wówczas wystające w dół ramię kątownika musi być nieco przesunięte, aby uniknąć jego kolizji ze śrubami kotwiącymi. Jeśli długość kątownika jest dłuższa od rozstawu śrub kotwiących, należy wykonać otwory przechodzące także przez ramię poziome kątownika. W przypadku kątownika nierównoramiennego, zwykle węższe ramię spawane jest do blachy podstawy.

3. Parametry

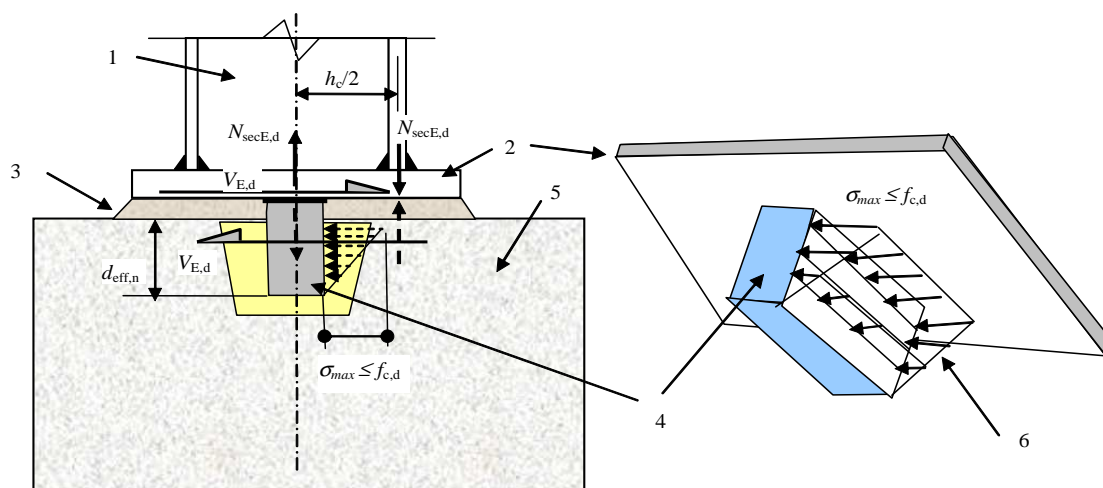
W poniższej tabelicy objaśniono znaczeniu używanych symboli:

Tablica 3.1 Parametry (również te używane w opracowaniu [SN037](#))

Parametr	Definicja	Parametr	Definicja
α	Stosunek wymiaru powierzchni obliczeniowego docisku, do wymiaru blachy podstawy (długości, szerokości).	h_f	Szerokość ramienia kątownika elementu oporowego zagłębiona w fundamencie
α_{cc}	Współczynnik uwzględniający efekty długotrwałe oraz niekorzystne wpływy wynikające ze sposobu przyłożenia obciążenia na wytrzymałość betonu na ściskanie (patrz PN-EN 1992-1-1)	h_c	Wysokość kształtownika trzonu słupa.
β_j	Współczynnik materiałowy odniesiony do fundamentu.	h_n	Długość w rzucie elementu oporowego z dwuteownika.
γ_c	Współczynnik częściowy wytrzymałości betonu na ściskanie (Patrz PN-EN 1992-1-1).	h_p	Długość blachy podstawy.
γ_{M0}	Współczynnik częściowy nośności przy zginaniu blachy podstawy.	t_c	Grubość pasa trzonu słupa.
b_a	Szerokość półki kątownika elementu oporowego spawanej do blachy podstawy.	l_{eff}	Długość efektywna półki króćca teowego blachy podstawy przy ścisaniu.
b_p	Szerokość blachy podstawy.	$d_{eff,n}$	Wysokość efektywna elementu oporowego.
b_f	Szerokość fundamentu (odpowiadająca szerokości trzonu słupa)	d_h	Wysokość całkowita elementu oporowego.
b_{fc}	Szerokość trzonu słupa (szerokość pasa dwuteownika).	t_{wc}	Grubość średnika słupa.
b_{eff}	Szerokość efektywna półki ściskanego króćca.	t_{an}	Grubość ramienia kątownika stosowanego na element oporowy.
b_n	Szerokość elementu oporowego.	t_n	Grubość pasa dwuteownika stosowanego na element oporowy.
c	Maksymalny wysięg strefy docisku (poza obwodem przekroju trzonu słupa).	t_p	Grubość blachy podstawy.
d_f	Wysokość fundamentu.	A_{c0}	Pole powierzchni ściskanej pod blachą podstawy o wymiarach b_p i h_p .
f_{yb}	Granica plastyczności śrub kotwiących.	$F_{t,Rd}$	Obliczeniowa nośność ze względu na poślizg.
f_{yp}	Granica plastyczności blachy podstawy.	$F_{v,Rd}$	Obliczeniowa nośność podstawy słupa przy obciążeniu siłą poziomą.
f_{jd}	Obliczeniowa wytrzymałość połączenia na docisk.	$N_{sec,Ed}$	Drugorzędna siła podłużna.
f_{cd}	Obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie według PN-EN1992-1-1.	$N_{j,Rd}$	Obliczeniowa nośność przy ścisaniu podstawy słupa.
f_{un}	Granica wytrzymałości stali elementu oporowego.	V_{Ed}	Obliczeniowa siła poprzeczna w podstawie słupa.

