



Polski Komitet  
Normalizacyjny

P O L S K A N O R M A

ICS 91.220

**PN-EN 12810-2**

**Miesiąc i rok publikacji**

**Wprowadza**  
EN 12810-2:2003, IDT

**Zastępuje**  
PN-EN 12810-2:2004 (U)

**Rusztowania elewacyjne z elementów  
prefabrykowanych  
Część 2: Specjalne metody projektowania  
struktury**

**Norma Europejska EN 12810-2:2003 ma status Polskiej Normy**

**Przedmowa krajowa**

Niniejsza norma została przygotowana przez KT nr 14 ds. Maszyn i Urządzeń dla Budownictwa, Przemysłu Materiałów Budowlanych oraz Górnictwa Skalnego i zatwierdzona przez Prezesa PKN .....

Jest tłumaczeniem – bez jakichkolwiek zmian – angielskiej wersji Normy Europejskiej EN 12810-2:2003.

W zakresie tekstu Normy Europejskiej wprowadzono odsyłacze krajowe oznaczone <sup>N1)</sup>.

Niniejsza norma zastępuje PN-EN 12810-2:2004 (U).

Odpowiedniki krajowe norm i dokumentów powołanych w niniejszej normie można znaleźć w katalogu Polskich Norm. Oryginały norm i dokumentów powołanych, które nie mają odpowiedników krajowych, są dostępne w

W sprawach merytorycznych dotyczących treści normy można zwracać się do właściwego Komitetu Technicznego PKN, kontakt: [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl)

---

ICS 91.220

(R) Wersja polska

**Rusztowania elewacyjne z elementów prefabrykowanych -- Część 2: Specjalne metody projektowania konstrukcji**

Façade scaffolds made of prefabricated components - Part 2: Particular methods of structural design

Echafaudages de façade à composants préfabriqués - Partie 2: Méthodes de conception particulière et d'évaluation

Fassadengerüste aus vorgefertigten Bauteilen - Teil 2: Besondere Bemessungsverfahren und Nachweise

Niniejsza norma jest polską wersją Normy Europejskiej EN 12810-2:2003. Została ona przetłumaczona przez Polski Komitet Normalizacyjny i ma ten sam status co wersje oficjalne.

Niniejsza Norma Europejska została przyjęta przez CEN 4 września 2003 r.

Zgodnie z Przepisami wewnętrznymi CEN/CENELEC członkowie CEN są zobowiązani do nadania Normie Europejskiej statusu normy krajowej bez wprowadzania jakichkolwiek zmian. Aktualne wykazy norm krajowych, łącznie z ich danymi bibliograficznymi, można otrzymać na zamówienie w Centrum Zarządzania lub w krajowych jednostkach normalizacyjnych będących członkami CEN.

Niniejsza Norma Europejska istnieje w trzech oficjalnych wersjach (angielskiej, francuskiej i niemieckiej). Wersja w każdym innym języku, przetłumaczona na odpowiedzialność danego członka CEN na jego własny język i notyfikowana w Centrum Zarządzania, ma ten sam status co wersje oficjalne.

Członkami CEN są krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Danii, Estonii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Luksemburga, Malty, Niemiec, Norwegii, Polski, Portugalii, Republiki Czeskiej, Słowacji, Szwajcarii, Szwecji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

**CEN**

Europejski Komitet Normalizacyjny  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

---

**Centrum Zarządzania: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels**

## Spis treści

	stronica
<b>Przedmowa</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Zakres normy</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Powołania normatywne</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Terminy i definicje</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Projektowanie struktury</b> .....	<b>4</b>
4.1 <b>Postanowienia ogólne</b> .....	<b>4</b>
4.2 <b>Modele stosowane w analizie struktury</b> .....	<b>5</b>
4.3 <b>Badania konfiguracji oraz złączy</b> .....	<b>11</b>
4.3.1 <b>Badania sztywności i wytrzymałości</b> .....	<b>11</b>
4.3.2 <b>Badania drgań</b> .....	<b>12</b>
4.4 <b>Badania reprezentatywnej sekcji konfiguracji systemu</b> .....	<b>12</b>
4.4.1 <b>Postanowienia ogólne</b> .....	<b>12</b>
4.4.2 <b>Badanie typu 1 - sprawdzenie zachowania się przy odkształceniu pod wpływem znaczącego obciążenia</b> .....	<b>12</b>
4.4.3 <b>Badanie typu 2 - sprawdzenie współczynnika wyboczenia <math>\alpha_{cr}</math></b> .....	<b>14</b>
4.4.3.1 <b>Zestaw badawczy</b> .....	<b>14</b>
4.4.3.2 <b>Procedura badawcza</b> .....	<b>15</b>
4.4.3.3 <b>Walidacja <math>\alpha_{cr}</math></b> .....	<b>15</b>
<b>Załącznik A (normatywny) Typowe badania złączy i konfiguracji</b> .....	<b>16</b>
<b>Załącznik B (normatywny) Badania pomostów i ich podparć na upadek</b> .....	<b>22</b>
<b>Załącznik C (normatywny) Badania spawanych stopnic aluminiowych na obciążenia powtarzane</b> .....	<b>25</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>26</b>

## Przedmowa

Niniejszy dokument (EN 12810-2:2003) został opracowany przez Komitet Techniczny CEN/TC 53 "Tymczasowe konstrukcje budowlane", którego sekretariat jest prowadzony przez DIN.

Niniejsza Norma Europejska powinna uzyskać status normy krajowej, przez opublikowanie identycznego tekstu lub uznanie, najpóźniej do czerwca 2004 r., a normy krajowe sprzeczne z daną normą powinny być wycofane najpóźniej do czerwca 2004 r.

Załączniki A, B i C są załącznikami normatywnymi.

Niniejsza Norma Europejska zastępuje Europejski dokument harmonizujący HD 1000:1988 „Rusztowanie użytkowe i robocze z elementów prefabrykowanych; Materiały, wymiary konstrukcja, obciążenia obliczeniowe i wymagania bezpieczeństwa”.

Niniejsza Norma Europejska jest jedną z pakietu norm przedstawianego poniżej:

EN 12810-1, *Façade scaffolds made of prefabricated elements — Part 1: Product specifications.*

EN 12810-2, *Façade scaffolds made of prefabricated elements — Part 2: Particular methods of structural design.*

EN 12811-1, *Temporary works equipment — Part 1: Scaffolds — Performance requirements and general design.*

prEN 12811-2, *Temporary works equipment — Part 2: Information on materials.*

EN 12811-3:2002, *Temporary works equipment — Part 3: Load Testing.*

Zgodnie z Przepisami wewnętrznymi CEN/CENELEC do wprowadzenia niniejszej Normy Europejskiej są zobowiązane krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Danii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Luksemburga, Malty, Niemiec, Norwegii, Portugalii, Republiki Czeskiej, Słowacji, Szwajcarii, Szwecji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

## 1 Zakres normy

Niniejsza norma dotyczy systemów rusztowań elewacyjnych zgodnych z normą EN 12810-1. Określa ona zasady analizy i projektowania struktury tych systemów za pomocą obliczeń i badań uzupełniając w ten sposób postanowienia podane w EN 12811-1, prEN 12811-2, EN 12811-3, oraz EN 12810-1.

Wymagania podstawowe podano w normach ENV 1993-1-1 i ENV 1999-1-1.

## 2 Powołania normatywne

Do niniejszej Normy Europejskiej wprowadzono, drogą datowanego lub niedatowanego powołania, postanowienia zawarte w innych publikacjach. Te powołania normatywne znajdują się w odpowiednich miejscach w tekście normy, a wykaz publikacji podano poniżej. W przypadku powołań datowanych późniejsze zmiany lub nowelizacje którejkolwiek z wymienionych publikacji mają zastosowanie do niniejszej Normy Europejskiej tylko wówczas, gdy zostaną wprowadzone do tej normy przez jej zmianę lub nowelizację. W przypadku powołań niedatowanych stosuje się ostatnie wydanie powołanej publikacji (łącznie ze zmianami).

EN 12810-1:2003, *Façade scaffolds made of prefabricated components — Part 1: Product specifications*.

EN 12811-1, *Temporary works equipment — Part 1: Scaffolds — Performance requirements and general design*.

prEN 12811-2, *Temporary works equipment — Part 2: Information on materials*.

EN 12811-3:2002, *Temporary works equipment — Part 3: Load Testing*.

## 3 Terminy i definicje

W niniejszej Normie Europejskiej przyjęto następujące terminy i definicje podane w EN 12810-1 i EN 12811-1

## 4 Projektowanie struktury

### 4.1 Postanowienia ogólne

Projektowanie struktury w przypadku konfiguracji systemu z zestawu standardowego, w każdym systemie rusztowań prefabrykowanych, powinno być prowadzone zgodnie z wymaganiami EN 12811-1, prEN 12811-2, EN 12811-3, EN 12810-1 oraz niniejszej Normy Europejskiej.

