



Instytut Techniki Budowlanej
Zespół Laboratoriów Badawczych

RAPORT Z BADAŃ

LZK00-00572/24/Z00NZK

Zamawiający:	F.U.H. "DELI" Łukasz Delimata ul. Stefana Batorego 37, 38-400 Krosno
Obiekt badania:	Wsporniki stalowe DELI
Data wydania:	24 maja 2024

Laboratorium Konstrukcji Budowlanych, Geotechniki i Betonu (LZK)
Warszawa • ul. Filtrowa 1 • tel. (0-22) 57-96-165 • fax (0-22) 57-96-189 • konstrukcje@itb.pl

Instytut Techniki Budowlanej • 00-611 Warszawa • ul. Filtrowa 1 • tel. +48 22 825 04 71 • www.itb.pl • ci@itb.pl
KRS: 0000158785 • Regon: 000063650 • VAT: 525 000 93 58 • BDO: 000021645

Spis treści

1. Informacje dotyczące badań	3
2. Obiekt badań, próbka.....	3
2.1. Informacje dostarczone przez Zamawiającego	3
2.2. Informacje uzyskane na podstawie oględzin w Laboratorium.....	3
3. Wyniki badań	4
3.1. Badanie nośności i odkształcalności.....	4
3.1.1. Metoda badawcza	4
3.1.2. Wyniki.....	5
4. Ocena wyników badań	8
4.1. Analiza nośności charakterystycznej wsporników	8
4.2. Analiza podatności (odkształcalności) wsporników	11
4.3. Określenie poziomów właściwości użytkowych wsporników	13
5. Zastrzeżenia.....	14

1. Informacje dotyczące badań

Data rozpoczęcia badań: 07-03-2024

Data zakończenia badań: 24-04-2024

Miejsce wykonania badań:

W laboratorium LZK, w lokalizacji: Warszawa, ul. Filtrowa 1.

2. Obiekt badań, próbka

2.1. Informacje dostarczone przez Zamawiającego

2.2. Informacje uzyskane na podstawie oględzin w Laboratorium

Pochodzenie próbki: Próbka pobrana i dostarczona przez Zamawiającego

Przyjęcie obiektu badań do laboratorium:

Data: 20-12-2023

Protokół przyjęcia: LZK00-00572/24/Z00NZK (wsporniki ze stali zwykłej)

Data: 05-02-2024

Protokół przyjęcia: LZK01-00572/24/Z00NZK (wsporniki ze stali nierdzewnej)

Stan obiektu badań:

Dostarczono próbkę w stanie i ilości odpowiedniej do wykonania badań.

Opis obiektu badań:

Do badań dostarczono wsporniki wykonane ze stali zwykłej, w wersji wykonania malowanej (M) ocynkowanej (O) oraz ocynkowanej i malowanej (OM). Ponadto odrębnie dostarczone zostały wsporniki wykonane ze stali nierdzewnej (INOX).

Wsporniki ze stali zwykłej dostarczone zostały w następującej liczbie:

W wykonaniu OM, M oraz O, po 4 szt. następujących wsporników:

500 P 30x30

600 P 30x30

600 P 30x50

600 L 30x50

700 P 30x50

700 L 30x50

800 P LIGHT 30x50

800 P BIG 30x50

800 P 50x50

900 P 50x50

1000 P 30x50

1000 P 50x50

oraz, dodatkowo tylko w wykonaniu M po 4 szt. wsporników:

600 POL 35x35

700 POL 35x35

Wsporniki ze stali nierdzewnej dostarczono w liczbie po 4 szt. dla typów:

600 P 30x50 INOX

600 L 30x50 INOX

700 L 30x50 INOX

700 P 30x50 INOX

800 P BIG 30x50 INOX

800 L 30x50 INOX

1000 P 30x50 INOX

Oznaczenia poszczególnych typów wsporników wraz ze zwymiarowanymi rysunkami zamieszczone zostały w stanowisku Zakładu Oceny Technicznej ITB nr EJ.425.3.2023 z dn. 06-07-2023.