4. Model obliczeniowy

Przyjęty model obliczeniowy pokazany jest schematycznie na Rys. 4.1. Siła pozioma jest przenoszona na fundament przez docisk wywołany na pionowej ścianie (lub ściankach) elementu oporowego zgłębnionego w betonie fundamentu. Mimośród pomiędzy reakcją elementu oporowego a siłą poziomą działającą na wysokości dolnego lica blachy podstawy wywołuje dodatkowy moment zginający, tworzący parę pionowych sił ($N_{sec,Ed}$) skutkujących rozciąganiem i ściskaniem blachy podstawy do fundamentu. Siła rozciągająca może zostać przejęta przez śrubę lub przez element oporowy. W niniejszym opracowaniu konserwatywnie założono, że siła ta jest przejmowana przez element oporowy. Dodatkowa siła ściskająca pomiędzy blachą podstawy a fundamentem (podlewka) jest zwykle pomijana w projektowaniu mimo, że może zostać łatwo uwzględniona w obliczeniach nośności strefy ściskanej.



Legenda:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Trzon słupa (dwuteownik) | 4. Element oporowy |
| 2. Blacha podstawy | 5. Fundament betonowy |
| 3. Podlewka (zaprawa cementowa) | 6. Trójkątny rozkład docisku na elemencie oporowym |

Rys. 4.1 Model obliczeniowy elementu oporowego pokazujący powstające siły i naprężenia: rozkład sił na wysokości elementu oporowego i siły drugorzędne.

Przy tworzeniu modelu obliczeniowego zastosowano następujące uproszczenia [1]:

- Rozkład sił docisku i udział w całkowitej nośności obu pasów zgłębnionego dwuteownika elementu oporowego jest równy.
- W przypadku pełnego zgłębienia ramienia kątownika lub pasa dwuteownika w betonie, przyjmuje się trójkątny rozkład naprężeń docisku na efektywnej wysokości elementu oporowego (patrz Rys. 4.1 i 4.2).
- Wysokość efektywna elementu oporowego $d_{eff,n}$ jest przyjmowana jako pełna wysokość elementu d_n poniżej blachy podstawy, pomniejszona o grubość warstwy podlewki. Takie przyjęcie wysokości efektywnej, uwzględnia możliwe niedokładności wykonania podlewki poniżej blachy podstawy. Zazwyczaj grubość warstwy podlewki wynosi

30 mm, a rzadko przekracza 50 mm. W dalszych rozważaniach przyjęto grubość podlewki równą 30 mm.