Projektowanie struktury powinno przebiegać według jednej ze ścieżek pokazanych w Tablicy 1, patrz także Rysunek 1.

Tablica 1 Etapy projektowania struktury

Etap projektowania	Ścieżka 1		Ścieżka 2	
	Systemy modułowe i ramowe		Tylko systemy ramowe	
1	Badania konfiguracji, złączy i części składowych			
2 / 3	Obliczenia każdej konfiguracji systemu z zestawu standardowego			
2			Określenie współczynnika $\alpha_{cr}$	
			Kontynuowanie ścieżki 2 tylko jeśli $\alpha_{cr} \geq 2$ ; jeśli $\alpha_{cr} < 2$ należy przejść do ścieżki 1	
3	3a	Analiza struktury w celu określenia rozkładu sił i momentów		
		Teoria drugiego rzędu	Teoria pierwszego rzędu ze współczynnikami wzmocnienia na podstawie $\alpha_{cr}$	
	3b	Analiza poszczególnych części składowych i złączy w celu sprawdzenia, czy ich wytrzymałość jest odpowiednia		
4	Jedno badanie reprezentatywnego przekroju konfiguracji systemu			
	Typ 1 W celu sprawdzenia zachowania się przy odkształceniu pod znaczącym obciążeniem		Typ 2 W celu sprawdzenia $\alpha_{cr}$	

$\alpha_{cr}$  najniższa wartość współczynnika wyboczenia sprężystego, która ma być stosowana do obciążeń obliczeniowych

Zaleca się stosowanie pierwszej ścieżki postępowania. Druga ścieżka może być stosowana tylko w przypadku systemów ramowych i tylko wtedy, gdy współczynnik  $\alpha_{cr}$  nie jest mniejszy od 2.

Etapy 2 i 3 projektowania powinny być przeprowadzone dla każdej konfiguracji systemu zestawu standardowego stosownie do wymagań określonych w EN 12810-1:2003, rozdział 8.

Etap 3b powinien obejmować analizę wszystkich części składowych i złączy, biorąc pod uwagę najbardziej niekorzystne dla nich rozkłady sił. Jeśli niedoskonałości członu nie zostały uwzględnione w modelu analizy, stateczność części składowej należy sprawdzić oddzielnie.

W celu określenia wewnętrznych sił i momentów, należy stosować metodę odkształceń sprężystych. W analizie należy posługiwać się nieliniowymi charakterystykami strukturalnymi węzłów modułowych i płaszczyzn poziomych określonych zgodnie z wymaganiami normy EN 12811-3.

Nośność graniczna konfiguracji systemu będzie osiągnięta jeśli:

- albo w jednym przekroju poprzecznym będzie osiągnięta wytrzymałość zgodna z EN 12811-1;
- albo osiągnięta będzie wytrzymałość części składowej, złącza lub odkształcenia sprężystego.

UWAGA Takie wytrzymałości są wyznaczane na podstawie wyników badań.

Postępując według ścieżki 1 stan równowagi odkształconego systemu należy brać pod uwagę bezpośrednio, za pomocą analizy drugiego rzędu. Postępując według ścieżki 2 stan równowagi odkształconego systemu należy brać pod uwagę w sposób pośredni, za pomocą analizy pierwszego rzędu z użyciem współczynników wzmocnienia.

Badanie w etapie czwartym powinno być prowadzone na reprezentatywnej sekcji konfiguracji systemu.

#### 4.2 Modele stosowane w analizie struktury

Ułożenie części składowych poziomych i pionowych, rozmieszczenie i gęstość części składowych stężających oraz położenie i gęstość kotew powinna być zgodna z instrukcją wyrobu.

**(R) EN 12810-2:2003**

Na Rysunku 2 przedstawiono typową konfigurację systemu. Ten system przestrzenny należy rozpatrywać albo prowadząc analizę trójwymiarową albo dzieląc go na osobne systemy płaskie, aby sprawdzać je niezależnie zapewniając przy tym, że w sposób prawidłowy zostaną uwzględnione oddziaływania między nimi.

Na Rysunku 2 przedstawiono także przykłady zastępczych systemów w płaszczyźnie pionowej prostopadłej do elewacji. Na Rysunkach 3, 4 i 5 przedstawiono przykład zastępczego systemu w płaszczyźnie pionowej równoległej do elewacji.

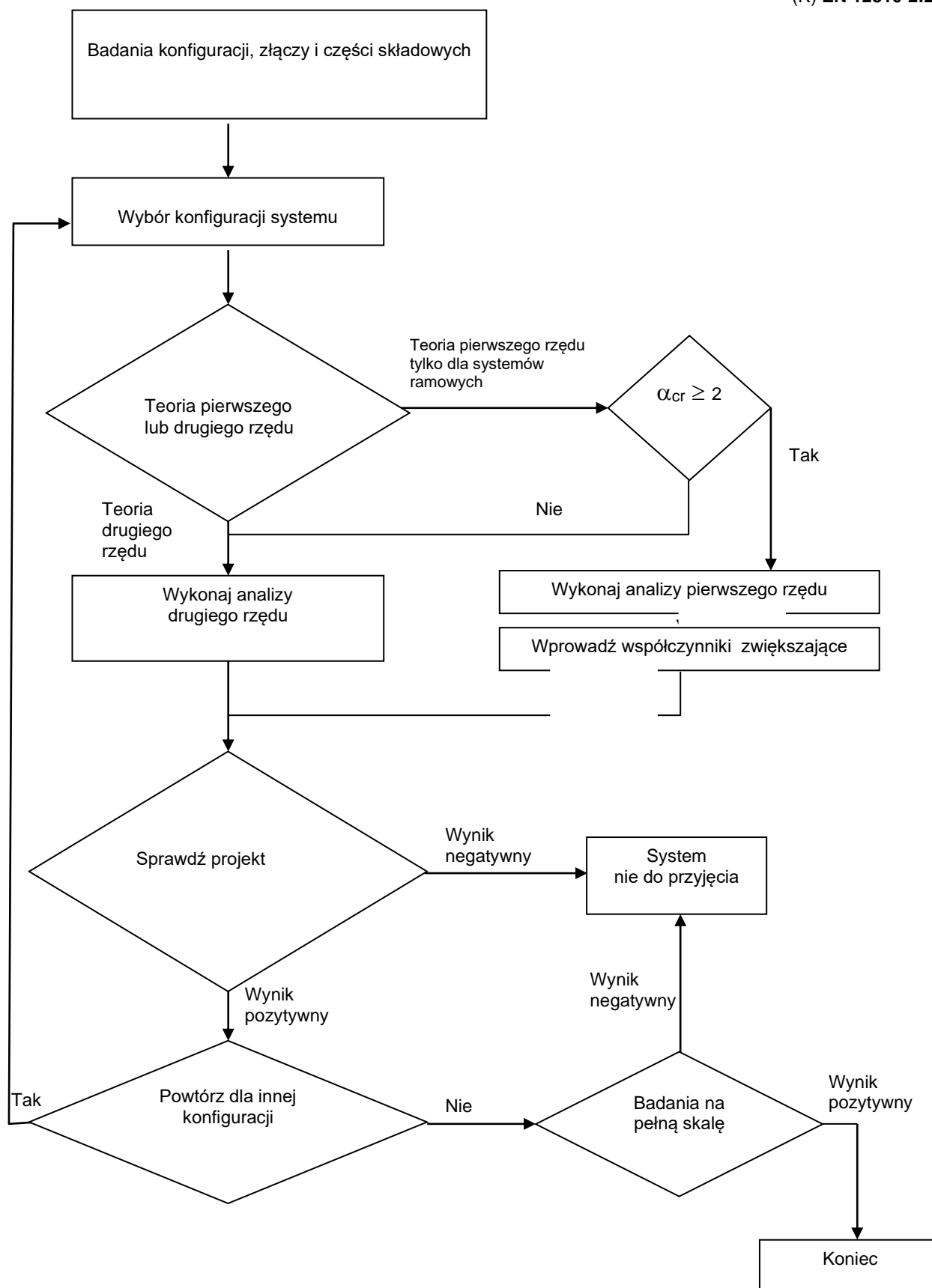
Przy stosowaniu każdego systemu zastępczego należy tak dobrać warunki brzegowe, aby reakcja systemu zastępczego przedstawiała zachowanie się całej struktury.

Należy brać pod uwagę sposób utwierdzenia, niestabilność i efekty obciążeniowe tych części składowych, które podczas prowadzenia badania nie leżą na płaszczyźnie. W szczególności, chociaż system leży w jednej płaszczyźnie, należy sprawdzać wyboczenie poza płaszczyznę.