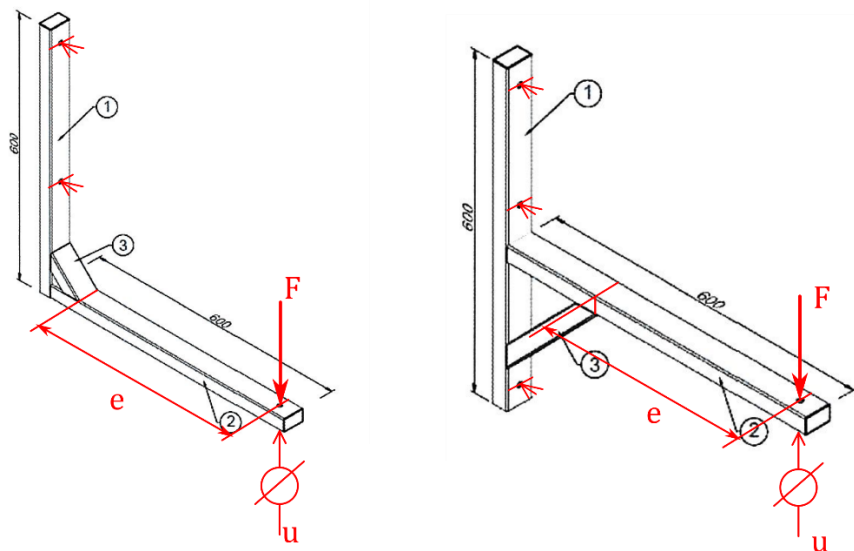
3. Wyniki badań

3.1. Badanie nośności i odkształcalności

Badanie poza zakresem akredytacji.

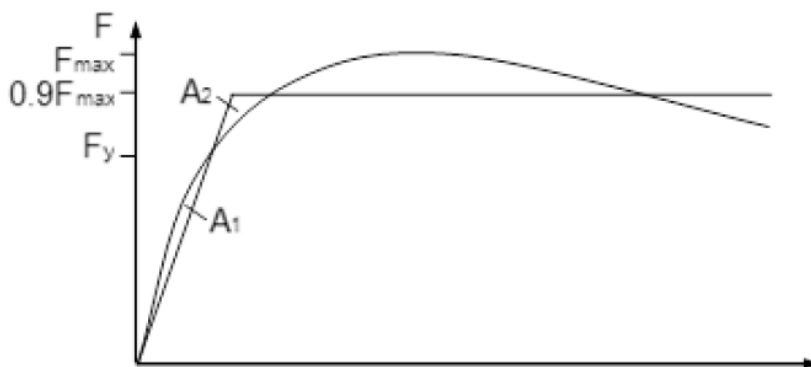
3.1.1. Metoda badawcza

Metoda badania nośności i odkształcalności zakłada umocowanie badanego elementu do sztywnej podkonstrukcji i badanie poprzez przykładanie na ramieniu e obciążenia F ze stałą prędkością i pomiar przemieszczenia u w miejscu przyłożenia siły. Schemat badania przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat badania

Jako wynik badania przyjmuje się wartość F_y wyznaczaną jak na rys. 2., przy $A_1=A_2$.



Rys. 2. Sposób wyznaczania obciążenia uplastyczniającego

Otrzymane z badań wyniki momentu uplastyczniającego $M_{y,test}$ dzielone są przez rzeczywistą granicę plastyczności materiału wspornika $f_{y,test}$ otrzymaną z badań. Do dalszych obliczeń związanych z określaniem nośności wsporników wykorzystywana jest uzyskana w ten sposób wielkość $M_{y,test,fy}=M_{y,test}/f_{y,test}$. Po określeniu charakterystycznej wartości wielkości $M_{y,test,fy}$ i jej pomnożeniu przez wartość deklarowanej charakterystycznej granicy plastyczności (wynikającej z deklarowanego gatunku rur) otrzymywana jest ostateczna wartość M_{yk} . Granicę plastyczności próbek wyciętych ze wsporników określa się wg PN-EN ISO 6892-1:2020-05 met. B.

Wartości charakterystyczne określa się wg stanowiska Zakładu Oceny Technicznej ITB nr EJ.425.3.2023.

Badania przeprowadzono na wspornikach ze stali zwykłej w wykonaniu M oraz ze stali nierdzewnej.

3.1.2. Wyniki

Wyniki badań zestawione zostały w tab. 1÷5.

