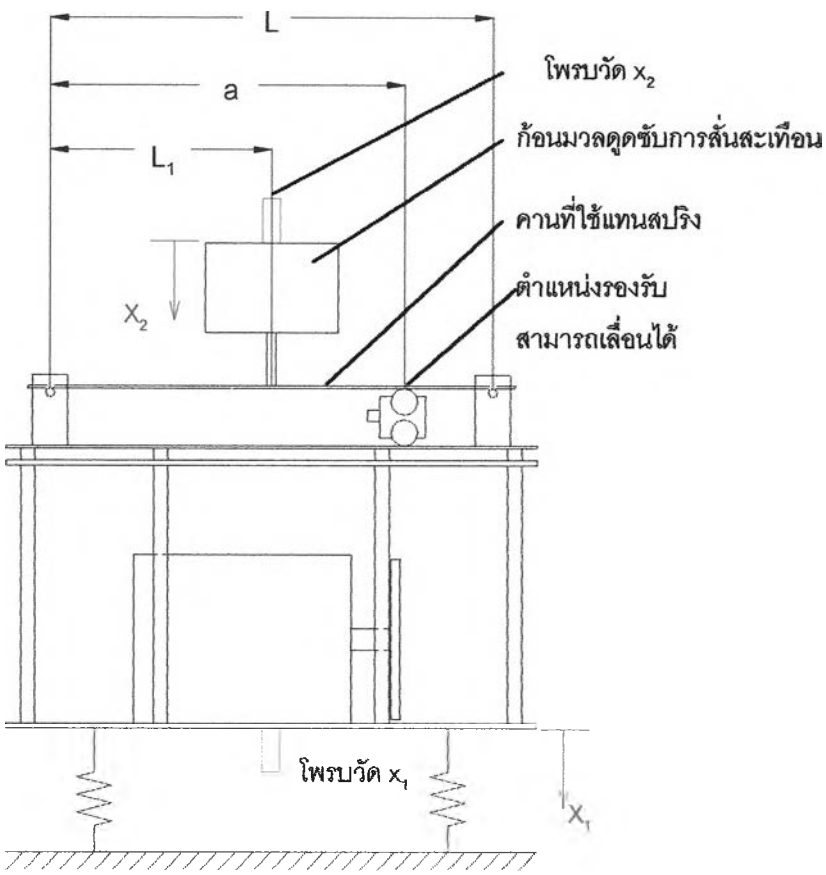
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

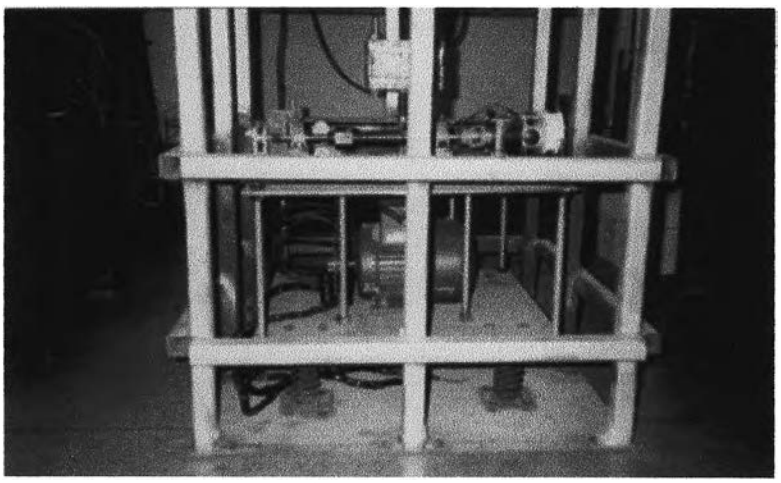
บทที่ 7

การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบ เมื่อติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน (Vibration Absorber)

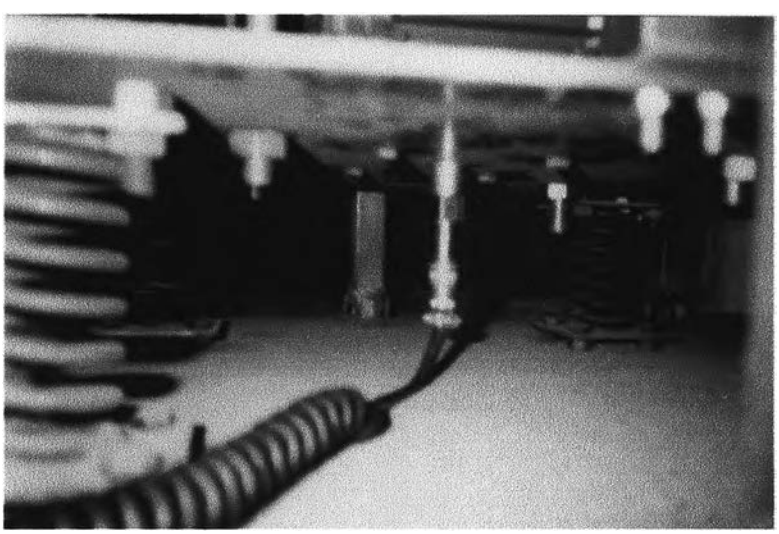
ระบบที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นระบบที่ไม่มีการติดตั้งอิเนอร์เชียบล็อก ใช้ระบบจำลองจากการทดลองในบทที่ 5 (การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบเมื่อติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน) แล้วเพิ่มส่วนของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเข้าไป ประกอบด้วยก้อนมวลดูดซับ (Absorber Mass) และสปริงของตัวดูดซับ(Absorber Spring) ในงานวิจัยนี้ใช้คานที่สามารถเลื่อนตำแหน่งรองรับเป็นสปริงของตัวดูดซับที่สามารถเปลี่ยนค่าความแข็งสปริงได้ โดยมีสมมติฐานว่า ก้อนมวลหลักและก้อนมวลดูดซับเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid Body) การเคลื่อนที่เชิงมุมมีค่าน้อย ไม่มีความหน่วง และพิจารณาเฉพาะในแนวตั้ง 2 ลำดับขั้นความเสรี โดยต้องให้จุดศูนย์กลางมวลของระบบทั้งหมดอยู่บนแกนแนวตั้งผ่านจุดกึ่งกลางระหว่างตัวกันการสั่นสะเทือนทั้ง 4 ตัว ในงานวิจัยจึงใช้ก้อนมวลถ่วง เพื่อให้ระบบจริงใกล้เคียงกับทฤษฎีมากที่สุด และไม่มีการควบของพิกัดกับในแนวแกนอื่น



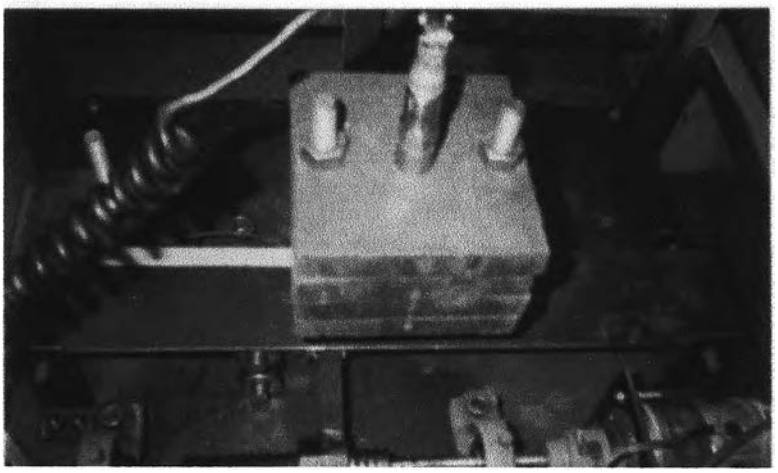
รูปที่ 7-1 ภาพวาดระบบที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์ผลของตัวดูดซับการสั่นสะเทือน



รูปที่ 7-2 ภาพถ่ายระบบที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์ผลของตัวดูดซับการสั่นสะเทือน



รูปที่ 7-3 ตำแหน่งที่ติดตั้งโพรบเพื่อวัดสัญญาณ x_1



รูปที่ 7-4 ตำแหน่งที่ติดตั้งโพรบเพื่อวัดสัญญาณ x_2

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดจำลองระบบเครื่องจักรที่มีความไม่สมดุลทางพลวัตและมีการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนจากบทที่ 5

1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 2 แรงม้า

1.2 สปริงที่ใช้แทนตัวกันการสั่นสะเทือน ความแข็งสปริง 188.7 kN/m

1.3 โครงสร้างฐานรองรับมอเตอร์

1.4 จานเจาะรูเยื้องศูนย์เพื่อสร้างแรงไม่สมดุล

2. อินเวอร์ตเตอร์สำหรับแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า 3 เฟส

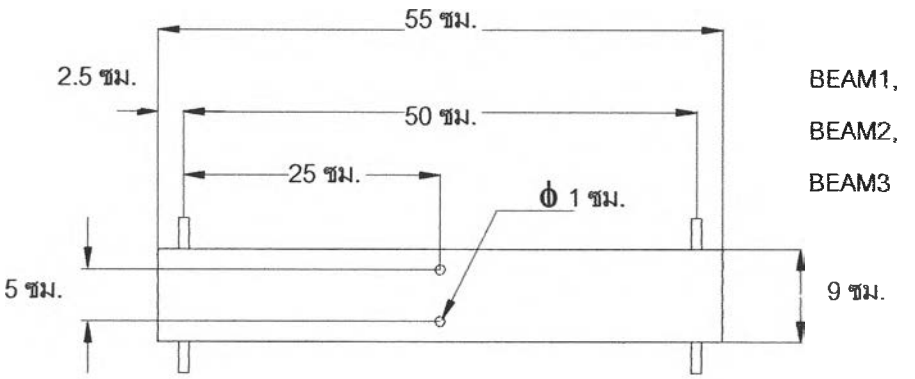
3. อุปกรณ์วัดสัญญาณการสั่นสะเทือน MICROLOG DATA COLLECTOR (MDC) รุ่น CMVA10

4. โพรบวัดความเร่งสำหรับไมโครล็อก

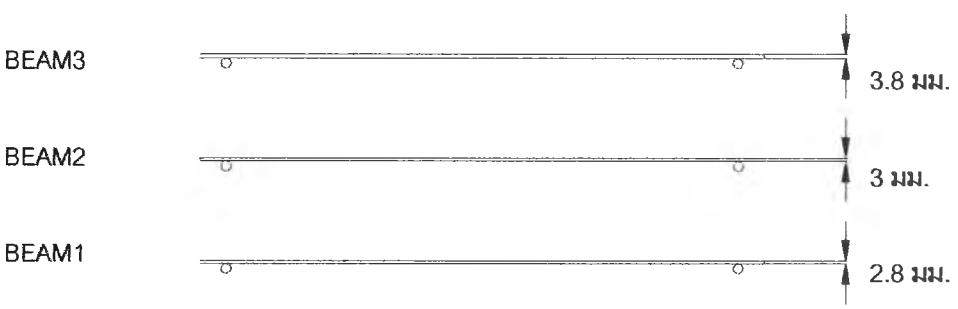
5. โครงสร้างที่ติดตั้งเพิ่มเติมเข้ากับระบบเพื่อใช้แทนสปริงของตัวดูดซับที่เปลี่ยนค่าความแข็งสปริงได้

6. ก้อนมวลดูดซับน้ำหนัก 12.6, 16.6 และ 20.6 กิโลกรัม

7. คาน 3 ขนาด (BEAM1,BEAM2,BEAM3)



TOP VIEW



FRONT VIEW

รูปที่ 7-5 มิติของคาน 3 ขนาด

7-1 การทดลอง 7.1 การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของก้อนมวลหลัก และก้อนมวลดูดซับ ใช้อัตราส่วนมวล (Mass Ratio) 0.205 โดยใช้ก้อนมวลดูดซับขนาด 16.6 กิโลกรัม และใช้คาน BEAM2 เป็นสปริงของตัวดูดซับ เพื่อศึกษาผลของการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน และจดบันทึกความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องจักรที่เหมาะสมกับตำแหน่งรองรับคานแต่ละตำแหน่ง (เพื่อให้การสั่นสะเทือนของก้อนมวลหลักน้อยที่สุด) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมระบบในบทที่ 8 ต่อไป

7-1-1 วิธีการทดลอง

1. ใช้ระบบจากการทดลองในบทที่ 5 ติดตั้งส่วนของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเพิ่มเติม

2. ติดตั้งโพรบของไมโครล็อกโดยใช้แรงแม่เหล็กจากหัวโพรบเข้ากับก้อนมวลหลัก เพื่อวัดการกระจัดในแนวตั้งของก้อนมวลหลัก (x_1) ดังรูปที่ 7-1

3. เลื่อนตำแหน่งรองรับคานไปที่ตำแหน่ง 32 cm. เพื่อให้ระบบมีค่าความแข็งสปริงคงที่ขึ้นกับตำแหน่งรอบคับคาน

4. เดินเครื่องมอเตอร์และปรับความถี่ที่อินเวอร์ตเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบจาก 300 ถึง 1500 rpm โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 100 rpm

5. แต่ละค่าความเร็วรอบในขั้นตอนที่ 3 วัดสัญญาณการสั่นสะเทือนจากไมโครลอกในรูปแบบสเปกตรัมของการกระจัด รอจนสัญญาณเข้าสู่สภาวะคงที่ประมาณ 30 วินาทีและจดบันทึกแอมพลิจูดที่ตำแหน่งความถี่เท่ากับความเร็วรอบของเครื่องจักร เพื่อให้ได้ขนาดการสั่นสะเทือนของก้อนมวลเฉพาะที่ความเร็วรอบของเครื่องจักรเท่านั้น

6. เลื่อนตำแหน่งรองรับคานจากตำแหน่ง 32 ถึง 42 cm. โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 cm. และทำตามขั้นตอนการทดลองที่ 4 และ 5 ทุกครั้งที่เลื่อนตำแหน่งรองรับ

7. ติดตั้งโพรบ (Probe) ของไมโครล็อก (MICROLOG) เข้ากับก้อนมวลดูดซับ เพื่อวัดการสั่นสะเทือนในแนวตั้งของก้อนมวลดูดซับ (x_2) ดังรูปที่ 7-1 และทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3 ถึงขั้นตอนที่ 6

8. นำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบตารางและกราฟเพื่อวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของก้อนมวลหลักและก้อนมวลดูดซับ และอภิปรายผลการทดลอง

9. จดบันทึกความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องจักรที่เหมาะสมกับตำแหน่งรองรับคานแต่ละตำแหน่ง (การสั่นสะเทือนของก้อนมวลหลักมีค่าน้อยที่สุด) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมระบบในบทที่ 8 ต่อไป

7-1-2 ผลการทดลอง

- คำนวณค่าความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี ได้จากสมการ 4-18 เปรียบเทียบกับรูปที่ 7-5 ได้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ L=50 cm, L_1=25 cm, E=9x10^9 Pa , $I = \frac{bh^3}{12}$ (ในการทดลองนี้ใช้ BEAM2 มีความกว้างคาน b=9 cm และความหนาคาน h=3 mm) และ a คือ ระยะรองรับ

- ค่าความแข็งสปริงของตัวกันการสั่นสะเทือน k_1=188.7x10^3 N/m, มวลของก้อนมวลหลัก m_1= 81.2 kg และมวลของก้อนมวลดูดซับ m_2=16.6 kg

- ตารางที่ 7-1 ค่าการส่งผ่านทางการทดลองคำนวณจาก $\frac{X_1}{X_0}$ โดย X_1 คือ การกระจัดของก้อนมวลหลักซึ่งวัดจากการทดลอง และ $X_0 = \frac{F_0}{k_1}$ (โดย F_0 คือ ขนาดของแรงไม่สมดุลคำนวณจากสมการ 5-14)

- ตารางที่ 7-2 ค่าการส่งผ่านทางทฤษฎีคำนวณจาก $\frac{X_1}{X_0}$ โดยใช้สมการ 3-3

- ตารางที่ 7-3 คำนวณค่า $\frac{X_2}{X_0}$ ทางการทดลอง โดย X_2 คือ การกระจัดของก้อนมวลดูดซับซึ่งวัดจากการทดลอง และ $X_0 = \frac{F_0}{k_1}$ (โดย F_0 คือ ขนาดของแรงไม่สมดุลคำนวณจากสมการ 5-14)