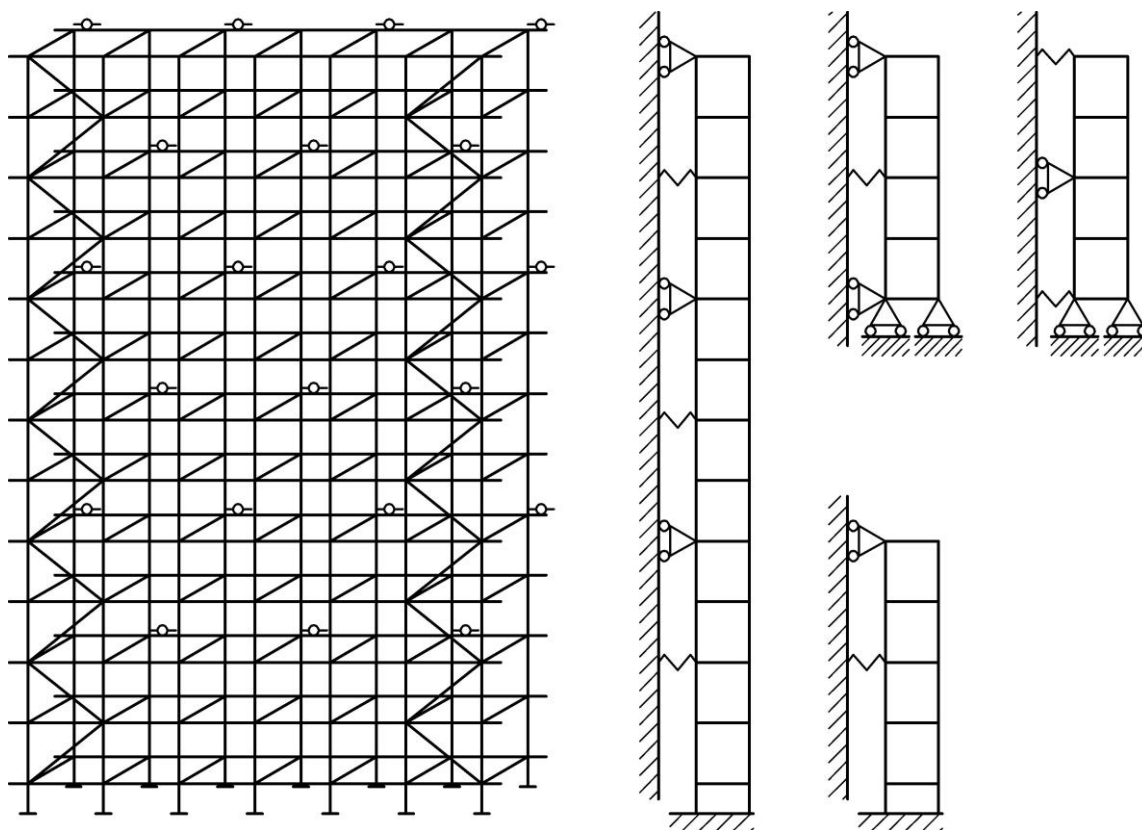
Do analizy modelu należy włączyć odpowiednie, powodowane obciążeniem odkształcenia występujące w konfiguracji i złączach; na przykład odkształcenie występujące pomiędzy poprzecznicami i podłużnicami, zastrzałami i stojakami.

Dopuszcza się linearyzacje za pomocą cięciw zgodnie z EN 12811-3:2002, 10.10 oraz przyjęcie metody tradycyjnej.

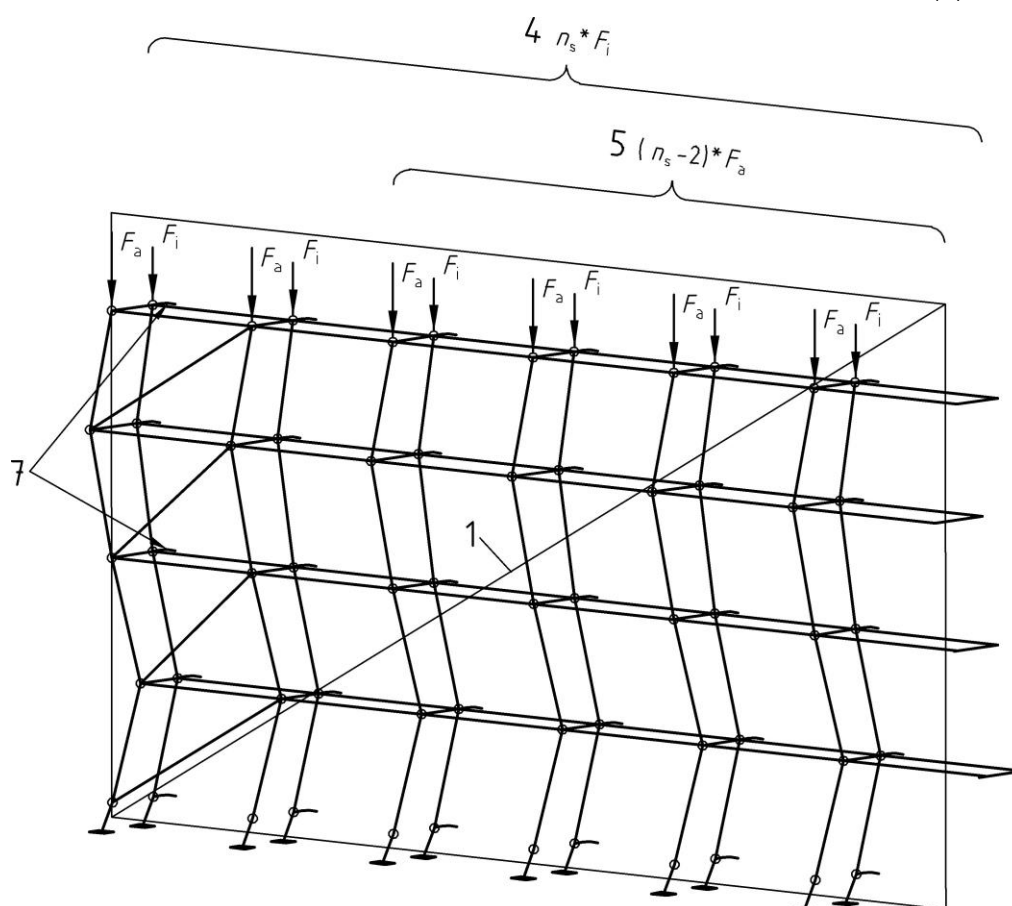




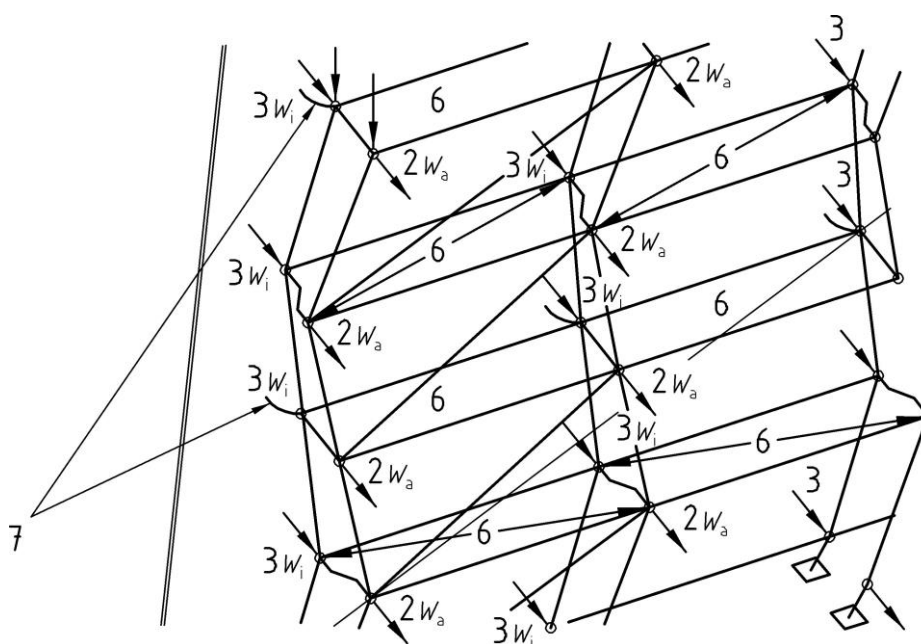
Rysunek 1 — Schemat blokowy etapów projektowania struktury



