



Technická zpráva

Statická a dynamická zatěžovací zkouška železničního mostu pod Vyšehradem

Vyhodnocení měření radarovou interferometrií

Prosinec 2020

1 ZADÁNÍ

Měření svislých deformací konstrukce radarovou interferometrií probíhalo v rámci akce: „Rekonstrukce železničních mostů pod Vyšehradem.“ Objednatel je ČVUT v Praze, fakulta stavební, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí. V rámci programu ověřovacích statických a dynamických zatěžovacích zkoušek bylo prováděno bezkontaktní měření svislých deformací v příčném směru konstrukce, přibližně v polovině rozpětí prvního pole.

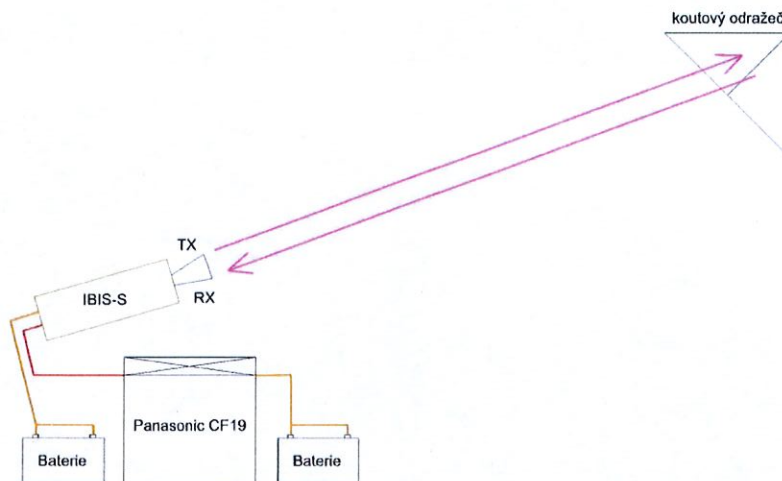


2 RADAROVÁ INTERFEROMETRIE

Následující tabulka shrnuje základní vlastnosti použitého interferometrického radaru IBIS-S od fy. IDS. Radar má pevně danou radiální rozlišovací schopnost 0,75m. Přesnost měření a vyhodnocení je potom závislá na dané lokalitě a předmětu měření.

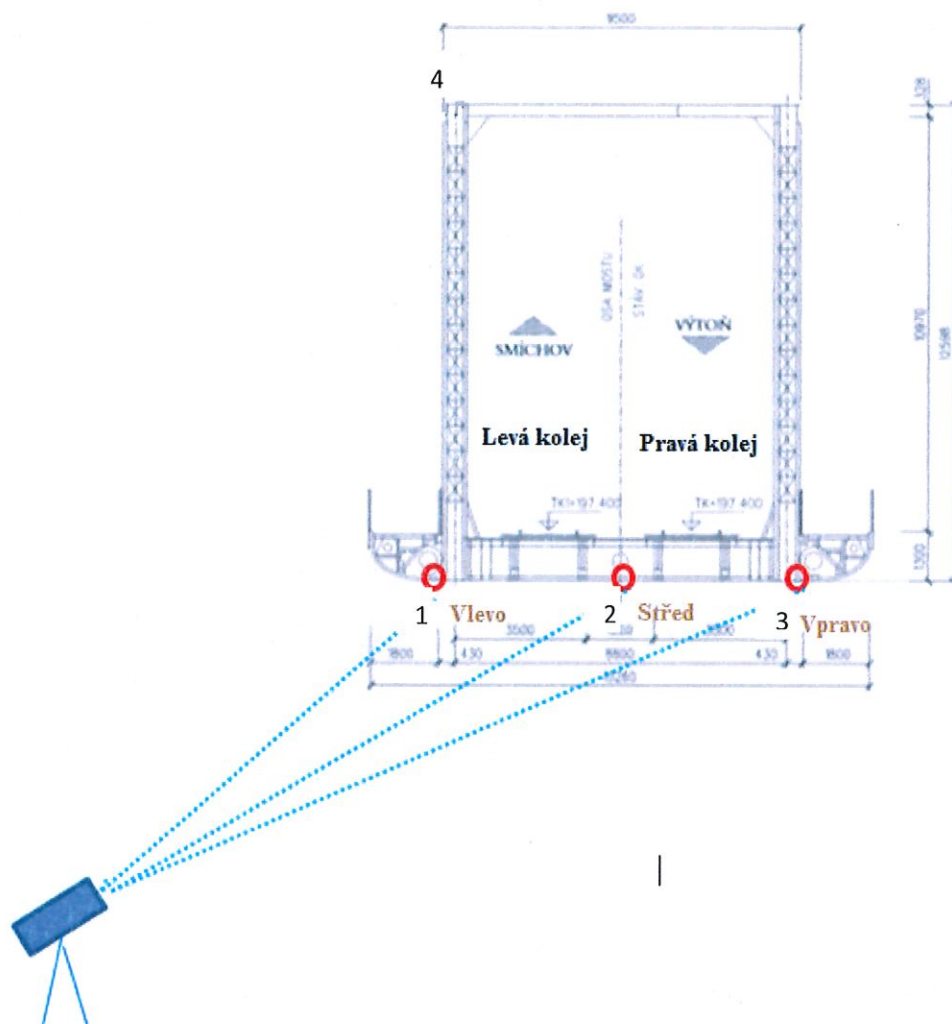
Střední frekvence	16,75 Ghz
Polarizace	VV
Tlumení antény	18 dB
Rozlišovací buňka	0,75 m
vzdálenost měření	až 1000 m (při měření 100 m)
frekvence záznamu	až 200 Hz (při měření 100 Hz)
Přesnost (směrodatná odchylka)	0,01 mm (při měření 0,10 mm)

Interferometrický radar IBIS-S je napájen z baterie. Ovládací notebook Panasonic CF-19 je napájen také baterií. Radar a notebook jsou propojeny datovým kabelem. Radar vysílá mikrovlnné záření anténou TX a přijímá odražený signál anténou RX. V případě dostupnosti lze radar připojit na síť AC.