- Przekazywanie drugorzędного momentu zginającego jest rozpatrywane jako działanie pary sił działających na blachę podstawy. Jedna z sił jest ściskająca i jest przenoszona przez docisk blachy podstawy do podlewki cementowej, o wypadkowej umieszczonej w środku ciężkości pasa trzony słupa, druga z sił jest rozciągająca i przenoszona jest przez rozciąganie elementu oporowego. Zakładając, że element oporowy jest umieszczony w osi trzonu słupa, a grubość warstwy podlewki wynosi 30 mm, można otrzymać następujące zależności wyrażające wielkości siły rozciągającej:

- Element oporowy z dwuteownika: Siła rozciągająca w półce dwuteownika:

$$N_{Ed} = V_{Ed} \left(\frac{d_{eff,n}}{3} + 30 \right) \left(\frac{1}{h_n - t_{fn}} \right) + V_{Ed} \left(\frac{d_{eff,n}}{3} + 30 \right) \left(\frac{2}{h_c} \right) \left(\frac{1}{2} \right) = V_{Ed} \left(\frac{d_{eff,n}}{3} + 30 \right) \left(\frac{1}{h_n - t_{fn}} + \frac{1}{h_c} \right)$$

- Element oporowy z kątownika: Siła rozciągająca w pionowej ściance kątownika:

$$N_{Ed} = V_{Ed} \left(\frac{d_{eff,n}}{3} + 30 \right) \frac{2}{h_c}$$

- W celu zabezpieczenia się przed wyrwaniem elementu oporowego z fundamentu oraz aby uzyskać odpowiednią nośność na działanie siły podłużnej, zaleca się aby wymiary elementu oporowego spełniały warunki:

- Wysokość elementu oporowego z dwuteownika: $h_n \leq 0,4 h_c$
- Wysokość efektywna elementu oporowego z dwuteownika w fundamencie: $60 \text{ mm} \leq d_{eff,n} \leq 1,5 h_n$
- Wysokość efektywna elementu oporowego z kątownika: $60 \text{ mm} \leq d_{eff,n} \leq 1,5 b_n$

W wypadku podstawy przegubowej, uwzględnienie powyższych ograniczeń pozwala na uniknięcie znacznego usztywnienia podstawy.

- Ramię kątownika lub pasy dwuteownika elementu oporowego są osadzone w betonie fundamentu, więc podlegają niewielkiemu zginaniu płytowemu. Aby założenie takie było poprawne, zaleca się nie przekraczać smukłości maksymalnej ścianek, jak następuje:

- Element oporowy z dwuteownika: Maksymalna smukłość pasa $(b_{fn} / t_{fn}) \leq 20$
(kryterium to spełniają wszystkie kształtowniki IPE oraz HE za wyjątkiem HEA 260, 280 i 300)
- Element oporowy z kątownika: Maksymalna smukłość ramienia: $(d_{,n} / t_{an}) \leq 10$
(nie wszystkie standardowe kątowniki spełniają to kryterium).