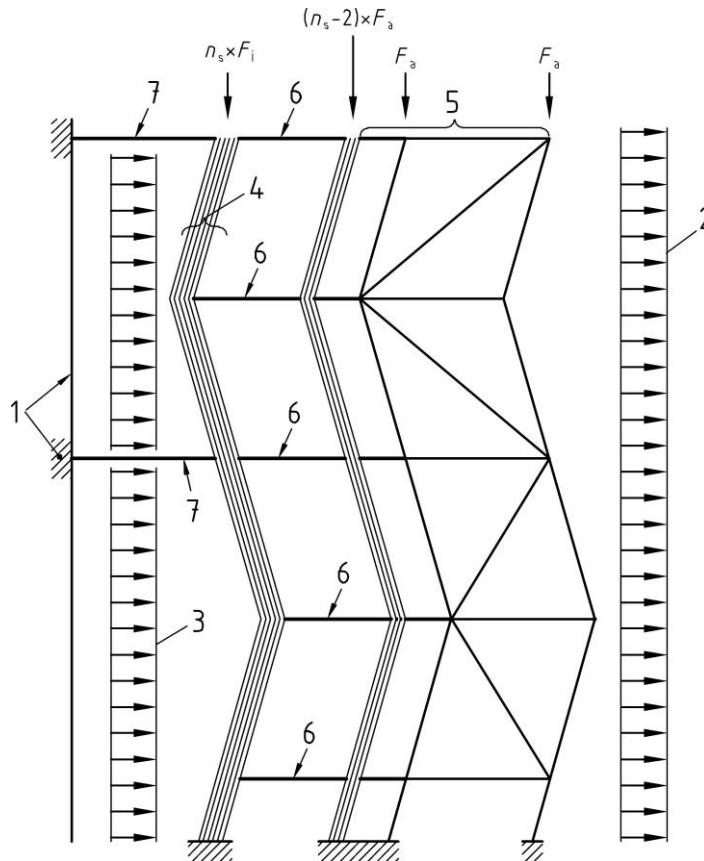
Rysunek 2 — Wzorce płaskich, pionowych, zastępczych systemów prostopadłych do elewacji w przypadku pokazanego wzorca zakotwienia



Rysunek 3 — Rozwinięcie systemu zastępczego równoległego do elewacji  
(Objaśnienie patrz Rysunek 5)



Rysunek 4 — Szczegół z Rysunku 3 (Objaśnienie patrz Rysunek 5)



## Objaśnienia

$F_i, F_a$	maksymalne siły pochodzące od górnej części rusztowania, działające na stojaki zewnętrzne i wewnętrzne
$n_s$	liczba stojaków, które mają być stabilne w tym przykładzie
$n_t$	liczba odciągów w grupie stojaków, które mają być stabilne
$I_s$	moment bezwładności stojaka
$A_s$	powierzchnia stojaka
$c_h$	szttywność w poziomie równoległe do elewacji na jednym przęśle
$c_t$	szttywność odciągu równoległe do elewacji

## Objaśnienia

1	elewacja
2	obciążenia od wiatru działające na płaszczyznę zewnętrzną
3	obciążenia od wiatru działające na płaszczyznę wewnętrzną
4	płaszczyzna wewnętrzna $n_s \times I_s$ , $n_s \times A_s$
5	płaszczyzna zewnętrzna $n_s \times I_s$ , $n_s \times A_s$
6	element sprężysty o sztywności $(n_s - 1) \times c_h^{N1)}$
7	element sprężysty o sztywności $n_t \times c_t$

**Rysunek 5 — Przykład pionowego systemu zastępczego równoległego do elewacji w przypadku konfiguracji przedstawionej na Rysunku 2**

N1) Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale EN; prawidłowy zapis „ $c_h$ ”

### 4.3 Badania konfiguracji oraz złączy

#### 4.3.1 Badania sztywności i wytrzymałości

Wymagane badania powinny być przeprowadzone a ich wyniki wyznaczone zgodnie z normą EN12811-3. Należy przeprowadzić co najmniej pięć badań każdego parametru.

W Załączniku A podano przykłady typowych badań konfiguracji i złączy.

W przypadku gdy złącze lub konfiguracja zostaje poddana działaniu obciążeń w więcej niż jednym kierunku, każde znaczące wzajemne oddziaływania pomiędzy tymi obciążeniami powinno być wzięte pod uwagę.

**UWAGA1** Zasadniczo mogą występować wzajemne oddziaływania pomiędzy siłą promieniową a momentem zginającym w złączu, ale może się zdarzyć oddziaływanie występujące w więcej niż dwóch kierunkach.

Minimalnym wymaganiem jest wytrzymałość obliczeniowa  $R_d$ , która powinna być wyznaczana oddzielnie dla każdego ze znaczących obciążeń, zgodnie z wymaganiami normy EN 12811-3, oraz użycie, do sprawdzenia złącza lub konfiguracji, równania liniowego wzajemnego oddziaływania. Dla dwóch obciążeń zależność liniową wzajemnego oddziaływanie przedstawia wzór (1).

$$\frac{F_{sd1}}{R_{d1}} + \frac{F_{sd2}}{R_{d2}} \leq 1,0 \quad (1)$$

w którym:

$F_{sd1}$  i  $F_{sd2}$  są wartościami obliczeniowymi wynikającymi z obciążeń oraz

$R_{d1}$  i  $R_{d2}$  są obliczeniowymi wartościami wytrzymałości.

Tak wygląda zazwyczaj podejście bezpieczne. Równanie to obrazuje na Rysunku 6 linia prosta przerywana.

Jeśli badania są wykonywane w warunkach kombinacji obciążeń, może się okazać, że wartości powodujące uszkodzenie (wyniki badania) leżą powyżej linii prostej. W tym przypadku można zastosować dogodne przybliżenie, aby przedstawić krzywą wzajemnego oddziaływania. Na przykład, grubo narysowana linia pokazana na Rysunku 6 wynika z zależności (2).

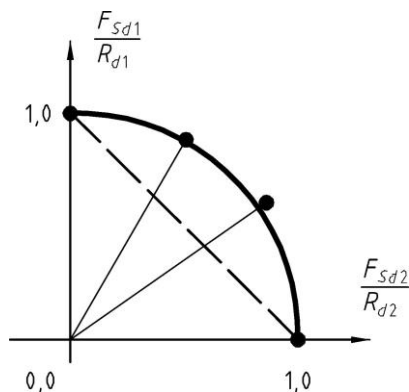
$$\left( \frac{F_{sd1}}{R_{d1}} \right)^2 + \frac{F_{sd2}}{R_{d2}} \leq 1,0 \quad (2)$$

Wartości charakterystyczne uzyskane eksperymentalnie powinny znajdować się na krzywej wzajemnych oddziaływań lub na zewnątrz niej.

**UWAGA 2** Dla niektórych złączy modułowych, w zależności od szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych, siła osiowa w stojaku a także siła ścinająca lub osiowa w poprzecznicy, mogą mieć wpływ na wytrzymałość obliczeniową złączy przy zginaniu.

#### 4.3.2 Badania drgań

W przypadku złączy, których nierozłączność zależy od zastosowania klina lub innego elementu luzem, który może wypaść z właściwego położenia w złączu, badania na obciążenie wynikające z drgań należy wykonać zgodnie z punktem EN 12811-3:2002, 7.4. Powinny przy tym zostać spełnione wymagania EN12810-1:2003, 8.6.



#### Objaśnienia

- wynik badania

Rysunek 6 — Zależność wynikająca z wzajemnego oddziaływania

#### 4.4 Badania reprezentatywnej sekcji konfiguracji systemu

##### 4.4.1 Postanowienia ogólne

Dwie ścieżki postępowania w przypadku strukturalnej analizy systemu rusztowania, przedstawione w 4.1 oraz w Tablicy 1, powodują powstanie dwóch różnych sposobów podejścia do badań reprezentatywnej sekcji konfiguracji systemu.

Jeśli prowadzona jest analiza drugiego rzędu (ścieżka 1) celem badania reprezentatywnej sekcji konfiguracji systemu (typ 1) jest sprawdzenie zachowania się systemu przy odkształceniu pod wpływem znaczącego obciążenia. W przypadku, gdy prowadzona jest analiza pierwszego rzędu z zastosowaniem współczynników wzmocnienia (ścieżka 2) celem badania reprezentatywnej sekcji konfiguracji systemu (typ 2) jest sprawdzenie współczynnika obciążenia przy wyobczeniu sprężystym  $\alpha_{cr}$  określanego za pomocą obliczeń.