3 SCHÉMA A PŘÍPRAVA MĚŘENÍ RADAROVOU INTERFEROMETRIÍ

Dle programu statické zatěžovací zkoušky sledovány 4 body v příčném řezu 1. mostního pole – viz obr. 1.



obr. 1: Schéma měření radarovou interferometrií s označením měřených bodů.

Sledované body na spodní části konstrukce osazeny kovovými koutovými odražeči pro zvýšení odrazivosti a přesnosti měření svislých posunů – viz tabulka 1.

tab. 1: Označení a přesnost posunů sledovaných bodů

Bod	Radiální spádová oblast	Projekční faktor	přesnost radiálního posunu [mm]	Přesnost svislého posunu [mm]	Popis
VLEVO	13	1,47	0,0024	0,04	levý nosník
STŘED	18	2,08	0,0056	0,12	osa
VPRAVO	22	2,57	0,0068	0,17	pravý nosník

V programu statické zkoušky bylo plánováno celkem šest zatěžovacích stavů – tři symetrické (1x 363 v každé koleji) a tři nesymetrické (2x 363 v jedné koleji) – viz tabulka 2.

tab. 2: Souhrn zatěžovacích stavů.

číslo záznamu	kolej	směr jízdy	T start [přibližně]	ZS
1	1+2		01:00:00	SZS1
2	1+2			SZS2
3	1+2			SZS3
4	2	Smíchov	02:00:00	SZS4
5	2	Smíchov		SZS5
6	2	Smíchov		SZS6

V každé zkoušce jsou vyhodnocovány svislé posuny pozorovaných bodů od stavu při startu měření. Radarovou interferometrií byly vyhodnocovány zatěžovací stavy SZS1 a SZS4, které se týkali prvního mostního pole. Tedy jeden symetrický a jeden nesymetrický stav.

4 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ STATICKÉ ZKOUŠKY

Statická zkouška byla vyhodnocována dle jednotlivých zatěžovacích stavů. Prvotní analýza proběhla v softwaru IBIS Data Viewer v. 15. Tento software umožňuje přepočítání na svislé posuny pouze pro body v jedné linii, proto byla posuny exportovány v měřené formě ve směru záměry radaru. K přepočtu na svislé posuny a k tvorbě grafických výstupů byl užit skriptovací software Octave, v. 4.2.

Pro každý statický zatěžovací stav je zde uvedena shrnující tabulka s posuny bodů v klíčových okamžicích zkoušky. Grafické znázornění posunů v čase a změna tvaru příčného řezu konstrukci při zatížení.

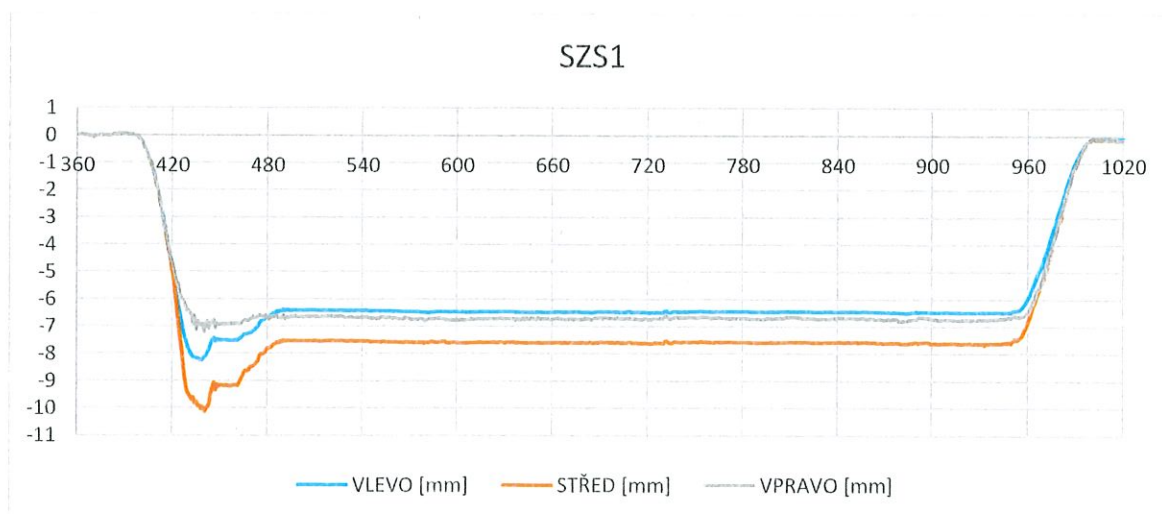
4.1 SZS1

Svislé posuny sledovaných bodů při asymetrickém zatížení v koleji 1 v klíčových stavech zkoušky jsou shrnuty v tabulce 3.

tab. 3: Souhrn posunů při SZS1.