Tab. 1. Wsporniki ze stali zwykłej o przekroju 30x30x2mm

Typ wspornika	Siła maksymalna	Siła uplastyczniająca	Przemieszczenie przy sile uplastyczniającej	Podatność wspornika	Ramię	Moment uplastyczniający	Granica plastyczności	Podatność wspornika odniesiona do długości ramienia	Moment uplastyczniający odniesiony do granicy plastyczności
	F _{max,test}	F _{y,test}	u _{Fy}	K	e	M _{y,test}	f _{y,test}	K/e ³	M _{y,test,fy}
	[N]	[N]	[mm]	[m/N]	[m]	[Nm]	[MPa]	[1/(N·m ²)]	[Nm/MPa]
500 P 30x30 M	3950	2870	8,45	2,95·10 ⁻⁶	0,286	820	428	126,4·10 ⁻⁶	1,92
	3960	3050	8,38	2,74·10 ⁻⁶	0,286	872		117,4·10 ⁻⁶	2,04
	3840	2850	8,23	2,89·10 ⁻⁶	0,286	814		123,8·10 ⁻⁶	1,90
600 P 30x30 M	2920	2370	13,61	5,76·10 ⁻⁶	0,386	914	402	100,3·10 ⁻⁶	2,27
	2960	2190	11,65	5,33·10 ⁻⁶	0,386	845		92,8·10 ⁻⁶	2,10
	3090	2240	12,09	5,40·10 ⁻⁶	0,386	864		94,1·10 ⁻⁶	2,15
Wartość średnia								109,1·10 ⁻⁶	2,06
Odchylenie standardowe								15,2·10 ⁻⁶	0,142

Tab. 2. Wsporniki ze stali zwykłej o przekroju 30x50x2mm

Typ wspornika	Siła maksymalna	Siła uplastyczniająca	Przemieszczenie przy sile uplastyczniającej	Podatność wspornika	Ramię	Moment uplastyczniający	Granica plastyczności	Podatność wspornika odniesiona do długości ramienia	Moment uplastyczniający odniesiony do granicy plastyczności
	F _{max,test}	F _{y,test}	u _{Fy}	K	e	M _{y,test}	f _{y,test}	K/e ³	M _{y,test} /f _y
	[N]	[N]	[mm]	[m/N]	[m]	[Nm]	[MPa]	[1/(N·m ²)]	[Nm/MPa]
600 P 30x50 M	3730	2840	13,32	4,69·10 ⁻⁶	0,386	1096	394	81,7·10 ⁻⁶	2,78
	3830	3000	15,24	5,08·10 ⁻⁶	0,386	1157		88,5·10 ⁻⁶	2,94
	3790	2390	11,26	4,71·10 ⁻⁶	0,386	922		82,0·10 ⁻⁶	2,34
600 L 30x50 M	3150	2350	25,01	10,62·10 ⁻⁶	0,495	1163	416	87,6·10 ⁻⁶	2,80
	3210	2220	20,87	9,41·10 ⁻⁶	0,495	1099		77,6·10 ⁻⁶	2,64
	3170	2220	20,50	9,24·10 ⁻⁶	0,495	1099		76,2·10 ⁻⁶	2,64
700 P 30x50 M	2910	2090	16,31	7,81·10 ⁻⁶	0,476	994	377	72,5·10 ⁻⁶	2,64
	2930	2240	19,24	8,57·10 ⁻⁶	0,476	1066		79,6·10 ⁻⁶	2,83
	2960	2140	16,89	7,90·10 ⁻⁶	0,476	1018		73,3·10 ⁻⁶	2,70
700 L 30x50 M	2580	1880	28,32	15,03·10 ⁻⁶	0,595	1119	349	71,4·10 ⁻⁶	3,21
	2490	1800	26,52	14,72·10 ⁻⁶	0,595	1071		69,9·10 ⁻⁶	3,07
	2490	1650	24,30	14,75·10 ⁻⁶	0,595	982		70,0·10 ⁻⁶	2,81
800 P BIG 30x50 M	4360	3090	13,39	4,33·10 ⁻⁶	0,344	1063	393	106,4·10 ⁻⁶	2,70
	4340	2850	11,74	4,12·10 ⁻⁶	0,344	980		101,2·10 ⁻⁶	2,49
	4340	2990	13,35	4,47·10 ⁻⁶	0,344	1028		109,8·10 ⁻⁶	2,62
800 P LIGHT 30x50 M	2490	1710	21,92	12,82·10 ⁻⁶	0,573	980	382	68,0·10 ⁻⁶	2,57
	2510	1680	21,51	12,78·10 ⁻⁶	0,573	963		67,8·10 ⁻⁶	2,52
	2490	1810	23,58	13,03·10 ⁻⁶	0,573	1038		69,2·10 ⁻⁶	2,72
1000 P 30x50 M	2670	1890	22,14	11,72·10 ⁻⁶	0,489	924	366	100,4·10 ⁻⁶	2,52
	2820	1990	23,16	11,62·10 ⁻⁶	0,489	972		99,6·10 ⁻⁶	2,66
	2700	1970	22,90	11,64·10 ⁻⁶	0,489	963		99,7·10 ⁻⁶	2,63
Wartość średnia								83,5·10 ⁻⁶	2,71
Odchylenie standardowe								14,0·10 ⁻⁶	0,196

