

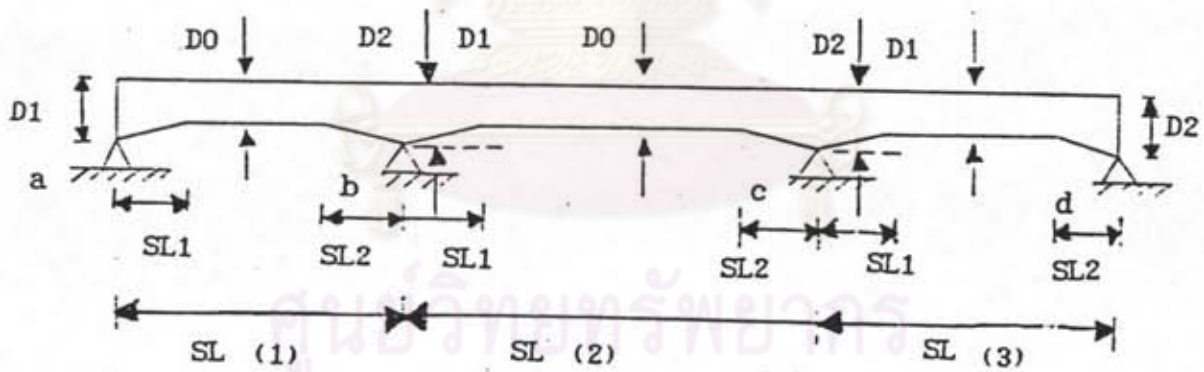


การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์

5.1 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ผลของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการคำนวณการวิเคราะห์และออกแบบด้วยมือกับผลลัพธ์การคำนวณการวิเคราะห์และออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบจะเป็นรูปแบบของสะพานที่มีคานที่มีรูปร่างหน้าตัดแปรเปลี่ยนทั้งแบบ STRAIGHT HAUNCH และแบบ PARABOLIC HAUNCH

ตัวอย่างที่ 1 ออกแบบคานของสะพานในลักษณะหน้าตัดแปรเปลี่ยน เป็นแบบ Straight Haunch 3 ช่วงคาน เพื่อรับน้ำหนักกระทำโดยรถบรรทุก HS 20 - 44 ลักษณะของคานเป็นดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของคาน Straight Haunch

โดยที่

- SL คือ ความยาวของช่วงคาน
- SL1 คือ ความยาวของช่วงคานด้านซ้ายที่มีการเปลี่ยนค่าเงินที่หน้าตัด
- SL2 คือ ความยาวของช่วงคานด้านขวาที่มีการเปลี่ยนค่าเงินที่หน้าตัด
- D1 คือ ความลึกของคานด้านปลายซ้าย

D2 คือ ความลึกของคานด้านปลายขวา

D0 คือ ความลึกของกึ่งกลางคาน

ในตัวอย่างนี้กำหนดให้คานต่าง ๆ เป็นดังนี้

กรณีคานช่วงที่ (1)

SL = 99.00 ฟุต (30.18 เมตร)

SL1 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

SL2 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

D1 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

D0 = 5.90 ฟุต (1.80 เมตร)

D2 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

กรณีของคานช่วงที่ (2)

SL = 132.00 ฟุต (40.23 เมตร)

SL1 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

SL2 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

D1 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

D0 = 5.90 ฟุต (1.80 เมตร)

D2 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

กรณีของคานช่วงที่ (3)

SL = 99.00 ฟุต (30.18 เมตร)

SL1 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

SL2 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

D1 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

D0 = 5.90 ฟุต (1.80 เมตร)

D2 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

ระยะระหว่างหน้าตัดย่อยที่ทำการแบ่ง = 16.5 ฟุต (5.03 เมตร)

ความกว้างของคานทั้ง 3 ช่วงมีค่า = 0.98 ฟุต (0.30 เมตร)

โดยให้มีการทูลตัวที่จูดรองรับ (Support) A และ B = 0.033 ฟุต (0.01 เมตร)

สำหรับการคำนวณ แสดงผลในตารางโดยเริ่มตั้งแต่ตารางที่ 5.1 - 5.12 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ในตารางการคำนวณด้วยมือ ตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 เป็นตารางแสดงการหาค่าแรงดัดและแรงเฉือน ที่เกิดจากค่าแรงที่ห้องหน่วยกระทำ โดยที่แรงที่ห้องหน่วยนี้ จะเคลื่อนที่ไปทุก ๆ จุด ที่ได้ทำการแบ่งกำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มแรก ในขณะที่แรงที่ห้องหน่วยนั้นทำการเคลื่อนที่ไปก็จะคำนวณค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแต่ละจุด ในตัวอย่างเป็นคานสามช่วง โดยความยาวทั้งหมด 330 ฟุต (100.58 เมตร) กำหนดให้จุดที่จะให้เป็นตำแหน่งที่แรงที่ห้องหน่วยกระทำมีระยะห่างกัน 16.50 ฟุต (5.03 เมตร) ดังนั้นจะมีตำแหน่งที่แรงที่ห้องหน่วยกระทำอยู่ 19 ตำแหน่ง เมื่อแรงที่ห้องหน่วยอยู่ที่จุดที่ 1 ก็จะทำการคำนวณหาค่าและแรงเฉือน ในทุกจุดบนคาน

คือตั้งแต่จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 19 ในทำนองเดียวกัน เมื่อแรงที่ห้องหน่วยเคลื่อนที่ไปที่จุดที่ 2 ก็จะทำการคำนวณหาค่าแรงดัด และค่าแรงเฉือนในทุกจุดบนคานคือ ตั้งแต่จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 19 เช่นเดียวกัน ซึ่งผลการคำนวณ แสดงอยู่ในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 เป็นตารางแสดงค่าแรงดัด และค่าแรงเฉือน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สำหรับการสร้างค่าแรงดัด และค่าแรงเฉือนจากแรงที่ห้องหน่วยนั้น สำหรับกรณีของน้ำหยกของคานที่มีการแปรเปลี่ยนรูปร่างของหน้าตัดก็จะให้ค่าแรงที่ห้องหน่วยนั้น แปรเปลี่ยนไปเช่นกันโดยเปลี่ยนเป็นอัตราส่วนเดียวกันกับหน้าตัดของคาน

ในตารางที่ 5.3 และในตารางที่ 5.4 มีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับ ในตารางที่ 5.1 และ ในตารางที่ 5.2 ทุกประการ โดยใช้ค่าแรงที่ห้องหน่วย กระทำที่ทุก ๆ จุดที่ทำการแบ่งไว้ และหาค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือน จะมีข้อแตกต่างกัน ก็ในกรณีที่น้ำหนักที่ห้องหน่วยมากกระทำไม่ต้องการแปรเปลี่ยน ค่าตามรูปร่างหน้าตัดของคานเนื่องจากในตารางที่ 5.3 และในตารางที่ 5.4 เป็นตารางคำนวณค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือน จากแรงที่ห้องหน่วยเพื่อนำไปคำนวณค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือน จากน้ำหนักบรรทุกทุกราย

ในตารางที่ 5.5 เป็นการคำนวณผลรวมของค่าแรงดัด และค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นของแต่ละจุดเมื่อแรงที่ห้องหน่วยเคลื่อนที่ไป โดยแยกออกเป็นค่าที่ทำให้เกิดแรงดัดที่มีค่าบวก และมีค่าเป็นลบ สำหรับแรงเฉือนก็เช่นกัน แยกออกเป็นค่าแรงเฉือนที่มีค่าเป็นบวก และ ค่าแรงเฉือนที่มีค่าเป็นลบ รวมทั้งการเลือกค่าสูงสุด สำหรับค่าแรงดัด และค่าแรงเฉือนสูงสุดด้วย ในตารางที่ 5.5 นี้ใช้ผลการคำนวณมาจากตารางการคำนวณที่ 5.1 และตารางที่ 5.2

ในตารางที่ 5.6 คำนวณค่ามาจากตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 โดยวิธีการ เช่นเดียวกับตารางที่ 5.5