##### 4.4.2 Badanie typu 1 - sprawdzenie zachowania się przy odkształceniu pod wpływem znaczącego obciążenia

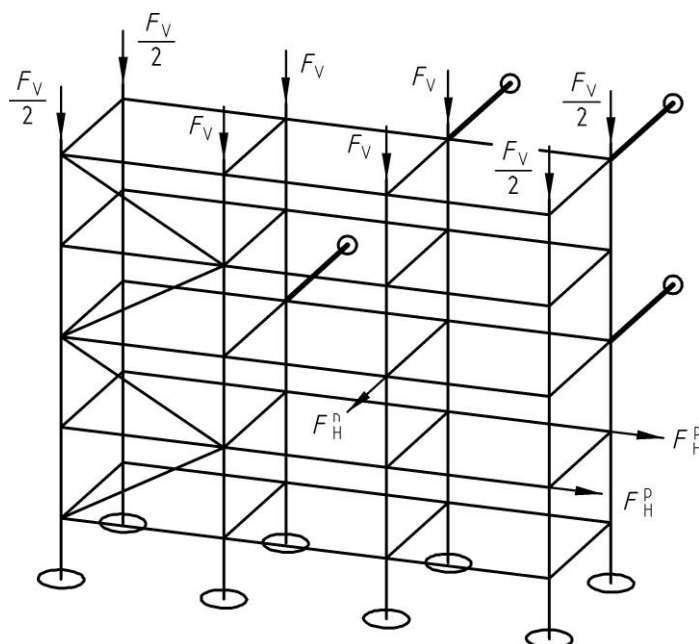
###### 4.4.2.1 Zestaw badawczy

Badana konfiguracja powinna obejmować reprezentatywną sekcję konfiguracji systemu znajdującą się w dolnej części rusztowania elewacyjnego. Jeżeli w skład systemu rusztowania wchodzi regulowane podstawki śrubowe, powinny być maksymalnie wydłużone.

Generalnie badana konfiguracja powinna obejmować wszystkie złącza i konfiguracje, które zostały poddane badaniom szczegółowym w celu określenia parametrów do obliczeń statycznych. Przyłożone obciążenia zewnętrzne wywołują w tych złączach siły wewnętrzne.

Przykładowo na Rysunku 7 przedstawiono konfigurację badawczą zaliczoną do badania typu 1 systemu rusztowania, w którym zastrzał utrzymuje trzy przęsła a przykład zakotwienia jest zgodny ze wzorcem przedstawionym na rysunku 2.

Uwzględniając ukształtowanie warunków brzegowych dla podstawek śrubowych oraz przyłożenie obciążeń pionowych, można osiągnąć pewną swobodę tak długo, jak długo obliczenie porównawcze odwzorowuje te same warunki brzegowe.



Rysunek 7 — Przykład konfiguracji do badania typu 1

#### 4.4.2.2 Procedura badawcza

Badana konfiguracja powinna zostać obciążona:

- siłami pionowymi przyłożonymi do każdego stojaka. Do każdego wewnętrznego stojaka powinna być przyłożona siła o wartości  $F_v$ , a do każdego stojaka<sup>N2)</sup> o wartości co najmniej  $F_v/2$ ; przynajmniej jedną siłą poziomą  $F_{pH}$ <sup>N3)</sup> prostopadłą do elewacji, przyłożoną w punkcie węzłowym, który nie jest zakotwiony;
- dwoma siłami poziomymi, każda  $F_{pH}$  przyłożonymi do dwóch sąsiednich punktów węzłowych w płaszczyźnie, która nie jest zakotwiona.

Wartość każdej siły poziomej  $F_H$  określona jest wzorem (3):

$$F_H = F_d \times n_p. \quad (3)$$

Gdzie:

$F_d$  jest siłą obliczeniową od wiatru w każdym punkcie węzłowym, patrz EN 12811-1:2003. 8.3;<sup>N4)</sup>

$n_p$  jest liczbą wszystkich punktów węzłowych, które leżą na tej samej linii na rozpatrywanej płaszczyźnie poziomej, zgodnie z kierunkiem wiatru.

Najpierw powinny być przyłożone obciążenia poziome. Następnie powinny być przykładane obciążenia pionowe, które należy zwiększać aż do wystąpienia uszkodzenia. Podczas tego procesu cała konstrukcja powinna być odciążona przynajmniej jeden raz, aby umożliwić osadzenie się części składowych.

N2) Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale EN; prawidłowy zapis „...każdego zewnętrznego stojaka....”

N3) Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale EN; prawidłowy zapis „ $F_{pH}$ ”

N4) Odsyłacz krajowy: Błąd w oryginale EN; prawidłowy zapis „EN 12810-1:2003. 8.3”

(R) EN 12810-2:2003

Przemieszczenia punktów węzłowych powinny być mierzone w miejscach przyłożenia obciążeń poziomych. W celu wyznaczenia krzywych deformacji obciążenia, pionowe i odkształcenia powinny być, podczas obciążania i odciążania, rejestrowane w wystarczającej liczbie.

#### 4.4.2.3 Walidacja wybranego modelu struktury

Należy przeprowadzić analizę statyczną badanej konfiguracji w całym zakresie przyłożonych obciążeń oraz należy ustalić odkształcenia.

Krzywe odkształceń wywołanych obciążeniem wyznaczone na podstawie badań należy porównać z tymi, które zostały wyznaczone na podstawie obliczeń. Krzywe obliczone powinny znajdować się w całym zakresie po stronie bezpiecznej wartości zmierzonych.

#### 4.4.3 Badanie typu 2 - sprawdzenie współczynnika wyboczenia $\alpha_{cr}$

##### 4.4.3.1 Zestaw badawczy

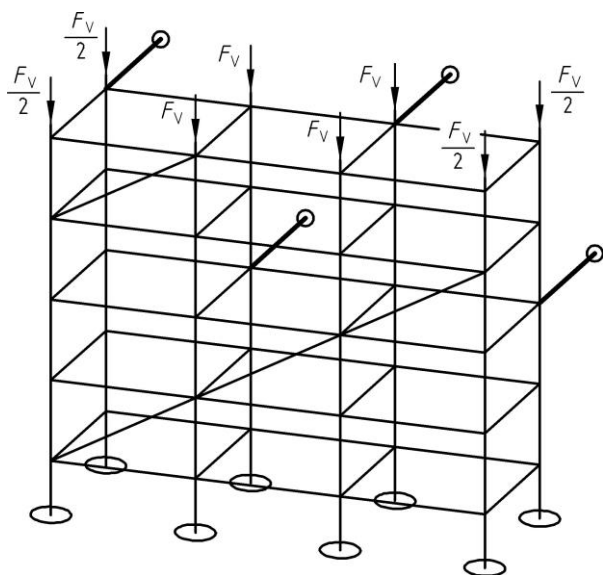
Zestaw badawczy powinien obejmować reprezentatywną sekcję konfiguracji systemu znajdującą się w dolnej części rusztowania. Jeżeli w skład systemu rusztowania wchodzi regulowane podstawki śrubowe, powinny być maksymalnie wydłużone. Długość i wysokość zestawu badawczego poddawanego badaniu powinny odzwierciedlać normalny wzorzec zakotwienia systemu.

Generalnie badany zestaw powinien obejmować wszystkie złączki i elementy, które zostały poddane badaniom szczegółowym, żeby określić parametry do obliczeń statycznych takie jak sztywność i wytrzymałość.

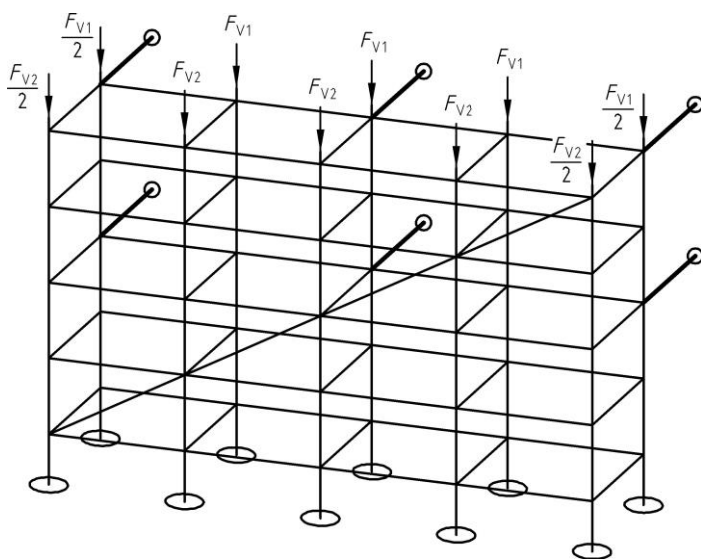
Liczba przęseł powinna być równa wielokrotności liczby przęseł, po których powtarza się stężenie pionowe.

Przykładowo, na Rysunkach 8 i 9 przedstawiono konfiguracje badanych zestawów odpowiednie w przypadku badania systemów rusztowań typu 2, gdzie zastrzał utrzymuje trzy lub cztery przęsła.