čas [s]	Průhyb [mm]			poznámka
	VLEVO	STŘED	VPRAVO	
0	0,00	0,00	0,00	před zatížením
480	-6,64	-7,79	-6,69	po zatížení
930	-6,47	-7,62	-6,73	před odtižením
1020	-0,10	-0,16	-0,15	po odtižení
1050	-0,10	-0,16	-0,15	po uklidnění

Na obr. 2 jsou pak znázorněny posuny sledovaných bodů v závislosti na čase.



obr. 2: Posuny bodů při SZS1

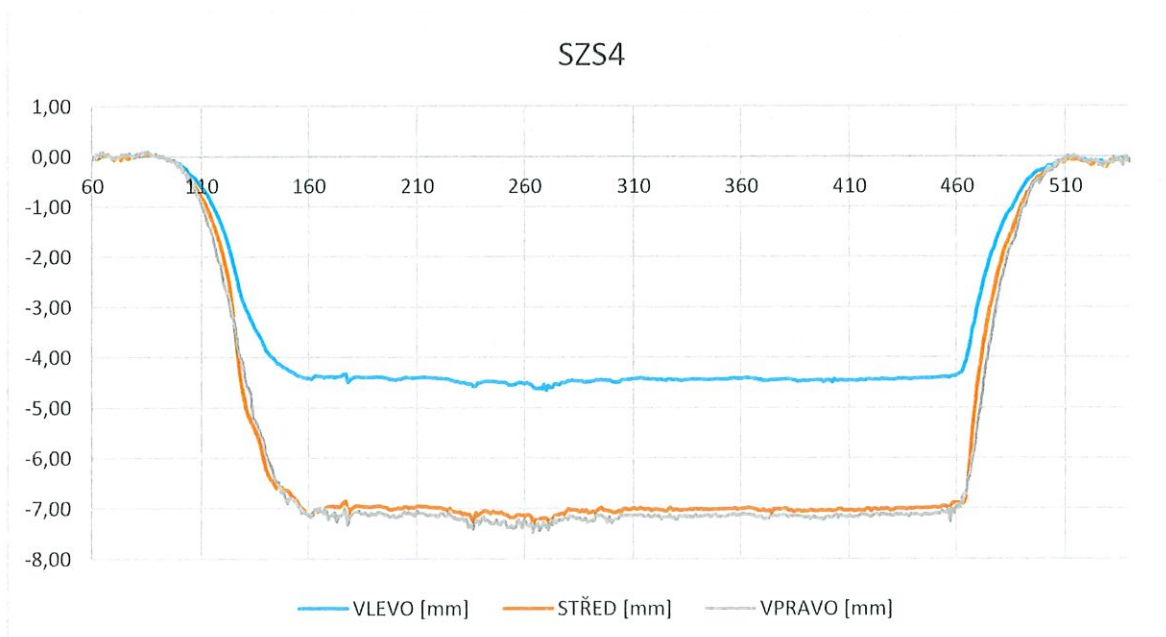
4.2 SZS4

Svislé posuny sledovaných bodů při asymetrickém zatížení v koleji 2 v klíčových stavech zkoušky jsou shrnuty v tabulce 4.

tab. 4: Souhrn posunů při SZS1.

čas [s]	Průhyb [mm]			poznámka
	Levý nosník	Osa	Pravý nosník	
0	0,00	0,00	0,00	před zatížením
180	-4,42	-7,00	-7,11	po zatížení
450	-4,41	-6,98	-7,10	před odtížením
510	-0,07	-0,07	-0,03	po odtížení
600	-0,12	-0,07	-0,10	po uklidnění

Na obr. 4 jsou pak znázorněny posuny sledovaných bodů v závislosti na čase. A na obr. 5 je znázorněna změna tvaru příčného řezu při zatížení.



obr. 3: Posuny bodů při SZS1.

5 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK

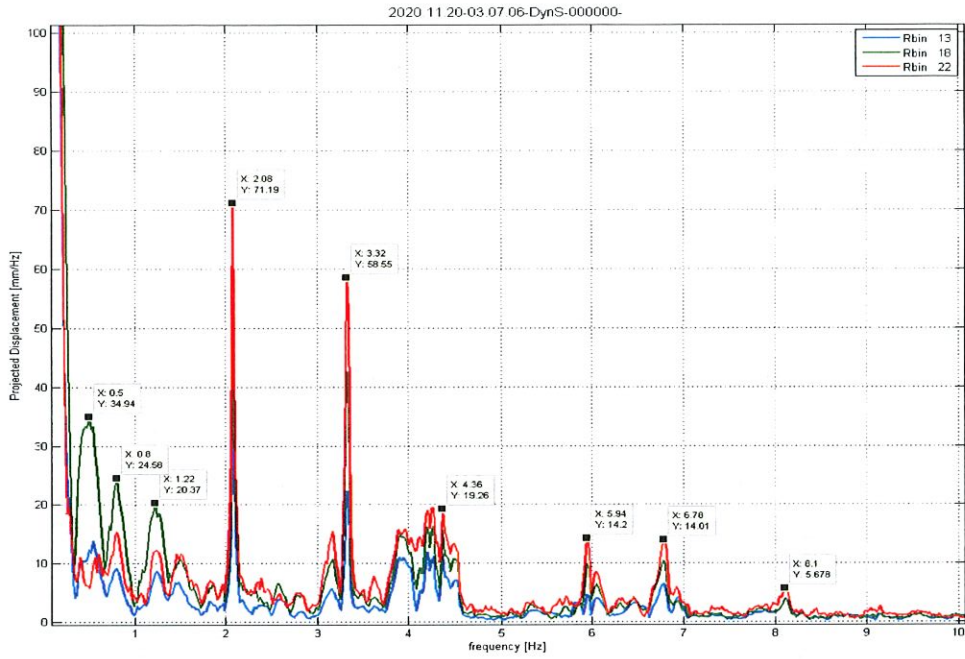
Data byl opět po částech dle jednotlivých zatěžovacích stavů předzpracována v softwaru IBIS Data Viewer, z něžž byly exportovány radiální posuny bodů na frekvenci 100 Hz. Další zpracování včetně frekvenční analýzy probíhalo v skriptovacím softwaru Octave.