ในตารางที่ 5.7 เป็นการคำนวณค่าแรงดัดที่เกิดขึ้นจริงจากน้ำ หนักบรรทุกที่คิดเป็นน้ำหนักเทียบเท่า (Equivalent Loading) โดยที่ในตัวอย่างการออกแบบครั้งนี้ ค่าน้ำหนักที่เป็นชนิด Dead Load มีค่า 2507.70 kg/m ค่าน้ำหนัก ชนิด Live Load มีค่า 668.37 kg/m ค่าน้ำหนักกระทำลงเป็นจุดมีค่า 5729.58 kg (สำหรับคำนวณค่าแรงดัด) และค่าน้ำหนักกระทำลงเป็นจุดมีค่า 8276.06 kg (สำหรับคำนวณค่าแรงเฉือน) ในช่วงของ แรงดัดจากน้ำหนักชนิด Dead Load เกิดจากค่าของผลรวมของแรงดัดจากแรงซึ่งหน่วย ในตารางที่ 5.5 คูณกับค่าน้ำหนักชนิด Dead Load ที่ออกแบบในช่วงแรงดัด ที่เกิดจากน้ำหนักชนิด Live load เกิดจากค่าผลรวมของแรงดัดจากแรงซึ่งหน่วยในตาราง ที่ 5.6 คูณกับค่า น้ำหนักชนิด Live Load ที่ออกแบบ ผลที่ได้จะเป็นค่าแรงดัด แรงดัดที่เกิดจากน้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ สำหรับค่าแรงดัดสูงสุด ในตารางที่ 5.6 คูณกับค่าน้ำหนักกระทำลงเป็นจุด ก็จะได้ค่าแรงดัดที่เกิดขึ้น สำหรับกรณีของน้ำหนักกระทำลงเป็นจุด ในช่วงของแรงดัดผลจากการกระทำ ก็คำนวณค่ามาจากช่วงของผลรวมของแรงดัด โดยกำหนดให้มีค่ามากที่สุดไม่เกิน 30% ของค่าผลรวมของแรงดัด ช่วงสุดท้ายเป็นช่วงของผลรวมของค่าแรงดัดทั้งหมด เกิดจากผลรวมของ แรงดัดที่เกิดจากน้ำหนักชนิด Dead Load แรงดัดที่เกิดจากน้ำหนักชนิด Live Load และแรงดัดผลจากการกระทำรวมกัน

ในทำนองเดียวกันตารางที่ 5.9 เป็นการคำนวณค่าแรงเฉือน ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกเทียบเท่า (Equivalent Load) โดยมีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณแรงดัดในตารางที่ 5.7 เพียงแต่ในช่วงของการคำนวณค่าแรงเฉือนสำหรับน้ำหนักกระทำลงเป็นจุด ใช้ค่าน้ำหนักสำหรับการคำนวณค่าแรงเฉือนซึ่งมีค่า 8276.06 kg ดังกล่าว ตารางที่ใช้ประกอบการคำนวณในตารางที่ 5.9 นี้ คือตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6

ในตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.10 เป็นการคำนวณค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้น จากน้ำหนักที่ทำการออกแบบวิ่งบนสะพานตารางที่ใช้ประกอบการคำนวณ สำหรับตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.10 คือตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 โดยเลือกตำแหน่งที่ทำให้เกิดค่าแรงดัดสูงสุดและค่าแรงเฉือนสูงสุด ในตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 แล้วให้น้ำหนักของรถยนต์ที่กระทำลงที่เวลาของล้อกลางกระทำที่จุดนั้น เปรียบเสมือนน้ำหนักกระทำลงเป็นจุด ส่วนน้ำหนักที่กระทำลงที่เวลาล้อหน้า และล้อหลังก็เปรียบเสมือนน้ำหนักกระทำลงเป็นจุดเช่นกัน โดยกระทำห่างจากล้อกลางตามระยะมาตรฐานของรถยนต์ หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าแรงดัด และค่าแรงเฉือนที่ทุกจุดของคานสะพานได้

ในตารางที่ 5.11 เป็นการเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ จากการคำนวณด้วยมือ และผลลัพธ์นี้

คำนวณจากโปรแกรม คอมพิวเตอร์ สำหรับค่าแรงตัดและแรงเงือตามลำดับ

ในตารางที่ 5.12 เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ จากการคำนวณ ด้วยมือ และผลลัพธ์
ที่คำนวณ มาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับค่าแรงตัด และค่าแรงเงือน เมื่อให้ค่าตรงรับของ
ค่าเผื่อการหลุดตัวดังกล่าว



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงการหักค่าแรงตัดจากค่าแรงที่ยังช่วยสำหรับกรณี Dead Load.

ตำแหน่ง	ตำแหน่งของงานที่ตัด																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+11.934	+8.460	+5.610	+3.164	+1.341	0.000	-1.085	-1.738	-1.904	-1.783	-1.428	-0.915	-0.446	0.000	+0.328	+0.469	+0.499	+0.394	+0.215
2	+8.650	+16.919	+11.202	+6.327	+2.682	0.000	-2.169	-3.427	-3.808	-3.566	-2.856	-1.903	-0.892	0.000	+0.058	+0.977	-10.996	+0.788	+0.429
3	+5.276	+10.529	+16.820	+9.491	+4.022	0.000	-3.254	-5.140	-5.711	-5.349	-4.284	-2.854	-1.337	0.000	+0.987	+1.465	+1.497	+1.182	+0.644
4	+1.947	+4.139	+7.553	+12.654	+5.363	0.000	-4.336	-6.854	-7.615	-7.132	-5.712	-3.806	-1.783	0.000	+1.316	+1.954	+1.995	+1.575	+0.859
5	-1.388	-2.252	-1.696	+0.968	+6.704	0.000	-5.423	-8.567	-9.519	-8.916	-7.140	-4.757	-2.229	0.000	+1.645	+2.433	+2.494	+1.969	+1.073
6	-4.710	-8.642	-10.946	-10.719	-7.218	0.000	-6.507	-10.280	-11.422	-10.698	-8.568	-5.709	-2.675	0.000	+1.974	+2.931	+2.993	+2.363	+1.288
7	-3.960	-7.266	-9.203	-9.013	-6.069	0.000	+7.326	+1.429	-1.785	-3.273	-3.356	-2.568	-1.246	0.000	+0.825	+1.224	+1.251	+0.967	+0.538
8	-3.210	-5.891	-7.461	-7.306	-4.920	0.000	+5.898	+13.137	+7.853	+4.151	+1.856	+0.573	+0.183	0.000	-0.324	-0.481	-0.492	-0.388	-0.211
9	-2.461	-4.515	-5.719	-5.600	-3.711	0.000	+4.469	+9.997	+17.492	+11.576	+7.007	+3.714	+1.611	0.000	-1.473	-2.188	-2.234	-1.764	-0.961
10	-1.711	-3.139	-3.978	-3.894	-2.622	0.000	+3.040	+6.856	+12.279	+19.001	+12.279	+6.856	+3.040	0.000	-2.622	-3.894	-3.978	-3.139	-1.711
11	-0.961	-1.764	-2.234	-2.188	-1.473	0.000	+1.611	+3.714	+7.008	+11.577	+17.491	+9.997	+4.469	0.000	-3.771	-5.600	-5.719	-4.151	-2.461
12	-0.211	-0.388	-0.492	-0.481	-0.320	0.000	+0.183	+0.573	+1.856	+4.152	+7.853	+13.138	+5.898	0.000	-4.920	-7.306	-7.461	-5.891	-3.210
13	+0.538	+0.967	+1.251	+1.225	+0.825	0.000	-1.246	-2.568	-3.356	-3.273	-1.785	+1.429	+7.327	0.000	-6.069	-9.013	-9.203	-7.266	-3.960
14	+1.288	+2.363	+2.993	+2.931	+1.974	0.000	-2.675	-5.709	-8.568	-10.698	-11.423	+10.280	-6.507	0.000	-7.218	-10.719	-10.946	-8.642	-4.710
15	+1.073	+1.969	+2.797	+2.443	+1.645	0.000	-2.229	-4.757	-7.140	-8.915	-9.519	-8.587	-5.523	0.000	+6.704	+0.967	-1.696	-2.252	-1.381
16	+0.859	+1.575	+1.995	+1.594	+1.316	0.000	-1.783	-3.806	-5.712	-7.132	-7.615	-6.854	-4.338	0.000	+5.363	+12.654	+7.553	+4.139	+1.947
17	+0.644	+1.182	+1.497	+1.465	+0.987	0.000	-1.337	-2.850	-4.284	-5.349	-5.711	-5.140	-3.254	0.000	+4.022	+9.491	+16.802	+10.529	+5.276
18	+0.429	+0.788	+0.996	+0.977	+0.658	0.000	-0.892	-1.903	-2.856	-3.566	-3.807	-3.427	-2.169	0.000	+2.682	+6.327	+11.202	+16.919	+8.606
19	+0.215	+0.394	+0.499	+0.469	+0.329	0.000	-0.446	-0.951	-1.428	-1.783	-1.900	-1.713	-1.085	0.000	+1.341	+3.163	+5.601	+8.460	+11.934

ตารางที่ 5.2

แสดงการหาค่าแรงเฉือนจากค่าแรงดึงหน่วยสำหรับกรณี Dead Load.