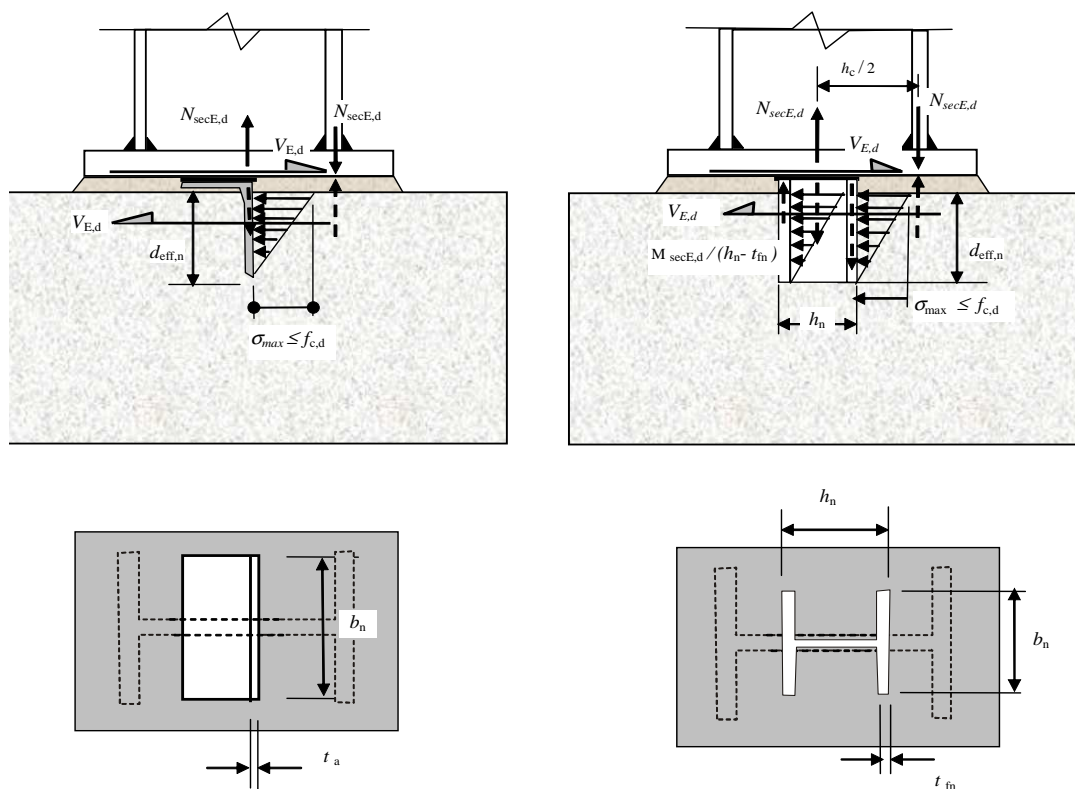
- W przypadku elementu oporowego z dwuteownika, siła pozioma jest przekazywana od blachy podstawy przez środnik. Moment zginający na spodzie blachy podstawy jest przenoszony parą sił działających w środkach ciężkości pasów. Zamiast zakładać przenoszenie drugorzędnej siły rozciągającej przez śruby kotwiące, lepiej jest rozważyć jej przekazywanie przez oba pasy dwuteownika. Pas, w którym sumuje się rozciąganie od zginania dwuteownika i od połowy siły wyrwijającej cały element oporowy, jest najbardziej wyteżony. Pas słupa naprzeciwko pasa elementu oporowego również przenosi siłę wypadkową obliczoną w podobny sposób.

- ❑ W przypadku elementu oporowego z kątownika, zarówno ścinanie, jak i drugorzędna siła rozciągająca jest przejmowana przez pionowe ramię kątownika. Zginanie u góry ramienia pionowego jest pomijalne.

Podstawowym warunkiem nośności jest sprawdzenie, że naprężenia docisku od betonu, na wysokości pionowej ścianki elementu oporowego, nie przekraczają obliczeniowej wytrzymałości betonu na ściskanie oraz że nie powodują one nadmiernych naprężeń w ściankach elementu oporowego (ramię kątownika, środnik lub pas dwuteownika).

Dodatkowo sprawdzenia wymagają:

- ❑ Środnik trzonu słupa, przy działaniu siły skupionej od drugorzędnej siły rozciągającej przekazywanej z ramienia kątownika lub pasa dwuteownika,
- ❑ Spoiny pachwinowe mocujące element oporowy do blachy podstawy, przy działaniu siły poziomej i drugorzędnej siły rozciągającej.



Rys. 4.1 Wymiary elementu oporowego, rozkład sił docisku i siły drugorzędne.

5. Sytuacja obliczeniowa 1: Wymiarowanie blachy podstawy z elementem oporowym na działanie siły poprzecznej

W przypadku, gdy znane są wartości sił przekrojowych w podstawie słupa, można stosować podaną niżej procedurę wymiarowania blachy podstawy i elementu oporowego. Konserwatywnie można zakładać, że całość siły poziomej jest przekazywana na fundament

przez element oporowy tj. przy pominięciu udziału wywołanego tarciami pomiędzy blachą podstawy a fundamentem i udziału śrub kotwiących.