- ตารางที่ 7-4 คำนวณค่า $\frac{X_2}{X_0}$ ทางทฤษฎีได้จากสมการ 3-3

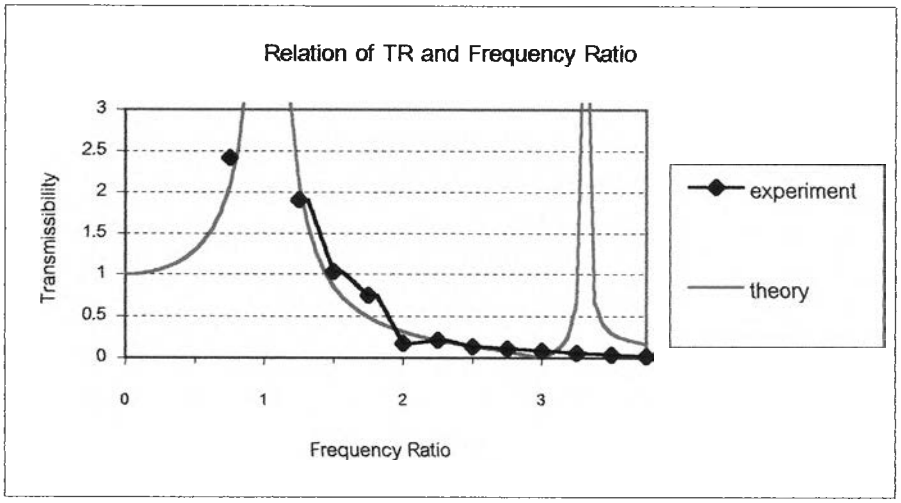
- คำนวณค่าอัตราส่วนความถี่จากความเร็วรอบของเครื่องจักรหารด้วยความถี่ธรรมชาติค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้จากการทดลอง

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)												
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio												
		0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility												
32	257.90	2.423	11.505	1.905	1.032	0.752	0.177	0.215	0.138	0.111	0.087	0.058	0.039	0.018
33	204.44	2.468	11.505	1.789	1.049	0.768	0.172	0.188	0.133	0.100	0.072	0.036	0.003	0.101
34	167.18	2.495	11.505	1.775	1.066	0.821	0.178	0.175	0.114	0.077	0.039	0.021	0.465	0.292
35	140.08	2.429	11.505	1.598	1.062	0.825	0.179	0.159	0.098	0.045	0.050	0.415	0.257	0.152
36	119.70	2.480	11.505	1.300	1.077	1.002	0.166	0.145	0.075	0.017	0.857	0.325	0.173	0.130
37	103.95	2.487	11.505	1.190	1.097	0.646	0.162	0.122	0.018	1.217	0.446	0.203	0.144	0.118
38	91.49	2.534	11.505	0.879	1.090	0.834	0.175	0.083	0.143	0.828	0.294	0.183	0.136	0.112
39	81.46	2.539	11.505	0.765	1.058	0.567	0.149	0.009	1.473	0.401	0.240	0.155	0.124	0.106
40	73.24	2.560	11.505	0.693	1.026	0.295	0.150	0.193	0.829	0.319	0.215	0.156	0.124	0.104
41	66.42	2.502	11.505	1.150	0.873	0.388	0.091	1.818	0.498	0.272	0.204	0.138	0.114	0.101
42	60.68	2.566	11.505	1.006	0.797	0.329	0.080	1.293	0.395	0.252	0.195	0.137	0.112	0.100

ตารางที่ 7-1 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากการทดลอง : อัตราส่วนมวล 0.205

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)															
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio															
		0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility															
32	257.90	1.000	1.060	1.296	2.072	14.044	2.118	0.859	0.492	0.318	0.215	0.143	0.079	0.013	0.675	0.302	0.169
33	204.44	1.000	1.060	1.297	2.079	15.335	2.042	0.827	0.465	0.289	0.178	0.080	0.096	1.151	0.267	0.175	0.134
34	167.18	1.000	1.060	1.297	2.087	17.156	1.958	0.788	0.430	0.247	0.106	0.140	0.970	0.299	0.199	0.152	0.123
35	140.08	1.000	1.060	1.298	2.096	19.868	1.864	0.740	0.383	0.176	0.083	2.018	0.375	0.238	0.178	0.142	0.118
36	119.70	1.000	1.060	1.298	2.106	24.265	1.759	0.682	0.316	0.040	1.818	0.536	0.301	0.216	0.169	0.137	0.115
37	103.95	1.000	1.060	1.299	2.117	32.512	1.644	0.610	0.215	0.323	1.049	0.411	0.273	0.205	0.163	0.134	0.113
38	91.49	1.000	1.060	1.300	2.129	53.317	1.517	0.520	0.050	4.170	0.648	0.365	0.258	0.198	0.159	0.132	0.111
39	81.46	1.000	1.060	1.301	2.143	202.84	1.378	0.404	0.273	1.713	0.539	0.341	0.249	0.194	0.157	0.130	0.110
40	73.24	1.000	1.061	1.301	2.157	90.264	1.225	0.250	1.165	1.027	0.488	0.326	0.242	0.190	0.155	0.129	0.109
41	66.42	1.000	1.061	1.302	2.173	33.635	1.057	0.037	14.944	0.833	0.459	0.316	0.238	0.188	0.153	0.128	0.109
42	60.68	1.000	1.061	1.303	2.191	19.358	0.874	0.274	3.274	0.742	0.440	0.309	0.235	0.186	0.152	0.127	0.108

ตารางที่ 7-2 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักทางทฤษฎี : อัตราส่วนมวล 0.205

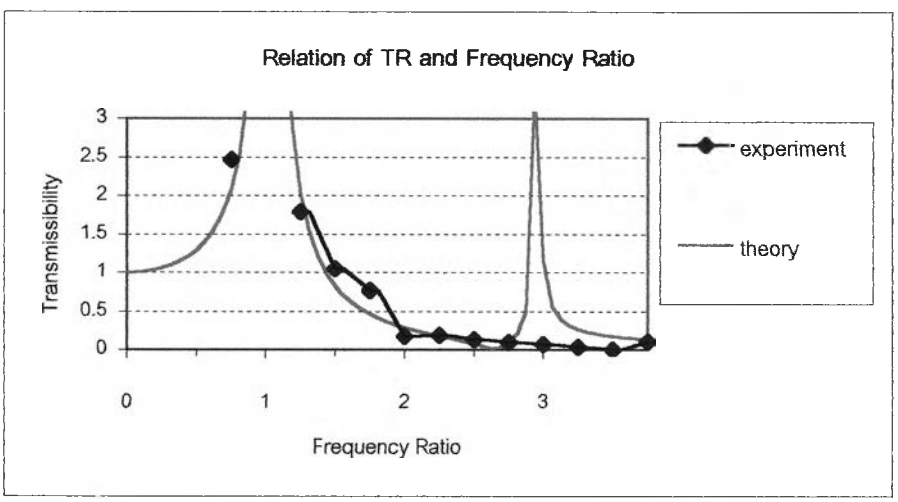


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 32 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

257.90 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

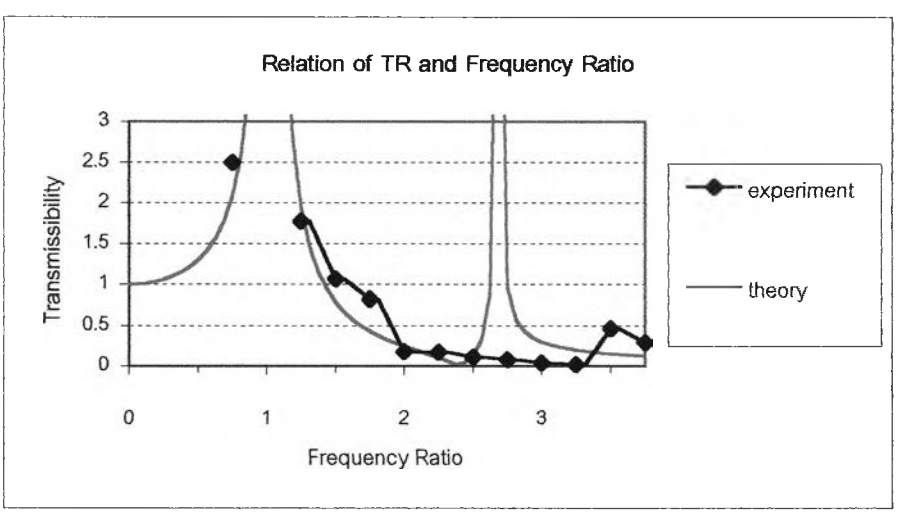


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 33 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

204.44 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



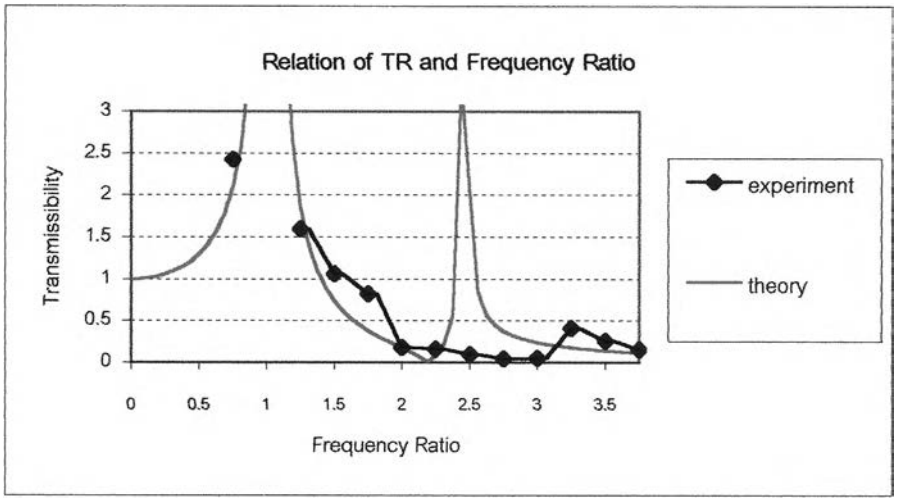
จุดรองรับที่ตำแหน่ง 34 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

167.18 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

รูปที่ 7-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205

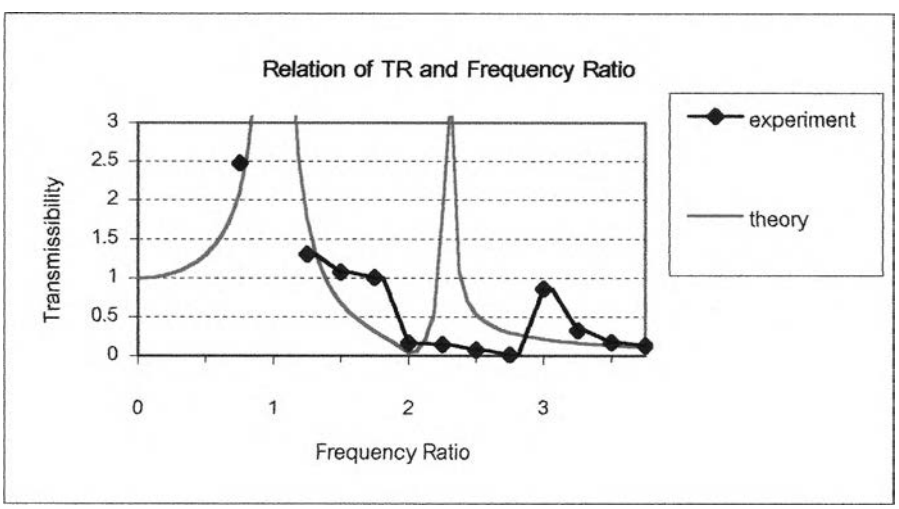


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 35 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

140.08 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

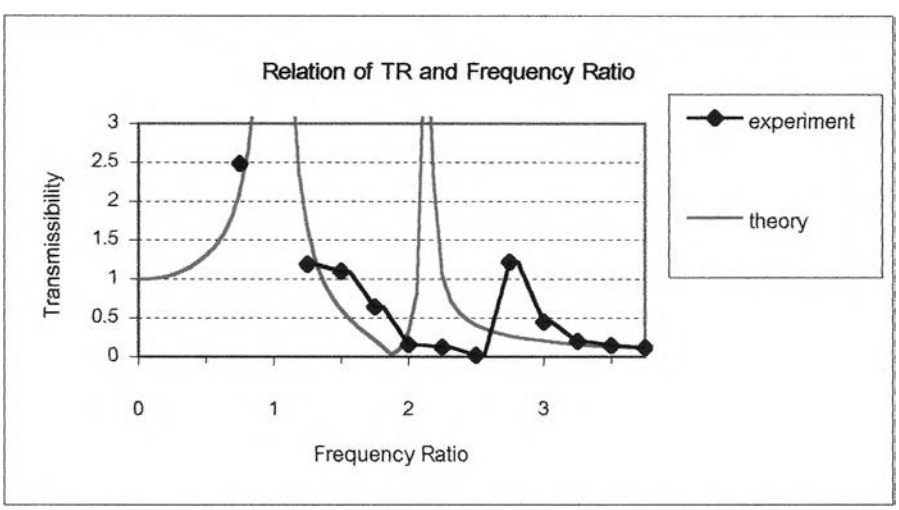


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 36 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

119.70 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



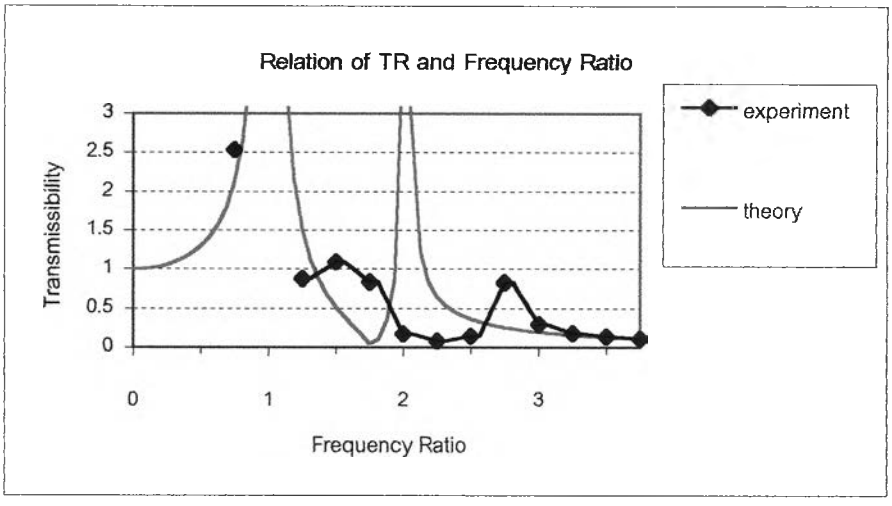
จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 37 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

103.95 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

รูปที่ 7-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)

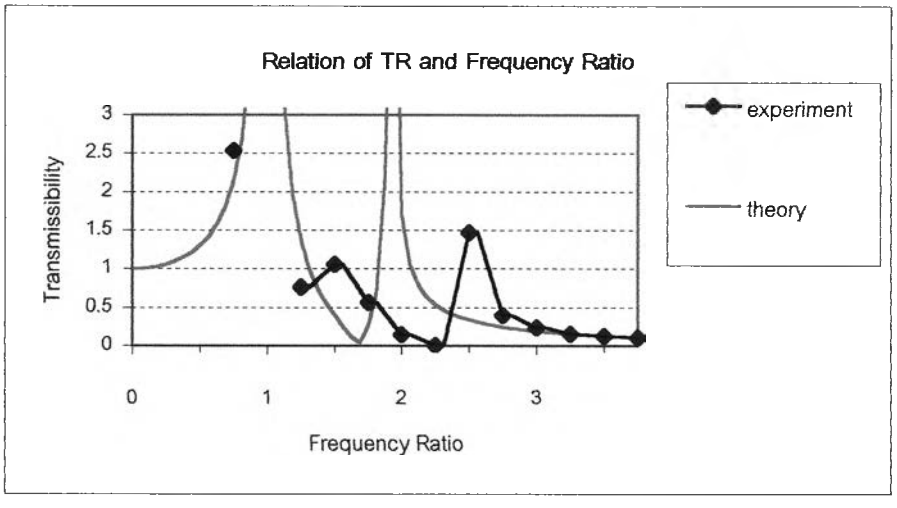


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 38 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