ตำแหน่ง	ตำแหน่งของสมาชิก																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+0.786	+0.579	+0.389	+0.225	+0.094	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.108	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.030	+0.030	+0.024	+0.013
2	-0.214	+0.579	+0.389	+0.225	+0.094	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.108	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.030	+0.030	+0.024	+0.013
3	-0.214	+0.421	+0.610	+0.225	+0.094	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.108	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.030	+0.030	+0.024	+0.013
4	-0.214	+0.579	+0.389	+0.225	+0.094	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.108	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.030	+0.030	+0.024	+0.013
5	-0.214	+0.579	+0.389	+0.775	+0.094	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.108	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.030	+0.030	+0.024	+0.013
6	-0.214	+0.579	+0.389	+0.775	+0.906	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.108	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.030	+0.030	+0.024	+0.013
7	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	+0.904	+0.786	+0.647	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
8	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	+0.786	+0.647	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
9	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	-0.215	-0.353	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
10	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	-0.215	-0.353	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
11	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	-0.215	-0.353	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
12	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	-0.215	-0.353	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
13	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	-0.215	-0.353	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
14	+0.045	+0.083	+0.105	+0.103	+0.070	0.000	-0.096	-0.215	-0.353	+0.500	+0.353	+0.215	+0.096	0.000	-0.070	-0.013	-0.105	-0.083	-0.045
15	-0.013	-0.024	-0.030	-0.030	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	+0.906	+0.775	+0.610	+0.421	+0.214
16	-0.013	-0.024	-0.030	-0.030	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.094	+0.775	+0.610	+0.421	+0.214
17	-0.013	-0.024	-0.030	-0.030	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.094	-0.225	+0.610	+0.421	+0.214
18	-0.013	-0.024	-0.030	-0.030	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.094	-0.225	+0.610	+0.421	+0.214
19	-0.013	-0.024	-0.030	-0.030	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.094	-0.225	+0.610	+0.421	+0.214
20	-0.013	-0.024	-0.030	-0.030	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.094	-0.225	+0.610	+0.421	-0.786

ตารางที่ 5.3

แสดงการหาค่าแรงตัดจากค่าแรงดึงหน่วยกิโลวัตต์ Live Load.

ด้านหนึ่ง	ด้านตรงข้ามจากนี้																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+12.965	+9.560	+6.428	+3.713	+1.547	0.000	-1.084	-1.713	-1.904	-1.783	-1.428	-0.951	-0.446	0.000	+0.329	+0.489	+0.499	+0.394	+0.215
2	+9.430	+19.119	+12.851	+7.427	+3.094	0.000	-2.189	-3.427	-3.807	-3.566	-2.856	-1.903	-0.892	0.000	+0.658	+0.977	+0.998	+0.788	+0.429
3	+5.895	+12.179	+19.277	+11.140	+4.641	0.000	-3.253	-5.140	-5.711	-5.349	-4.284	-2.854	-1.337	0.000	+0.907	+1.465	+1.496	+1.181	+0.644
4	+2.360	+5.239	+9.203	+14.854	+6.188	0.000	-4.338	-6.853	-7.615	-7.132	-5.712	-3.808	-1.783	0.000	+1.316	+1.954	+1.895	+1.575	+0.859
5	-1.175	-1.701	-0.871	+2.067	+7.735	0.000	-5.423	-8.567	-9.519	-8.916	-7.140	-4.757	-2.229	0.000	+1.645	+2.442	+2.494	+1.969	+1.073
6	-4.710	-8.642	-10.946	-10.719	-7.218	0.000	-6.507	-10.280	-11.423	-10.899	-8.508	-5.709	-2.675	0.000	+1.974	+2.931	+2.998	+2.363	+1.288
7	-3.960	-7.266	-9.203	-9.013	-6.069	0.000	+8.409	+2.666	-0.753	-2.448	-2.737	-2.155	-1.091	0.000	+0.825	+1.225	+1.251	+0.987	+0.538
8	-3.210	-5.891	-7.461	-7.306	-4.920	0.000	+6.826	+15.612	+9.916	+5.801	+3.093	+1.398	+0.492	0.000	-0.324	-0.481	-0.492	-0.368	-0.211
9	-2.461	-4.515	-5.719	-5.600	-3.711	0.000	+5.242	+12.059	+20.585	+14.051	+8.924	+4.285	+2.075	0.000	-1.473	-2.188	-2.234	-1.764	-0.961
10	-1.711	-3.139	-3.976	-3.894	-2.622	0.000	+3.659	+8.505	+14.755	+22.301	+14.754	+8.505	+3.659	0.000	-2.622	-3.894	-3.976	-3.139	-1.711
11	-0.961	-1.764	-2.234	-2.188	-1.473	0.000	+2.075	+4.952	+8.924	+14.052	+20.585	+12.059	+5.242	0.000	-3.771	-5.600	-5.719	-4.515	-2.641
12	-0.212	-0.368	-0.492	-0.481	-0.324	0.000	+0.492	+1.398	+3.093	+5.802	+9.916	+15.613	+6.826	0.000	-4.920	-7.307	-7.461	-5.891	-3.210
13	+0.538	+0.987	+1.251	+1.225	+0.825	0.000	-1.091	-2.155	-2.737	-2.448	-0.753	+2.666	+8.409	0.000	-6.069	-9.013	-9.203	-7.266	-3.960
14	+1.288	+2.363	+2.993	+2.931	+1.974	0.000	-2.675	-5.709	-8.568	-10.698	-11.423	-10.280	-6.507	0.000	-7.218	-10.719	-10.946	-8.642	-4.710
15	+1.073	+1.969	+2.494	+2.442	+1.645	0.000	-2.229	-4.757	-7.140	-8.915	-9.519	-8.567	-5.523	0.000	+7.735	+2.067	-0.871	-1.701	-1.715
16	+0.859	+1.875	+1.895	+1.954	+1.316	0.000	-1.771	-3.806	-5.712	-7.132	-7.615	-6.853	-4.338	0.000	+6.188	+14.854	+9.203	+5.239	+2.360
17	+0.644	+1.181	+1.496	+1.465	+0.987	0.000	-1.337	-2.854	-4.284	-5.349	-5.711	-5.140	-3.253	0.000	+4.641	+11.140	+19.277	+12.179	+5.895
18	+0.429	+0.788	+0.998	+0.977	+0.658	0.000	-0.892	-1.903	-2.856	-3.566	-3.808	-3.427	-2.189	0.000	+3.094	+7.427	+12.851	+19.119	+9.430
19	+0.215	+0.394	+0.499	+0.488	+0.329	0.000	-0.446	-0.951	-1.428	-1.783	-1.904	-1.713	-1.084	0.000	+1.547	+3.713	+6.428	+9.560	+12.965

ตารางที่ 5.4 แสดงการหาค่าแรงเฉือนจากค่าแรงกึ่งหน่วยสำหรับกรณี Live Load.

