

Sendvičové panely – únosnost při celoplošném zatěžování

Protokol o zkoušce

Výrobce a dodavatel: ISMAT solution, s.r.o.

Dolení 184,
411 85 Horní Beřkovice
Obchodní rejstřík vedený u Krajského soudu v Ústí nad Labem,
oddíl C, vložka 34709
Jednatel: Ing. Milan Štella

Zhotovitel: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební (FAST VUT)
*je součástí veřejné vysoké školy, která vznikla ze zákona
(zákon č. 111/98 Sb.) a nezapisuje se do obchodního rejstříku*
Veveří 331 / 95, 602 00 Brno
IČO 00216305, DIČ CZ00216305
Bankovní spojení: Komerční banka
Číslo účtu: 10006-98330621/0100
Odpovědný řešitel: doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Ve spolupráci s: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. (TZÚS)

Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 – Prosek
Zapsáno v obchodním rejstříku vedeného Městským soudem v Praze,
oddíl A LX, vložka 711
IČ : 00015679 DIČ: CZ00015679
Odpovědný zástupce objednatele:
Ing. Miroslav Procházka, ředitel pobočky Brno (TZÚS – 06)
Zástupce ve věcech technických: Ing. Pavel Juránek, Ph.D.

Datum provádění testů: 16. 5. 2016

Datum vydání zprávy: 11. 7. 2016

Odpovědný řešitel:	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Spoluřešitelé zakázky:	Ing. Petr Daněk, Ph.D. Ing. Iva Rozsypalová Ing. Josef Holomek

Odborný dohled testů TZÚS:	Ing. Pavel Juránek, Ph.D.
----------------------------	---------------------------

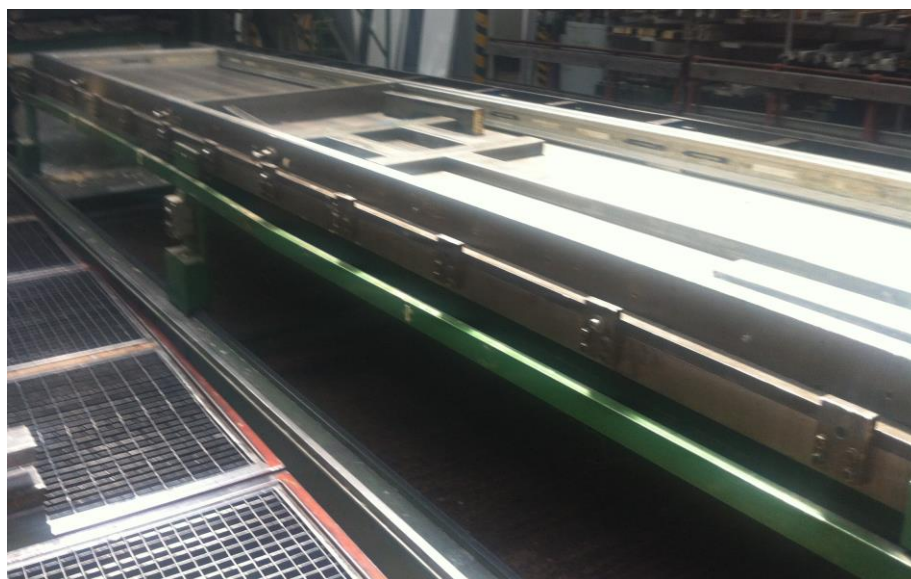
Základní údaje

Testované vzorky

Testovaný sendvičový panel se skládá ze sádrovláknité desky fermacell, vnější desky fermacell Powerpanel H₂O, oba typy s materiálovými charakteristikami dle katalogu výrobce k červnu 2016 (fermacell, Požární a akustický katalog, Konstrukce stěn, stropů a podlah; vybrané charakteristiky jsou v Tab. 1), a polyuretanové pěny. Polyuretanová pěna vyrobená reakcí izokyanátů, polyolů, aminů a vody. Testované vzorky byly vyrobeny pomocí tlakového lití, neboli vypěňování do forem. Tento způsob se uplatňuje především při sériové výrobě izolačních prvků, u kterých se požaduje přesný rozměr a vysoká kvalita povrchu spolu s dobrými mechanickými vlastnostmi. K výrobě bylo použito nadouvadlo na bázi CO₂. Do uzavřené formy bylo nadávkováno přesně stanovené množství systému PUR. Celková doba vypěnění a vyzrání PUR pěny ve formě byla určena reaktivitou použitého systému. Použitá pěna splňuje materiálové charakteristiky dle protokolu o zkoušce č. A 020-032739 vydaného dne 26. 5. 2015 v Českých Budějovicích Technickým a zkušebním ústavem stavebním Praha, s.p.

Materiálová charakteristika (charakteristická hodnota)	Jednotky	Fermacell (pro tloušťku 10 mm)	Fermacell Powerpanel H ₂ O (pro tloušťku 15 mm)
Modul pružnosti v ohybu $E_{m, mean}$	MPa	3800	5500
Modul pružnosti v tlaku $E_{c, mean}$	MPa	3800	6500
Pevnost v ohybu $f_{m,k}$	MPa	4,3	6,0
Pevnost v tahu $f_{t,k}$	MPa	2,5	0,2
Pevnost v tlaku $f_{t,k}$	MPa	8,5	11,7

Tab. 1 Vybrané materiálové charakteristiky sádrovláknité desky fermacell a desky fermacell Powerpanel H₂O.