91.49 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

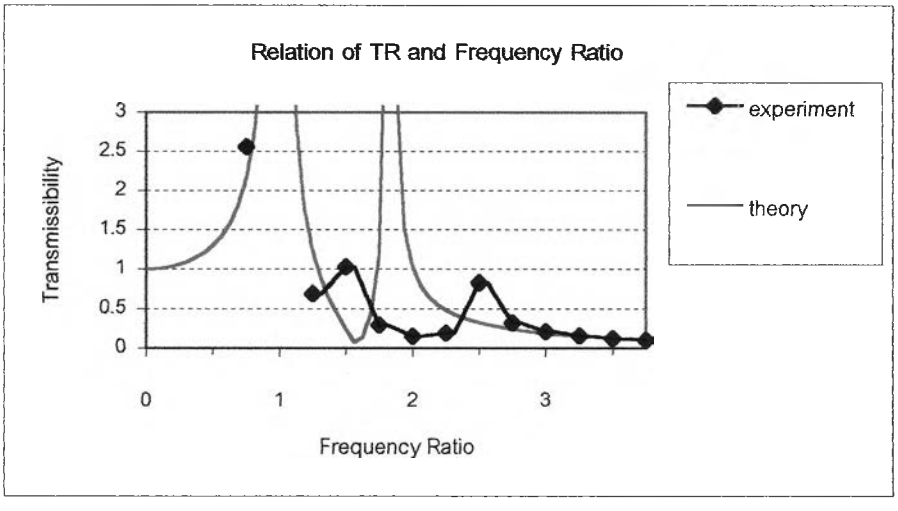


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 39 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

81.46 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



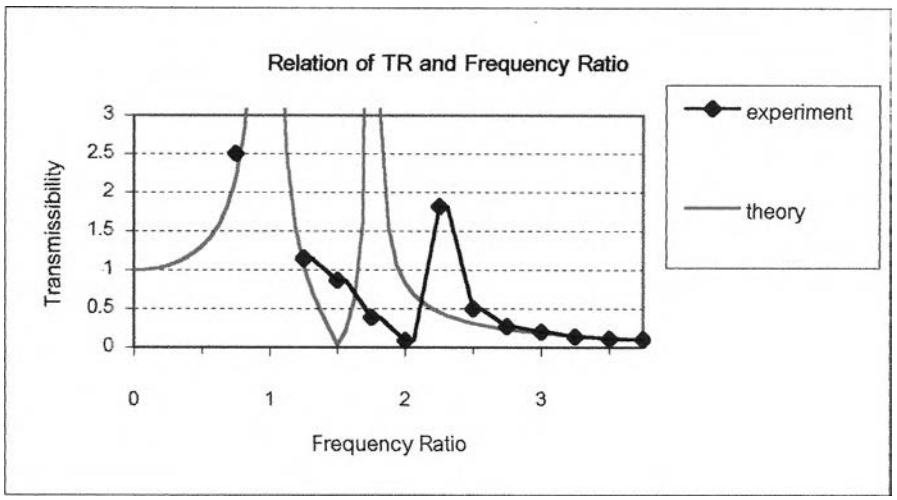
จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 40 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

73.24 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

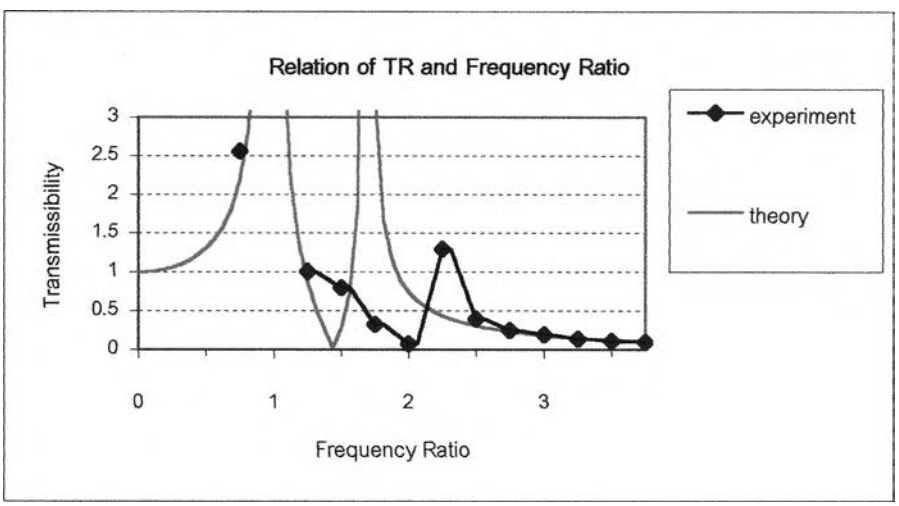
รูปที่ 7-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 41 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี 66.42 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 42 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี 60.68 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,11.5) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

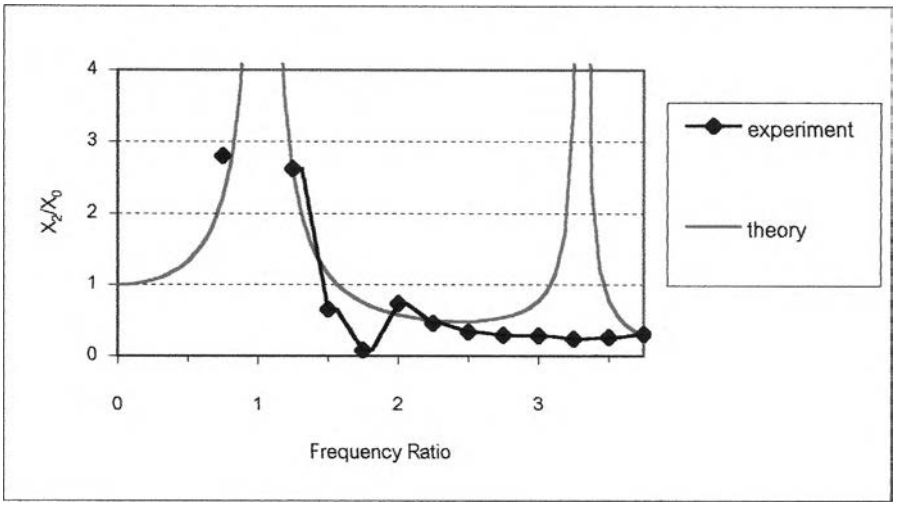
รูป 7-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)												
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio												
		0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility												
32	257.90	2.804	17.257	2.621	0.657	0.081	0.738	0.462	0.337	0.293	0.286	0.241	0.260	0.311
33	204.44	2.864	17.257	2.571	0.641	0.183	0.744	0.515	0.380	0.339	0.356	0.336	0.413	0.811
34	167.18	2.991	17.257	2.692	0.638	0.273	0.776	0.558	0.416	0.415	0.472	0.533	1.788	1.012
35	140.08	2.980	17.257	2.796	0.620	0.626	0.642	0.621	0.505	0.576	0.869	0.658	0.887	0.341
36	119.70	2.999	17.257	3.251	0.648	1.150	0.856	0.710	0.689	0.967	1.917	0.856	0.325	0.178
37	103.95	3.301	17.257	3.408	0.568	3.197	0.853	0.813	0.913	2.282	1.143	0.355	0.209	0.115
38	91.49	3.062	17.257	3.560	0.632	6.636	0.962	0.987	1.638	2.282	0.534	0.241	0.138	0.086
39	81.46	3.241	17.257	3.528	0.642	2.620	1.008	1.277	4.785	0.879	0.335	0.161	0.100	0.070
40	73.24	3.256	17.257	3.619	0.825	1.237	1.117	2.026	2.286	0.509	0.236	0.130	0.082	0.057
41	66.42	3.523	17.257	4.090	0.936	0.909	1.173	3.409	0.993	0.340	0.177	0.094	0.062	0.045
42	60.68	3.939	17.257	2.538	0.943	0.859	1.228	3.409	0.537	0.215	0.116	0.062	0.038	0.027

ตารางที่ 7-3 ค่า X_2/X_0 ของก้อนมวลดูดซับจากการทดลอง : อัตราส่วนมวล 0.205

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)															
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio															
		0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility															
32	257.90	1.000	1.068	1.334	2.212	15.832	2.571	1.152	0.752	0.580	0.503	0.486	0.539	0.773	3.500	0.787	0.287
33	204.44	1.000	1.070	1.344	2.260	17.883	2.627	1.217	0.825	0.673	0.638	0.729	1.245	4.077	0.529	0.235	0.134
34	167.18	1.000	1.072	1.356	2.314	20.775	2.690	1.296	0.922	0.813	0.897	1.576	3.056	0.526	0.237	0.134	0.085
35	140.08	1.000	1.074	1.369	2.374	25.083	2.760	1.391	1.054	1.045	1.579	6.737	0.655	0.273	0.149	0.092	0.061
36	119.70	1.000	1.077	1.382	2.440	32.068	2.838	1.508	1.239	1.489	7.839	1.030	0.359	0.182	0.107	0.069	0.047
37	103.95	1.000	1.079	1.397	2.513	45.169	2.924	1.652	1.518	2.677	2.506	0.547	0.244	0.135	0.083	0.055	0.038
38	91.49	1.000	1.082	1.412	2.594	78.218	3.018	1.833	1.978	15.254	1.060	0.368	0.183	0.106	0.067	0.045	0.032
39	81.46	1.000	1.085	1.428	2.682	315.74	3.122	2.067	2.872	3.982	0.665	0.276	0.146	0.087	0.056	0.038	0.027
40	73.24	1.000	1.088	1.445	2.779	149.86	3.235	2.376	5.347	1.739	0.482	0.219	0.121	0.074	0.048	0.033	0.024
41	66.42	1.000	1.090	1.462	2.885	59.907	3.359	2.804	43.564	1.105	0.376	0.182	0.103	0.064	0.042	0.029	0.021
42	60.68	1.000	1.093	1.481	3.001	37.228	3.496	3.430	6.965	0.806	0.307	0.155	0.089	0.056	0.037	0.026	0.019

ตารางที่ 7-4 ค่า X_2/X_0 ของก้อนมวลดูดซับทางทฤษฎี : อัตราส่วนมวล 0.205

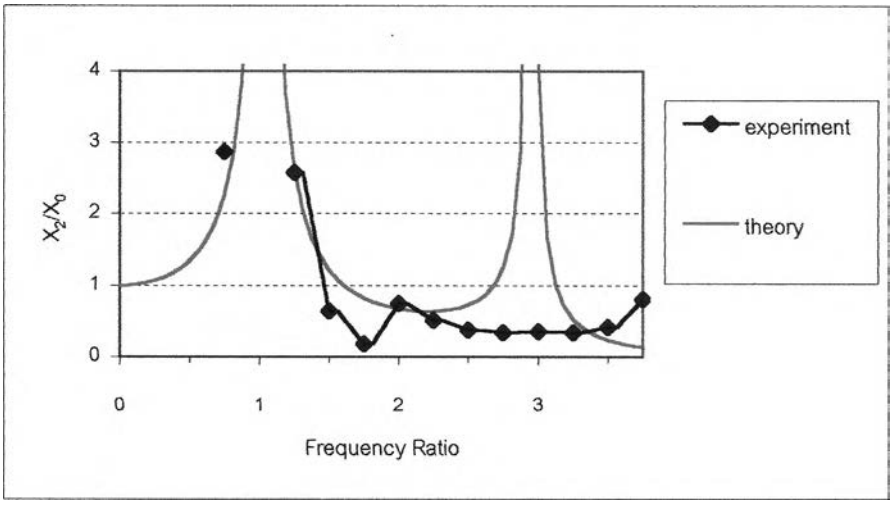


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 32 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

257.90 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

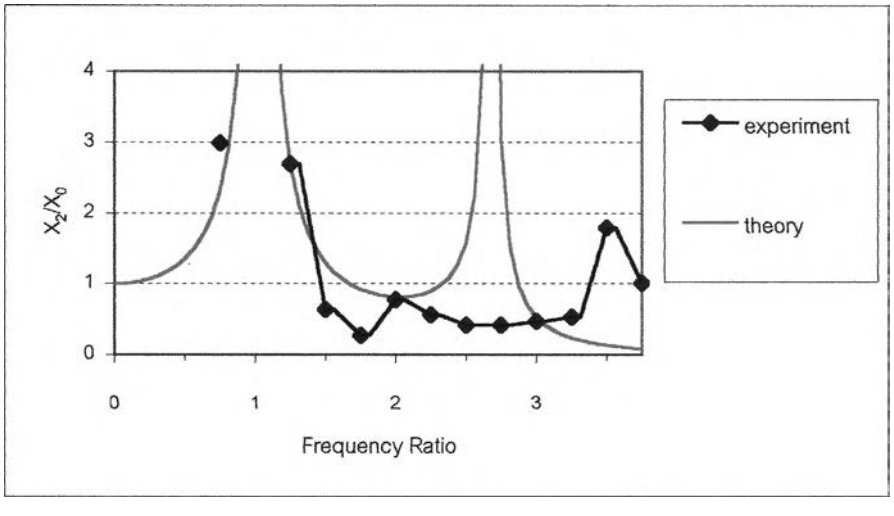


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 33 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

204.44 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



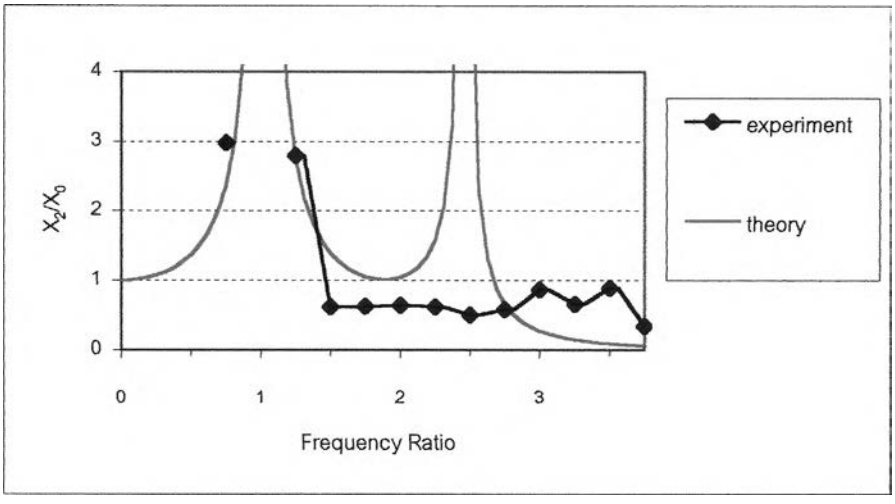
จุดรองรับที่ตำแหน่ง 34 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

167.18 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

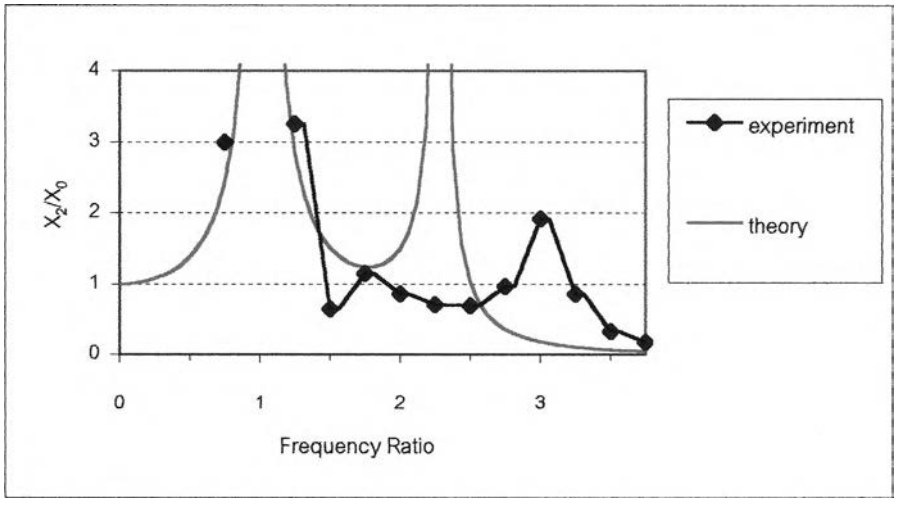
รูปที่ 7-7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า X_2/X_0 และอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลดูดซับ เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 35 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
140.08 kN/m