Warunki brzegowe regulowanych podstawek śrubowych i przyłożenie obciążeń pionowych powinny być takie same w modelu doświadczalnym i modelu teoretycznym.



Rysunek 8



Rysunek 9



#### 4.4.3.2 Procedura badawcza

W każdej płaszczyźnie równoległej do elewacji, obciążenie przyłożone do stojaków wewnętrznych powinno być dwukrotnie większe niż przyłożone do stojaków zewnętrznych.

Niżej podane obciążenia i procedura obciążania zestawu badawczego powinna być przestrzegana.

- a) Obciążenia pionowe powinny być przyłożone w najwyższych punktach węzłowych.
- b) obciążenia pionowe należy zwiększać stopniowo aż do uszkodzenia najsłabszego elementu konstrukcji.
- c) podczas próby obciążania, w celu wyznaczenia krzywej odkształcenia, obciążenia pionowe oraz co najmniej jedno mające znaczenie odkształcenie w kierunku prostopadłym do elewacji i jedno w równoległym powinny być zarejestrowane wystarczającą liczbę razy.

#### 4.4.3.3 Walidacja $\alpha_{cr}$

Współczynnik wyboczenia sprężystego  $\alpha_{cr,t}$  określony na podstawie badania powinien być porównany ze współczynnikiem wyboczenia  $\alpha_{cr,c}$  określonym na podstawie analizy statycznej. Powinien być spełniony warunek  $\alpha_{cr,c} < \alpha_{cr,t}$ .

**Załącznik A**  
(normatywny)

**Typowe badania złączy i konfiguracji**

**A.1 Postanowienia ogólne**

Ogólne wymagania dotyczące badań złączy i konfiguracji zostały określone w normie EN12811-3. Niniejszy załącznik podaje przykłady najczęściej wymaganych badań.

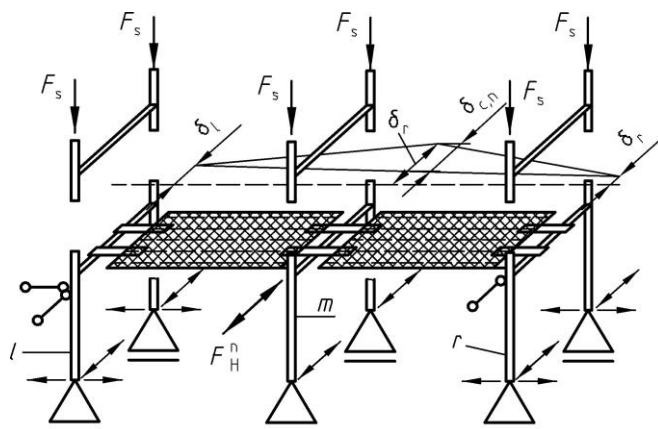
**A.2 Badanie w płaszczyznach poziomych**

Jeżeli analiza rusztowania będzie prowadzona za pomocą obliczania płaskich systemów zastępczych, zgodnie z 4.2, to charakterystyki elementów sprężystych użytych w tej analizie powinny być ustalone na podstawie badań części składowych wchodzących w skład konfiguracji. W przypadku płaszczyzn poziomych celem badań w jest określenie następujących właściwości jako podstawowych parametrów potrzebnych do obliczeń:

- a) sztywność, uwzględniając luzy;
- b) wytrzymałość złączy pomostu z poprzecznicą lub z elementami pionowymi.

Na Rysunku A.1 oraz A.2 przedstawiono typowe stanowiska badawcze przeznaczone do wyznaczania sztywności i wytrzymałości w kierunku prostopadłym do elewacji przez przyłożenie siły poziomej  $F^H$ . Na Rysunku A.2 - wzajemne oddziaływanie sprawdzane jest z udziałem obciążeń pionowych działających na pomosty.

Na Rysunku A.3 oraz A.4 przedstawiono typowe stanowiska badawcze przeznaczone do wyznaczania sztywności i wytrzymałości w kierunku równoległym do elewacji przez przyłożenie siły poziomej  $F^H$ . Na Rysunku A.4 - wzajemne oddziaływanie sprawdzane jest z udziałem obciążeń pionowych działających na pomosty.



$F_s$  siła od ciężaru własnego rusztowania znajdującego się powyżej, które nie przekracza wysokości 4 m (2 poziomy pomostów)

$\delta_i$  przemieszczenie (przemieszczenia)

$$\delta_{c,n} = \delta_m - 1/2 \times (\delta_l + \delta_r)$$

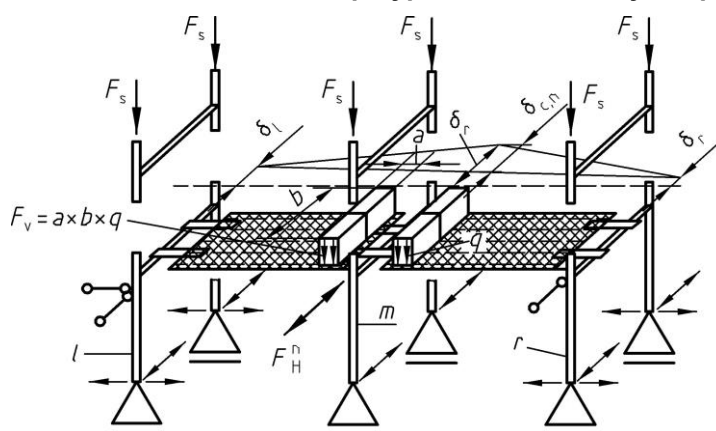


Podparcie ze wskazaniem kierunku swobodnego



Podparcie ze wskazaniem kierunku utwierdzenia

**Rysunek A.1 — Typowe stanowisko badawcze w przypadku badania siły  $F_H$  prostopadłej do elewacji**

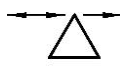


$F_s$  siła od ciężaru własnego rusztowania znajdującego się powyżej, które nie przekracza wysokości 4 m (2 poziomy pomostów)

$F_w = F_d$  przy czym  $F_d$  jest wartością obliczeniową współdziałającej siły poprzecznej od obciążenia użytkowego danej klasy

$\delta_i$  przemieszczenie (przemieszczenia)

$$\delta_{c,n} = \delta_m - 1/2 \times (\delta_l + \delta_r)$$

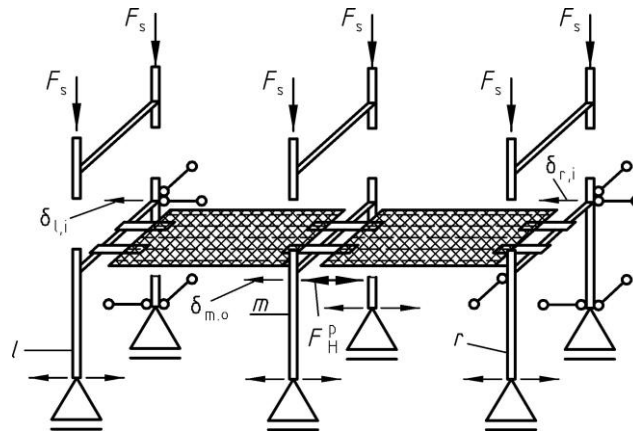


Podparcie ze wskazaniem kierunku swobodnego



Podparcie ze wskazaniem kierunku utwierdzenia

**Rysunek A.2 — Typowe stanowisko badawcze w przypadku badań siły  $F_H$  prostopadłej do elewacji z uwzględnieniem wzajemnego oddziaływania  $F_{H,n}/F_v$**



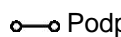
$F_s$  siła od ciężaru własnego rusztowania znajdującego się powyżej, które nie przekracza wysokości 4 m (2 poziomy pomostów)

$\delta_i$  przemieszczenie (przemieszczenia)

$$\delta_{c,n} = \delta_m - 1/2 \times (\delta_l + \delta_r)$$



Podparcie ze wskazaniem kierunku swobodnego



Podparcie ze wskazaniem kierunku utwierdzenia

**Rysunek A.3 — Typowe stanowisko badawcze w przypadku badań siły  $F_H$  równoległej do elewacji**

Dodatkowo należy brać pod uwagę co następuje:

- badania określające minimalną sztywność należy prowadzić bez jakiegokolwiek pionowego obciążania pomostu roboczego;
- w badaniach niszczących należy wziąć pod uwagę wzajemne oddziaływanie pomiędzy obciążeniami poziomymi i pionowymi;
- ponieważ celem przeprowadzanych badań jest określenie rzeczywistej sztywności płaszczyzn poziomych, należy dołożyć starań, żeby elementy stężące i usztywniające badanej konfiguracji nie wpływały w znaczący sposób na wynik badania, nawet gdy wystąpią duże odkształcenia;
- jednym ze sposobów zniszczenia jest rozłączenie się złącza (np. hak i poprzecznicą w kształcie litery U); aby sprawdzić taki przypadek należy wprowadzić takie samo zabezpieczenie przed niezamierzonym rozłączeniem podczas badania jakie jest w rzeczywistym rusztowaniu (np. niższa poprzecznicą dodatkowo wprowadzonej ramy pionowej).