Zwykle element oporowy projektuje się z tego samego gatunku stali (f_{yn}) co blachę podstawy, lecz w razie potrzeby może być to stal o innym gatunku.

Podane zasady odnoszą się do przypadku działania siły poziomej w płaszczyźnie środka tj. prostopadle do „mocniejszej” osi przekroju poprzecznego trzonu słupa. W razie potrzeby model obliczeniowy może być adoptowany do przypadków, gdy siła pozioma działa prostopadle do płaszczyzny środka lub gdy elementy oporowe potrzebne są ze względu na działanie sił poziomych w dwu prostopadłych kierunkach.

□ Krok 1: wymiarowanie blachy podstawy według [SN037](#) lub [SN043](#)

Wymiary blachy podstawy (h_p, b_p, t_p) są ustalane na podstawie wymiarów przekroju trzonu słupa (h_c, b_c, t_{wc}, t_{fc}), obciążenia i klasy betonu (f_{cd}) zastosowanej w fundamencie.

□ Krok 2: Wymiarowanie elementu oporowego

Założenie grubości podlewki - 30 mm

Przyjęcie szerokości elementu oporowego b_n w zakresie: $\min b_n \geq b_n \leq \max b_n$:

Element oporowy z kątownika: $\min b_n \geq \max(90 : \frac{V_{Ed}}{30f_{cd}})$ mm oraz $\max b_n \leq b_p - 2t_{fc}$

Element oporowy z dwuteownika: $\min b_n \geq \max(90 : \frac{V_{Ed}}{15f_{cd}})$ mm oraz $\max b_n \leq b_p - 2t_{fc}$

Element oporowy z kątownika:

Określenie odpowiednich (i dostępnych) typów kątowników: (h_a, b_a, t_a). Zwykle stosuje się kątowniki równoramienne, lecz również mogą być stosowane nierównoramienne. Warunek stosowalności jest następujący:

$$t_a \geq h_a/10$$

gdzie h_a jest wysokością dłuższego ramienia, zagłębionego w fundamencie.

a) Oszacowanie minimalnej wymaganej głębokości elementu oporowego:

$$\min d_{eff,n} \geq \max(60 : \frac{2V_{Ed}}{b_n f_{cd}})$$
 mm

b) Sprawdzenie ograniczenia zakresu głębokości elementu oporowego:

$$\min d_{eff,n} + 30 \text{ mm} \leq \min(0,8d_f : h_a).$$

Jeśli warunek nie jest spełniony, należy powtórzyć dobór kątownika przyjmując kolejny, o szerszym ramieniu b_n (szerokość ramienia kątownika).

c) Dobór rozmiaru kątownika spełniającego warunki:

$$h_a \geq (\min d_{eff,n}) + 30 \text{ mm} ; h_a \leq 0,8d_f ; h_a \leq 0,6h_c \quad b_a \leq 0,6h_c \quad \text{oraz} \quad t_a \geq h_a/10$$

Przyjęcie, że $d_{\text{eff},n} = h_a - 30 \text{ mm}$

Oszacowanie drugorzędnej siły rozciągającej w pionowym ramieniu kątownika:

$$N_{\text{sec Ed}} = V_{\text{Ed}} \left(\frac{d_{\text{eff},n}}{3} + 30 \right) \frac{2}{h_c}$$

Sprawdzenie grubości ramienia w wypadku interakcji ścinania i rozciągania, korzystając z warunku Hubera-Misesa:

$$t_a \geq \sqrt{\left[\frac{N_{\text{sec Ed}}}{b_n f_{yn}} \right]^2 + 3 \left[\frac{V_{\text{Ed}}}{b_n f_{yn}} \right]^2} = \frac{V_{\text{Ed}}}{f_{yn} b_n} \sqrt{\left[\frac{2(d_{\text{eff},n} / 3 + 30)}{h_c} \right]^2 + 3}$$

Jeśli warunek nie jest spełniony i nie jest możliwe jego spełnienie przez modyfikację szerokości i głębokości elementu oporowego, należy zaprojektować element oporowy w postaci dwuteownika.