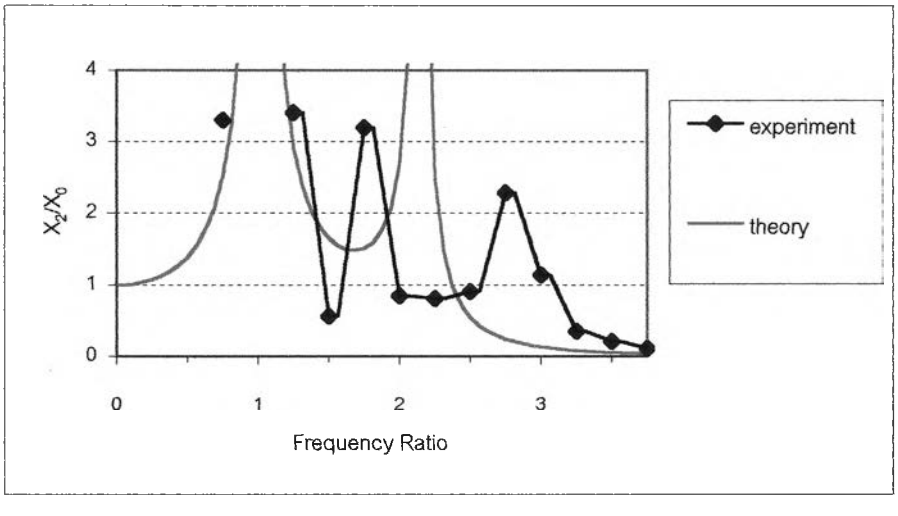
(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 36 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
119.70 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

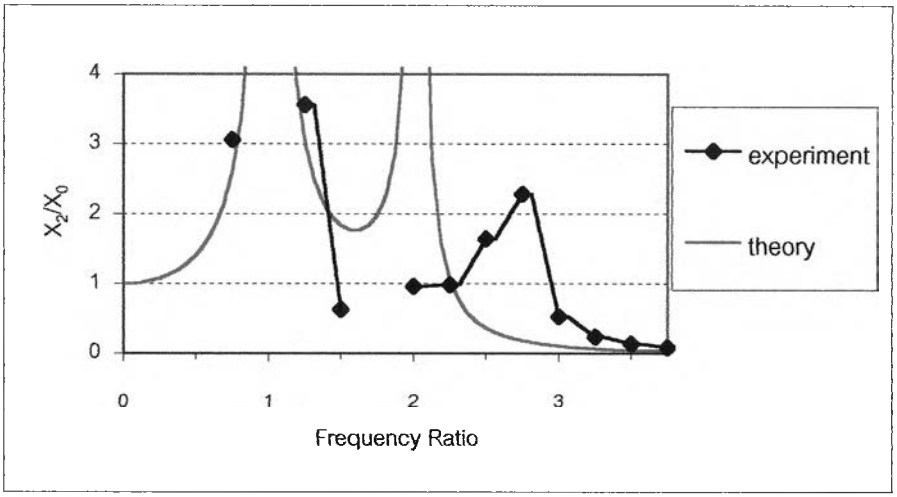


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 37 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
103.95 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

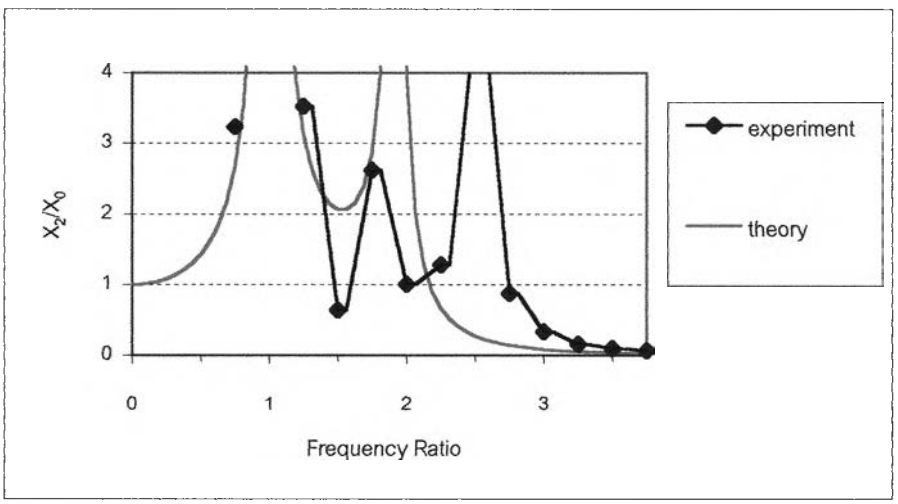
รูปที่ 7-7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า X_2/X_0 และอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลดูดซับ เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 38 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี 91.49 kN/m

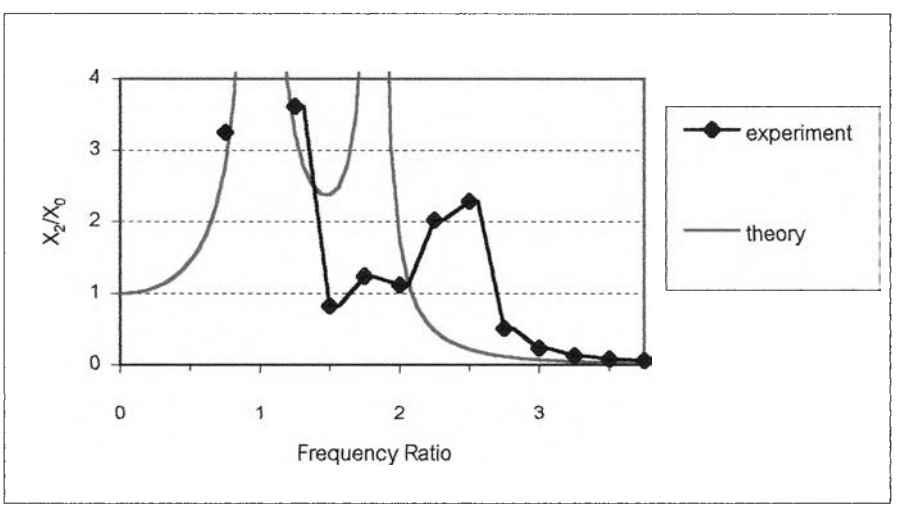
(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) และ (1.75,6.64) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 39 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี 81.46 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

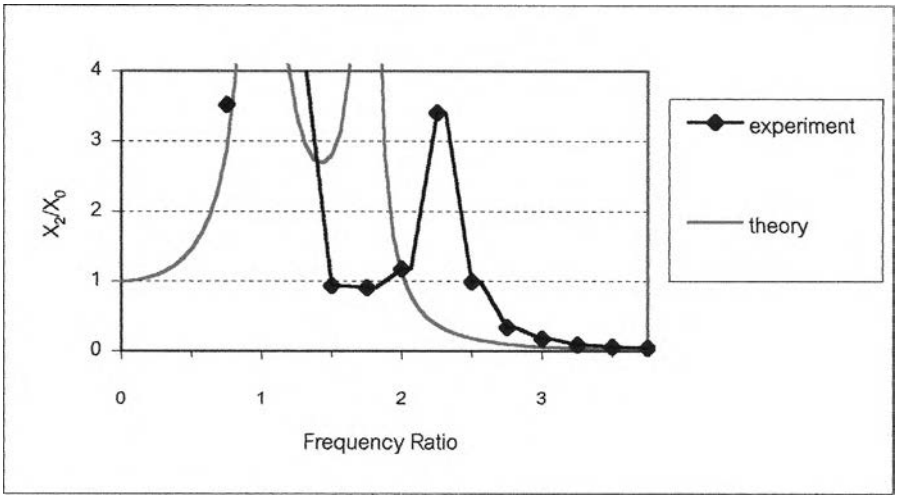


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 40 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี 73.24 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

รูปที่ 7-7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า X_2/X_0 และอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลดูดซับ เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)

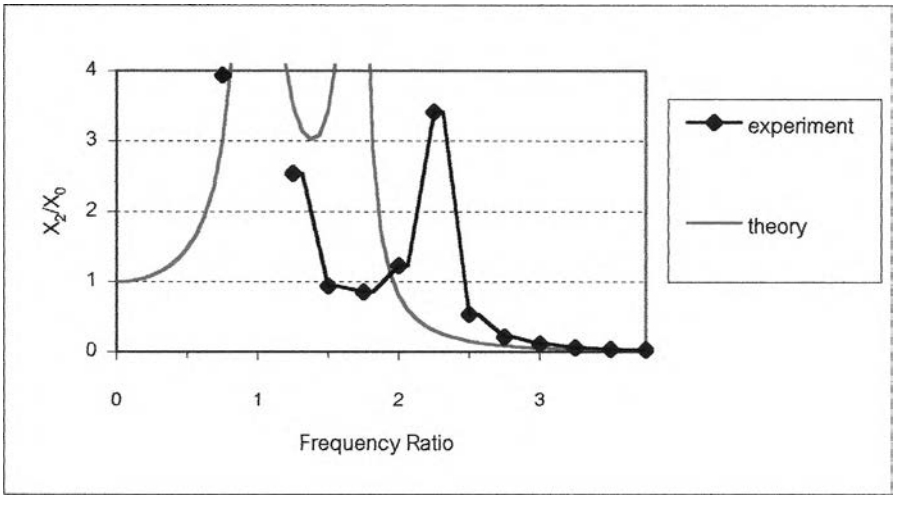


จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 41 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

66.42 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 42 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี

60.68 kN/m

(มีข้อมูลจากการทดลองอยู่เหนือเส้นกราฟที่พิกัด (1,17.3) ซึ่งเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ของการทดลอง)

รูปที่ 7-7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า X_2/X_0 และอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลดูดซับ เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)

พิจารณาการสั่นสะเทือนของก้อนมวลหลัก (Main Mass)

ทฤษฎี

1. มีความถี่ธรรมชาติ 2 ตำแหน่ง เนื่องจากจำลองการสั่นสะเทือนของระบบด้วยระบบสมการ 2 ลำดับขั้นความเสรี

2. เมื่อค่าความแข็งของสปริงของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนมีค่ามาก ความถี่ธรรมชาติของระบบจะยิ่งห่างกันมาก

3. ระหว่างค่าความถี่ธรรมชาติทั้ง 2 ค่าของระบบ จะมีตำแหน่งที่ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดหนึ่งตำแหน่งและมีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ เมื่อเครื่องจักรทำงานด้วยความเร็วรอบที่ตรงกับตำแหน่งนี้ แรงที่ส่งผ่านไปยังพื้นจะเป็นศูนย์

4. ค่าการส่งผ่านที่อัตราส่วนความถี่เป็น 0 เท่ากับ 1

5. เมื่อความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องจักรมีค่ามากกว่าความถี่ธรรมชาติทั้ง 2 ค่าของระบบมาก ๆ ค่าการส่งผ่านจะมีขนาดเล็ก นั่นคือแรงที่ส่งผ่านไปยังพื้น (Transmitted force) มีค่าน้อย

การทดลอง

1. แนวโน้มของกราฟจากการทดลอง คล้ายกับในทางทฤษฎี

2. มีความถี่ธรรมชาติ 2 ค่าเหมือนในทางทฤษฎี ค่าความถี่ธรรมที่ต่ำกว่ามีค่าใกล้เคียงกับในทางทฤษฎี แต่ค่าความถี่ธรรมชาติค่าที่สูงกว่า มีค่ามากกว่าในทางทฤษฎี

3. จุดที่ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดมีค่าใกล้เคียง 0

พิจารณาการสั่นสะเทือนของก้อนมวลดูดซับ (Absorber Mass)

ในทางทฤษฎี

1. มีความถี่ธรรมชาติค่า เนื่องจากจำลองการสั่นสะเทือนของระบบด้วยระบบสมการ 2 ลำดับขั้นความเสรี

2. เมื่อค่าความแข็งของสปริงของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนมีค่ามาก ความถี่ธรรมชาติของระบบจะยิ่งห่างกันมาก

3. ระหว่างค่าความถี่ธรรมชาติทั้ง 2 ค่าของระบบ จะมีตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนต่ำที่สุดหนึ่งตำแหน่ง แต่มีค่าแอมพลิจูดการกระจัดมากกว่า 0

4. เมื่อความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องจักรมีค่ามากกว่าความถี่ธรรมชาติทั้ง 2 ค่าของระบบมาก ๆ การสั่นสะเทือนจะมีค่าน้อย

<u>จากการทดลอง</u>

1. แนวโน้มของกราฟจากการทดลอง คล้ายกับในทางทฤษฎี

2. มีความถี่ธรรมชาติ 2 ค่าเหมือนในทางทฤษฎี แต่ค่าความถี่ธรรมชาติค่าที่สูงกว่า มีค่ามากกว่าในทางทฤษฎี

7-1-3 <u>อภิปรายผลการทดลอง</u>

1.การเลื่อนตำแหน่งรองรับคานทำให้ค่าความแข็งสปริงของคาน k_2 เปลี่ยนไปทำให้ความถี่ธรรมชาติและอัตราส่วนความถี่เปลี่ยนไปด้วย ซึ่งจะมีความเร็วรอบของเครื่องจักรที่เหมาะสมค่าหนึ่งที่จะทำให้การสั่นสะเทือนของก้อนมวลหลักเป็นศูนย์ตามความสัมพันธ์ $\omega = \sqrt{\frac{k_2}{m_2}}$ แต่ในการทดลองแปรค่าความเร็วรอบของเครื่องจักรให้เปลี่ยนไปครั้งละ 100 rpm ซึ่งอาจไม่ตรงกับความเร็วรอบที่เหมาะสม ก้อนมวลหลักจึงมีค่าการส่งผ่านมากกว่าศูนย์เล็กน้อย ดังนั้นหากเครื่องจักรทำงานที่ความเร็วรอบค่าหนึ่ง แล้วปรับค่าความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนให้เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองในตารางที่ 7-1 จะทำให้ก้อนมวลหลักมีค่าการส่งผ่านน้อยมาก ดังตารางที่ 7-5

ความเร็วรอบของเครื่องจักร (rpm)	ตำแหน่งรองรับของคาน (cm)	ค่าการส่งผ่าน
1500	42.0	0.080
1400	39.0	0.009
1300	37.0	0.018
1200	36.0	0.017
1100	35.0	0.050
1000	34.0	0.021
900	33.0	0.003
800	32.0	0.018

ตารางที่ 7-5 ตำแหน่งรองรับคานที่เหมาะสมกับแต่ละความเร็วรอบของเครื่องจักร

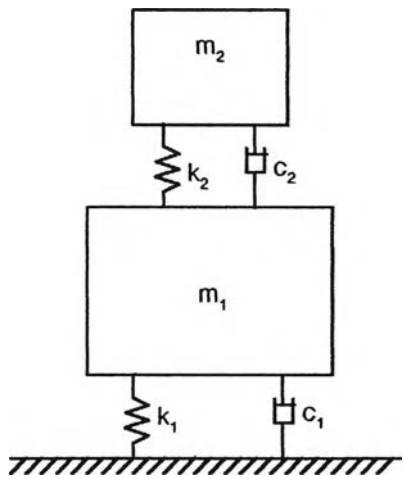
2. ความถี่ธรรมชาติ 2 ตำแหน่งจากการทดลองไม่ตรงกับในทางทฤษฎี น่าจะเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการหาค่าพารามิเตอร์ค่าต่าง ๆ ของระบบ ค่าพารามิเตอร์ที่น่าจะเกิดความคลาดเคลื่อนมากได้แก่ ค่าความแข็งของสปริง โดยเฉพาะความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับจะมีความคลาดเคลื่อนมาก ซึ่งจะมีการแก้ไขค่าความแข็งสปริงให้ใกล้เคียงที่สุดต่อไป

3. สำหรับความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนบางค่า ระหว่างความถี่ธรรมชาติ 2 ค่า จะมีจุดสูงสุดสัมพัทธ์เกิดขึ้น พิจารณาได้ว่าน่าจะเป็นความถี่ธรรมชาติค่าที่ 3 ของระบบ ซึ่งเกิดจากการควบของพิกัด แต่จะมีผลกับระบบน้อยโดยจะเห็นได้จากความถี่ธรรมชาติค่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นกับความแข็งสปริงของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนทุกค่า และยอดการสั่นสะเทือนมีค่าน้อย แต่สำหรับก้อนมวลดูดซับยอดการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งนี้มีค่าสูงกว่าในก้อนมวลหลัก นั่นคือการควบของพิกัดนี้ส่งผลต่อก้อนมวลดูดซับมากกว่าก้อนมวลหลัก แต่การควบของพิกัดไม่ได้ทำให้ตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนน้อยที่สุดเปลี่ยนแปลงไปมาก

4. พิจารณารูปที่ 7-6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ เมื่อเลื่อนตำแหน่งรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากการทดลองจะเห็นว่าในแต่ละรูปค่าการส่งผ่านที่ต่ำที่สุดของก้อนมวลหลักมีค่าใกล้เคียง 0 มาก แสดงว่าระบบมีค่าความหน่วง (Damping) น้อยมาก เนื่องจากถ้าค่าความหน่วงยิ่งมาก ค่าการส่งผ่านดังกล่าวจะยิ่งมีค่าสูงขึ้น

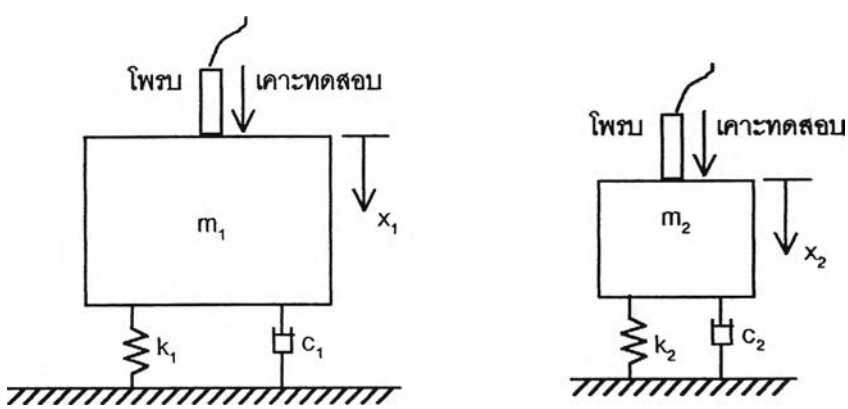
7-1-4 ผลของค่าความหน่วงที่มีต่อระบบในการทดลอง

เนื่องจากระบบในการทดลองมีค่าความหน่วงแฝงอยู่ จึงวิเคราะห์ระบบที่มีการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนและมีค่าความหน่วง โดยทดลองหาค่าความหน่วงจากการทดลองและเปรียบเทียบผลของความหน่วงที่มีต่อระบบ พิจารณาระบบในการทดลองดังรูปที่ 7-8



รูปที่ 7-8 ระบบในการทดลองเมื่อมีความหน่วง

จากรูปที่ 7-8 ระบบมีค่าความหน่วง c_1 และ c_2 ค่าความหน่วงทั้ง 2 ค่านี้เป็นส่วนที่เกิดจากพลังงานสูญเสียไปในสปริงหรือคานในแต่ละรอบของความเค้นที่เกิดขึ้นในสปริงหรือคาน เรียกว่าความหน่วงเชิงโครงสร้าง (Structural Damping) ทดลองหาค่าความหน่วงโดยแยกระบบออกเป็น 2 ส่วนและทำการเคาะทดสอบ (Bump Test) ดังรูปที่ 7-9 (สปริง k_1 คือ ตัวกันการสั่นสะเทือน และสปริง k_2 คือ คานที่เลื่อนจุดรองรับได้)



รูปที่ 7-9 ระบบในการทดลองที่ทำการเคาะทดสอบเพื่อหาค่าความหน่วง

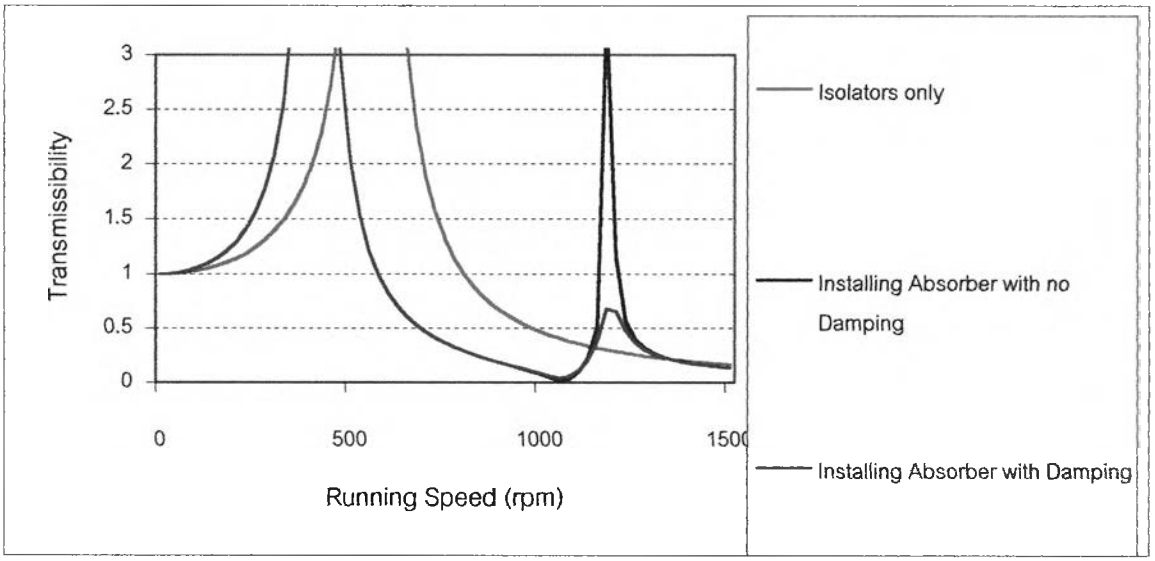
แสดงการคำนวณหาค่าอัตราส่วนความหน่วงดังภาคผนวก ฉ ได้ค่าอัตราส่วนความหน่วง $\zeta_1 = 0.0049$ และ $\zeta_2 = 0.0047$ เปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีค่าความหน่วง โดยเปรียบเทียบเมื่อเครื่องจักรทำงานที่ความเร็วรอบ 1000 rpm และ 700 rpm ได้ดังรูปที่ 7-10 เส้นกราฟทั้ง 3 เส้นในแต่ละรูปได้จากการคำนวณทางทฤษฎีโดย

- คำนวณค่าการส่งผ่านของระบบที่ติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน โดยไม่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนจากสมการ 5-11 และ 5-5 โดย m = 81.2 kg และ k_z = 47.2 kN/m

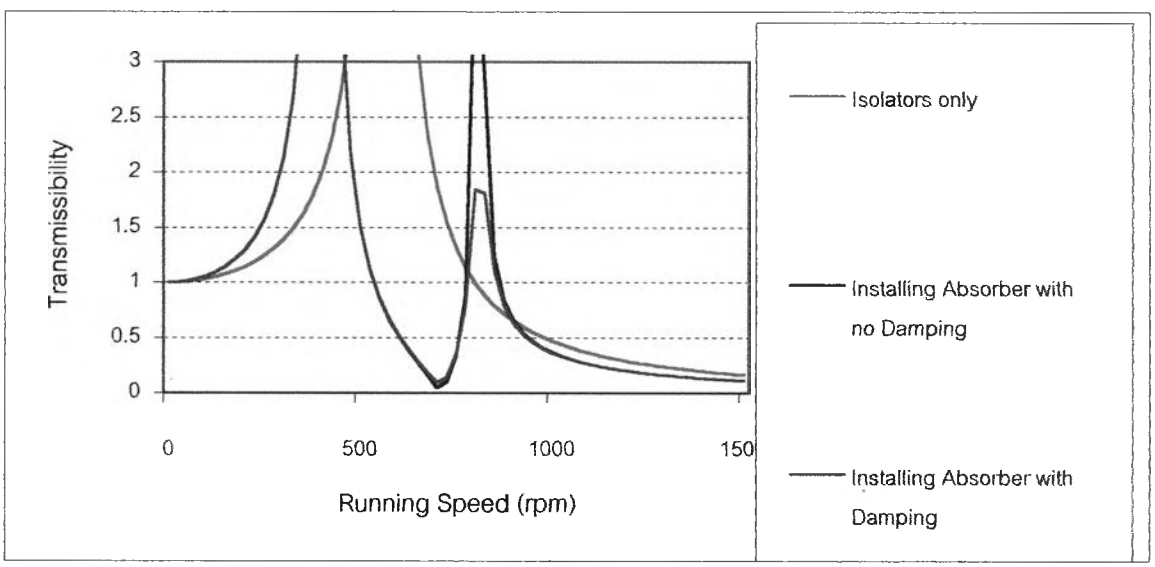
- คำนวณค่าการส่งผ่านของระบบที่ติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน และติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนโดยไม่มีค่าความหน่วง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{X_1}{X_0}$ จากสมการ 3-3 โดย m_1 = 81.2 kg, m_2 = 16.6 kg, k_1 = 188.7 kN/m, k_2 = 182 kN/m และ 89 kN/m ตามลำดับ (คำนวณจาก $k_2 = m_2\omega^2 = 16.6\omega^2$ โดย ω คือ ความเร็วรอบที่ต้องการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนซึ่งมีค่าเท่ากับ 1000 rpm และ 700 rpm ตามลำดับ)

- คำนวณค่าการส่งผ่านของระบบที่ติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน และติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนโดยมีค่าความหน่วง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{F_T}{F_0}$ จากสมการ 3-7 และ 3-6 โดย m_1 = 81.2 kg, m_2 = 16.6 kg, k_1 = 188.7 kN/m, k_2 = 182 kN/m และ 89 kN/m ตามลำดับ, $\zeta_1 = 0.0049$ และ $\zeta_2 = 0.0047$

จากรูปที่ 7-10 สังเกตว่า เมื่อให้เครื่องจักรทำงานที่ความเร็วรอบที่ต้องการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน (ความเร็วรอบที่ค่าการส่งผ่านมีค่าน้อยที่สุด) ค่าความหน่วงทำให้ค่าการส่งผ่านเพิ่มขึ้นแต่ยังน้อยกว่าเมื่อไม่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน และเมื่อมีค่าความหน่วงตำแหน่งที่ค่าการส่งผ่านมีค่าน้อยที่สุดเปลี่ยนตำแหน่งไปน้อยมาก นั่นคือ ผลจากค่าความหน่วงที่มีต่อระบบในการทดลองนี้จึงมีไม่มากนัก ในการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไปจะไม่คิดถึงผลจากค่าความหน่วง



ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนสำหรับความเร็วรอบเครื่องจักร 1000 rpm : ระยะรองรับของคาน 33 cm



ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนสำหรับความเร็วรอบเครื่องจักร 700 rpm : ระยะรองรับของคาน 38 cm

รูปที่ 7-10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและความเร็วรอบของเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์ผลของค่าความหน่วงต่อระบบ (คำนวณทางทฤษฎี)

7-1-5 การแก้ไขค่าความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับ

เนื่องจากค่าความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับมีความคลาดเคลื่อนมาก เกิดจากการยึดติดของคานที่ใช้แทนสปริงกับก้อนมวลดูดซับต้องใช้น็อต และใช้แรงบิดที่ตัวน็อต 150 in.lb ทำให้คานมีการโก่งตัวได้น้อยลง ความแข็งสปริงจึงมากขึ้นกว่าในทางทฤษฎี ซึ่งแก้ไขโดยใช้ผลการทดลองจากตารางที่ 7-1 ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากการทดลอง : อัตราส่วนมวล 0.205 โดยพิจารณาตำแหน่งรองรับทีละตำแหน่ง ใช้ค่าความเร็วรอบเครื่องจักรที่ตำแหน่งที่ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดคำนวณค่าความแข็งสปริงของตัวดูดซับจากความสัมพันธ์ $k_2 = m_2\omega^2 = 16.6\omega^2$ ได้ค่า k_2 ที่คำนวณจากการทดลองซึ่งเป็นค่า k_2 จริงดังตารางที่ 7-6 และได้ค่าตัวประกอบแก้ไขใช้เป็นตัวคูณกับค่า k_2 ทางทฤษฎีให้ได้ค่า k_2 จริงจากการทดลอง

Supporting Position (cm)	k_2 (kN/m)		Correction Factor
	Theory	Calculation from Experiment	
32	257.90	409.59	1.59
33	204.44	356.80	1.75
34	167.18	307.65	1.84
35	140.08	220.27	1.57
36	119.70	220.27	1.84
37	103.95	182.04	1.75
38	91.49	147.45	1.61
39	81.46	147.45	1.81
40	73.24	116.51	1.59
41	66.42	116.51	1.75
42	60.68	116.51	1.92

ตารางที่ 7-6 ตัวประกอบแก้ไขสำหรับค่าความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับ (k_2)

ใช้ค่า k_2 ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไขคำนวณค่าการส่งผ่านได้ดังตารางที่ 7-7 แล้วพล็อตกราฟดังรูปที่ 7-11 โดย

- เส้นกราฟจากการทดลองและจากทางทฤษฎีก่อนทำการแก้ไขค่า k_2 เหมือนกับรูปที่ 7-6

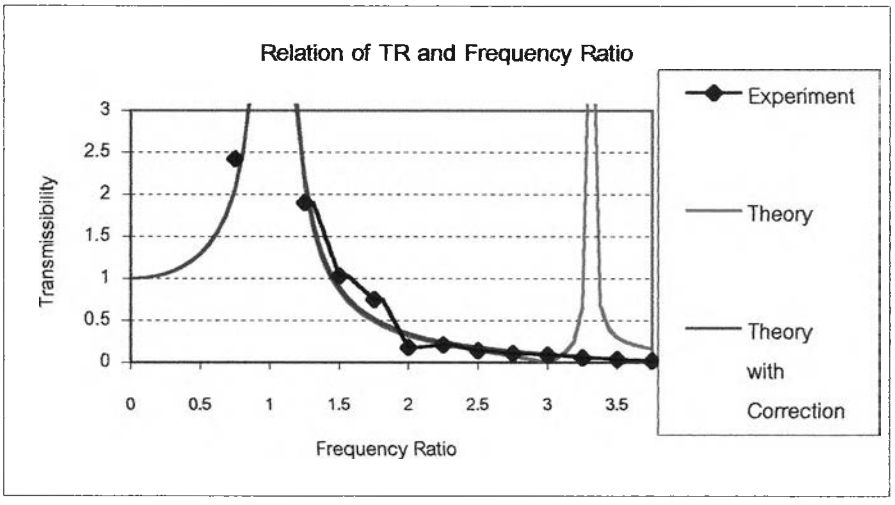
- เส้นกราฟจากทางทฤษฎีที่แก้ไขค่า k_2 คำนวณจากสมการ 3-3 เช่นเดียวกับเส้นกราฟทางทฤษฎีก่อนแก้ไขค่า k_2

- คำนวณค่าอัตราส่วนความถี่จากความเร็วรอบของเครื่องจักรหารด้วยความถี่ธรรมชาติค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้จากการทดลอง

พิจารณาพบว่า เส้นกราฟที่ผ่านการแก้ไขคล้ายกับเส้นกราฟจากการทดลองมาก ค่าตัวประกอบแก้ไขอยู่ระหว่าง 1.57 ถึง 1.92 แต่ค่าตัวประกอบแก้ไขนี้ใช้ได้เฉพาะในการทดลองนี้เท่านั้น เพราะในการใช้งานจริง ๆ ระบบจะมีลักษณะแตกต่างจากการทดลอง