$F_s$  siła od ciężaru własnego rusztowania znajdującego się powyżej, do wysokości nie przekraczającej 4 m (2 poziomy pomostów)

$\delta_i$       przemieszczenie (przemieszczenia)

$$\delta_{c,n} = \delta_{m,o}^{-1/2} \times (\delta_{l,i} + \delta_{r,i})$$



Podparcie ze wskazaniem kierunku swobodnego

— Podparcie ze wskazaniem kierunku utwierdzenia

**Rysunek A.4 — Typowe stanowisko badawcze w przypadku badania siły  $F^p_H$  równoległej do elewacji z uwzględnieniem wzajemnego oddziaływania  $F^p_H / F_v$**

W przypadku niektórych systemów modułowych poprzecznice, podłużnice, zastrzały poziome lub pionowe są łączone ze stojakami za pomocą połączeń rozłącznych. W takich systemach jedną część połączenia stanowi stała część stojaka a drugą jest fragment innej, dołączanej części składowej. Na przykład, połączenie może być utworzone z gniazda i włożonego w nie klina.

a) w przypadku poprzecznic i podłużnic jedna, wybrana, lub wszystkie z wymienionych (patrz Rysunek A.5):  $\pm M_x$ ,  $\pm M_y$ ,  $\pm \mathbf{M}_z$ ,  $\pm F_x$ ,  $\pm F_y$ ,  $\pm F_z$ ;

b) ogólnie w przypadku zastrzałów  $\pm F_N$  (siła wzdłużna).

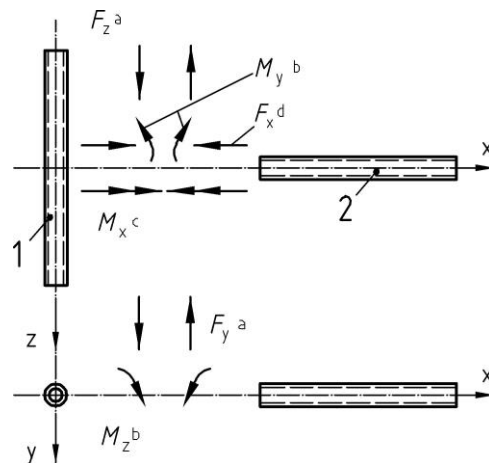
Badania prowadzone w celu określenia wytrzymałości oraz, tam gdzie to konieczne, sztywności i luzów podzielono na trzy grupy:

1. badania jednego połączenia i jednej siły wewnętrznej,
2. badania jednego połączenia i kilku sił wewnętrznych,
3. badania więcej niż jednego połączenia w jednym węźle.

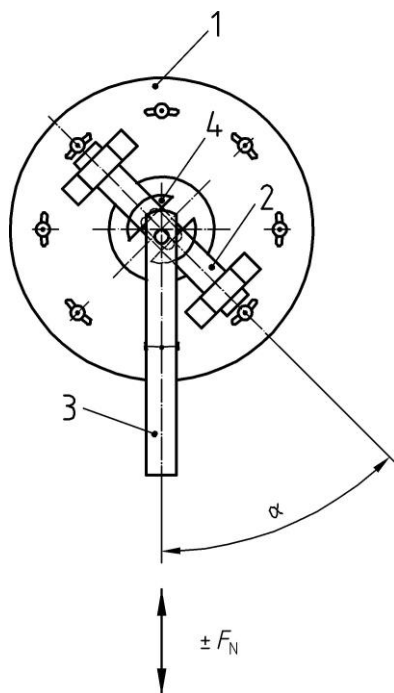
19

UWAGA Inżynier nadzorujący obliczenia i badania powinien zgodnie opracować program koniecznych badań i uzyskać zatwierdzenie jednostki certyfikującej.

Jeśli przyjęto do badań wzajemne oddziaływanie liniowe, nie są konieczne badania grupy 2.



Rysunek A.5 — Możliwe siły wewnętrzne w połączeniu stojaka z poprzecznicą lub podłużnicą



#### Objaśnienia

- 1 dysk obrotowy do zmiany kąta  $\alpha$
- 2 stojak
- 3 zastrzał
- 4 złącze

Rysunek A.6 — Typowy zestaw do badania zastrzałów

W przypadku większości połączeń poprzecznic i podłużnic istotne są pokazane na Rysunku A.5 momenty (zginające i skręcające) i odpowiadające im odkształcenia wzdłuż każdej z trzech osi. Takie połączenia mają zazwyczaj odpowiednią wytrzymałość wzdłuż osi i na ścinanie przy pomijalnych odkształceniach.

Jednak w przypadku elementów stężających (zastrzały) wydłużenie osiowe złączy na końcach może znacznie zmniejszyć ogólną sztywność osiową prowadząc w rezultacie do znacznego wzrostu zarówno odkształcalności rusztowania jak i ugięcia poprzecznego pod obciążeniem.

Na Rysunku A.6 przedstawiono typowe rozmieszczenie elementów przy ustalaniu odkształcalności osiowej oraz wytrzymałości złączy elementów stężających. W każdym systemie, aby pokryć cały zakres możliwych kątów, może się okazać konieczne przeprowadzenie licznych serii badań.

Rozmieszczenie elementów badanych pokazane na Rysunku A.1 i Rysunku A.3 można wykorzystać przy badaniach systemów modułowych do wyznaczenia średniej wartości sztywności połączeń pomiędzy poprzecznicami, podłużnicami i stojakami wzdłuż osi pionowej (oś  $z$ ,  $M_z$ ) na Rysunku A.5.

W takim układzie badań zmierzone przesunięcie jest wynikiem odkształcenia połączenia oraz podłużnic i poprzecznic, do których jest przyłączone.

Wyniki badań mogą być inne, jeśli do tego samego węzła będą zamocowane dodatkowe części składowe.

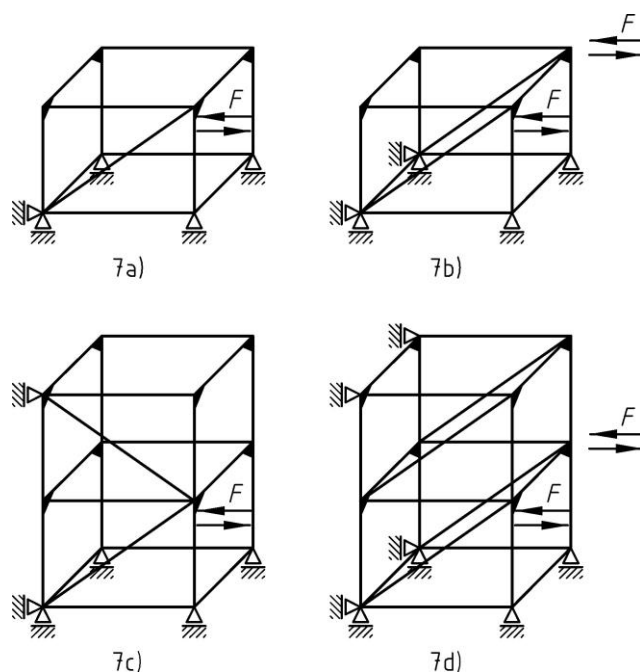
#### A.4 Badania zastrzałów i ich złączy

Badania połączeń zastrzałów mogą być przeprowadzone zgodnie z Rysunkiem A.6. Alternatywą badania połączenia pojedynczego mogą być badania konfiguracji, które są w pełni trójkątami zbudowanymi z części składowych stężających w jednej lub obu płaszczyznach podłużnych. Typowe przykłady przedstawiono na Rysunku A.7.

Badania prowadzone na konfiguracjach przedstawionych na Rysunku A.7 mogą być wykorzystane do ustalenia odporności zastrzału na wybowoczenie oraz będą uwzględniały każdy ograniczający wpływ połączeń.

Jeżeli takie badania będą stosowane do wyznaczania wytrzymałości połączeń, należy zastosować odpowiednie środki zapobiegające wybowoczeniu zastrzałów.

Generalnie zaleca się, aby konfiguracja poddawana badaniu zawierała tylko jeden zastrzał jak przedstawiono to na Rysunku A.6 i na Rysunku A.7a, ponieważ w konfiguracjach z więcej niż jednym zastrzałem, uzyska się informację o uszkodzeniu tylko jednego zastrzału lub połączenia.