Tab. 3. Wsporniki ze stali zwykłej o przekroju 35x35x2mm

Typ wspornika	Siła maksymalna	Siła uplastyczniająca	Premieszczenie przy sile uplastyczniającej	Podatność wspornika	Ramię	Moment uplastyczniający	Granica plastyczności	Podatność wspornika odniesiona do długości ramienia	Moment uplastyczniający odniesiony do granicy plastyczności
	F _{max,test}	F _{y,test}	u _{Fy}	K	e	M _{y,test}	f _{y,test}	K/e ³	M _{y,test} /f _y
	[N]	[N]	[mm]	[m/N]	[m]	[Nm]	[MPa]	[1/(N·m ²)]	[Nm/MPa]
600 POL 35x35 M	2940	2170	10,37	4,78·10 ⁻⁶	0,455	987	351	50,7·10 ⁻⁶	2,81
	2930	2130	10,44	4,90·10 ⁻⁶	0,455	969		52,0·10 ⁻⁶	2,76
	2910	2190	12,64	5,77·10 ⁻⁶	0,455	996		61,3·10 ⁻⁶	2,84
700 POL 35x35 M	2330	1730	16,15	9,35·10 ⁻⁶	0,555	960	406	54,7·10 ⁻⁶	2,36
	2320	1720	16,77	9,72·10 ⁻⁶	0,555	955		56,9·10 ⁻⁶	2,35
	2390	1770	16,11	9,08·10 ⁻⁶	0,555	982		53,1·10 ⁻⁶	2,42
Wartość średnia								54,8·10 ⁻⁶	2,59
Odchylenie standardowe								3,82·10 ⁻⁶	0,236

Tab. 4. Wsporniki ze stali zwykłej o przekroju 50x50x2mm

Typ wspornika	Siła maksymalna	Siła uplastyczniająca	Przesieszczenie przy sile uplastyczniającej	Podatność wspornika	Ramię	Moment uplastyczniający	Granica plastyczności	Podatność wspornika odniesiona do długości ramienia	Moment uplastyczniający odniesiony do granicy plastyczności
	F _{max,test}	F _{y,test}	u _{Fy}	K	e	M _{y,test}	f _{y,test}	K/e ³	M _{y,test} /f _y
	[N]	[N]	[mm]	[m/N]	[m]	[Nm]	[MPa]	[1/(N·m ²)]	[Nm/MPa]
800 P 50x50 M	8660	5580	10,72	1,92·10 ⁻⁶	0,372	2075	388	37,4·10 ⁻⁶	5,35
	8620	5920	9,59	1,62·10 ⁻⁶	0,372	2201		31,5·10 ⁻⁶	5,67
	8660	5620	9,80	1,74·10 ⁻⁶	0,372	2090		33,9·10 ⁻⁶	5,39
900 P 50x50 M	6460	4810	12,08	2,51·10 ⁻⁶	0,389	1870	384	42,7·10 ⁻⁶	4,87
	7400	5080	11,21	2,21·10 ⁻⁶	0,389	1975		37,6·10 ⁻⁶	5,14
	6590	4350	11,50	2,65·10 ⁻⁶	0,389	1691		45,1·10 ⁻⁶	4,40
1000 P 50x50 M	5400	3440	15,24	4,43·10 ⁻⁶	0,489	1681	400	38,0·10 ⁻⁶	4,20
	5310	3660	16,41	4,49·10 ⁻⁶	0,489	1789		38,5·10 ⁻⁶	4,47
	5220	3420	13,65	3,99·10 ⁻⁶	0,489	1671		34,2·10 ⁻⁶	4,18
Wartość średnia								37,7·10 ⁻⁶	4,85
Odchylenie standardowe								4,28·10 ⁻⁶	0,560