K frekvenční analýze bylo užito diskrétní rychlé furierovy transformace na okno o délce 48 sekund (4800 záznamů). Ve frekvenční grafu po provedené zkoušce pak byly detekovány výrazné peaky pro určení vlastních frekvencí.

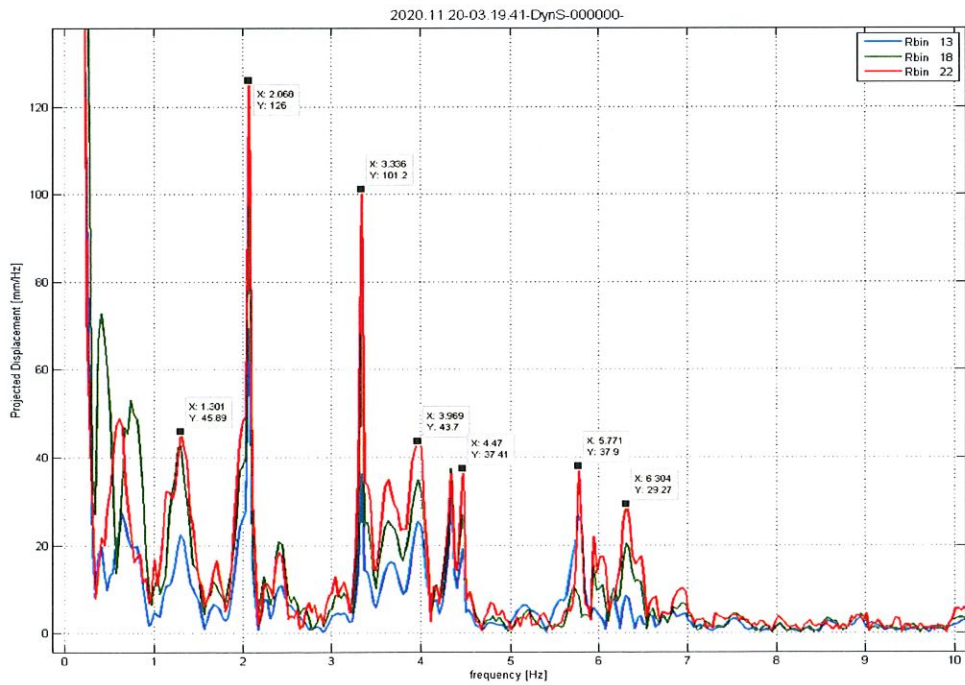
V této zprávě je prezentována tabulka shrnující detekované vlastní frekvence konstrukce během jednotlivých zatěžovacích stavů (tab. 5), a následně jednotlivé grafy vlastních frekvencí při vybraných zatěžovacích stavech. Ve stavech 1,2,5, a 6 byl pohyb souprav tak pomalý že nebyly detekovány vyvolané frekvence, jen frekvence přejezdu.

tab. 5: Vlastní frekvence z jednotlivých zatěžovacích stavů. (šedě hodnoty jsou na hranici šumu)

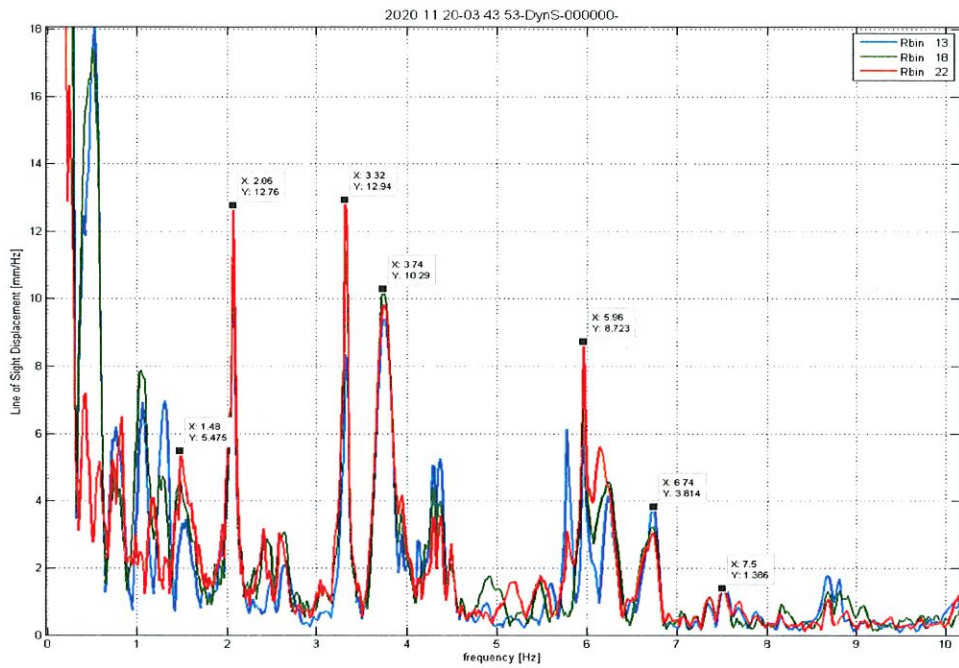
zatěžovací stav	Detekované vlastní frekvence kmitání [Hz]				
DZS1					
DZS2					
DZS3	2,08	3,32	4,36	5,94	6,78
DZS4	2,07	3,34	4,47	5,77	6,3
DZS5					
DZS6					
DZS7	2,06	3,32		5,96	6,74
DZS8	2,08	3,34	4,34	5,96	6,82
výsledné	2,07	3,33	4,35	5,96	6,75