ตำแหน่ง	ตำแหน่งของสมาชิกกึ่งหน่วย																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+0.723	+0.513	+0.339	+0.192	+0.081	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.106	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.029	+0.030	+0.024	+0.013
2	-0.202	+0.513	+0.339	+0.192	+0.081	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.106	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.029	+0.030	+0.024	+0.013
3	-0.202	-0.387	+0.339	+0.192	+0.081	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.106	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.029	+0.030	+0.024	+0.013
4	-0.202	-0.387	-0.561	+0.192	+0.081	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.106	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.029	+0.030	+0.024	+0.013
5	-0.202	-0.387	-0.561	-0.708	+0.081	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.106	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.029	+0.030	+0.024	+0.013
6	-0.202	-0.387	-0.561	-0.708	-0.844	0.000	-0.066	-0.104	-0.115	-0.106	-0.086	-0.058	-0.027	0.000	+0.020	+0.029	+0.030	+0.024	+0.013
7	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	+0.834	+0.710	+0.584	+0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
8	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	+0.710	+0.584	+0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
9	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	-0.190	+0.584	+0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
10	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	-0.190	-0.316	+0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
11	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	-0.190	-0.316	-0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
12	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	-0.190	-0.316	-0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
13	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	-0.190	-0.316	-0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
14	+0.045	+0.083	+0.106	+0.103	+0.069	0.000	-0.087	-0.190	-0.316	-0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	-0.103	-0.106	-0.083	-0.045
15	-0.013	-0.024	-3.023	-0.029	-0.020	0.000	+0.027	-0.190	-0.316	-0.450	+0.316	+0.190	+0.087	0.000	-0.069	+0.708	+0.561	+0.387	+0.202
16	-0.013	-0.024	-3.023	-0.029	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	+0.844	+0.708	+0.561	+0.387	+0.202
17	-0.013	-0.024	-3.023	-0.029	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.081	-0.192	+0.561	+0.387	+0.202
18	-0.013	-0.024	-3.023	-0.029	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.081	-0.192	-0.339	+0.387	+0.202
19	-0.013	-0.024	-3.023	-0.029	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.081	+0.192	-0.339	-0.513	+0.202
20	-0.013	-0.024	-3.023	-0.029	-0.020	0.000	+0.027	+0.058	+0.086	+0.108	+0.115	+0.104	+0.066	0.000	-0.081	+0.192	-0.339	-0.513	-0.723

ตารางที่ 5.5 แสดงผลสรุปค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือนจากแรงที่หนึ่งหน่วยการที่ Dead Load

ลำดับ	ตารางดัด					ตารางเฉือน				
	ผลรวมของค่าแรงดัด			ค่าแรงดัดสูงสุด		ผลรวมของค่าแรงเฉือน			ค่าแรงเฉือนสูงสุด	
	+	-	X	+	-	+	-	X	+	-
1	32.425	9.274	+23.151	11.934	1.940	1.964	0.564	+1.400	0.723	0.115
2	49.585	18.621	+30.964	18.919	3.808	1.241	0.766	+0.475	0.513	0.202
3	51.895	27.929	+23.964	16.808	5.711	0.728	1.153	-0.425	0.339	0.387
4	39.355	37.240	+2.115	12.654	7.615	0.389	1.714	-1.325	0.192	0.561
5	17.296	51.880	-34.584	6.704	9.159	0.197	2.422	-2.225	0.081	0.708
6	11.549	98.094	-86.545	2.993	11.442	0.116	3.622	-3.150	0.030	0.844
7	13.580	47.739	-34.159	7.328	9.203	3.577	0.406	+3.171	0.834	0.108
8	33.651	30.684	+2.967	13.137	7.461	2.743	0.493	+2.250	0.710	0.108
9	55.928	30.686	+25.240	17.492	5.719	2.033	0.683	+1.350	0.584	0.190
10	63.351	30.684	+32.667	19.001	3.976	1.449	0.999	+0.450	0.450	0.316
11	55.928	30.686	+25.240	17.492	5.719	0.999	1.449	-0.450	0.316	0.450
12	33.651	30.684	+2.967	13.137	7.461	0.683	2.033	-1.350	0.190	0.584
13	13.580	47.739	-34.159	7.328	9.203	0.493	2.743	-2.250	0.108	0.710
14	1.549	98.094	-86.545	2.993	11.442	0.406	3.577	-3.171	0.108	0.834
15	17.296	51.880	-34.584	6.704	9.519	3.266	0.116	+3.150	0.844	0.030
16	39.355	37.240	+2.115	12.654	7.615	2.422	0.197	+2.225	0.708	0.081
17	51.895	27.929	+23.968	16.808	5.711	1.714	0.389	+1.325	0.561	0.192
18	49.585	18.621	+30.964	18.919	3.808	1.153	0.728	+0.425	0.387	0.339
19	32.425	9.274	+23.151	11.934	1.904	0.766	1.241	-0.475	0.202	0.513
20	-	-	-	-	-	0.564	1.964	-1.400	0.115	0.723

ตารางที่ 5.6 แสดงผลสรุปค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือนจากแรงหนึ่งหน่วยกรณี Live Load

ตำแหน่ง	แรงดัด					แรงเฉือน				
	ผลรวมของค่าแรงดัด			ค่าแรงดัดสูงสุด		ผลรวมของค่าแรงเฉือน			ค่าแรงเฉือนสูงสุด	
	+	-	Σ	+	-	+	-	Σ	+	-
1	36.137	9.309	+26.828	12.965	1.904	2.190	0.564	+1.626	0.788	0.115
2	55.771	18.620	+37.151	19.119	3.807	1.404	0.778	+0.626	0.579	0.214
3	58.905	27.928	+30.977	19.277	5.711	0.825	1.199	-0.374	0.389	0.421
4	45.543	37.239	+8.304	14.854	7.615	0.438	1.809	-1.373	0.225	0.810
5	19.425	50.298	-30.873	7.735	9.519	0.211	2.584	-2.373	0.094	0.775
6	11.549	98.096	-86.547	2.993	11.423	0.117	3.498	-3.373	0.030	0.906
7	15.901	44.696	-28.795	8.409	9.203	3.907	0.460	+3.501	0.904	0.105
8	43.138	30.684	+12.454	15.612	7.461	3.003	0.502	+2.501	0.788	0.105
9	67.888	30.688	+37.202	20.585	5.719	2.217	0.717	+1.500	0.647	0.215
10	78.138	30.684	+45.454	22.301	3.978	1.570	1.070	+0.500	0.500	0.353
11	67.889	30.688	+37.202	20.585	5.719	1.070	1.570	-0.500	0.353	0.500
12	43.138	30.684	+12.454	15.612	7.461	0.717	2.217	-1.500	0.215	0.847
13	15.901	44.696	-28.795	15.612	7.461	0.502	3.003	-2.501	0.105	0.788
14	11.549	98.096	-86.547	2.993	11.423	0.408	3.907	-3.501	0.105	0.904
15	19.425	50.298	-30.873	7.735	9.519	3.490	0.117	+3.373	0.906	0.303
16	45.543	37.239	+8.304	14.854	7.615	2.584	0.211	+2.373	0.775	0.094
17	58.905	27.928	+30.977	19.277	5.711	1.809	0.438	+1.373	0.610	0.225
18	55.771	18.620	+37.151	19.119	3.807	1.199	0.825	+0.374	0.421	0.389
19	36.137	9.309	+26.828	12.965	1.904	0.778	1.404	-0.626	0.214	0.579
20	-	-	-	-	-	0.564	2.190	-1.626	0.115	0.788

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าแรงดัดที่เกิดขึ้นลักษณะน้ำหนักเทียบเท่า (TON-M)

ด้านหน้า	แรงดัดจากน้ำหนักสถิต Dead Load	รวมรวมแรงดัดจากแฉก Live Load						แรงดัดจากรถบรรทุก		รวมรวมแรงดัดจากรถบรรทุก	
		32 - K Axles		8 - K Axles		รวมรวมแรงดัด					
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	+88.994	3.578	0.528	1.315	0.281	59.666	9.537	13.318	0.000	161.978	0.000
2	+119.027	5.274	1.052	2.622	0.522	90.529	19.077	20.207	0.000	229.736	0.000
3	+92.126	5.316	1.573	2.648	0.779	94.018	28.613	20.207	0.000	206.349	0.000
4	+8.130	4.096	3.607	2.035	1.787	72.602	51.451	18.206	10.696	96.938	54.017
5	-132.942	2.127	5.641	1.053	2.795	33.410	71.073	7.457	14.776	0.000	218.791
6	-332.683	0.827	7.675	0.412	3.804	17.059	139.530	3.807	29.008	0.000	501.221
7	-131.309	2.313	2.545	1.144	1.268	30.978	66.555	8.028	13.837	0.000	211.701
8	+11.405	4.305	2.063	2.139	1.028	71.461	44.466	13.903	9.245	96.76	42.306
9	+97.023	5.675	1.581	2.790	0.788	105.503	41.428	20.528	8.612	223.052	0.000
10	+125.573	4.067	1.453	1.996	0.690	116.952	31.437	22.753	0.000	285.278	0.000
11	+97.024	2.459	1.581	1.202	0.788	105.504	41.428	20.528	8.612	223.054	0.000
12	+11.405	1.873	2.063	0.924	1.028	71.461	44.466	13.903	9.245	96.769	42.306
13	-131.309	2.307	2.545	1.125	1.268	30.981	66.555	8.028	13.837	0.000	211.701
14	-332.68	0.827	4.203	0.412	2.077	17.059	139.530	3.807	29.008	0.000	501.221
15	-132.943	2.127	3.502	1.052	1.731	33.410	71.082	7.457	14.776	0.000	218.791
16	+8.130	4.096	2.802	2.035	1.385	72.602	51.826	18.206	10.696	96.938	54.017
17	+92.127	5.316	2.101	2.648	1.038	94.051	28.613	20.207	0.000	206.349	0.000
18	+119.027	5.274	1.401	2.622	0.692	90.528	19.077	20.207	0.000	229.736	0.000
19	+88.994	3.578	0.700	1.315	0.348	59.666	9.537	13.318	0.000	161.978	0.000