Element oporowy z dwuteownika:

Procedura wymiarowania jest następująca.

- Dobór przekroju dwuteownika: szerokość elementu oporowego $b_n = b_{f, \text{nib}}$ powinna mieścić się granicach podanych w wypadku elementu oporowego z kątownika.
- Sprawdzenie wysokości elementu oporowego $h_{\text{nib}} \leq 0,4 h_c$.

Jeżeli warunek jest spełniony wówczas $h_n = h_{\text{nib}}$.

Jeśli warunek nie jest spełniony, należy dobrać inny dwuteownik o mniejszej wysokości przekroju poprzecznego.

- Sprawdzenie smukłości ścianki pasa:

$$(h_n / t_f)_{\text{nib}} \leq 20$$

- Oszacowanie minimalnej wymaganej wysokości elementu oporowego:

$$\min d_{\text{eff},n} \geq \max\left(60 : \frac{V_{\text{Ed}}}{b_n f_{cd}}\right) \text{ mm}$$

- Sprawdzenie największej zalecanej wysokości efektywnej (zagłębienia w betonie):

$$\min d_{\text{eff},n} + 30 \text{ mm} \leq \min(0,8d_f : 1,5h_n) .$$

Jeśli warunek nie jest spełniony wówczas należy całą procedurę powtórzyć, przyjmując inny dwuteownik z szerszym pasem (b_f, h_c) nib section.

- Potwierdzenie trafności wyboru kształtownika: $h_n \leq 0,4 h_c ; t_{fn} \geq b_{fn}/10 ;$

- Sprawdzenie nośności przy ścinaniu środkiem:

$$V_{\text{pl,Rd}} = A_{vn} f_{yn} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) \geq V_{\text{Ed}}$$

W razie potrzeby należy dobrać inny kształtownik, zapewniający odpowiednio większą nośność środka przy ścinaniu.

h) Przyjęcie wysokości elementu oporowego: $d_{\text{eff},n} \geq \max(60 : \frac{V_{\text{Ed}}}{b_n f_{\text{cd}}})$ mm

Określenie drugorzędnej siły podłużnej w pasie dwuteownika:

$$N_{\text{secEd}} = V_{\text{Ed}} \left(\frac{d_{\text{eff},n}}{3} + 30 \right) \left(\frac{1}{h_n - t_{\text{fn}}} + \frac{1}{h_c} \right)$$

i) Sprawdzenie nośności pasa dwuteownika przy rozciąganiu: $A_{\text{fn}} f_{\text{yn}} / \gamma_{\text{M0}} \geq N_{\text{secEd}}$

Jeśli wszystkie te warunki są spełnione, przekrój elementu oporowego został dobrany poprawnie.

□ Krok 3: Określenie wymiarów spoiny pachwinowej łączącej element oporowy do blachy podstawy

Zwykle są stosowane spoiny pachwinowe. Najmniejsza ich grubość wynosi 3mm.

Element oporowy z kątownika:

Stosuje się spoinę obwodową. Zakłada się, że siła pozioma jest przejęta przez dwie spoiny boczne (podłużne) o takiej samej grubości a_v . Siła pionowa (prostopadła do powierzchni blachy podstawy) przejmowana jest przez spoinę o grubości a_n , umieszczoną przy brzegu kątownika wspólnym dla obu ramion. Wytrzymałość spoiny jest określana na podstawie najmniejszej granicy wytrzymałości stali blachy podstawy lub elementu oporowego $f_u = \min(f_{\text{up}} : f_{\text{un}})$

Najmniejsza wymagana grubość spoiny wynosi:

$$a_v \geq \frac{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{\text{M2}} V_{\text{Ed}}}{f_u (2h_n + b_n)} \quad \text{spoina pachwinowa dookoła ramienia kątownika}$$

$$a_n \geq \frac{\sqrt{2} \beta_w \gamma_{\text{M2}} N_{\text{secEd}}}{f_u b_n} \quad \text{spoina pachwinowa poprzeczna, obok ramienia pionowego}$$