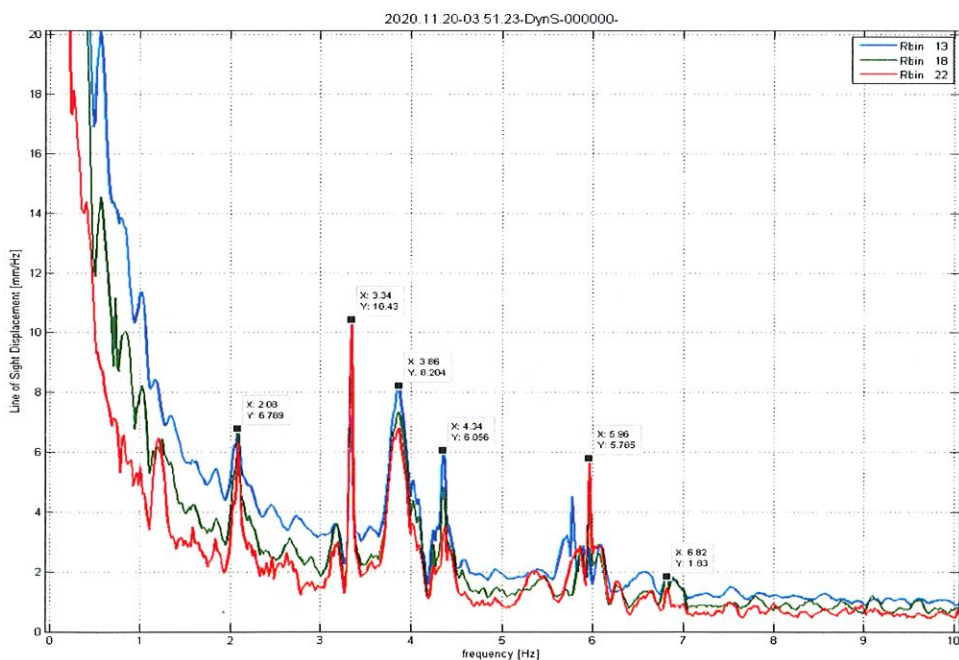
obr.4: Určení vlastních frekvencí z frekvenční analýzy pohybů bodů při DZS 3.



obr.5: Určení vlastních frekvencí z frekvenční analýzy pohybů bodů při DZS 4.

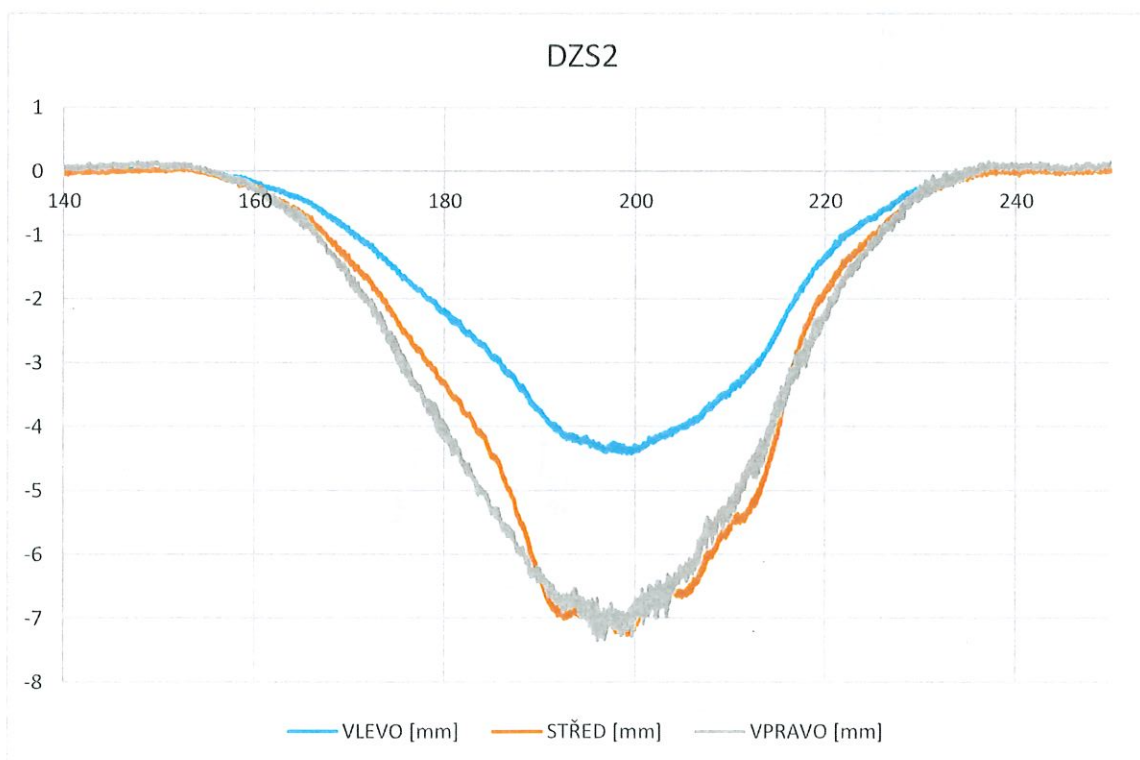
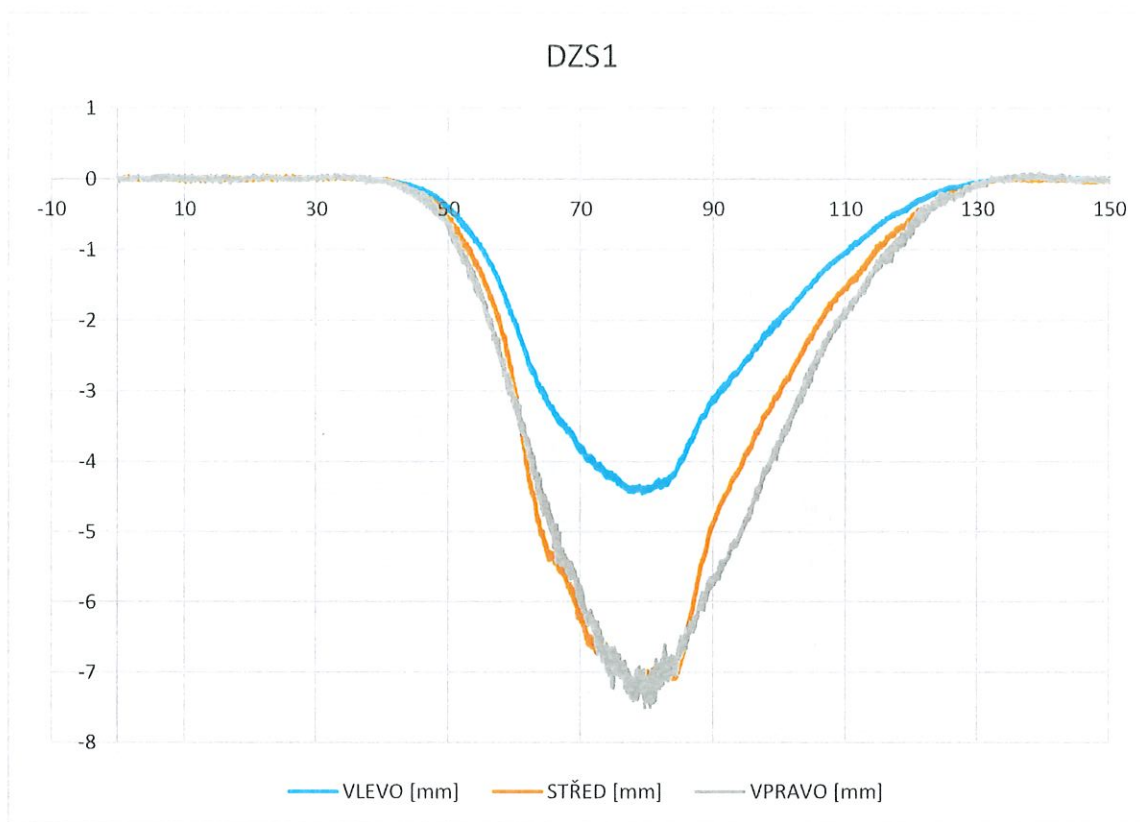