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าแรงดัดที่เกิดขึ้นลักษณะของรถบรรทุก (TON-M)

ตำแหน่ง	แรงดัด จากน้ำหนัก บรรทุก Dead Load	แรงดัดจากน้ำหนักบรรทุก				แรงดัดจากน้ำหนัก บรรทุก Live Load		แรงดัดรวม		รวมของค่า แรงดัดทั้งหมด	
		จากน้ำหนักบรรทุก จากน้ำหนักบรรทุก		จากน้ำหนักบรรทุก จากน้ำหนักบรรทุก		+	-	+	-	+	-
		+	-	+	-						
1	+88.994	37.024	9.537	22.642	0.000	62.508	9.460	13.252	0.000	165.454	0.000
2	+119.027	57.140	19.077	33.389	0.000	94.872	18.920	21.176	0.000	235.075	0.000
3	+92.126	60.351	28.613	33.665	0.000	95.648	28.284	21.350	0.000	209.124	0.000
4	+8.130	46.661	38.153	25.941	13.298	73.676	64.860	16.445	14.477	98.251	71.207
5	-132.942	19.902	51.523	13.508	19.550	38.244	101.438	8.536	22.641	0.000	257.019
6	-332.663	11.832	100.503	5.227	39.027	14.880	138.018	3.321	30.807	0.000	501.506
7	-131.309	16.291	45.793	14.685	20.762	41.584	45.792	8.090	8.906	0.000	186.009
8	+11.405	44.197	31.437	27.264	13.029	77.438	37.120	15.065	7.222	103.905	32.937
9	+97.023	69.554	31.439	35.949	9.987	101.960	28.448	19.836	5.534	218.819	0.000
10	+125.573	78.006	31.437	38.948	0.000	73.056	26.008	14.213	0.000	212.842	0.000
11	+97.024	69.555	31.439	35.949	9.987	44.152	28.448	8.589	5.534	149.765	0.000
12	+11.405	44.197	31.437	27.264	13.029	35.264	37.120	6.660	7.221	53.529	32.938
13	-131.309	16.291	45.793	14.690	20.762	41.412	45.792	8.056	8.908	0.000	186.009
14	-332.66	11.823	100.503	5.227	39.027	14.880	75.558	2.894	14.639	0.000	422.935
15	-132.943	19.902	51.532	13.508	19.550	38.240	62.958	8.535	14.052	0.000	209.951
16	+8.130	46.661	38.528	25.941	13.298	73.676	50.372	16.445	11.243	98.251	53.465
17	+92.127	60.350	28.613	33.665	0.000	95.648	37.768	21.350	0.000	209.125	0.000
18	+119.027	57.139	19.077	33.389	0.000	94.872	25.184	21.176	0.000	235.075	0.000
19	+88.994	37.024	9.537	22.642	0.000	62.508	12.584	13.952	0.000	165.454	0.000

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นลักษณะน้ำหนักเทียบเท่า (TON-M)

ตำแหน่ง	แรงเฉือน จากน้ำหนัก ชนิด Dead Load	แรงเฉือนจากน้ำหนักชนิด Live Load						แรงเฉือนผล จากน้ำหนักบรรทุก		ผลรวมแรงเฉือน ที่จุดกึ่งจุด	
		กรณีน้ำหนักกระทำ จากหน้าเสา		กรณีน้ำหนักกระทำ เป็นจุด		ผลรวมแรงเฉือน					
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	+17.656	7.361	1.896	6.505	0.000	13.866	1.896	3.095	0.423	34.617	0.000
2	+5.990	4.719	2.615	4.792	0.000	9.511	2.615	2.123	0.584	17.624	0.000
3	-5.360	2.773	4.030	3.219	0.000	5.992	4.030	1.337	0.899	1.969	10.289
4	-16.710	1.466	6.081	1.862	5.948	3.328	12.029	0.743	2.685	0.000	31.424
5	-28.061	0.709	8.685	0.778	7.358	1.487	16.043	0.332	3.581	0.000	47.385
6	-39.727	0.393	11.731	0.248	8.420	0.641	20.151	0.143	4.498	0.000	64.376
7	+39.992	13.133	1.365	7.482	0.000	20.615	1.365	4.010	0.268	64.617	0.000
8	+28.376	10.094	1.687	6.505	0.778	16.599	2.465	3.229	0.479	48.204	0.000
9	+17.026	7.452	2.410	5.355	1.779	12.807	4.189	2.492	0.815	34.325	0.000
10	+5.675	5.277	3.597	4.138	0.000	9.415	3.597	1.832	0.699	16.922	0.000
11	-5.675	3.597	5.277	2.921	5.021	6.518	10.298	1.268	2.004	2.111	17.977
12	-17.026	2.410	7.452	1.779	6.198	4.109	13.650	0.799	2.656	0.000	33.332
13	-28.377	1.678	10.094	0.896	7.243	2.556	17.337	0.497	3.373	0.000	49.087
14	-39.992	1.365	13.133	0.896	8.352	2.234	21.485	0.434	4.181	0.000	65.658
15	+39.727	11.731	0.393	7.498	0.000	19.229	0.393	4.292	0.067	63.248	0.000
16	+28.061	8.686	0.709	6.414	0.778	15.100	1.487	3.371	0.332	46.532	0.000
17	+16.711	6.081	1.466	5.048	0.000	11.129	1.466	2.484	0.327	30.324	0.000
18	+5.360	4.030	2.773	3.484	0.000	7.514	2.773	1.677	0.619	14.551	0.000
19	-5.950	2.615	4.719	1.771	0.000	4.308	4.719	0.961	1.053	0.000	11.762
20	-17.656	1.895	7.361	0.952	0.000	2.847	7.361	0.635	1.643	0.000	26.660

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นลักษณะของรถบรรทุก (TON-M)

ส่วนแบ่ง	แรงเฉือน จาก น้ำหนักบรรทุก Dead Load	ผลรวมของแรงตัดจากน้ำหนักบรรทุก				แรงเฉือนจาก น้ำหนักบรรทุก Live Load		แรงเฉือนผลจากรถ การบรรทุก		ผลรวมของค่า แรงเฉือนทั้งหมด	
		32 - K Axles		8 - K Axles		+	-	+	-	+	-
		+	-	+	-						
1	+17.656	0.773	0.105	0.382	0.050	13.896	1.680	3.102	0.419	34.654	0.000
2	+5.990	0.524	0.197	0.257	0.096	9.412	3.544	2.101	0.791	17.503	0.000
3	-5.360	0.352	0.380	0.170	0.185	6.312	6.820	1.406	1.522	2.360	13.702
4	-16.710	0.203	0.552	0.096	0.270	3.632	9.912	0.810	2.212	0.000	28.834
5	-28.061	0.158	0.701	0.077	0.345	2.836	12.596	0.633	2.811	0.000	43.468
6	-39.727	0.158	0.821	0.077	0.404	2.836	14.752	0.633	3.292	0.000	57.771
7	+39.992	0.819	0.095	0.403	0.047	14.716	1.708	2.682	0.332	57.570	0.000
8	+28.378	0.747	0.095	0.370	0.047	13.432	1.708	2.613	0.332	44.421	0.000
9	+17.026	0.582	0.194	0.287	0.091	10.460	3.484	2.035	0.677	29.521	0.000
10	+5.675	0.095	0.363	0.047	0.179	1.708	6.524	0.332	1.269	7.715	2.118
11	-5.675	0.095	0.363	0.047	0.179	1.708	6.524	0.332	1.269	0.000	13.484
12	-17.026	0.095	0.363	0.047	0.179	1.708	6.524	0.332	1.269	0.000	24.819
13	-28.377	0.095	0.363	0.047	0.179	1.708	6.524	0.332	1.269	0.000	36.170
14	-39.992	0.095	0.816	0.047	0.403	1.708	14.668	0.332	2.853	0.000	57.510
15	+39.727	0.821	0.158	0.404	0.077	14.752	2.836	3.292	0.633	57.771	0.000
16	+28.061	0.701	0.158	0.345	0.077	12.596	2.836	2.811	0.633	43.468	0.000
17	+16.711	0.552	0.203	0.270	0.096	9.912	3.632	2.212	0.810	18.835	0.000
18	+5.360	0.380	0.352	0.185	0.170	6.820	6.312	1.552	1.406	13.732	2.360
19	-5.990	0.192	0.524	0.091	0.257	3.436	9.412	0.768	2.100	0.000	17.502
20	-17.656	0.078	0.711	0.037	0.350	1.396	12.776	0.311	2.851	0.000	33.283