Tab. 5. Wsporniki ze stali nierdzewnej o przekroju 30x50x2mm

Typ wspornika	Siła maksymalna	Siła uplastyczniająca	Przeszczenie przy sile uplastyczniającej	Podatność wspornika	Ramię	Moment uplastyczniający	Granica plastyczności	Podatność wspornika odniesiona do długości ramienia	Moment uplastyczniający odniesiony do granicy plastyczności
	F _{max,test}	F _{y,test}	u _{Fy}	K	e	M _{y,test}	f _{y,test}	K/e ³	M _{y,test,fy}
	[N]	[N]	[mm]	[m/N]	[m]	[Nm]	[MPa]	[1/(N·m ²)]	[Nm/MPa]
600 P 30x50 INOX	5690	4000	23,21	5,80·10 ⁻⁶	0,386	1543	508	101,0·10 ⁻⁶	3,04
	5430	3720	20,60	5,54·10 ⁻⁶	0,386	1435		96,5·10 ⁻⁶	2,82
	5660	3850	22,78	5,92·10 ⁻⁶	0,386	1485		103,1·10 ⁻⁶	2,92
600 L 30x50 INOX	4410	3010	35,71	11,88·10 ⁻⁶	0,495	1490	499	97,9·10 ⁻⁶	2,98
	4360	2950	34,98	11,88·10 ⁻⁶	0,495	1460		97,9·10 ⁻⁶	2,93
	4270	2940	34,30	11,69·10 ⁻⁶	0,495	1455		96,4·10 ⁻⁶	2,92
700 L 30x50 INOX	3660	2440	49,23	20,16·10 ⁻⁶	0,595	1452	503	95,7·10 ⁻⁶	2,88
	3720	2490	49,04	19,68·10 ⁻⁶	0,595	1482		93,4·10 ⁻⁶	2,94
	3800	2490	46,83	18,81·10 ⁻⁶	0,595	1482		89,3·10 ⁻⁶	2,94
700 P 30x50 INOX	4380	3040	31,65	10,41·10 ⁻⁶	0,476	1446	472	96,6·10 ⁻⁶	3,06
	4430	3060	29,71	9,72·10 ⁻⁶	0,476	1456		90,2·10 ⁻⁶	3,08
	4340	3030	31,11	10,26·10 ⁻⁶	0,476	1442		95,2·10 ⁻⁶	3,05
800 P BIG 30x50 INOX	6120	3970	22,48	5,67·10 ⁻⁶	0,344	1366	470	139,3·10 ⁻⁶	2,91
	6490	4090	22,87	5,59·10 ⁻⁶	0,344	1407		137,4·10 ⁻⁶	3,00
	6000	3760	19,78	5,26·10 ⁻⁶	0,344	1293		129,3·10 ⁻⁶	2,75
800 L 30x50 INOX	3460	2320	57,33	24,67·10 ⁻⁶	0,695	1612	470	73,5·10 ⁻⁶	3,43
	3450	2320	56,83	24,48·10 ⁻⁶	0,695	1612		72,9·10 ⁻⁶	3,43
	3470	2340	56,88	24,34·10 ⁻⁶	0,695	1626		72,5·10 ⁻⁶	3,46
1000 P 30x50 INOX	3690	2380	37,25	15,68·10 ⁻⁶	0,489	1163	471	134,4·10 ⁻⁶	2,47
	3770	2470	38,83	15,74·10 ⁻⁶	0,489	1207		134,9·10 ⁻⁶	2,56
	4070	2620	38,85	14,83·10 ⁻⁶	0,489	1280		127,1·10 ⁻⁶	2,72
Wartość średnia								103,6·10 ⁻⁶	2,97
Odchylenie standardowe								21,5·10 ⁻⁶	0,251

4. Ocena wyników badań

4.1. Analiza nośności charakterystycznej wsporników

W celu wyznaczenia nośności charakterystycznej wsporników wyniki badania zostały podzielone na dwa zbiory. Pierwszy obejmuje wsporniki 600 POL 35x35 M oraz 700 POL 35x35 M wykonane z profili otwartych natomiast drugi – wsporniki o prostokątnych przekrojach rurowych.

Dla wsporników z profili otwartych uzyskano średnią wartość momentu uplastyczniającego $M_{y, \text{test}, fy}$ wynoszącą 2,59[Nm/MPa] przy odchyleniu standardowym 0,236[Nm/MPa]. Współczynnik rozszerzenia k dla $n=6$ i nieznanego V_x wynosi 2,18 wg tablicy D1 normy PN-EN 1990 co daje wartość charakterystyczną 2,08[Nm/MPa]. Dla deklarowanej przez Zamawiającego granicy plastyczności $f_{yk}=235$ [MPa] otrzymuje się w rezultacie charakterystyczną wartość M_{yk} równą 488[Nm]. Wartość ta odpowiada nośnościom charakterystycznym poszczególnych typów wsporników wynoszącym:

$K=1073[N]$ dla wspornika 600 POL 35x35 M przy $e=455[mm]$

$K=880[N]$ dla wspornika 700 POL 35x35 M przy $e=555[mm]$

Dla pozostałych wsporników wyznaczono sprężysty wskaźnik wytrzymałości przekroju W i zestawiono dane w tab. 6.