Obr. 1 Forma pro výrobu panelů vypěňováním.

Tloušťka vnitřní desky fermacell je 10,0 mm, tloušťka vnější desky fermacell Powerpanel H₂O je 12,5 mm. Celková tloušťka panel je 175 mm, výška 2600 mm a šířka 1250 mm.

V rámci zakázky jsou testovány 2 vzorky sendvičových panelů. 1 vzorek je dle popisu bez výztuh a 1 s ocelovou výztuhou. Ocelová výztuha je vytvořena z obdélníkové trubky (80 x 40 x 3 mm), která přiléhá k vnitřní desce fermacell po celé výšce panelu.

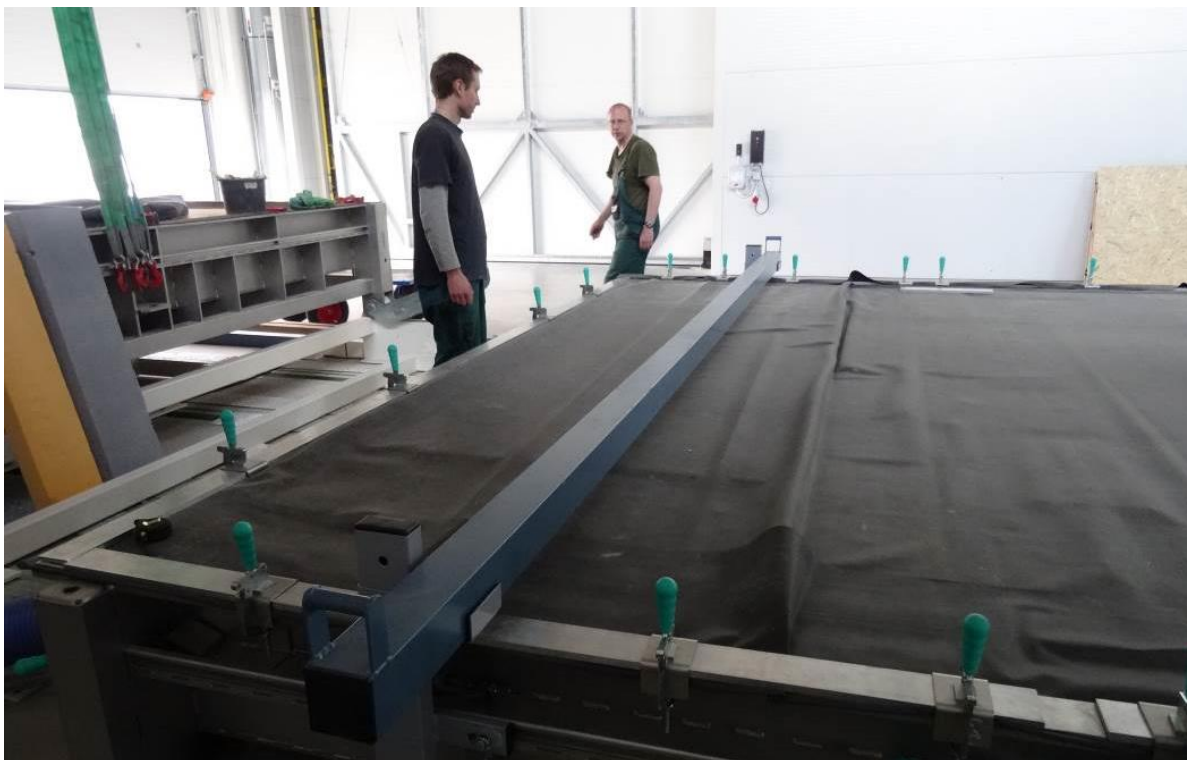
Okrajové podmínky

Panel je horizontálně uložen dovnitř vzduchotěsné nerezové komory o vnitřních rozměrech 6,18 x 4,18 x 0,44 m. Volný prostor komory je vyplněn polystyrénem (Obr. 4). Vzorek je z horního líce překryt fólií a následně připevněn a utěsněn k okrajovým hranám komory (Obr. 2). Ze strany dolního líce vzorku je odsáván vzduch pomocí výkonné vývěvy, čím je simulováno sání větru.

Panely jsou uloženy kloubové lineárně po dvou kratších stranách. Kloub je realizován pomocí ocelové kulatiny vložené mezi dvě pásoviny (Obr. 43).



Obr. 2 Sendvičový panel připravený k testu celoplošným zatěžováním



Obr. 3 Překrytí testované vzorku gumovou fólií



Obr. 4 Detail uložení zkušební vzorku.

Zkušební postup

Zkouška je realizována v souladu s metodikami v normách ČSN EN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí. Společná ustanovení a ČSN EN 14509 ed. 2 (747725) Samonosné izolační sendvičové panely s povrchovými plechy - Průmyslově vyráběné výrobky.

Zatížení je vnášeno rovnoměrně rychlostí $0,35 \text{ kN/m}^2/\text{min}$ v případě zkoušení vzorku bez výztuhy. Vzorek s ocelovou výztuhou byl zatěžován rychlostí $7 \text{ kN/m}^2/\text{min}$ do zatížení 14 kN/m^2 , poté byla rychlost nárůstu zatížení snížena na $0,35 \text{ kN/m}^2/\text{min}$ až do porušení.