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงตัดและค่าแรงเงือกกับโปรแกรม

ลำดับ	ผลการเปรียบเทียบค่าแรงตัด (TON-H)				ผลการเปรียบเทียบค่าแรงเงือก (TON-H)			
	ค่าแรงตัด		โปรแกรม		ค่าแรงตัด		โปรแกรม	
	+	-	+	-	+	-	+	-
1	165.454	0.000	165.349	0.000	34.654	0.000	34.675	0.000
2	235.075	0.000	235.129	0.000	17.624	0.000	17.639	0.000
3	209.124	0.000	209.157	0.000	2.360	13.702	2.377	13.694
4	96.251	71.207	96.260	70.228	0.000	31.424	0.000	31.490
5	0.000	257.019	0.000	255.525	0.000	47.385	0.000	47.691
6	0.000	501.506	0.000	501.425	0.000	64.378	0.000	64.412
7	0.000	211.701	0.000	211.877	64.617	0.000	64.669	0.000
8	103.905	42.306	103.928	42.324	48.204	0.000	48.193	0.000
9	223.052	0.000	223.128	0.000	34.325	0.000	32.327	0.000
10	265.278	0.000	265.360	0.000	16.922	0.000	16.913	0.000
11	223.054	0.000	223.128	0.000	2.111	17.977	2.123	17.975
12	96.789	42.306	96.794	42.324	0.000	33.332	0.000	33.371
13	0.000	211.701	0.000	211.878	0.000	49.087	0.000	49.237
14	0.000	501.221	0.000	501.428	0.000	65.658	0.000	65.713
15	0.000	218.791	0.000	218.928	63.248	0.000	63.244	0.000
16	96.251	54.017	96.258	54.037	46.532	0.000	46.523	0.000
17	209.125	0.000	209.158	0.000	30.324	0.000	30.322	0.000
18	235.075	0.000	235.129	0.000	14.551	2.360	14.538	2.457
19	165.454	0.000	165.349	0.000	0.000	17.502	0.000	17.538
20	-	-	-	-	0.000	33.283	0.000	34.330

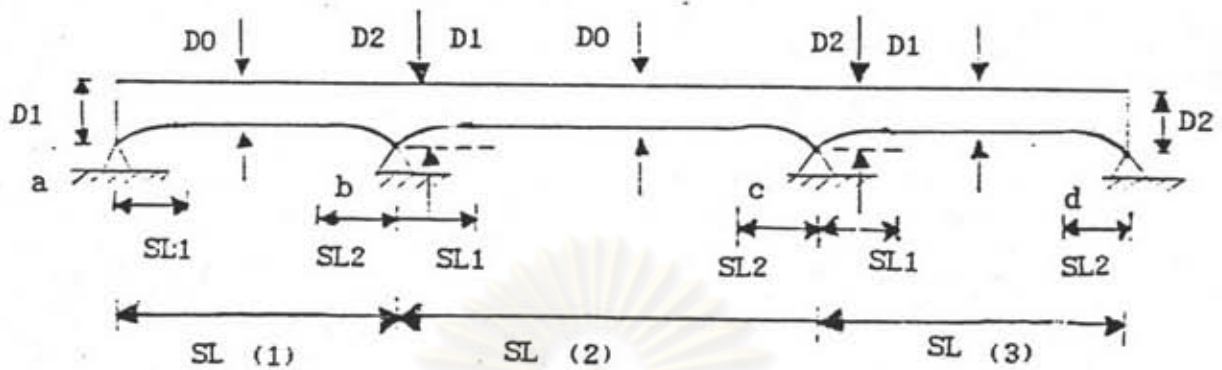
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงตัดและค่าแรงเหวี่ยงกับโปรแกรม
กรณีมีการหดตัว.

ตำแหน่ง	ผลการเปรียบเทียบค่าแรงตัด (TON-M)		ผลการเปรียบเทียบค่าแรงเหวี่ยง (TON)	
	ค่าแรงตัด	โปรแกรม	ค่าแรงตัด	โปรแกรม
1	-0.120	-0.122	+0.078	+0.079
2	-0.242	-0.244	+0.078	+0.079
3	-0.365	-0.367	+0.078	+0.079
4	-0.489	-0.489	+0.078	+0.079
5	-0.612	-0.612	+0.078	+0.079
6	-0.733	-0.734	+0.078	+0.079
7	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
8	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
9	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
10	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
11	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
12	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
13	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
14	-0.733	-0.734	+0.000	+0.000
15	-0.612	-0.612	+0.078	+0.079
16	-0.489	-0.489	+0.078	+0.079
17	-0.365	-0.376	+0.078	+0.079
18	-0.242	-0.244	+0.078	+0.079
19	-0.120	-0.122	+0.078	+0.079
20	-	-	+0.078	+0.079

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างที่ 2 ออกแบบคานในลักษณะที่หน้าตัดแปรเปลี่ยน เป็นแบบ Parabolic Haunch
 3 ช่วงคาน เนื่องรับน้ำหนักกระทำโดยรถบรรทุก HS 20-44 ลักษณะของคานเป็นดังรูป 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะของคาน Parabolic Haunch

โดยที่

- SL คือ ความยาวของช่วงคาน
 SL1 คือ ความยาวของช่วงคานด้านซ้ายที่มีการเปลี่ยนค่าพื้นที่หน้าตัด
 SL2 คือ ความยาวช่วงคานด้านขวาที่มีการเปลี่ยนค่าพื้นที่หน้าตัด
 D1 คือ ความลึกของคานด้านปลายซ้าย
 D2 คือ ความลึกของคานด้านปลายขวา
 Do คือ ความลึกของกึ่งกลางคาน

คานช่วงที่ (1)

- SL = 99.00 ฟุต (30.18 เมตร)
 SL1 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)
 SL2 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)
 D1 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)
 Do = 5.90 ฟุต (1.80 เมตร)
 D2 = 6.56 ฟุต (2.00 เมตร)

คานช่วงที่ (2)

- SL = 132.00 ฟุต (40.23 เมตร)
 SL1 = 22.00 ฟุต (6.71 เมตร)

$$SL2 = 22.00 \text{ ฟุต (6.71 เมตร)}$$

$$D1 = 6.56 \text{ ฟุต (2.00 เมตร)}$$

$$Do = 5.90 \text{ ฟุต (1.80 เมตร)}$$

$$D2 = 6.56 \text{ ฟุต (2.00 เมตร)}$$

คานช่วงที่ (3)

$$SL = 99.00 \text{ ฟุต (30.18 เมตร)}$$

$$SL1 = 22.00 \text{ ฟุต (6.71 เมตร)}$$

$$SL2 = 22.00 \text{ ฟุต (6.71 เมตร)}$$

$$D1 = 6.56 \text{ ฟุต (2.00 เมตร)}$$

$$Do = 5.90 \text{ ฟุต (1.80 เมตร)}$$

$$D2 = 6.56 \text{ ฟุต (2.00 เมตร)}$$

$$\text{ระยะระหว่างหน้าตัดย่อยที่ทำการแบ่ง} = 16.50 \text{ ฟุต (5.03 เมตร)}$$

$$\text{ความกว้างของคานทั้ง 3 ช่วงมีค่า} = 0.98 \text{ ฟุต (0.30 เมตร)}$$

$$\text{โดยให้มีการทรุดตัวที่จุดรองรับ Support A และ B} = 0.033 \text{ ฟุต (0.01 เมตร)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 แสดงการหาค่าแรงตัดจากค่าแรงหนึ่งหน่วยสำหรับกรณี Dead Load