Tab. 6. Wskaźnik wytrzymałości zamkniętych przekrojów rurowych i średni moment uplastyczniający

Wymiary przekroju w mm	Rodzaj stali	Sprężysty wskaźnik wytrzymałości giętej przekroju	Średni moment uplastyczniający odniesiony do granicy plastyczności
		W	$M_{y,test,fy}$
		m^3	$[Nm/MPa]$
30x30x2	zwykła	$1,961 \cdot 10^{-6}$	2,06
30x50x2	zwykła	$3,008 \cdot 10^{-6}$	2,71
30x50x2	nierdzewna	$3,008 \cdot 10^{-6}$	2,97
50x50x2	zwykła	$5,908 \cdot 10^{-6}$	4,85

Dokonano aproksymacji zależności $M_{y,test,fy}$ od W przy wykorzystaniu metody najmniejszych kwadratów otrzymując zależność $M_{y,test,fy} = 7,030 \cdot 10^5 \cdot W + 0,7067$ przy $R^2=0,992$.

Zestawienie wartości momentów uplastyczniających podanych w tab. 1., 2., 4. oraz 5. zestawionymi z wartościami otrzymanymi z prostej regresji i wyznaczenie względnego błędu określenia momentu uplastyczniającego zamieszczono w tab. 7.

Tab. 7. Wyznaczenie względnego błędu określenia momentu uplastyczniającego

Tab. 7. Wyznaczenie względnego brędu określania momentu uplastyczniającego					
Wymiary przekroju w mm	Rodzaj stali	Moment uplastyczniający	Wskaźnik wytrzymałości giętej	Estymata momentu uplastyczniającego	Odchyłka wyniku badania od estymaty
		$M_{y,test,fy}$	W	$M_{y,test,fy,est}$	$M_{y,test,fy}/M_{y,test,fy,est}-1$
		[Nm/MPa]	[m³]	[Nm/MPa]	[%]
30x30x2	zwykła	1,92	1,961·10 ⁻⁶	2,09	-8,1%
		2,04			-2,3%
		1,90			-8,8%
		2,27			9,1%
		2,10			0,8%
		2,15			3,1%
30x50x2	zwykła	2,78	3,008·10 ⁻⁶	2,82	-1,4%
		2,94			4,1%
		2,34			-17,1%
		2,80			-0,9%
		2,64			-6,4%
		2,64			-6,4%
		2,64			-6,5%
		2,83			0,2%
		2,70			-4,3%
		3,21			13,6%
		3,07			8,8%
		2,81			-0,3%
		2,70			-4,2%
		2,49			-11,6%
		2,62			-7,3%
		2,57			-9,0%
		2,52			-10,6%
		2,72			-3,7%
		2,52			-10,6%
		2,66			-5,8%
		2,63			-6,8%
30x50x2	nierdzewna	3,04	3,008·10 ⁻⁶	2,82	7,6%
		2,82			0,1%
		2,92			3,6%
		2,98			5,8%
		2,93			3,7%
		2,92			3,3%
		2,88			2,2%
		2,94			4,3%
		2,94			4,3%
		3,06			8,6%
		3,08			9,3%
		3,05			8,2%
		2,91			3,1%
		3,00			6,2%
		2,75			-2,4%
		3,43			21,6%
		3,43			21,6%
		3,46			22,6%
50x50x2	zwykła	2,47	5,908·10 ⁻⁶	4,86	-12,4%
		2,56			-9,1%
		2,72			-3,6%
		5,35			10,0%
		5,67			16,7%
		5,39			10,8%
		4,87			0,2%
		5,14			5,8%
		4,40			-9,4%
4,20	-13,5%				
4,47	-8,0%				
4,18	-14,0%				
Odchylenie standardowe					9,2%
Względny błąd wyznaczenia momentu uplastyczniającego dla k=1,70					16%

Uwzględniając obliczenia zawarte w tab. 7. i przyjmując jako deklarowaną przez Zleceniodawcę wartość f_{yk} wynoszącą 235[MPa] otrzymano charakterystyczne wartości M_{yk} równe

413[Nm] dla przekroju 30x30x2mm

559[Nm] dla przekroju 30x50x2mm

963 [Nm] dla przekroju 50x50x2mm

Zestawienie nośności charakterystycznych dla poszczególnych typów wsporników zamieszczone zostało w tab. 8.

Tab. 8. Zestawienie nośności charakterystycznych dla wysięgników z zamkniętych profili rurowych

Typ wspornika	Ramię siły	Charakterystyczny moment uplastyczniający	Nośność charakterystyczna
	e	M_{yk}	F_{yk}
	[m]	[Nm]	[N]
500 P 30x30	0,286	413	1445
600 P 30x30	0,386	413	1071
600 P 30x50	0,386	559	1449
600 L 30x50	0,495	559	1130
700 P 30x50	0,476	559	1175
700 L 30x50	0,595	559	940
700 P 30x50	0,476	559	1175
800 P BIG 30x50	0,344	559	1625
800 P LIGHT 30x50	0,573	559	976
800 L 30x50	0,695	559	805
1000 P 30x50	0,489	559	1143
800 P 50x50	0,372	963	2589
900 P 50x50	0,389	963	2476
1000 P 50x50	0,489	963	1970

4.2. Analiza podatności (odkształcalności) wsporników

W celu określenia podatności wsporników wyniki badania zostały podzielone na trzy zbiory. Pierwszy obejmuje wsporniki 600 POL 35x35 M oraz 700 POL 35x35 M wykonane z profili otwartych. Drugi zbiór obejmuje wsporniki wykonane ze stali nierdzewnej, natomiast trzeci – wsporniki o prostokątnych przekrojach rurowych wykonane ze stali zwykłej.