V průběhu testu jsou měřeny vertikální deformace 2 snímači v polovině vzorku (snímače umístěny po šířce vzorku, cca 30 mm od osy) a ve čtvrtině rozpětí vzorku (v cca polovině šířky). Dále byly ověřovány deformace podpor, o tyto hodnoty byly následně opraveny průhyby panelů při zatěžování (Obr. 5). Celkem byly průhyby měřeny na šesti místech panelu.



Obr. 5 Detail osazení snímačů pro měření vertikálních deformací v průběhu testu.

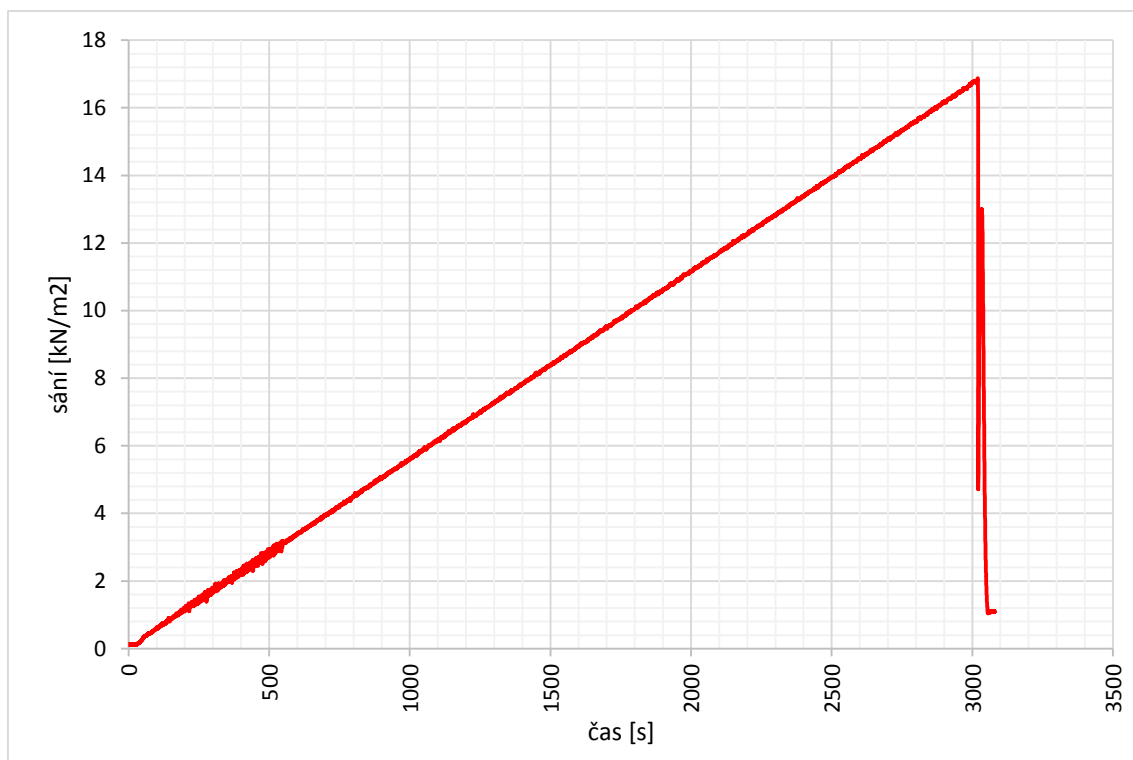
Výsledky testu

Vzorek 1

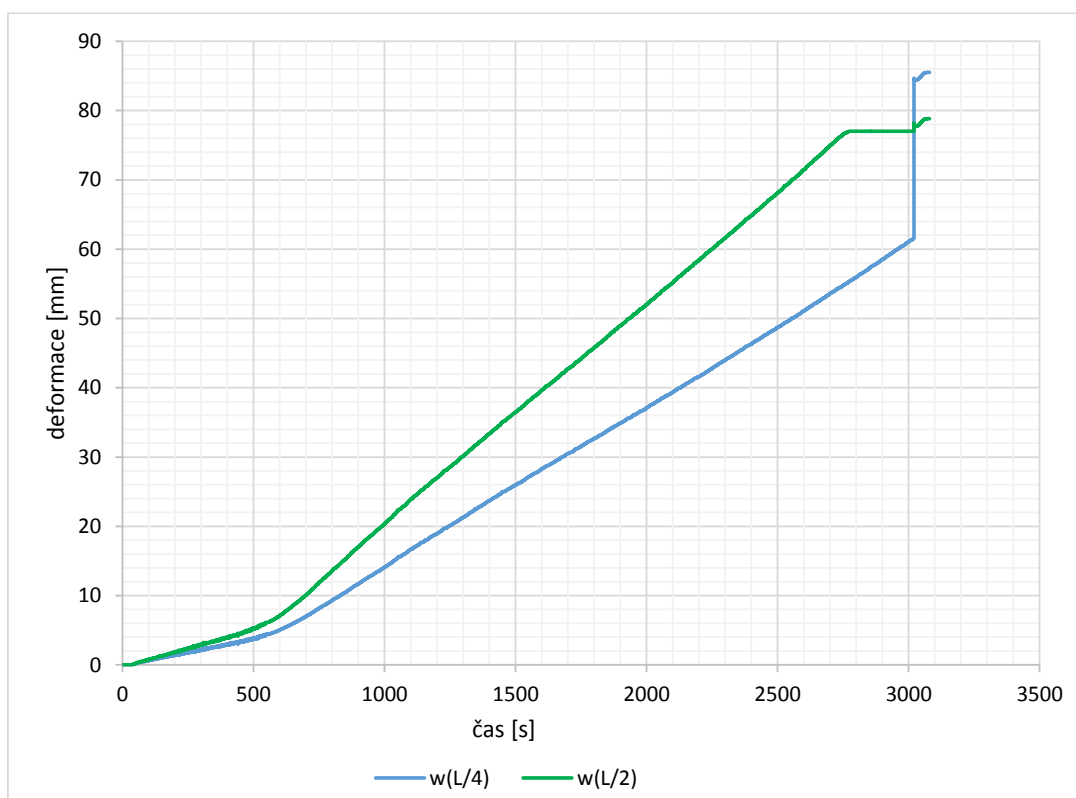
Porušení vzorku nastalo ohybem uprostřed rozpětí křehkým lomem celé desky. Maximální zatížení bylo 16,88 kN/m². Průhyb přesahoval rozsah měřicího zařízení, maximální naměřená hodnota činila 77 mm. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 2 a graficky na Obr. 6 – Obr. 9.