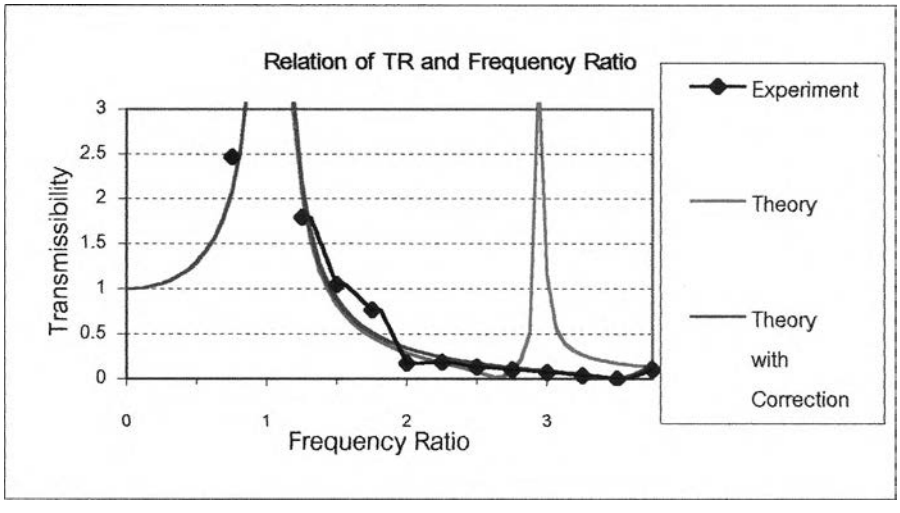
Supporting Position (cm)	Modified Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)															
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio															
		0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility															
32	409.59	1.000	1.060	1.295	2.062	12.652	2.219	0.899	0.522	0.347	0.247	0.183	0.138	0.104	0.074	0.044	0.000
33	356.80	1.000	1.060	1.295	2.064	12.964	2.194	0.890	0.515	0.341	0.241	0.176	0.129	0.091	0.053	0.000	0.198
34	307.65	1.000	1.060	1.296	2.067	13.384	2.163	0.878	0.506	0.332	0.231	0.164	0.113	0.066	0.000	0.278	0.327
35	220.27	1.000	1.060	1.296	2.076	14.851	2.069	0.838	0.475	0.300	0.193	0.108	0.000	0.659	0.350	0.193	0.141
36	220.27	1.000	1.060	1.296	2.076	14.851	2.069	0.838	0.475	0.300	0.193	0.108	0.000	0.659	0.350	0.193	0.141
37	182.04	1.000	1.060	1.297	2.083	16.273	1.996	0.806	0.447	0.268	0.144	0.000	1.174	0.380	0.217	0.159	0.127
38	147.45	1.000	1.060	1.298	2.093	18.919	1.893	0.756	0.399	0.202	0.000	3.542	0.427	0.250	0.183	0.145	0.119
39	147.45	1.000	1.060	1.298	2.093	18.919	1.893	0.756	0.399	0.202	0.000	3.542	0.427	0.250	0.183	0.145	0.119
40	116.51	1.000	1.060	1.298	2.108	25.382	1.739	0.670	0.300	0.000	8.224	0.500	0.294	0.214	0.167	0.136	0.114
41	116.51	1.000	1.060	1.298	2.108	25.382	1.739	0.670	0.300	0.000	8.224	0.500	0.294	0.214	0.167	0.136	0.114
42	116.51	1.000	1.060	1.298	2.108	25.382	1.739	0.670	0.300	0.000	8.224	0.500	0.294	0.214	0.167	0.136	0.114

ตารางที่ 7-7 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากทางทฤษฎีที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข : อัตราส่วนมวล 0.205



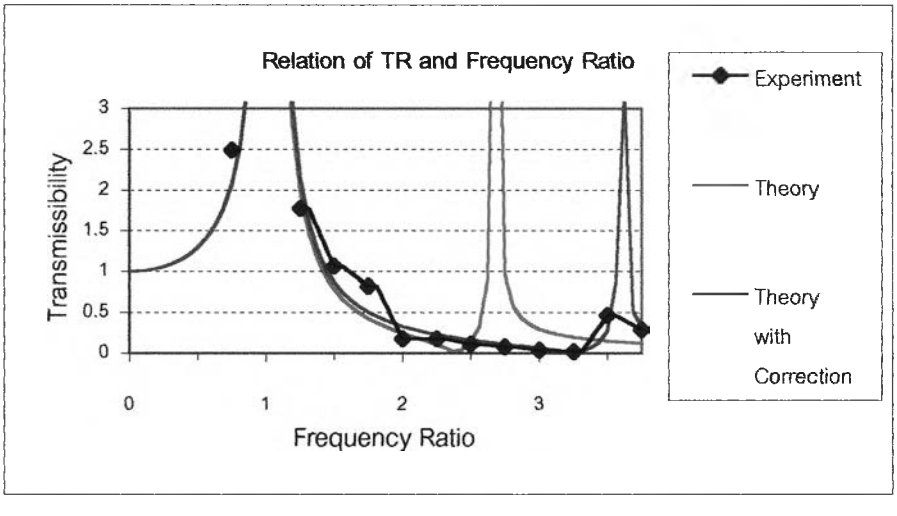
จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 32 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
257.90 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
409.59 kN/m



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 33 cm

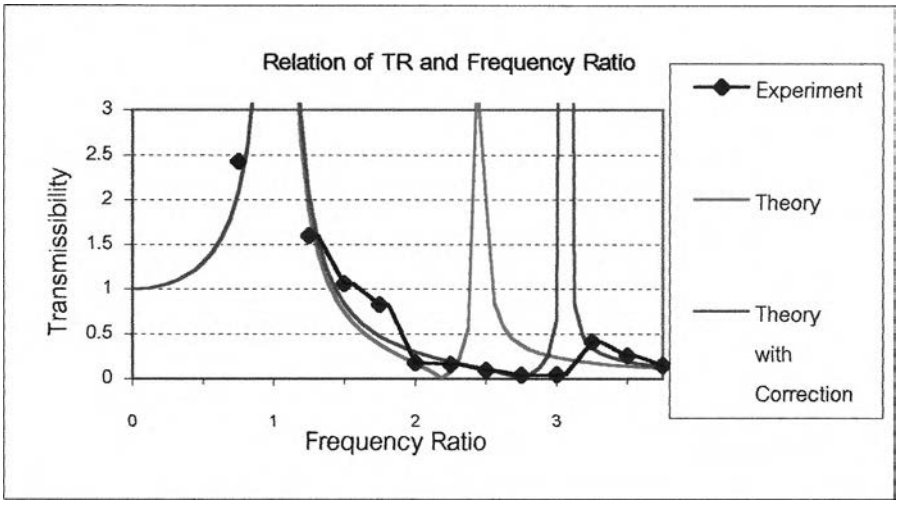
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
204.44 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
356.80 kN/m



จุดรองรับที่ตำแหน่ง 34 cm

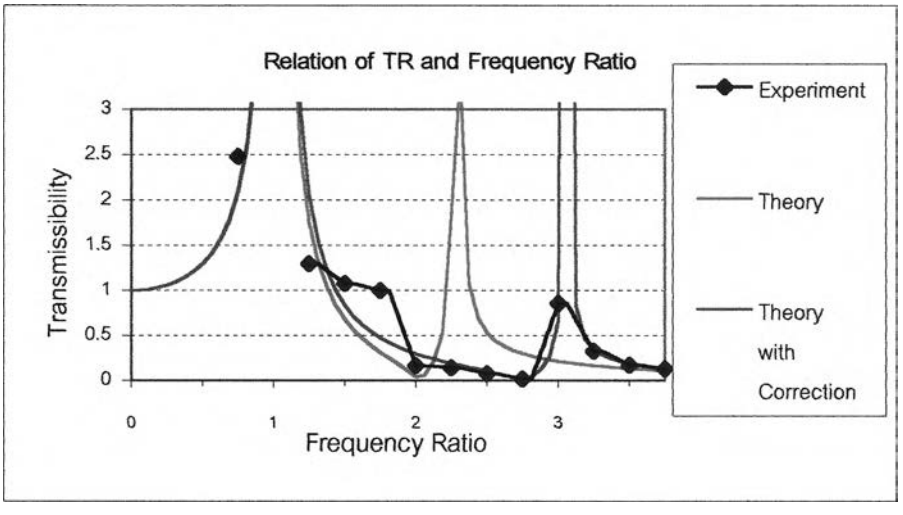
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
167.18 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
307.65 kN/m

รูปที่ 7-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเทียบเมื่อมีการใช้ตัวประกอบแก้ไข (วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวดิ่ง) : อัตราส่วนมวล 0.205



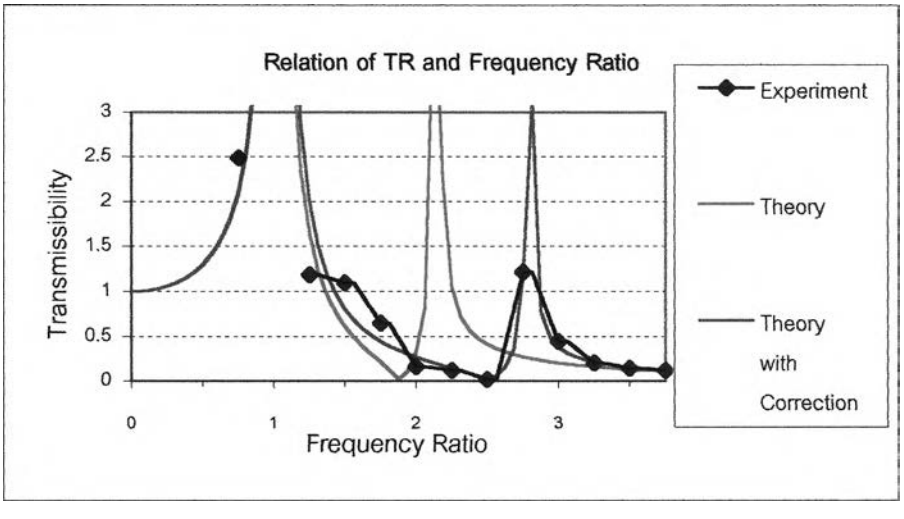
จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 35 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
140.08 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
220.27 kN/m



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 36 cm

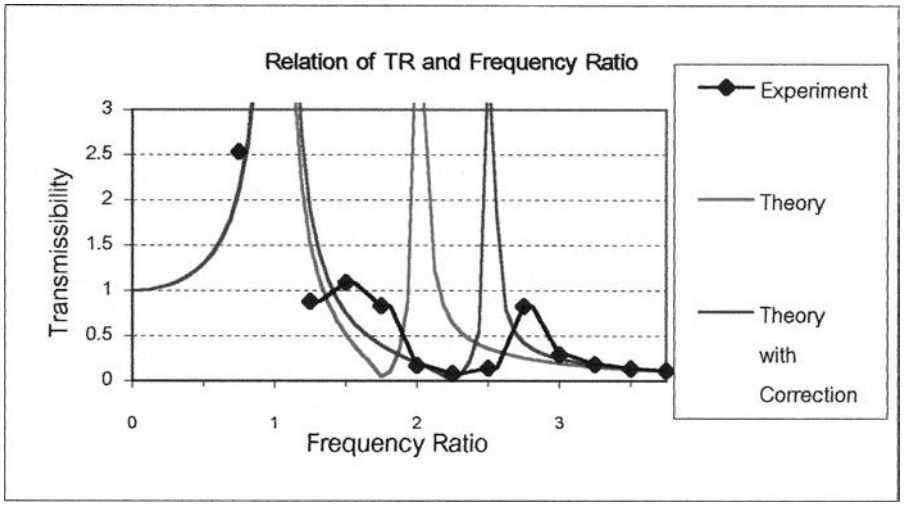
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
119.70 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
220.27 kN/m



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 37 cm

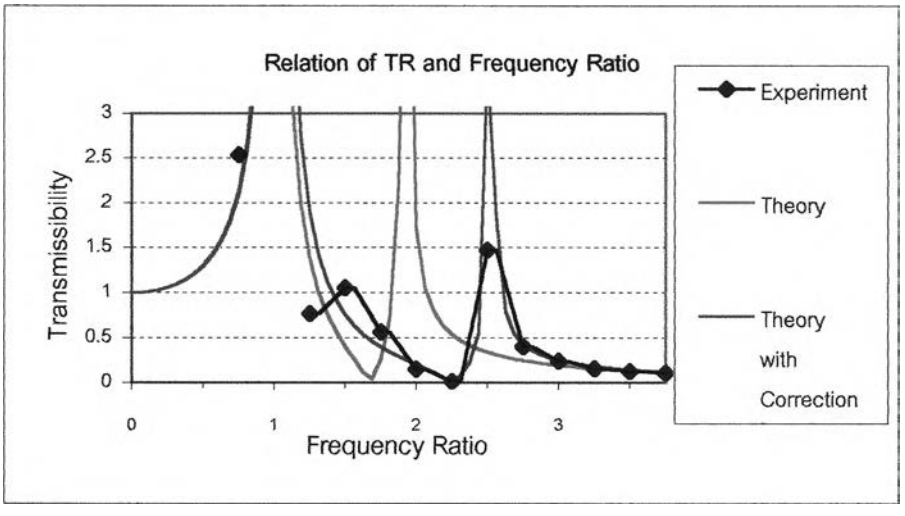
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
103.95 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
182.04 kN/m

รูปที่ 7-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเทียบเมื่อมีการใช้ตัวประกอบแก้ไข (วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง) : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)



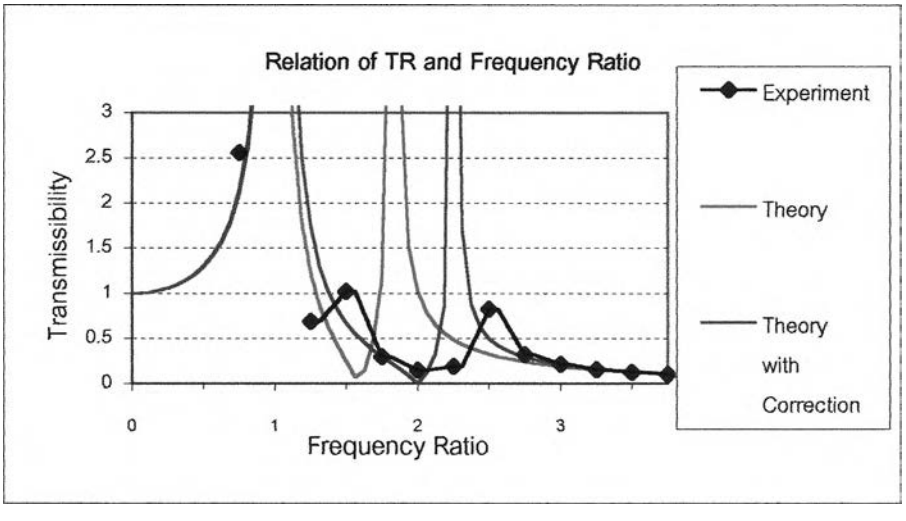
จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 38 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
91.49 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
147.45 kN/m



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 39 cm

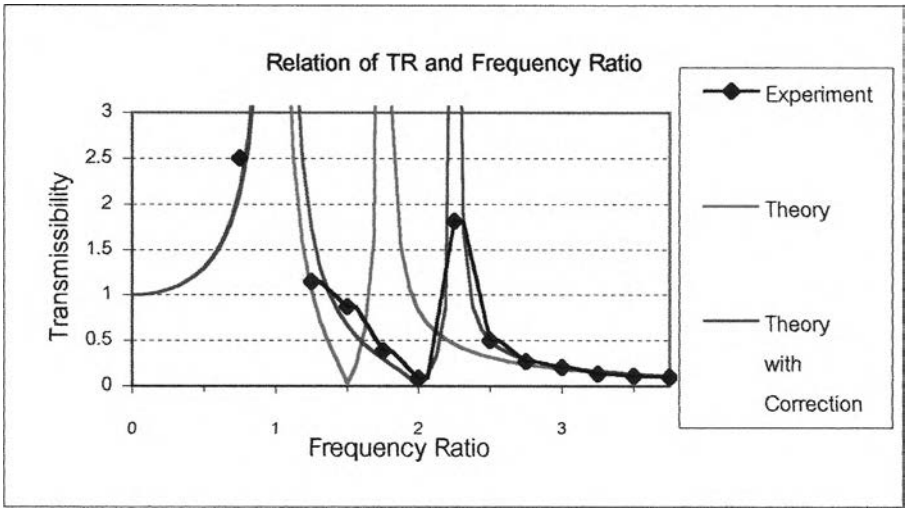
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
81.46 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
147.45 kN/m