Element oporowy z dwuteownika:

Przyjęto, że środek dwuteownika elementu oporowego przekazuje siłę poziomą, zaś pas dwuteownika elementu oporowego przekazuje na blachę podstawy drugorzędą siłę podłużną. Zwykle stosuje się obustronne spoiny pachwinowe.

$$\text{Obustronna spoina wzdłuż środka: } a_v \geq \frac{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{\text{M2}} V_{\text{Ed}}}{f_u (h_{\text{c,nib}} - 2t_{\text{f,nib}})}$$

$$\text{Obustronna spoina wzdłuż pasów: } a_n \geq \frac{\sqrt{2} \beta_w \gamma_{\text{M2}} N_{\text{secEd}}}{f_u (2b_{\text{fn}} - t_{\text{wn}})}$$

❑ **Krok 4: Sprawdzenie nośności środka trzonu słupa na miejscowy docisk**

Środek trzonu słupa poddany jest działaniu drugorzędnej rozciągającej siły skupionej N_{secEd} . Należy sprawdzić następujący warunek:

$$N_{\text{secEd}} \leq (t_{\text{wc}} b_{\text{eff}}) f_{\text{yc}} / \gamma_{\text{M0}}$$

Zakłada się, że siła skupiona jest rozłożona na długości efektywnej środka trzonu słupa:

Element oporowy z kątownika: $b_{\text{eff}} = t_{\text{a}} + 2t_{\text{p}} + 5 (\sqrt{2} a_{\text{wc}})$

Element oporowy z dwuteownika: $b_{\text{eff}} = t_{\text{fn}} + 2t_{\text{p}} + 5 (\sqrt{2} a_{\text{wc}})$.

gdzie a_{wc} jest grubością obustronnej spoiny łączącej środek trzonu słupa do blachy podstawy.

Jeśli warunek nośności nie jest spełniony, należy wzmocnić lokalnie środek trzonu słupa, albo żebrem, albo obustronna przykładką środka.

6. Sytuacja obliczeniowa 2: Wyznaczanie nośności podstawy z elementem oporowym na działanie siły poprzecznej

❑ **Krok 1: Wyznaczenie nośności przy ścinaniu elementu oporowego zagłębionego w betonie**

Element oporowy z kątownika: $V_{\text{Rd}} = \frac{b_{\text{n}} d_{\text{eff,n}} f_{\text{cd}}}{2}$

Element oporowy z dwuteownika: $V_{\text{Rd}} = b_{\text{n}} d_{\text{eff,n}} f_{\text{cd}}$

❑ **Krok 2: Wyznaczenie nośności przy ścinaniu spoin łączących element oporowy do blachy podstawy**

Jako granice wytrzymałości stali należy przyjąć mniejszą z wartości $f_{\text{u}} = \min (f_{\text{up}} : f_{\text{un}})$.

Element oporowy z kątownika: $V_{\text{Rd}} = \frac{f_{\text{u}} a_{\text{v}} (2h_{\text{n}} + b_{\text{n}})}{\sqrt{3} \gamma_{\text{M2}} \beta_{\text{w}}}$

$$V_{\text{Rd}} = \frac{3 f_{\text{u}} a_{\text{N}} b_{\text{n}} h_{\text{c}}}{2 \sqrt{2} \gamma_{\text{M2}} \beta_{\text{w}} (d_{\text{eff,n}} + 90)}$$

Element oporowy z dwuteownika: $V_{\text{Rd}} = \frac{f_{\text{u}} a_{\text{v}} (2h_{\text{c,nib}} - 2t_{\text{f,nib}})}{\sqrt{3} \gamma_{\text{M2}} \beta_{\text{w}}}$

$$V_{\text{Rd}} = \frac{3 f_{\text{u}} a_{\text{v}}}{\sqrt{2} \gamma_{\text{M2}} \beta_{\text{w}}} \frac{(2h_{\text{n}} - t_{\text{wn}})}{(d_{\text{eff,n}} + 90)} \frac{h_{\text{c}} (h_{\text{n}} - t_{\text{fn}})}{(h_{\text{c}} + h_{\text{n}} - t_{\text{fn}})}$$