Plošné zatěžování - vzorek V1 - panel bez výztuh		
sání [kN/m ²]	w(L/4) [mm]	w(L/2) [mm]
0,00	0,00	0,00
1,00	1,18	1,53
2,00	2,53	3,36
3,00	4,26	5,98
4,00	7,31	10,56
5,00	11,48	16,70
6,00	15,79	22,70
7,00	20,18	28,66
8,00	24,41	34,33
9,00	28,47	39,90
10,00	32,37	45,37
11,00	36,40	51,07
12,00	40,44	56,72
13,00	44,65	62,52
14,00	48,92	68,45
15,00	53,23	74,45
16,00	57,72	77,00
16,88	61,67	77,00

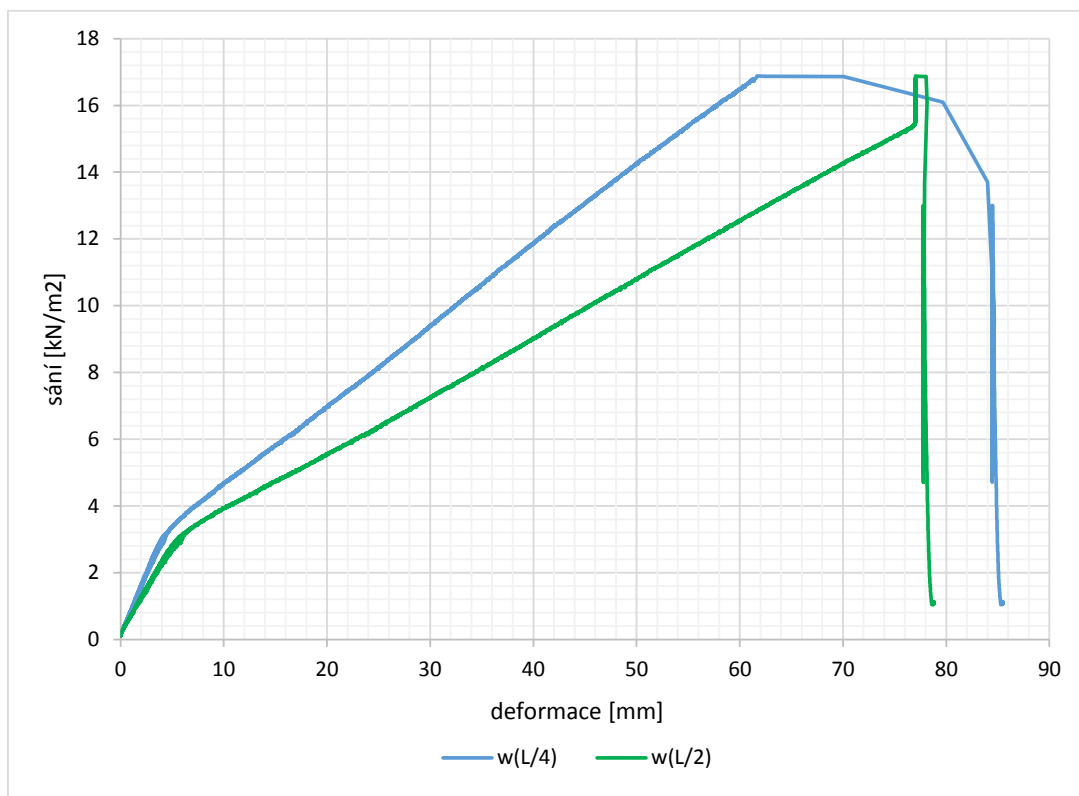
Tab. 2 Výsledné hodnoty průhybů vzorku 1 v závislosti na aplikovaném sání.



