

B. Sprawdzenie podatności konstrukcji na efekt $P-\Delta$ **a) Za pomocą wzoru (5.7) w normie [N1]**

Korzystając z wartości sił osiowych w prętach (tab. 4.18, kol. 2, 3, 4) oraz kąta nachylenia krzyżulców do pasa obliczono sumaryczne obciążenie pionowe u dołu każdej kondygnacji, które zamieszczono w kolumnie 2 w tabeli 4.19. Po przemnożeniu tego obciążenia przez wartość wstępnego przechyłu ϕ_j uzyskano obciążenia równoważne dla każdej kondygnacji (kol. 4). Równoważne obciążenia węzłowe uzyskano jako różnicę obciążeń równoważnych sąsiednich kondygnacji (kol. 5). Obciążenie to zsumowano z obciążeniem wiatrem (kol. 6), a otrzymane wartości zamieszczono w kolumnie 7.

Uzyskano:

- sumaryczne obliczeniowe obciążenie pionowe: $V_{Ed} = 1063,20$ kN,
- sumaryczne obliczeniowe obciążenie poziome: $H_{Ed} = 185,590$ kN.

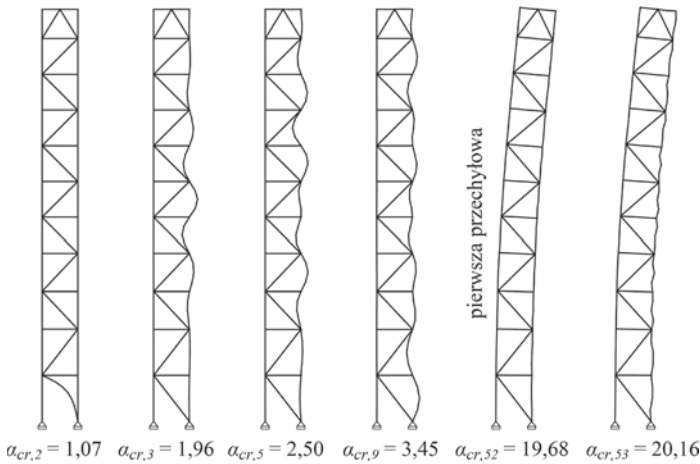
Z uwagi na to, że $H_{Ed} = 185,594$ kN $> 0,15 \cdot 1063,2 = 159,48$ kN, to zgodnie z warunkiem (5.7) w [N1] nie ma potrzeby wykonywania analizy globalnej podpory z uwzględnieniem wstępnej imperfekcji przechyłowej.

Tabela 4.19. Obciążenia równoważne

Kondygnacja j	V_{Ed}	ϕ_j	$\phi_j \cdot V_{Ed}$	Równoważne obciążenie węzłowe $H_{Ed,eq,j}$	Obciążenie wiatrem W_j	Sumaryczne obciążenie poziome $H_{Ed,w,eq,j}$
	kN	rad	kN	kN	kN	kN
1	2	3	4	5	6	7
11	-376,00	0,00289	1,087	1,087	8,78	9,867
10	-420,80	0,00289	1,216	$1,216 - 1,087 = 0,129$	5,78	5,909
9	-456,80	0,00289	1,320	$1,320 - 1,216 = 0,104$	7,83	7,934
8	-461,80	0,00289	1,335	$1,335 - 1,320 = 0,015$	2,73	2,745
7	-466,80	0,00289	1,349	$1,349 - 1,335 = 0,014$	2,63	2,644
6	-479,80	0,00289	1,387	$1,387 - 1,349 = 0,038$	8,53	8,568
5	-484,80	0,00333	1,614	$1,614 - 1,387 = 0,227$	2,42	2,647
4	-495,80	0,00333	1,651	$1,651 - 1,614 = 0,037$	7,39	7,427
3	-506,40	0,00333	1,686	$1,686 - 1,651 = 0,035$	7,34	7,375
2	-804,80	0,00333	2,680	$2,680 - 1,686 = 0,994$	117,6	118,594
1	-1063,20	0,00333	3,540	$3,540 - 2,680 = 0,860$	11,02	11,880
Suma				3,540	182,05	185,590

b) **Na podstawie mnożnika obciążenia krytycznego dla pierwszej formy przechyłowej uzyskanego za pomocą programu Robot**

Analizę wyboczeniową kratowej podpory wykonano za pomocą programu Robot v.2019. Uzyskane postacie wyboczenia za pomocą liniowego modelu przy obciążeniu jak na rysunku 4.11 przedstawiono wraz z wartościami α_{cr} na rysunku 4.12. Najmniejsza, dodatnia wartość mnożnika obciążenia krytycznego $\alpha_{cr} = 1,07$ jest związana z lokalnym wyboczeniem krzyżulca dolnej kondygnacji. Najmniejsza wartość α_{cr} dla nieprzechyłowej postaci wyboczenia krawężnika wynosi 1,96, a dla postaci przechyłowej 19,68.



Rys. 4.12. Postacie wyboczenia słupa wg programu Robot v.2019

Zgodnie z warunkiem (5.1) w normie [N1] można wnioskować, że efekty II rzędu w analizowanej konstrukcji, w tym efekt $P-\Delta$, są istotne, gdyż najmniejsze wartości mnożnika obciążenia krytycznego $\alpha_{cr} < 10$. Z kolei biorąc pod uwagę tylko mnożnik obciążenia krytycznego dla przechyłowej formy wyboczenia $\alpha_{cr} = 19,68$, wniosek byłby przeciwny.

Zgodnie z normą [N2] efekty II rzędu w ramach nieprzechyłowych można pomijać, gdy $\alpha_{cr,ns} > 25$. W analizowanym przykładzie uzyskano $\alpha_{cr,ns} = 1,96$. Wnioskuje się zatem, że zgodnie z normą [N2] w globalnej analizie podpory należy uwzględnić wpływ efektu $P-\Delta$.