ตำแหน่ง	ตำแหน่งของแรงหนึ่งหน่วย																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+11.687	+8.484	+5.631	+3.188	+1.295	0.000	-1.078	-1.691	-1.878	-1.757	-1.407	-0.939	-0.439	0.000	+0.322	+0.473	+0.483	+0.360	+0.207
2	+8.422	+16.968	+11.262	+8.377	+2.591	0.000	-2.157	-3.383	-3.752	-3.513	-2.815	-1.877	-0.879	0.000	+0.644	+0.947	+0.965	+0.761	+0.915
3	+5.157	+10.602	+18.893	+9.565	+3.887	0.000	-3.235	-5.075	-5.828	-5.289	-4.222	-2.816	-1.318	0.000	+0.968	+1.421	+1.447	+1.142	+0.823
4	+1.891	+4.236	+7.874	+12.754	+5.182	0.000	-4.314	-8.768	-7.504	-7.028	-5.630	-3.755	-1.758	0.000	+1.287	+1.895	+1.930	+1.523	+0.831
5	-1.374	-2.129	-1.545	+1.092	+6.487	0.000	-5.392	-8.458	-9.380	-8.783	-7.038	-4.694	-2.197	0.000	+1.609	+2.368	+2.412	+1.904	+1.039
6	-4.639	+6.495	-10.764	-10.589	-7.179	0.000	-6.471	-10.149	-11.258	-10.539	-8.446	-5.832	-2.637	0.000	+1.931	+2.842	+2.895	+2.284	+1.247
7	-3.904	-7.147	-9.056	-8.893	-8.041	0.000	+7.093	+1.553	-1.623	-3.114	-3.228	-2.464	-1.247	0.000	+0.792	+1.166	+1.187	+0.937	+0.512
8	-3.168	-5.800	-7.349	-7.216	-4.902	0.000	+5.703	+13.255	+8.009	+4.310	+1.969	+0.863	+0.143	0.000	-0.347	-0.510	-0.519	-0.410	-0.224
9	-2.432	-4.452	-5.642	-5.540	-3.783	0.000	+4.313	+10.107	+17.642	+11.736	+7.207	+3.811	+1.533	0.000	-1.485	-2.166	-2.227	-1.757	-0.959
10	-1.696	-3.105	-3.934	-3.883	-2.624	0.000	+2.923	+6.959	+12.424	+19.180	+12.424	+8.959	+2.923	0.000	-2.624	-3.863	-3.934	-3.105	-1.695
11	-0.960	-1.757	-2.227	-2.187	-1.485	0.000	+1.533	+3.811	+7.206	+11.736	+17.642	+10.107	+4.313	0.000	-3.783	-5.639	-5.642	-4.462	-2.432
12	-0.224	-0.410	-0.519	-0.510	-0.347	0.000	+0.143	+0.663	+1.969	+4.310	+8.009	+13.255	+5.723	0.000	-4.902	-7.216	-7.349	-5.800	-3.168
13	+0.512	+0.973	+1.188	+1.168	+0.792	0.000	-1.247	-2.484	-3.228	-3.114	-1.623	+1.553	+7.093	0.000	-6.041	-8.893	-9.056	-7.147	-3.903
14	+1.248	+2.285	+2.885	+2.842	+1.931	0.000	-2.837	-5.632	-8.446	-10.539	-11.258	-10.149	-6.470	0.000	-7.179	-10.589	-10.764	-8.485	-4.639
15	+1.040	+1.904	+2.413	+2.369	+1.609	0.000	-2.197	-4.694	-7.038	-8.783	-9.379	-8.457	-5.392	0.000	+6.478	+1.092	-1.545	-2.129	-1.374
16	+0.832	+1.523	+1.930	+1.895	+1.287	0.000	-1.758	-3.755	-5.630	-7.028	-7.504	-6.768	-4.314	0.000	+5.182	+12.754	+7.674	+4.236	+1.891
17	+0.624	+1.142	+1.447	+1.421	+0.965	0.000	-1.319	-2.816	-4.223	-5.270	-5.627	-5.074	-3.235	0.000	+3.867	+9.565	+16.893	+10.602	+5.156
18	+0.416	+0.762	+0.965	+0.947	+0.644	0.000	-0.879	-1.877	-2.815	-3.513	-3.752	-3.383	-2.157	0.000	+2.591	+6.377	+11.262	+16.968	+8.422
19	+0.208	+0.381	+0.483	+0.474	+0.322	0.000	-0.439	-0.939	-1.407	-1.758	-1.876	-1.691	-1.078	0.000	+1.295	+3.188	+5.631	+8.484	+11.688

ตารางที่ 5.14 แสดงการหาค่าแรงเฉือนจากค่าแรงทึงหน่วยสำหรับกรณี Dead Load

ด้านหน้า	ด้านหน้าของรางฝั่งหน่วย																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+0.708	+0.514	+0.341	+0.193	+0.078	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
2	-0.158	+0.514	+0.341	+0.193	+0.078	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.058	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
3	-0.198	-0.386	+0.341	+0.193	+0.078	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
4	-0.198	-0.386	-0.558	+0.193	+0.078	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
5	-0.198	-0.386	-0.558	-0.707	+0.078	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
6	-0.198	-0.386	-0.558	-0.707	-0.828	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
7	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	+0.022	+0.709	+0.583	+0.450	+0.316	+0.191	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
8	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	+0.709	+0.583	+0.450	+0.318	+0.191	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
9	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	-0.191	+0.583	+0.450	+0.316	+0.191	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
10	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	-0.191	-0.316	+0.450	+0.316	+0.191	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
11	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	-0.191	-0.316	-0.450	+0.316	+0.191	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
12	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	-0.191	-0.316	-0.450	-0.584	+0.191	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
13	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	-0.191	-0.316	-0.450	-0.584	-0.709	+0.084	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
14	+0.045	+0.082	+0.103	+0.101	+0.069	0.000	-0.084	-0.191	-0.316	-0.450	-0.584	-0.709	-0.822	0.000	-0.069	-0.102	-0.103	-0.082	-0.045
15	-0.013	-0.023	-0.029	-0.029	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.085	0.000	+0.827	+0.707	+0.558	+0.385	+0.197
16	-0.013	-0.023	-0.029	-0.029	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.085	0.000	-0.078	+0.707	+0.558	+0.385	+0.197
17	-0.013	-0.023	-0.029	-0.029	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.085	0.000	-0.078	-0.193	+0.558	+0.385	+0.197
18	-0.013	-0.023	-0.029	-0.029	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.085	0.000	-0.078	-0.193	-0.341	+0.385	+0.197
19	-0.013	-0.023	-0.029	-0.029	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.085	0.000	-0.078	-0.193	-0.341	-0.514	+0.197
20	-0.013	-0.023	-0.029	-0.029	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.085	0.000	-0.078	-0.193	-0.341	-0.514	-0.708