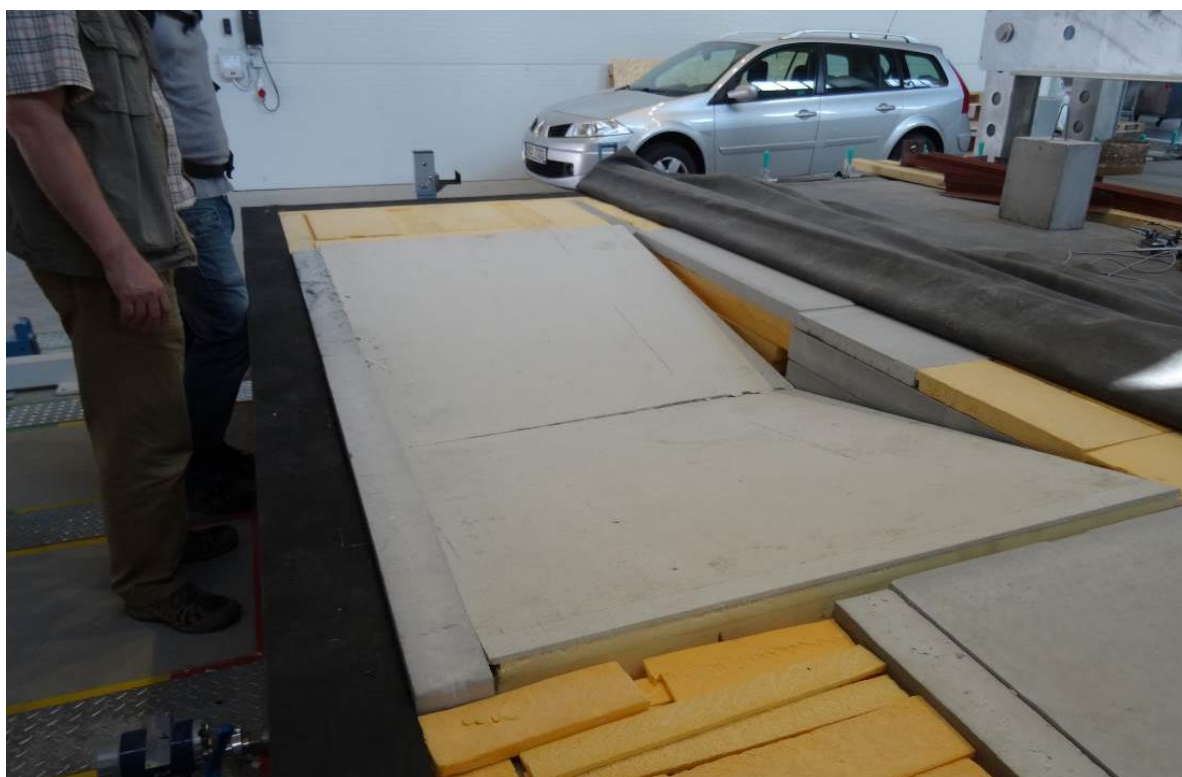
Obr. 6 Graf sání vzorku 1 v závislosti na čase.



Obr. 7 Graf deformací v polovině a čtvrtině rozpětí vzorku 1 v závislosti na čase (v čase 2750 s bylo dosaženo aktuálního limitního rozsahu úchylkoměru uprostřed rozpětí).



Obr. 8 Graf závislosti sání vzorku 1 na deformacích v polovině a čtvrtině rozpětí (při průhybu uprostřed desky 62 mm bylo dosaženo aktuálního limitního rozsahu úchylkoměru).



Obr. 9 Vzorek 1 poškozený celoplošným zatěžováním.



Obr. 8 Vzorek 1 poškozený celoplošným zatěžováním – rozlomen uprostřed rozpětí.



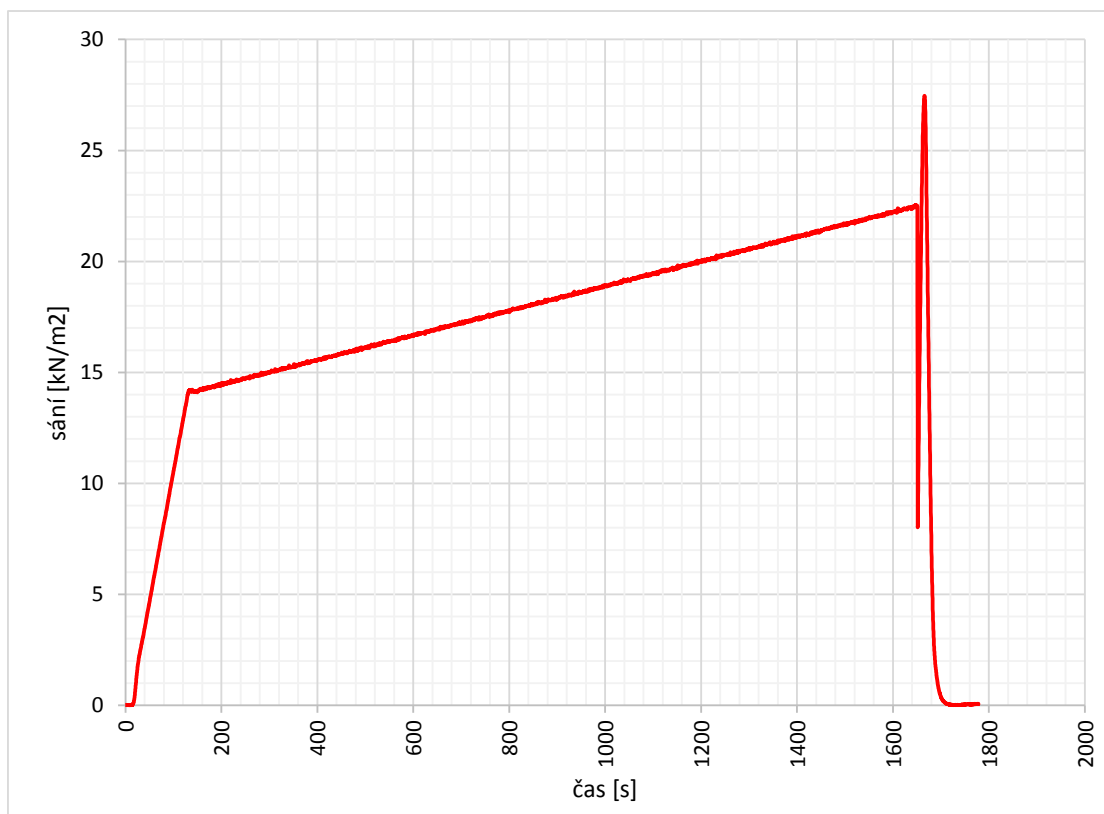
Obr. 9 Vzorek 1 poškozený celoplošným zatěžováním – detail plochy poškození.