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 40 cm

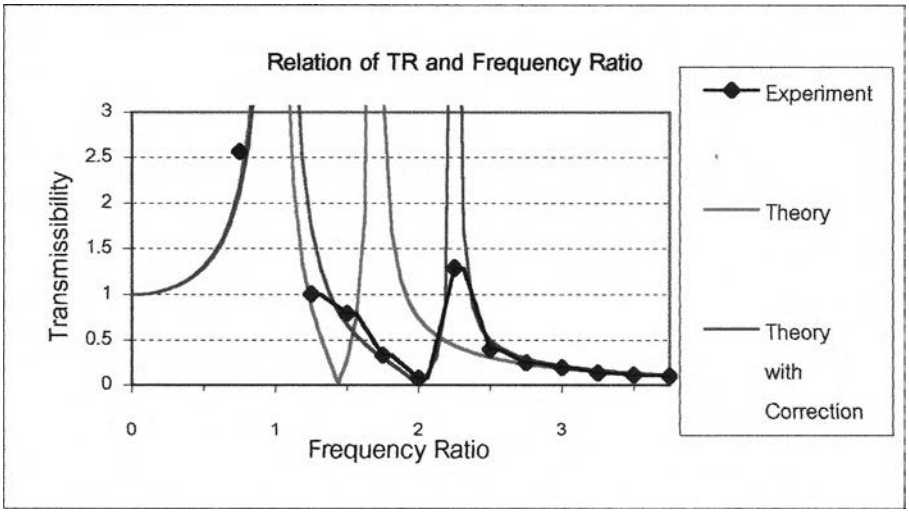
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
73.24 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
116.51 kN/m

รูปที่ 7-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเทียบเมื่อมีการใช้ตัวประกอบแก้ไข (วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง) : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 41 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
66.42 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
116.51 kN/m



จุดรองรับอยู่ที่ตำแหน่ง 42 cm

ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
60.68 kN/m
ความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี
ที่ใช้ตัวประกอบแก้ไข
116.51 kN/m

รูปที่ 7-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ของก้อนมวลหลัก เมื่อเลื่อนจุดรองรับไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ เปรียบเทียบเมื่อมีการใช้ตัวประกอบแก้ไข (วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง) : อัตราส่วนมวล 0.205 (ต่อ)

7-2 การทดลอง 7.2 การทดลองวิเคราะห์ผลของอัตราส่วนมวล (Mass Ratio) เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนมวลที่มีต่อระบบ โดยเปรียบเทียบระบบที่มีอัตราส่วนมวล 0.155 (ใช้คาน BEAM1 และก้อนมวลดูดซับ 12.6 kg), อัตราส่วนมวล 0.205 (ใช้คาน BEAM2 และก้อนมวลดูดซับ 16.6 kg) และอัตราส่วนมวล 0.254 (ใช้คาน BEAM3 และก้อนมวลดูดซับ 20.6 kg)

7-2-1 วิธีการทดลอง

เปลี่ยนคานและก้อนมวลดูดซับและทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 6 ในการทดลอง 7.1 เพื่อดูผลของอัตราส่วนมวลอีก 2 ค่า (อัตราส่วนมวล 0.155 ใช้ตำแหน่งรองรับจากตำแหน่ง 32 ถึง 41 cm. และอัตราส่วนมวล 0.254 ใช้ตำแหน่งรองรับจากตำแหน่ง 34 ถึง 45 cm.)

7-2-2 ผลการทดลอง

- คำนวณค่าความแข็งสปริง k_2 ทางทฤษฎี ได้จากสมการ 4-18 เปรียบเทียบกับรูปที่ 7-5 ได้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ L=50 cm, L_1=25 cm, E=9x10^9 Pa , $I = \frac{bh^3}{12}$ (b คือ ความกว้างคาน และ h คือ ความหนาคาน) และ a คือ ระยะรองรับ

- ค่าความแข็งสปริงของตัวกันการสั่นสะเทือน k_1=188.7x10^3 N/m, มวลของก้อนมวลหลัก m_1= 81.2 kg และ m_2 ขึ้นกับอัตราส่วนมวล โดย m_2 = 12.6 เมื่ออัตราส่วนมวล = 0.155 และ m_2 = 20.6 เมื่ออัตราส่วนมวล = 0.254

- คำนวณค่าอัตราส่วนความถี่จากความเร็วรอบของเครื่องจักรหารด้วยความถี่ธรรมชาติค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้จากการทดลอง

- ตารางที่ 7-8 และ 7-10 ค่าการส่งผ่านทางการทดลองคำนวณจาก $\frac{X_1}{X_0}$ โดย X_1 คือ การกระจัดของก้อนมวลหลักซึ่งวัดจากการทดลอง และ $X_0 = \frac{F_0}{k_1}$ (โดย F_0 คือ ขนาดของแรงไม่สมดุลคำนวณจากสมการ 5-14)

- ตารางที่ 7-9 และ 7-11 ค่าการส่งผ่านทางทฤษฎีคำนวณจาก $\frac{X_1}{X_0}$ โดยใช้สมการ 3-3

- นำข้อมูลจากการทดลองในตารางที่ 7-1, 7-8 และ 7-10 มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกัน โดยมีค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่ความเร็วรอบเท่ากัน (อัตราส่วนความถี่เท่ากันด้วย เนื่องจากความถี่ธรรมชาติค่าต่ำที่สุดจากการทดลองเท่ากันทั้ง 3 ตาราง) ได้ดังรูปที่ 7-12

- นำข้อมูลจากการคำนวณทางทฤษฎีในตารางที่ 7-2, 7-9 และ 7-11 มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกัน โดยมีค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่อัตราส่วนความถี่เดียวกัน (ใช้จำนวนข้อมูลมากกว่าข้อมูลในตารางเพื่อให้เส้นกราฟมีความต่อเนื่อง) ได้ดังรูปที่ 7-13

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)												
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio												
		0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility												
32	200.79	2.244	11.505	2.523	1.154	0.755	0.213	0.213	0.172	0.131	0.100	0.077	0.057	0.034
33	159.20	2.275	11.505	2.305	1.220	0.724	0.202	0.210	0.170	0.125	0.089	0.063	0.029	0.035
34	130.18	2.324	11.505	2.182	1.259	0.868	0.230	0.201	0.158	0.111	0.048	0.021	0.531	0.270
35	109.08	2.359	11.505	1.995	1.273	0.843	0.221	0.198	0.144	0.088	0.015	0.262	0.266	0.143
36	93.21	2.336	11.505	1.832	1.313	0.934	0.187	0.182	0.149	0.043	0.819	0.318	0.166	0.116
37	80.94	2.377	11.505	1.794	1.287	0.720	0.240	0.175	0.085	1.217	0.434	0.208	0.141	0.103
38	71.24	2.428	11.505	1.668	1.339	1.283	0.238	0.150	0.007	0.693	0.257	0.173	0.128	0.098
39	63.43	2.399	11.505	1.689	1.259	0.572	0.090	0.126	0.403	0.424	0.217	0.160	0.123	0.094
40	57.03	2.403	11.505	1.478	1.258	0.492	0.237	0.052	1.044	0.297	0.133	0.151	0.117	0.091
41	51.72	2.193	11.505	1.411	1.133	0.511	0.254	0.039	0.606	0.280	0.180	0.147	0.114	0.090

ตารางที่ 7-8 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากการทดลอง : อัตราส่วนมวล 0.155

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)															
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio															
		0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility															
32	200.79	1.000	1.058	1.280	1.979	8.806	2.497	0.954	0.540	0.350	0.240	0.165	0.100	0.008	3.302	0.242	0.151
33	159.20	1.000	1.058	1.280	1.984	9.160	2.420	0.924	0.517	0.325	0.208	0.108	0.077	0.636	0.231	0.161	0.127
34	130.18	1.000	1.058	1.281	1.990	9.607	2.334	0.889	0.486	0.287	0.142	0.122	0.629	0.263	0.185	0.145	0.119
35	109.08	1.000	1.058	1.281	1.996	10.176	2.236	0.845	0.443	0.222	0.050	1.030	0.328	0.222	0.170	0.137	0.115
36	93.21	1.000	1.058	1.282	2.002	10.914	2.127	0.791	0.381	0.090	7.460	0.455	0.278	0.206	0.163	0.133	0.112
37	80.94	1.000	1.058	1.282	2.010	11.901	2.005	0.723	0.285	0.328	0.787	0.373	0.258	0.197	0.158	0.131	0.111
38	71.24	1.000	1.058	1.283	2.018	13.274	1.870	0.636	0.117	13.137	0.561	0.340	0.247	0.192	0.156	0.129	0.110
39	63.43	1.000	1.058	1.283	2.027	15.298	1.720	0.521	0.249	1.205	0.489	0.323	0.240	0.189	0.154	0.128	0.109
40	57.03	1.000	1.058	1.284	2.036	18.560	1.554	0.362	1.650	0.856	0.454	0.312	0.235	0.186	0.152	0.127	0.108
41	51.72	1.000	1.058	1.285	2.046	24.652	1.369	0.131	6.643	0.736	0.433	0.305	0.232	0.184	0.151	0.126	0.108

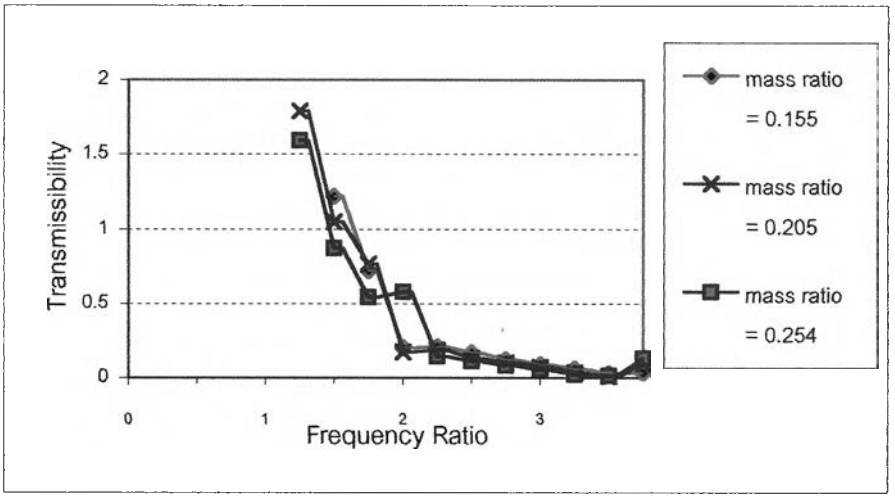
ตารางที่ 7-9 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากทางทฤษฎี : อัตราส่วนมวล 0.155

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)												
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio												
		0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility												
34	339.77	2.453	9.204	1.619	0.855	0.554	0.649	0.147	0.115	0.094	0.070	0.043	0.023	0.007
35	284.69	2.640	9.204	1.592	0.873	0.544	0.580	0.145	0.111	0.081	0.054	0.022	0.015	0.128
36	243.26	2.528	9.204	1.558	0.891	0.553	0.631	0.076	0.103	0.066	0.028	0.022	0.176	0.414
37	211.25	2.532	9.204	1.447	0.887	0.528	0.518	0.083	0.087	0.043	0.014	0.171	0.516	0.201
38	185.94	2.592	9.204	1.454	0.886	0.521	0.376	0.104	0.060	0.006	1.023	0.732	0.241	0.148
39	165.55	2.595	9.204	1.329	0.851	0.492	0.326	0.096	0.029	0.087	1.023	0.323	0.177	0.128
40	148.85	2.506	9.204	1.270	0.875	0.507	0.303	0.084	0.026	1.217	0.548	0.231	0.153	0.116
41	134.98	2.392	9.204	1.202	0.832	0.450	0.290	0.020	0.154	1.217	0.327	0.192	0.137	0.110
42	123.32	2.569	9.204	1.155	0.820	0.445	0.281	0.034	1.473	0.581	0.273	0.175	0.131	0.105
43	113.41	2.574	9.204	1.063	0.783	0.418	0.288	0.202	1.473	0.366	0.237	0.159	0.123	0.102
44	104.92	2.597	9.204	1.002	0.704	0.325	0.417	1.818	0.612	0.303	0.209	0.151	0.119	0.099
45	97.57	2.708	9.204	0.910	0.586	0.060	0.283	1.818	0.432	0.262	0.194	0.141	0.113	0.095

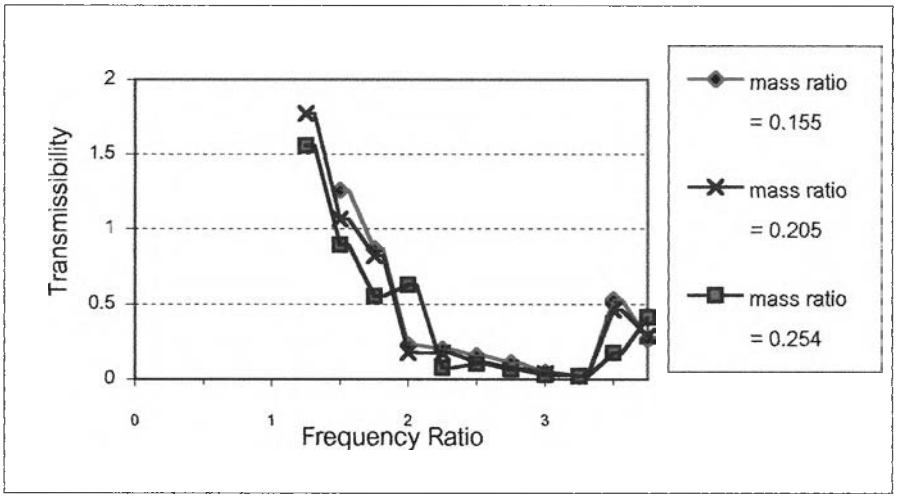
ตารางที่ 7-10 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากการทดลอง : อัตราส่วนมวล 0.254

Supporting Position (cm)	Theory Absorber Stiffness (kN/m)	Running Speed (rpm)															
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
		Frequency Ratio															
		0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75
		Transmissibility															
34	339.77	1.000	1.063	1.312	2.170	32.415	1.858	0.791	0.458	0.298	0.203	0.137	0.083	0.022	0.106	3.512	0.239
35	284.69	1.000	1.063	1.313	2.177	38.766	1.809	0.768	0.440	0.280	0.181	0.105	0.024	0.159	0.963	0.249	0.162
36	243.26	1.000	1.063	1.313	2.184	49.448	1.757	0.743	0.419	0.256	0.148	0.049	0.143	1.471	0.293	0.186	0.140
37	211.25	1.000	1.063	1.314	2.192	70.872	1.701	0.715	0.393	0.225	0.099	0.074	4.517	0.385	0.224	0.164	0.130
38	185.94	1.000	1.063	1.314	2.200	134.64	1.641	0.683	0.362	0.183	0.016	0.539	0.615	0.286	0.198	0.153	0.124
39	165.55	1.000	1.063	1.315	2.209	759.07	1.578	0.647	0.324	0.124	0.157	2.310	0.403	0.250	0.184	0.146	0.120
40	148.85	1.000	1.063	1.315	2.219	128.39	1.511	0.607	0.278	0.035	0.710	0.712	0.336	0.231	0.176	0.142	0.118
41	134.98	1.000	1.063	1.316	2.229	60.934	1.441	0.561	0.219	0.114	10.661	0.516	0.304	0.219	0.170	0.139	0.116
42	123.32	1.000	1.063	1.316	2.240	38.787	1.367	0.509	0.142	0.412	1.225	0.439	0.284	0.211	0.166	0.136	0.114
43	113.41	1.000	1.063	1.317	2.252	27.804	1.289	0.450	0.039	1.299	0.807	0.398	0.272	0.205	0.163	0.134	0.113
44	104.92	1.000	1.063	1.318	2.264	21.258	1.208	0.382	0.107	122.67	0.659	0.373	0.263	0.201	0.161	0.133	0.112
45	97.57	1.000	1.063	1.318	2.276	16.923	1.123	0.304	0.328	2.333	0.584	0.356	0.256	0.198	0.159	0.132	0.111