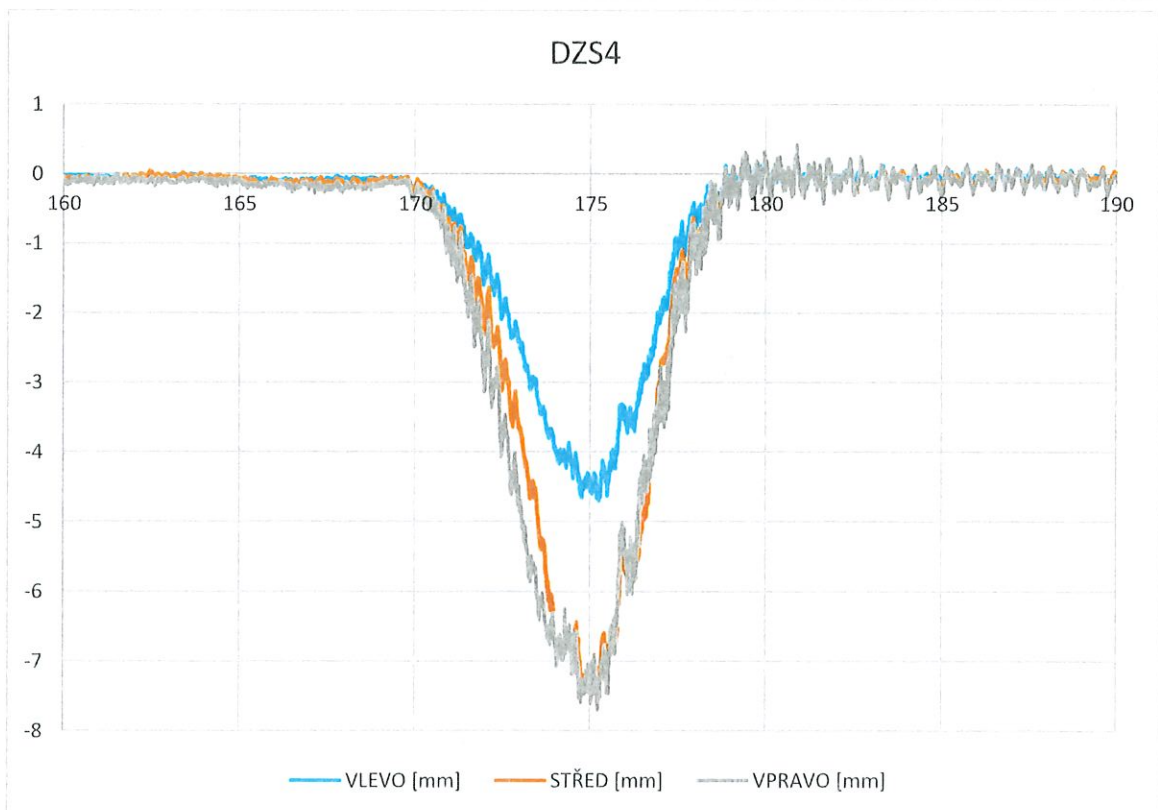
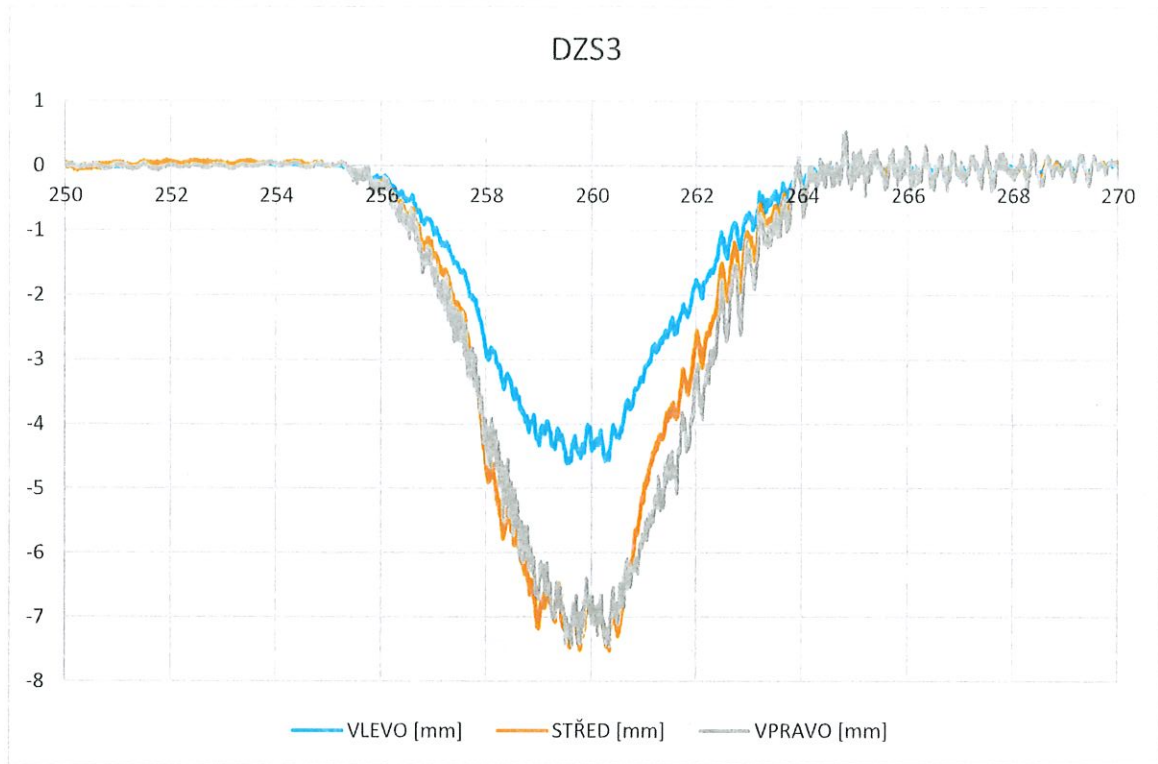
obr.6: Určení vlastních frekvencí z frekvenční analýzy pohybů bodů při DZS 7.