Rysunek A.7 — Możliwe zestawy badawcze konfiguracji z zastrzałami

**Załącznik B**  
(normatywny)

**Badania pomostów i ich podparć na upadek**

**B.1 Przedmiot badań**

Celem badań upadku jest sprawdzenie czy pomost i jego podpory posiadają dostateczną wytrzymałość.

**B.2 Stanowisko badawcze i procedura badania**

**B.2.1** Elementy pomostu, ich podpory oraz sąsiednie elementy pionowe powinny być ustawione zgodnie z instrukcją obsługi. Elementy zabezpieczenia bocznego powinny być ustawione z wszystkich czterech stron, aby zapobiec stoczeniu się kuli z pomostu.

**B.2.2** W celu ustabilizowania konfiguracji można zastosować dodatkowe części składowe poniżej pomostu; np. rury i złącza. Tych części składowych nie należy umieszczać w taki sposób, aby miały one jakikolwiek znaczący wpływ na wynik badania.

**B.2.3** Kula stalowa powinna mieć średnicę 0.5 m i masę 100 kg.

**B.2.4** Wysokość spadania powinna wynosić 2,5 m mierząc od powierzchni zespołu pomostu do spodu kuli.

**B.2.5** Na zespole pomostu, w miejscu upadku kuli, powinna być umieszczona poduszka tłumiąca. Pole powierzchni poduszki wystawionej na uderzenie powinno mieć wymiary 0,5 m x 0,5 m a jej grubość nie więcej niż 0,25 m. Przy obciążeniu statycznym poprzez opisaną wyżej kulę charakterystyka sztywności poduszki tłumiącej powinna leżeć pomiędzy grubymi liniami przedstawionymi na Rysunku B.1.

**B.2.6** Badanie należy przeprowadzić zwalniając nagle kulę z wysokości podanej w B.2.4, pionowo nad miejscem uderzenia określonym na Rysunku B.2.

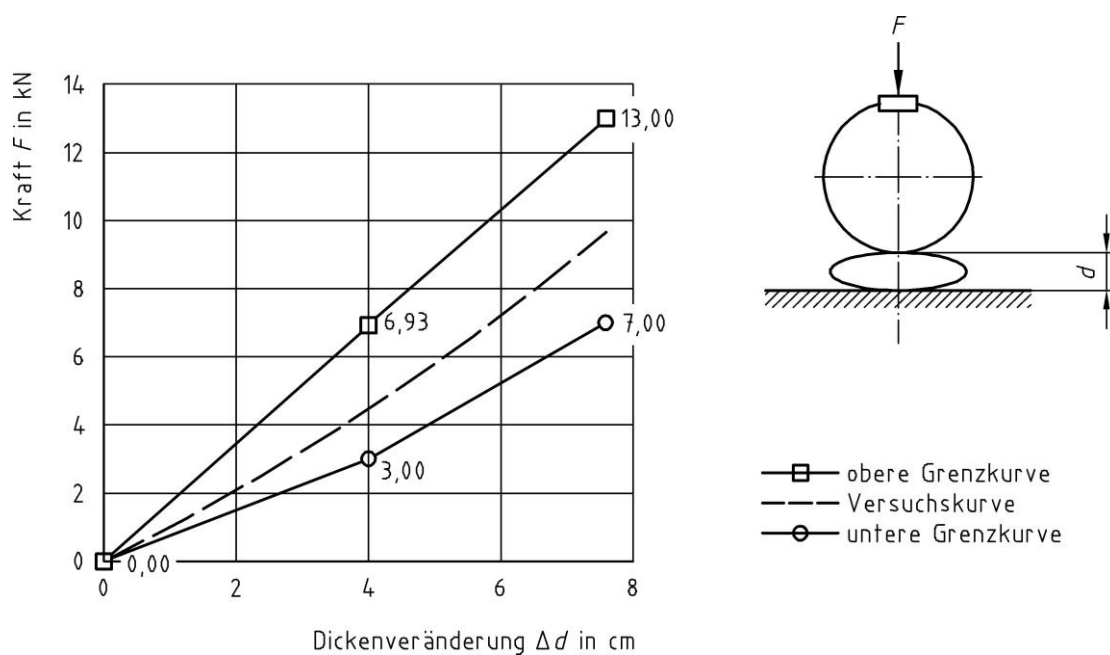
**B.2.7** W każdym zestawie badań obejmującym kolejne obciążanie środkowych i brzegowych miejsc na pomoście, miejsca uderzenia powinny być wybrane zgodnie z Tablicą B.1 i Rysunkiem B.2. W przypadku pomostu o szerokości większej niż 0,7m należy badać dwa miejsca uderzenia o dwóch parametrach, chyba że będzie można wykazać, że badanie w jednym miejscu uderzenia będzie opisywało najgorszy przypadek.

**B.2.8** Każdy zestaw badań należy wykonać trzykrotnie. Dla każdego nowego miejsca uderzenia można używać nowych części składowych. Alternatywnie dla jednego kompletnego cyklu badań można użyć jednego zespołu części składowych bez demontowania go. Jednakże, na jednym zespole przygotowanym do badań można przeprowadzić nie więcej niż jeden cykl badań.

**Tablica B.1 –Miejsca uderzenia, które mają być badane**

Szerokość pomostu	Miejsce uderzenia zgodne z Rysunkiem B.2	
	Parametr	
	Maksymalna siła ścinająca	Maksymalny moment
$w \leq 0,7m$	PS1	PM1
$w > 0,7m$	PS1 i PS2	PM i PM2





górna linia ograniczająca

linia z badań

dolna linia ograniczająca

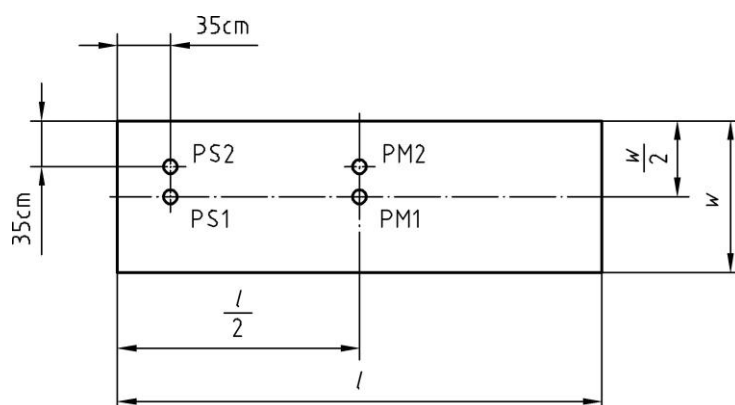
przesunięcie  $\Delta d$  w cm

Objaśnienia

1 kula

2 poduszka tłumiąca

Rysunek B.1 — Zakres charakterystyk sztywności poduszki tłumiącej



Objaśnienia

 $w$  szerokość pomostu $l$  długość przęsła

Rysunek B.2 — Położenie miejsc uderzenia

### **B.3 Przykrycia otworów umożliwiających dojście**

Przykrycia umożliwiające dostęp nie wymagają badania.

### **B.4 Ocena wyników badania**

Jedynym wymaganiem mówiącym o tym czy badanie przebiegło pomyślnie jest to, że badany zespół jest nadal w stanie przenieść obciążenie statyczne pochodzące od kuli stalowej. Dopuszcza się istnienie trwałych odkształceń i lokalnych uszkodzeń.

**Załącznik C**  
(normatywny)

**Badania spawanych stopnic aluminiowych na obciążenia powtarzane**

**C.1 Liczba wykonywanych badań**

Tam, gdzie rodzaje badań odniesione są do miejsca obciążenia, powinny być przeprowadzone przynajmniej trzy próby każdego rodzaju.

**C.2 Ocena**

Pojedyncze badanie stopnicy powinno być uznane za potwierdzenie spełnienia wymagań, jeżeli zostanie zachowana całość konstrukcyjna i nie będzie żadnych oznak uszkodzeń spowodowanych zmęczeniem materiału pod koniec badania. Badane stopnice mają być starannie sprawdzane po każdym badaniu. Specjalna uwaga powinna być zwrócona na miejsca spawane.

Aby badanie zakończyło się pomyślnie, wszystkie trzy próbki poddane badaniom muszą spełniać postawione im kryteria. W przypadku, gdy dojdzie do pojedynczego zniszczenia, można wykonać trzy dalsze badania i wtedy, kiedy wyniki uzyskane w tych wszystkich badaniach będą spełniały kryteria, można będzie uznać, że schody przeszły badanie pomyślnie. Jeśli okaże się, że badań nie przeszła więcej niż jedna z pierwszej grupy próbek lub też gdy jedna lub więcej z drugiej grupy próbek nie przeszła badań, to schody nie spełniają wymagań.

### **Bibliografia**

ENV 1993-1-1, Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings;  
ENV 1999-1-1, Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-1: General rules; General rules and rules for buildings;