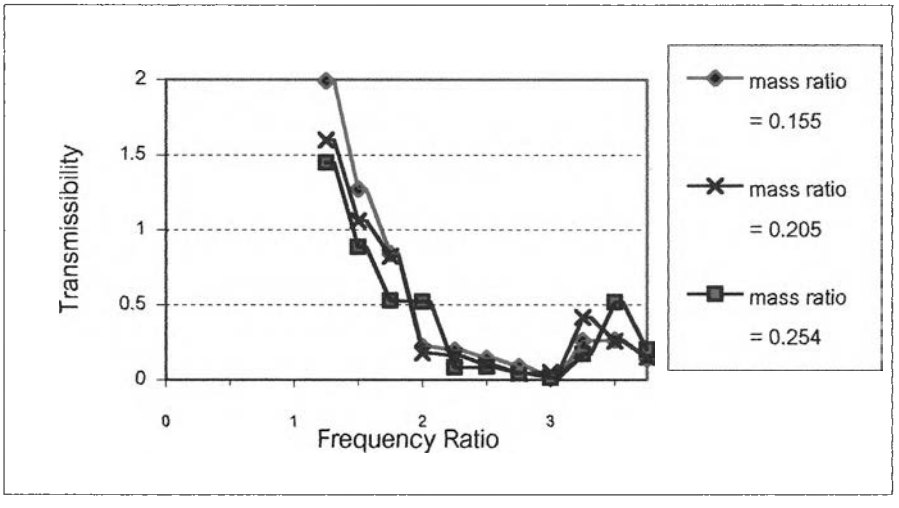
ตารางที่ 7-11 ค่าการส่งผ่านของก้อนมวลหลักจากทางทฤษฎี : อัตราส่วนมวล 0.254



ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่
Frequency Ratio = 3.5
1400 rpm

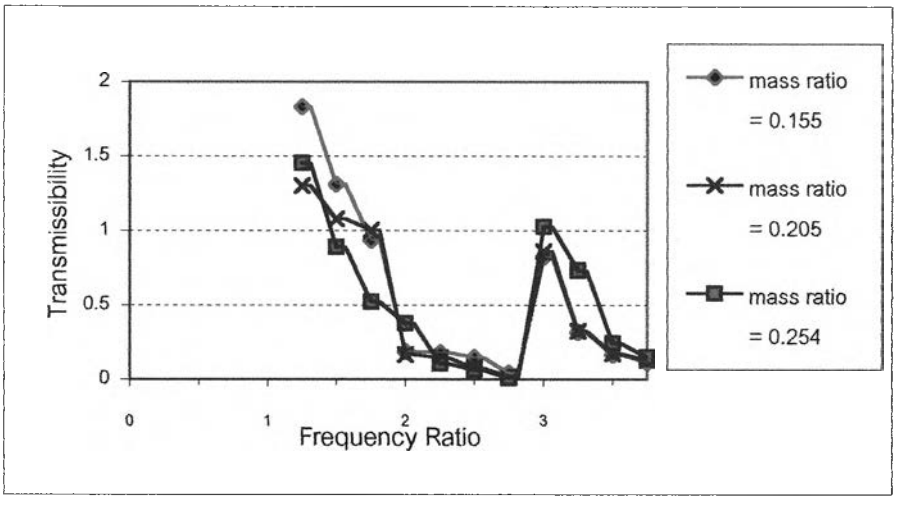


ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่
Frequency Ratio = 3.25
1300 rpm

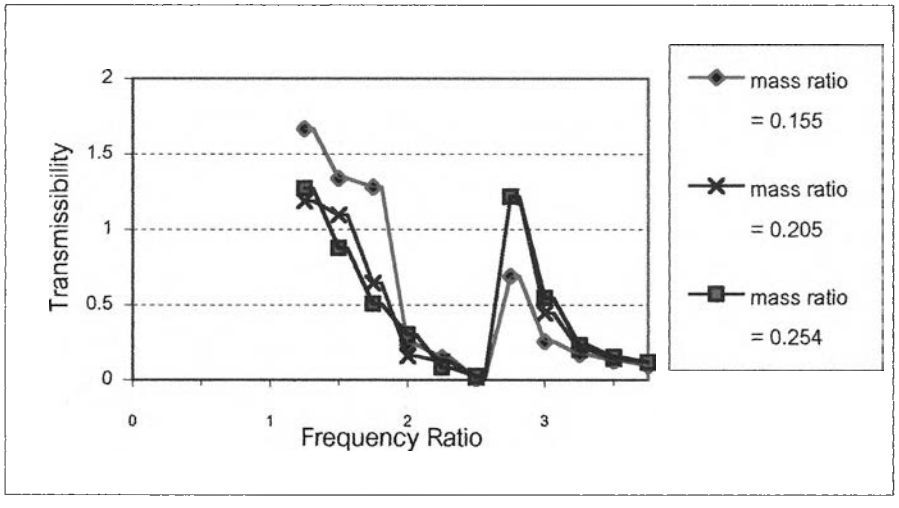


ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่
Frequency Ratio = 3.0
1200 rpm

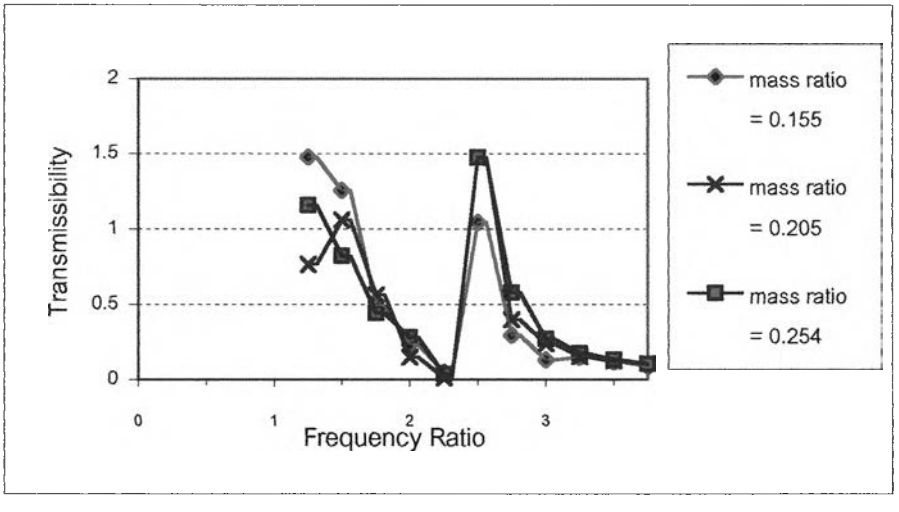
รูปที่ 7-12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ ที่มีอัตราส่วนมวลต่างกัน
โดยมีตำแหน่งค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่อัตราส่วนความถี่เดียวกัน : วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง



ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่
Frequency Ratio = 2.75
1100 rpm

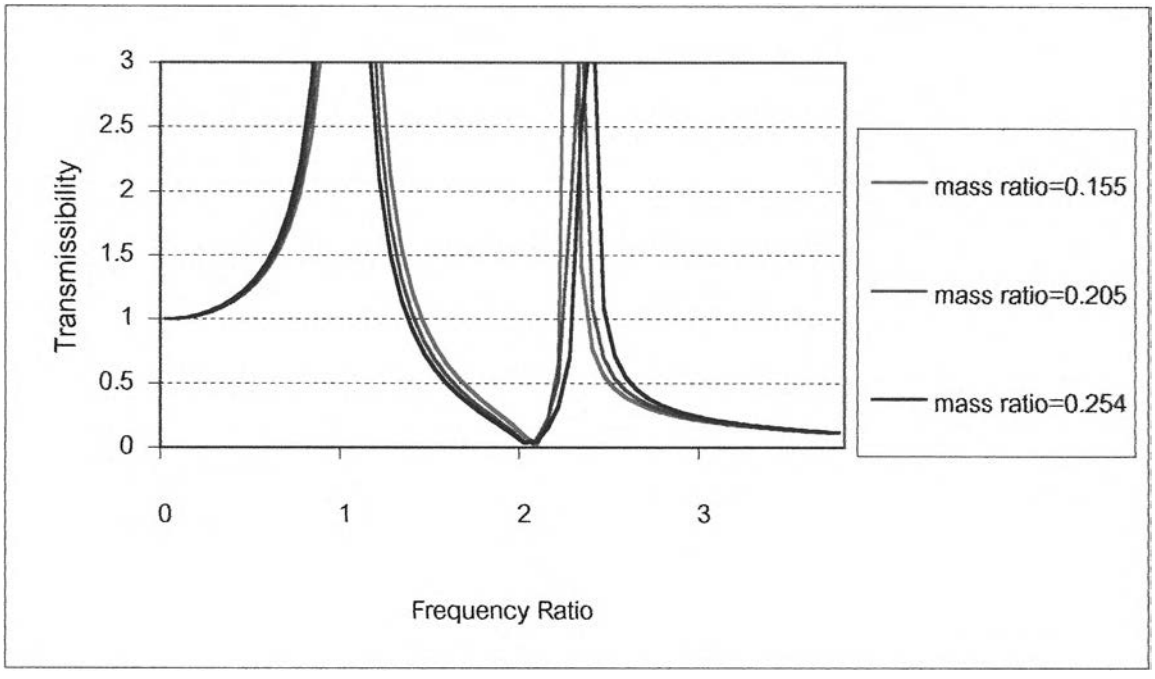


ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่
Frequency Ratio = 2.5
1000 rpm



ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่
Frequency Ratio = 2.25
900 rpm

รูปที่ 7-12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ ที่มีอัตราส่วนมวลต่างกัน
โดยมีตำแหน่งค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่อัตราส่วนความถี่เดียวกัน : วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง (ต่อ)



ค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่อัตราส่วนความถี่ 2 หรือ 800 rpm

รูปที่ 7-13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ ที่มีอัตราส่วนมวลต่างกัน
โดยมีตำแหน่งค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่จุดเดียวกัน : วิเคราะห์ระบบแบบ 2 ลำดับขั้นความเสรีในแนวตั้ง (ทางทฤษฎี)

7-2-3 อภิปรายผลการทดลอง

1. พิจารณารูปที่ 7-13 เป็นรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ที่มีอัตราส่วนมวลต่างกัน โดยมีตำแหน่งค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่จุดเดียวกันทางทฤษฎี (เพื่อเปรียบเทียบตัวดูดซับการสั่นสะเทือนที่เหมาะสมกับการทำงานที่ความเร็วรอบของเครื่องจักรค่าเดียวกัน แต่มีอัตราส่วนมวลต่างกัน) สังเกตว่า แนวโน้มของกราฟมีลักษณะคล้ายกันทั้ง 3 เส้น คือมีจุดต่ำสุดหนึ่งจุด อยู่ระหว่างความถี่ธรรมชาติ 2 ค่า และสำหรับกราฟที่มีอัตราส่วนมวลสูงกว่า ความชันของกราฟจะต่ำกว่าทั้งด้านขวาและด้านซ้ายของจุดต่ำสุด

2. พิจารณารูปที่ 7-12 เป็นรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านและอัตราส่วนความถี่ที่มีอัตราส่วนมวลต่างกัน โดยมีตำแหน่งค่าการส่งผ่านต่ำที่สุดที่จุดเดียวกันทางการทดลอง สังเกตว่า ความชันของกราฟด้านซ้ายของจุดต่ำสุดจะเป็นไปตามทฤษฎี แต่ความชันด้านขวาของจุดต่ำสุดไม่เป็นไปตามทฤษฎี เนื่องจากอยู่ใกล้กับความถี่ธรรมชาติ ในการเก็บค่าผลการทดลองที่ความถี่ธรรมชาติ เมื่อขนาดการสั่นสะเทือนมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วต้องเก็บผลการทดลองทันที เพื่อไม่ให้ระบบมีการสั่นสะเทือนมากเกินไปซึ่งอาจทำให้ระบบที่ใช้ทดลองเสียหาย ทำให้ขนาดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ธรรมชาติมีค่าต่ำกว่าในทางทฤษฎี และมีความไม่แน่นอนไม่สามารถเปรียบเทียบความชันด้านขวาของจุดต่ำสุดได้

3. ผลดีของระบบที่มีอัตราส่วนมวลสูง พิจารณาจากตารางที่ 7-12 พบว่าถ้าความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับมีความคลาดเคลื่อนไป 10% สำหรับอัตราส่วนมวลที่สูงกว่าขนาดการสั่นสะเทือนจะยังคงมีค่าต่ำกว่าทุกความเร็วรอบของเครื่องจักร นั่นคือ การใช้อัตราส่วนมวลสูงช่วยลดการสั่นสะเทือนที่เป็นผลจากการใช้สปริงของตัวดูดซับที่มีค่าความแข็งสปริงคลาดเคลื่อนได้ดีกว่าการใช้อัตราส่วนมวลที่ต่ำ

4. ผลดีของระบบที่มีอัตราส่วนมวลต่ำ คือ การติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเพิ่มเติมจะมีขนาดและน้ำหนักที่น้อยกว่า เนื่องจากค่าความแข็งสปริงแปรผันตามอัตราส่วนมวลดังนั้นอัตราส่วนมวลที่มากขึ้นทำให้ต้องใช้คานขนาดใหญ่ขึ้น โครงสร้างรองรับที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและหนักขึ้นเพื่อให้โครงสร้างที่รองรับมีความแข็งเกร็งมาก

5. การติดตั้งก้อนมวลดูดซับที่อัตราส่วนมวลคลาดเคลื่อนไป 10% จากอัตราส่วนมวล 0.205 ได้ผลดังตารางที่ 7-13 ซึ่งค่าการส่งผ่านยังคงน้อยกว่าเมื่อไม่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน

6. เมื่อความเร็วรอบของเครื่องจักรเปลี่ยนไป ต้องปรับค่าความแข็งสปริงของตัวดูดซับให้เหมาะสมตามความสัมพันธ์ $k_2 = m_2\omega^2$ โดยการเลื่อนตำแหน่งรองรับของคาน เพื่อให้แรงส่งผ่านไปยังพื้นน้อยที่สุด

Running Speed (rpm)	Mass Ratio 0.155				Mass Ratio 0.205				Mass Ratio 0.254			
	Suitable k_2 (kN/m)	Transmissibility			Suitable k_2 (kN/m)	Transmissibility			Suitable k_2 (kN/m)	Transmissibility		
		k_2 with -10% error	k_2 with no error	k_2 with +10% error		k_2 with -10% error	k_2 with no error	k_2 with +10% error		k_2 with -10% error	k_2 with no error	k_2 with +10% error
1500	310.89	0.192	0.000	0.036	409.589	0.101	0.000	0.030	508.285	0.068	0.000	0.025
1400	270.82	0.214	0.000	0.042	356.797	0.114	0.000	0.034	442.772	0.078	0.000	0.029
1300	233.51	0.240	0.000	0.049	307.647	0.130	0.000	0.040	381.778	0.089	0.000	0.034
1200	198.97	0.270	0.000	0.057	262.137	0.149	0.000	0.047	325.302	0.103	0.000	0.040
1100	167.19	0.306	0.000	0.069	220.268	0.172	0.000	0.057	273.344	0.120	0.000	0.048
1000	138.17	0.348	0.000	0.085	182.039	0.201	0.000	0.070	225.904	0.142	0.000	0.059
900	111.92	0.397	0.000	0.107	147.452	0.237	0.000	0.088	182.982	0.169	0.000	0.074
800	88.43	0.455	0.000	0.139	116.505	0.283	0.000	0.113	144.579	0.205	0.000	0.096

ตารางที่ 7-12 ค่าการส่งผ่านเมื่อค่าความแข็งสปริงของสปริงของตัวดูดซับ k_2 คลาดเคลื่อน เปรียบเทียบแต่ละอัตราส่วนมวล

Supporting Position (cm)	K2 (kN/m) with Correction Factor 1.7	Running Speed (rpm)	Transmissibility			
			Mass Ratio -10% error	Mass Ratio 0.205	Mass Ratio +10% error	No Absorber Installed
33	347.55	1375	0.053	0.005	0.069	0.203
34	284.21	1250	0.050	0.001	0.099	0.257
35	238.14	1150	0.056	0.009	0.137	0.319
36	203.49	1050	0.079	0.012	0.104	0.408
37	176.71	975	0.096	0.021	0.104	0.506
38	155.53	925	0.095	0.002	0.169	0.596

ตารางที่ 7-13 เปรียบเทียบค่าการส่งผ่านเมื่ออัตราส่วนมวลคลาดเคลื่อนไป 10%