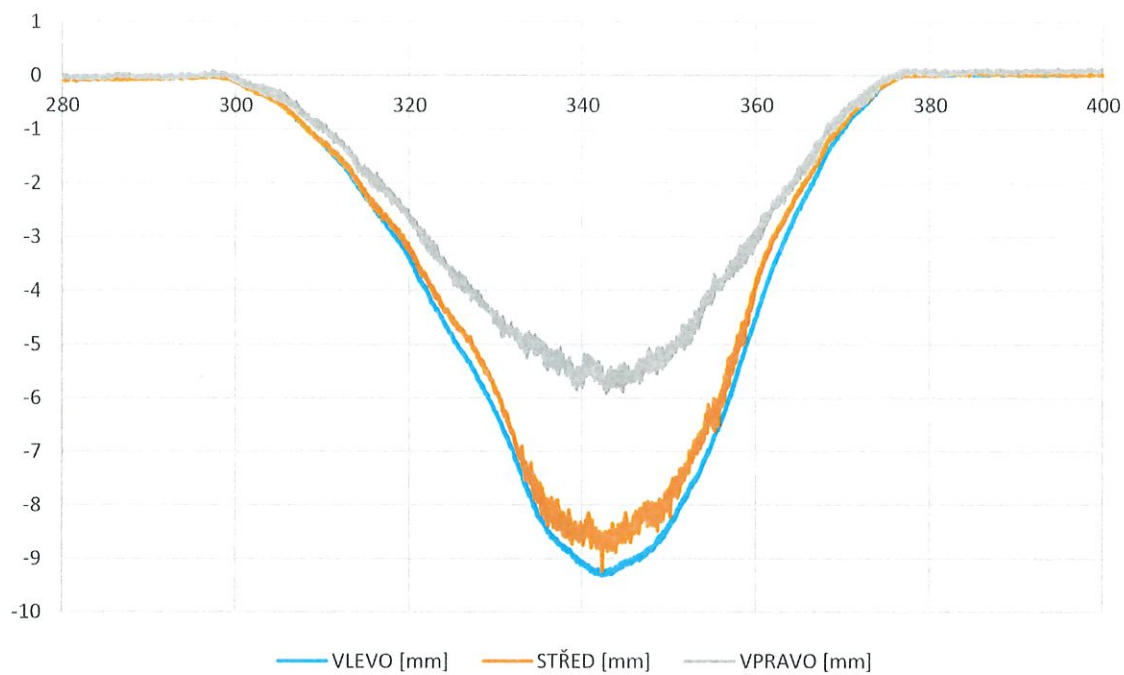
obr.7: Určení vlastních frekvencí z frekvenční analýzy pohybů bodů při DZS 8.