□ Krok 3: Wyznaczenie nośności ramienia kątownika lub pasa i środka dwuteownika

Element oporowy z kątownika:

Nośność ramienia kątownika przy ścinaniu i rozciąganiu:

$$V_{Rd} = \frac{f_{yn}}{\gamma_{M0}} \frac{b_n t_a}{\sqrt{\left[\frac{2(d_{eff,n} + 90)}{3h_c} \right]^2 + 3}}$$

Element oporowy z dwuteownika:

$$V_{Rd} = \frac{A_{fn} f_{yn}}{\gamma_{M0}} \frac{3h_c (h_n - t_{fn})}{(h_c + h_n - t_{fn})(d_{eff,n} + 90)} \quad (\text{pas rozciągany})$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vn} f_{yn}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad (\text{środek ścinany})$$

□ Krok 4: Wyznaczenie nośności na lokalny docisk środka trzonu słupa

Element oporowy z kątownika:
$$V_{Rd} = \frac{3f_{yn}}{2\gamma_{M0}} \frac{t_a h_c (t_a + 2t_p + 5\sqrt{2}a_{wc})}{(d_{eff,n} + 90)}$$

Element oporowy z dwuteownika:
$$V_{Rd} = \frac{3A_{fn} f_{yn}}{\gamma_{M0}} \frac{t_{wc} h_c (h_n - t_{fn})(t_a + 2t_p + 5\sqrt{2}a_{wc})}{(h_c + h_n - t_{fn})(d_{eff,n} + 90)}$$

□ Krok 5: Nośność obliczeniowa jest najmniejszą z nośności $V_{R,d}$ obliczonych w krokach od 1 do 4

7. Literatura

- 1 Lescouarc'h, Y.
“Pinned column bases”, CTICM collection, 1982 (in French).

Protokół jakości

Tytuł zasobu	Informacje uzupełniające: Projektowanie elementów oporowych przenoszących siłę poziomą w stopach słupów przegubowych		
Odniesienie			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Ivor Ryan	CTICM	20/12/2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Alain Bureau	CTICM	20/12/2005
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. Wielka Brytania	G W Owens	SCI	07/04/06
2. Francja	A Bureau	CTICM	07/04/06
3. Szwecja	B Uppfeldt	SBI	07/04/06
4. Niemcy	C Müller	RWTH	07/04/06
5. Hiszpania	J Chica	Labein	07/04/06
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	31/07/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:	L. Ślęczka, PRz		
Tłumaczenie zatwierdzone przez:	B. Stankiewicz	PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Informacje uzupełniające: Projektowanie elementów oporowych przenoszących siłę poziomą w stopach słupów przegubowych	
Seria		
Opis*	Opracowanie zawiera reguły projektowania elementów oporowych, przenoszących siłę poziomą w podstawach słupów. Przedstawione reguły uzupełniają opracowania SN037 i SN043, w których omówiono projektowanie podstaw przegubowych i utwierdzonych słupów stalowych.	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Specjalista
Identyfikator*	Nazwa pliku	P:\CMP\CMP554\Finalization\SN files\021\SN021a-EN-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 15 stron; 1078kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	Informacje uzupełniające
	Punkt widzenia	Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Budynki jednokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	07/04/2006
	Data ostatniej modyfikacji	24/03/2006
	Data sprawdzenia	24/03/2006
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Ivor Ryan, CTICM
	Sprawdził	Alain Bureau, CTICM
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	Podstawy słupów, Połączenia śrubowe	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	EN 1993-1-8, EN 1992
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	EU
Instrukcje szczególne		



ce: Projektowanie elementów oporowych przenoszących siłę poziomą w stopach słupów przegubowych
SN021a-EN-EU