Dla pierwszego zbioru danych uzyskano średnią wartość podatności odniesionej do ramienia wynoszącą

$54,8 \cdot 10^{-6}$ [1/(N·m²)] co odpowiada dla poszczególnych typów wsporników wartościom wynoszącym:

$K=5,2$ [mm/kN] dla wspornika 600 POL 35x35 M przy $e=455$ [mm]

$K=9,4$ [mm/kN] dla wspornika 700 POL 35x35 M przy $e=555$ [mm]

Dla drugiego zbioru danych uzyskano średnią wartość podatności odniesionej do ramienia wynoszącą $103,6 \cdot 10^{-6}$ [1/(N·m²)] co odpowiada dla poszczególnych typów wsporników wartościom wynoszącym:

$K=5,9$ [mm/kN] dla wspornika 600 P 30x50 INOX przy $e=386$ [mm]

$K=12,6$ [mm/kN] dla wspornika 600 L 30x50 INOX przy $e=495$ [mm]

$K=21,8[\text{mm/kN}]$ dla wspornika 700 L 30x50 INOX przy $e=595[\text{mm}]$

$K=11,2[\text{mm/kN}]$ dla wspornika 700 P 30x50 INOX przy $e=476[\text{mm}]$

$K=4,2[\text{mm/kN}]$ dla wspornika 800 P BIG 30x50 INOX przy $e=344[\text{mm}]$

$K=34,8[\text{mm/kN}]$ dla wspornika 800 L 30x50 INOX przy $e=695[\text{mm}]$

$K=12,1[\text{mm/kN}]$ dla wspornika 1000 P 30x50 INOX przy $e=489[\text{mm}]$

Dla pozostałych wsporników wyznaczono osiowy moment bezwładności przekroju J i zestawiono dane w tab. 9.

Tab. 9. Osiowy moment bezwładności przekroju i średnia wartość podatności odniesionej do ramienia

Wymiary przekroju w mm	Rodzaj stali	Osiowy moment bezwładności przekroju	Odwrotność osiowego momentu bezwładności przekroju	Średnia podatność wspornika odniesiona do ramienia
		J	1/J	K/e^3
		m^4	$1/\text{m}^4$	$[1/(\text{N}\cdot\text{m}^2)]$
30x30x2	zwykła	$2,942\cdot 10^{-8}$	$3,399\cdot 10^7$	$109,1\cdot 10^{-6}$
30x50x2	zwykła	$4,513\cdot 10^{-8}$	$2,216\cdot 10^7$	$83,5\cdot 10^{-6}$
50x50x2	zwykła	$1,477\cdot 10^{-7}$	$6,770\cdot 10^6$	$37,7\cdot 10^{-6}$

Dokonano aproksymacji zależności K/e^3 od $1/J$ przy wykorzystaniu metody najmniejszych kwadratów otrzymując zależność $M_{y, \text{test}, fy} = 2,643\cdot 10^{-12} 1/J + 2,131\cdot 10^{-5}$ przy $R^2=0,993$. W rezultacie otrzymano wartości K/e^3 równe

$1,112\cdot 10^{-4} [1/(\text{N}\cdot\text{m}^2)]$ dla przekroju 30x30x2mm

$7,988\cdot 10^{-5} [1/(\text{N}\cdot\text{m}^2)]$ dla przekroju 30x50x2mm

$3,920\cdot 10^{-5} [1/(\text{N}\cdot\text{m}^2)]$ dla przekroju 50x50x2mm

Zestawienie podatności dla poszczególnych typów wsporników zamieszczone zostało w tab. 10.