Vzorek 2

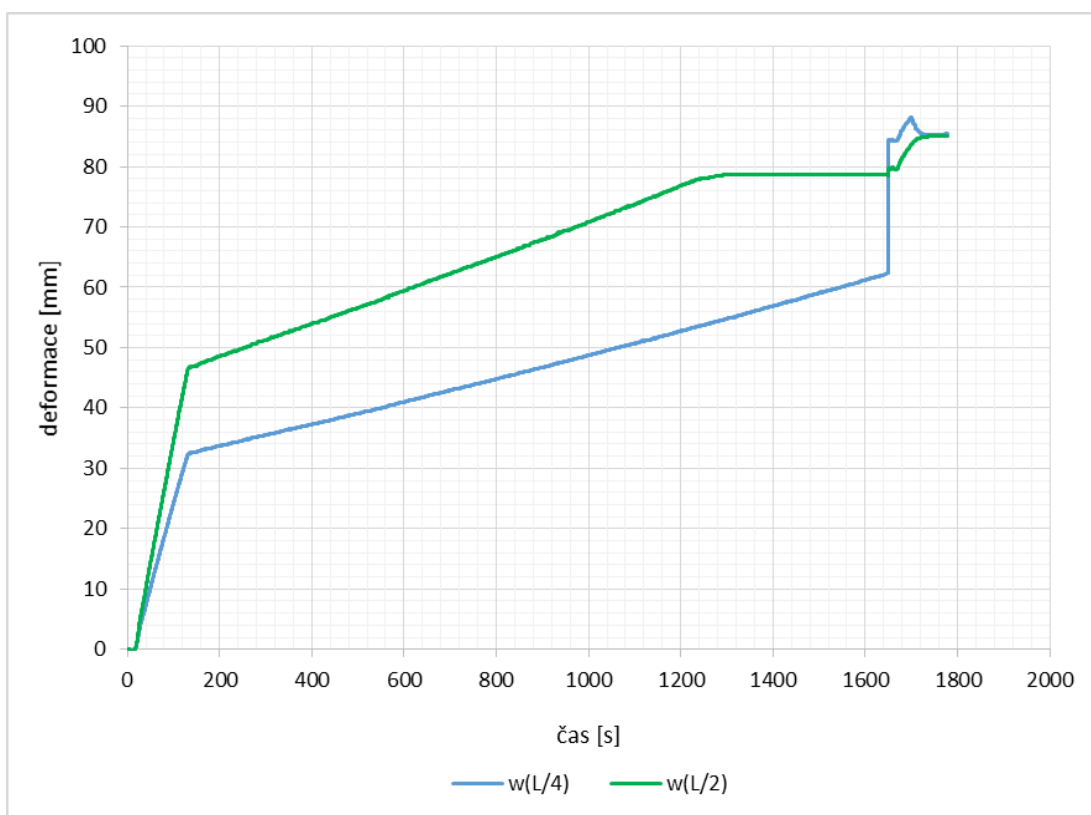
Porušení vzorku nastalo ohybem uprostřed rozpětí křehkým lomem celé desky. Maximální zatížení bylo 22,55 kN/m². Průhyb přesahoval rozsah měřicího zařízení, maximální naměřená hodnota činila 79 mm. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 3 a graficky na Obr. 10 – Obr. 16.