5.2. Grafy svislé deformace během DZS

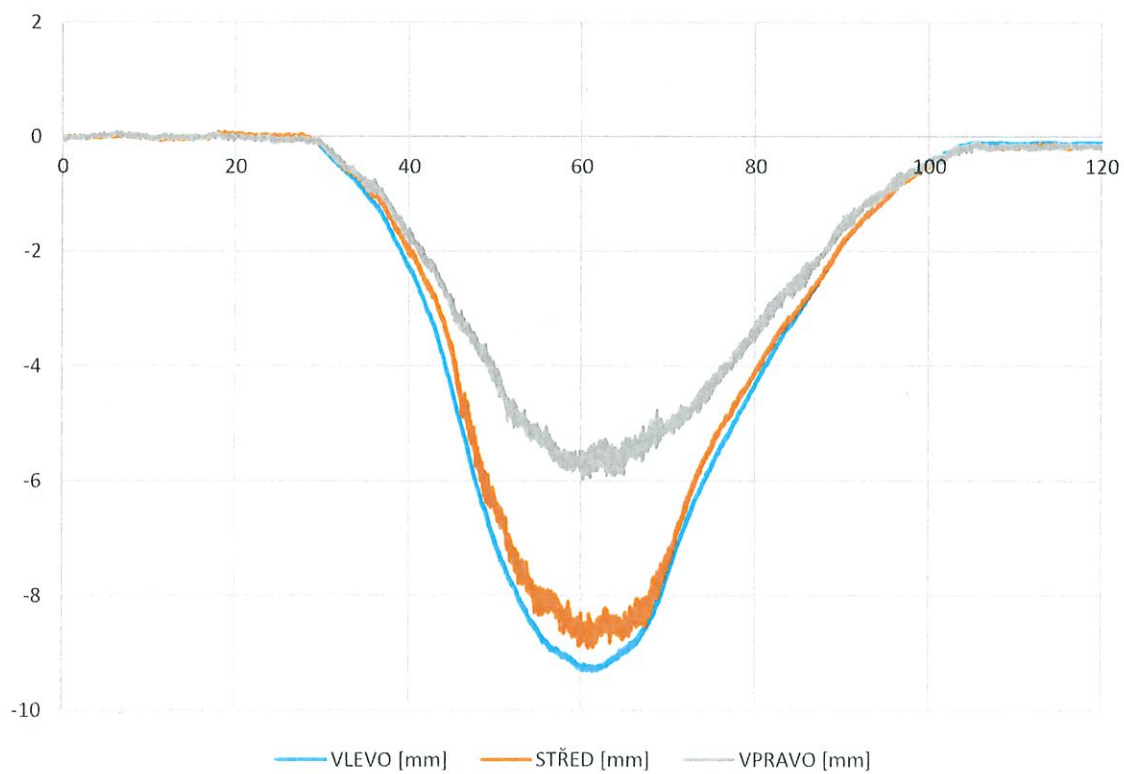




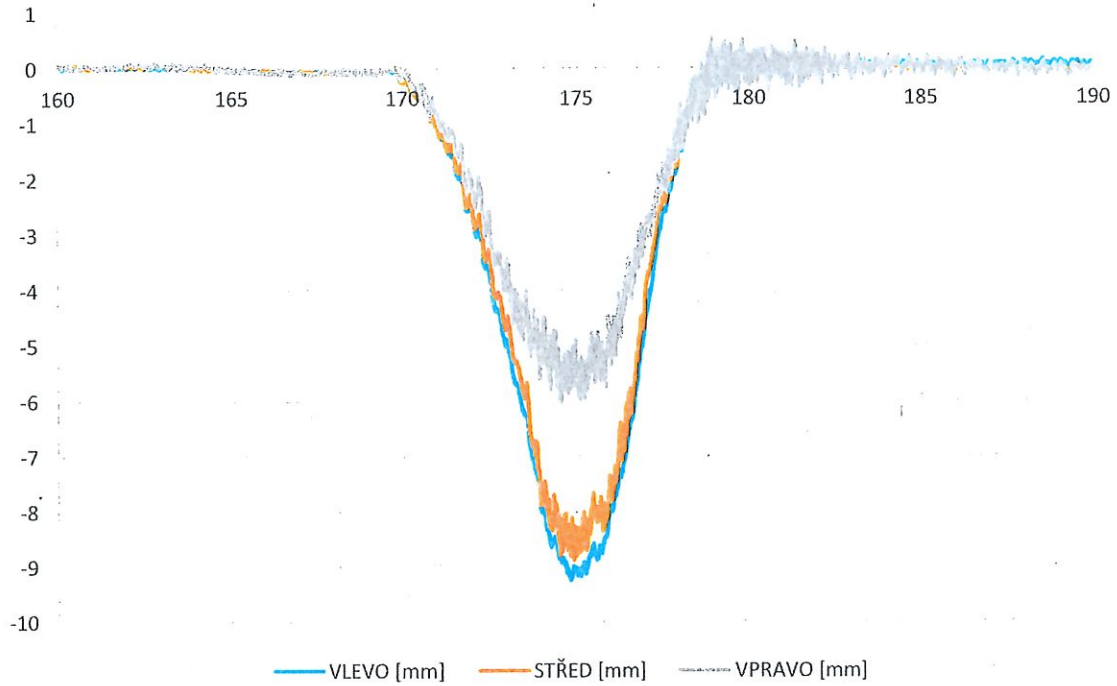
DZS5



DZS6



DZS7



DZS8