Tab. 10. Zestawienie podatności dla wysięgników z zamkniętych profili rurowych ze stali zwykłej

Typ wspornika	Ramię siły	Estymata podatności wspornika odniesionej do ramienia	Podatność wspornika
	e	K/e^3	K
	[m]	$[1/(\text{N}\cdot\text{m}^2)]$	[mm/kN]
500 P 30x30	0,386	$1,112\cdot 10^{-4}$	6,4
600 P 30x30	0,495	$1,112\cdot 10^{-4}$	13,5
600 P 30x50	0,386	$7,988\cdot 10^{-5}$	4,6
600 L 30x50	0,495	$7,988\cdot 10^{-5}$	9,7
700 P 30x50	0,476	$7,988\cdot 10^{-5}$	8,6
700 L 30x50	0,595	$7,988\cdot 10^{-5}$	16,8
800 P BIG 30x50	0,344	$7,988\cdot 10^{-5}$	3,3
800 P LIGHT 30x50	0,573	$7,988\cdot 10^{-5}$	15,0
1000 P 30x50	0,489	$7,988\cdot 10^{-5}$	9,3
800 P 50x50	0,372	$3,920\cdot 10^{-5}$	2,0
900 P 50x50	0,389	$3,920\cdot 10^{-5}$	2,3
1000 P 50x50	0,489	$3,920\cdot 10^{-5}$	4,6

4.3. Określenie poziomów właściwości użytkowych wsporników

W tab. 11. dokonano zestawienia charakterystycznych nośności i podatności wsporników zgłoszonych przez Zamawiającego do objęcia Rekomendacją Techniczną ITB. Na życzenie Zamawiającego wyniki podano zarówno w jednostkach układu SI jak również w jednostkach ciężarowego układu miar.

Tab. 11. Zestawienie właściwości wsporników

Typ wspornika	Rodzaj stali	Nośność charakterystyczna		Podatność wspornika	
		F_{yk}		K	
		[N]	[kG]	[mm/kN]	[mm/T]
500 P 30x30	zwykła	1445	147,3	6,4	63
600 P 30x30	zwykła	1071	109,2	13,5	132
600 P 30x50	zwykła	1449	147,8	4,6	45
600 P 30x50 INOX	nierdzewna	1449	147,8	5,9	58
600 L 30x50	zwykła	1130	115,2	9,7	95
600 L 30x50 INOX	nierdzewna	1130	115,2	12,6	124
600 POL 35x35	zwykła	1073	109,4	5,2	51
700 P 30x50	zwykła	1175	119,8	8,6	84
700 POL 35x35	zwykła	880	89,7	9,4	92
700 L 30x50	zwykła	940	95,9	16,8	165
700 P 30x50 INOX	nierdzewna	1175	119,8	11,2	110
700 L 30x50 INOX	nierdzewna	940	95,9	21,8	214
800 P BIG 30x50	zwykła	1625	165,7	3,3	32
800 P LIGHT 30x50	zwykła	976	99,5	15,0	147
800 P BIG 30x50 INOX	nierdzewna	1625	165,7	4,2	41
800 L 30x50 INOX	nierdzewna	805	82,1	34,8	341
1000 P 30x50	zwykła	1143	116,6	9,3	91
1000 P 30x50 INOX	nierdzewna	1143	116,6	12,1	119
800 P 50x50	zwykła	2589	264,0	2,0	20
900 P 50x50	zwykła	2476	252,5	2,3	23
1000 P 50x50	zwykła	1970	200,9	4,6	45

5. Zastrzeżenia

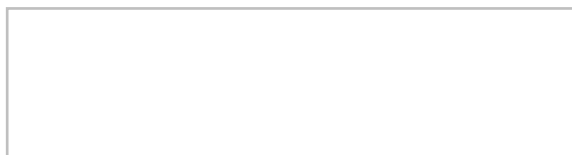
Laboratorium Badawcze oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do otrzymanej próbki.

Bez pisemnej zgody Laboratorium Badawczego Raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości.

Raport z badań nie zastępuje dokumentów wymaganych przy wprowadzaniu do obrotu i udostępnianiu wyrobów budowlanych.

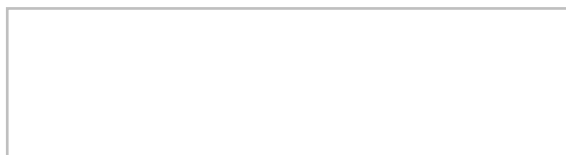
Niniejszy raport został wydany w formie elektronicznej, z kwalifikowanymi podpisami elektronicznymi osób odpowiedzialnych. Wydruk niniejszego raportu nie jest oryginalnym dokumentem.

Odpowiedzialny za badania
dr inż. Przemysław Więch



podpis cyfrowy

Autoryzujący raport
mgr inż. Jacek Głodkiewicz



podpis cyfrowy

Kierownik Laboratorium LZK
dr hab. inż. Artur Piekarczyk, profesor Instytutu



podpis cyfrowy

KONIEC RAPORTU