Plošné zatěžování - vzorek V2 - panel s ocelovou výztuhou		
sání [kN/m ²]	w(L/4) [mm]	w(L/2) [mm]
0,00	0,00	0,00
1,00	1,44	1,69
2,00	3,61	4,73
3,00	6,11	8,28
4,00	8,64	11,99
5,00	11,08	15,46
6,00	13,45	18,89
7,00	15,82	22,33
8,00	18,20	25,76
9,00	20,66	29,31
10,00	22,97	32,67
11,00	25,29	36,05
12,00	27,56	39,37
13,00	29,78	42,66
14,00	31,98	45,92
15,00	35,41	51,10
16,00	38,65	55,97
17,00	42,08	61,05
18,00	45,46	66,02
19,00	49,03	71,27
20,00	52,65	76,65
21,00	56,32	78,63
22,00	60,18	78,63
22,55	62,33	78,63

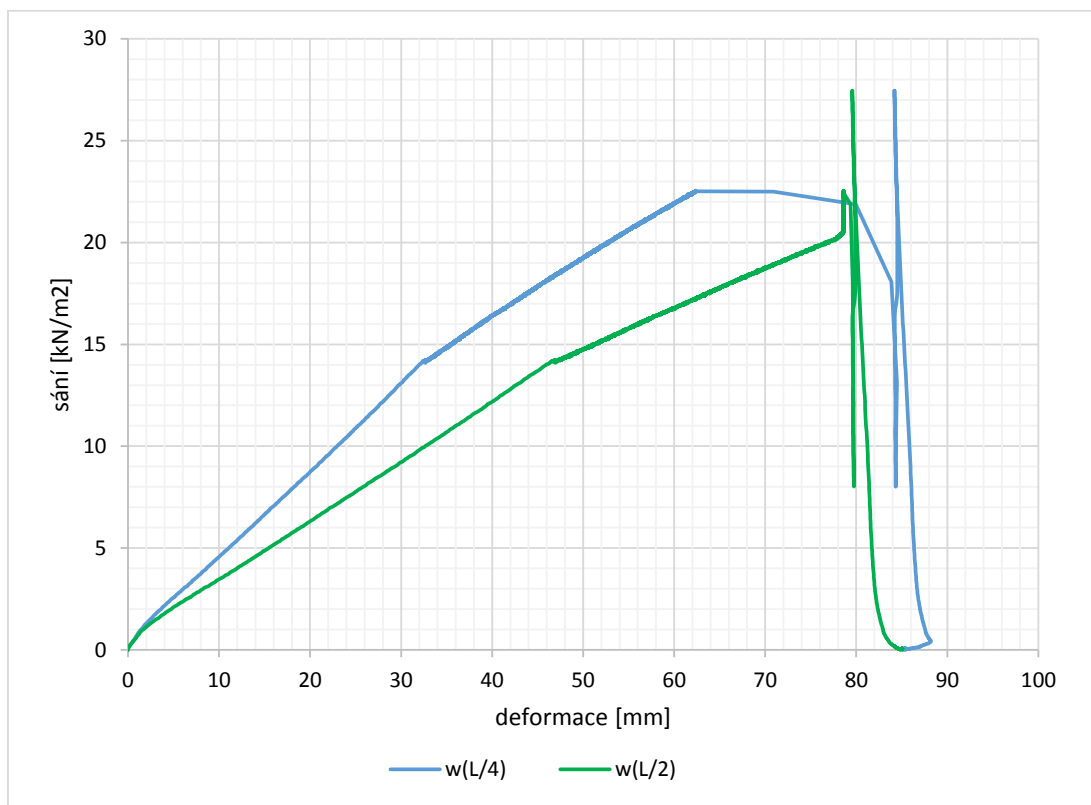
Tab. 3 Výsledné hodnoty průhybů vzorku 2 v závislosti na aplikovaném sání.



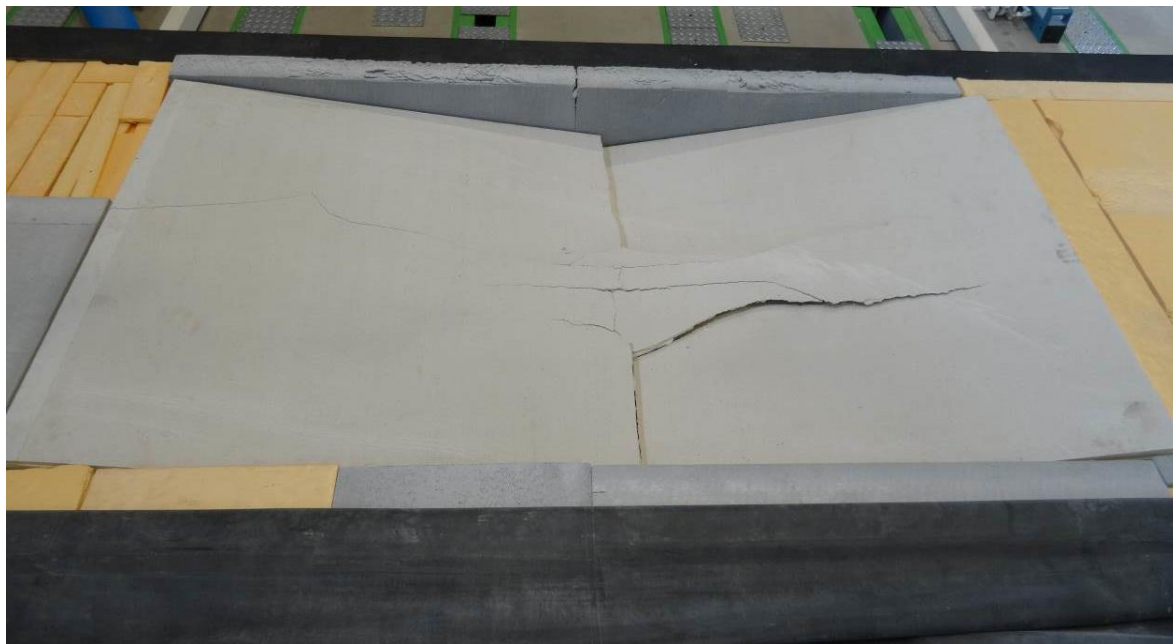
Obr. 10 Graf sání vzorku 2 v závislosti na čase.



Obr. 11 Graf deformací v polovině a čtvrtině rozpětí vzorku 2 v závislosti na čase (v čase 1280 s bylo dosaženo aktuálního limitního rozsahu úchylkoměru uprostřed rozpětí).



Obr. 12 Graf závislosti sání vzorku 2 na deformacích v polovině a čtvrtině rozpětí (při průhybu uprostřed desky 62 mm bylo dosaženo aktuálního limitního rozsahu úchylkoměru).



Obr. 13 Vzorek 2 (s ocelovou výztuhou) poškozený celoplošným zatěžováním – pohled shora.



Obr. 14 Vzorek 2 (s ocelovou výztuhou) poškozený celoplošným zatěžováním – detail (shora).

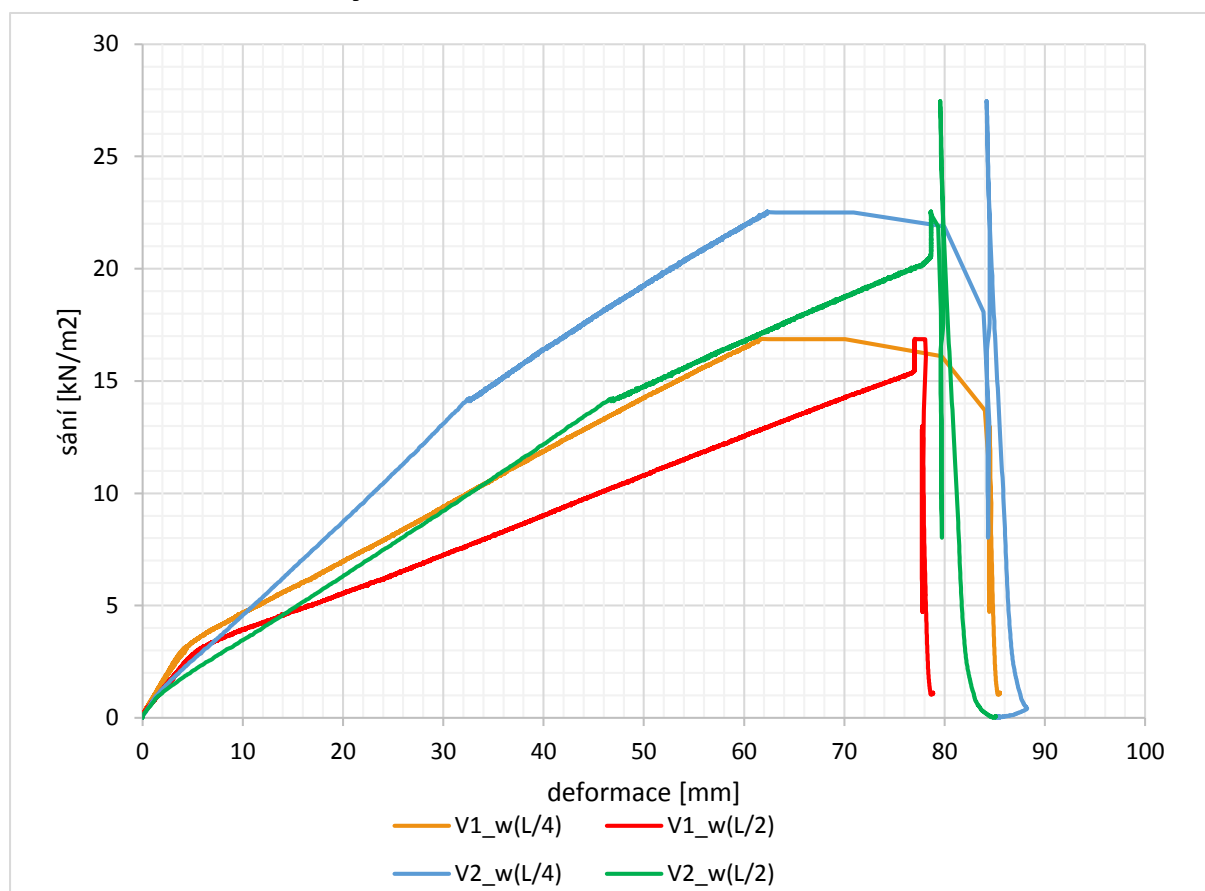


Obr. 15 Vzorek 2 poškozený celoplošným zatěžováním – detail poškození.



Obr. 16 Vzorek 2 poškozený celoplošným zatěžováním – detail plochy poškození v polovině rozpětí.

Grafické srovnání výsledků vzorků 1 a 2



Obr. 17 Grafické porovnání výsledků zkoušek celoplošného zatěžování - závislost sání na deformacích.