ตารางที่ 5.15 แสดงการหาค่าแรงตัดจากค่าแรงหนึ่งหน่วยสำหรับกรณี Live Load

ตำแหน่ง	ตำแหน่งของแรงหนึ่งหน่วย																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+12.977	+9.584	+8.468	+3.738	+1.653	0.000	-1.078	-1.891	-1.878	-1.758	-1.407	-0.039	-0.439	0.000	+0.322	+0.474	+0.482	+0.581	+0.208
2	+9.453	+19.168	+12.912	+7.477	+3.107	0.000	-2.067	-3.383	-3.752	-3.512	-2.815	-1.877	-0.879	0.000	+0.644	+0.947	+0.965	+0.702	+0.415
3	+5.930	+12.252	+10.368	+11.215	+4.660	0.000	-3.235	-5.074	-5.627	-5.269	-4.222	-2.816	-1.318	0.000	+0.965	+1.421	+1.447	+1.142	+0.624
4	+2.407	+5.337	+9.324	+14.953	+6.213	0.000	-4.313	-8.766	-7.504	-7.028	-6.630	-3.755	-1.758	0.000	+1.287	+1.896	+1.930	+1.523	+0.892
5	-1.116	-1.579	-0.719	+2.192	+7.767	0.000	-5.392	-8.458	-9.379	-8.783	-7.038	-4.694	-2.198	0.000	+1.609	+2.368	+2.412	+1.904	+1.039
6	-4.659	-8.494	-10.784	-10.569	-7.179	0.000	-6.474	-10.149	-11.256	-10.539	-8.445	-5.632	-2.637	0.000	+1.931	+2.842	+2.895	+2.284	+1.247
7	-3.904	-7.147	-9.056	-8.893	-6.041	0.000	+8.448	+2.790	+0.592	-2.289	-2.609	-2.072	-1.054	0.000	+0.792	+1.100	+1.187	+0.927	+0.512
8	-3.168	-5.600	-7.340	-7.216	-4.902	0.000	+6.862	+15.729	+10.072	+5.960	+3.227	+1.488	+0.529	0.000	-0.347	-0.510	-0.519	-0.410	-0.224
9	-2.432	-4.453	-5.642	-5.539	-3.763	0.000	+5.279	+12.169	+20.736	+14.210	+9.063	+5.049	+2.113	0.000	-1.485	-2.187	-2.227	-1.757	-0.959
10	-1.695	-3.105	-3.934	-3.863	-2.624	0.000	+3.698	+8.609	+14.899	+22.400	+14.899	+8.609	+3.698	0.000	-2.624	-3.863	-3.934	-3.105	-1.695
11	-0.959	-1.757	-2.227	-2.187	-1.485	0.000	+2.113	+5.048	+9.063	+14.210	+20.736	+12.169	+5.279	0.000	-3.763	-5.539	-5.642	-4.453	-2.432
12	-0.224	-0.410	-0.519	-0.510	-0.347	0.000	+0.529	+1.428	+3.227	+5.961	+10.072	+15.730	+8.883	0.000	-4.902	-7.216	-7.349	-5.600	-3.167
13	+0.512	+0.937	+1.187	+1.188	+0.792	0.000	-1.053	-2.072	-2.609	-2.289	-0.592	+2.790	+8.446	0.000	-6.041	-8.892	-9.056	-7.147	-3.904
14	+1.248	+2.285	+2.895	+2.843	+1.931	0.000	-2.837	-5.632	-8.448	-10.539	-11.256	-10.149	-8.470	0.000	-7.179	-10.539	-10.784	-8.495	-4.640
15	+1.039	+1.904	+2.413	+2.369	+1.609	0.000	-2.197	-4.694	-7.038	-2.783	-9.380	-6.457	-5.392	0.000	-7.787	+2.192	-0.719	-1.579	-1.117
16	+0.832	+1.523	+1.930	+1.895	+1.287	0.000	-1.758	-3.754	-5.630	-7.028	-7.504	-6.766	-3.314	0.000	+6.213	+14.954	+9.324	+5.336	+2.407
17	+0.624	+1.142	+1.447	+1.421	+0.965	0.000	-1.318	-2.816	-4.223	-9.269	-5.628	-5.074	-3.235	0.000	+4.660	+11.215	+19.368	+12.252	+6.930
18	+0.418	+0.762	+0.965	+0.947	+0.644	0.000	-0.879	-1.877	-2.815	-3.512	-3.752	-3.383	-2.157	0.000	+3.107	+7.476	+12.912	+19.168	+9.453
19	+0.208	+0.380	+0.482	+0.474	+0.332	0.000	-0.439	-0.939	-1.408	-1.797	-1.878	-1.891	-1.078	0.000	+1.553	+3.738	+6.458	+9.584	+12.978

ตารางที่ 5.16 แสดงการหาค่าแรงเฉือนจากค่าแรงหนึ่งหน่วยสำหรับกรณี Live Load

ตำแหน่ง	ตำแหน่งของแรงหนึ่งหน่วย																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	+0.786	+0.581	+0.391	+0.226	+0.094	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
2	-0.213	+0.581	+0.391	+0.226	+0.094	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
3	-0.213	-0.419	+0.391	+0.226	+0.094	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.106	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
4	-0.213	-0.419	-0.608	+0.226	+0.094	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.105	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
5	-0.213	-0.419	-0.608	-0.773	+0.094	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.105	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
6	-0.213	-0.419	-0.608	-0.773	-0.908	0.000	-0.065	-0.102	-0.114	-0.105	-0.085	-0.057	-0.027	0.000	+0.019	+0.029	+0.029	+0.023	+0.013
7	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	+0.094	+0.784	+0.646	+0.500	+0.354	+0.218	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
8	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	+0.096	+0.646	+0.500	+0.354	+0.218	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
9	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	-0.218	+0.646	+0.500	+0.354	+0.218	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
10	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	-0.218	-0.354	+0.500	+0.354	+0.218	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
11	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	-0.218	-0.354	-0.500	+0.354	+0.218	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
12	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	-0.218	-0.354	-0.500	-0.646	+0.218	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
13	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	-0.218	-0.354	-0.500	-0.646	-0.784	+0.096	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
14	+0.045	+0.081	+0.103	+0.102	+0.069	0.000	-0.096	-0.218	-0.354	-0.500	-0.646	-0.784	-0.904	0.000	-0.069	-0.101	-0.103	-0.082	-0.045
15	-0.013	-0.023	-0.029	-0.028	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.065	0.000	+0.094	+0.773	+0.609	+0.419	+0.213
16	-0.013	-0.023	-0.029	-0.028	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.065	0.000	-0.094	+0.773	+0.609	+0.419	+0.213
17	-0.013	-0.023	-0.029	-0.028	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.065	0.000	-0.094	-0.226	+0.609	+0.419	+0.213
18	-0.013	-0.023	-0.029	-0.028	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.065	0.000	-0.094	-0.226	-0.391	+0.419	+0.213
19	-0.013	-0.023	-0.029	-0.028	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.065	0.000	-0.094	-0.226	-0.391	-0.581	+0.213
20	-0.013	-0.023	-0.029	-0.028	-0.019	0.000	+0.027	+0.057	+0.085	+0.106	+0.114	+0.102	+0.065	0.000	-0.094	-0.226	-0.391	-0.581	-0.786

ตารางที่ 5.17 แสดงผลสรุปค่าแรงตัดและค่าแรงเงื่อนจากแรงหนึ่งหน่วยกิโล Dead Load

ข้ามฝั่ง	แรงค้ำ					แรงเงื่อน				
	ผลรวมของค่าแรงค้ำ			ค่าแรงค้ำสูงสุด		ผลรวมของค่าแรงเงื่อน			ค่าแรงเงื่อนสูงสุด	
	+	-	Σ	+	-	+	-	Σ	+	-
1	32.150	9.187	+22.963	11.687	1.876	1.947	0.556	+1.391	0.708	0.114
2	49.352	18.372	+30.908	16.968	3.752	1.239	0.754	+0.485	0.514	0.198
3	51.703	27.563	+24.140	16.893	5.628	0.725	1.140	-0.415	0.341	0.386
4	39.203	36.753	+2.450	12.754	7.504	0.384	1.698	-1.314	0.193	0.558
5	16.911	50.990	-34.079	6.427	9.380	0.191	2.405	-2.214	0.078	0.707
6	11.189	96.776	-85.577	2.895	11.258	0.103	3.233	-3.120	0.029	0.828
7	13.240	46.737	-33.497	7.093	9.058	3.535	0.401	+3.154	0.822	0.103
8	34.072	30.448	+3.627	13.255	7.349	2.733	0.485	+2.248	0.709	0.103
9	56.349	30.443	+25.906	17.642	5.642	2.024	0.676	+1.348	0.582	0.191
10	63.772	30.433	+33.328	19.108	3.934	1.441	0.992	+0.449	0.450	0.318
11	56.349	30.433	+25.906	17.642	5.642	0.992	1.441	-0.449	0.318	0.450
12	34.072	30.445	+3.627	13.255	7.349	0.676	2.024	-1.348	0.191	0.583
13	13.240	46.737	-33.497	7.093	9.058	0.465	2.733	-2.248	0.103	0.709
14	11.119	96.776	-85.577	2.895	11.258	0.401	3.555	-3.154	0.103	0.822
15	16.911	50.990	-34.079	6.487	9.380	3.232	0.113	+3.120	0.828	0.029
16	39.203	36.753	+2.450	12.754	7.504	2.405	0.191	+2.214	0.707	0.078
17	51.703	27.563	+24.140	16.893	3.628	1.698	0.384	+1.314	0.558	0.193
18	49.352	16.372	+30.980	18.988	3.752	1.140	0.725	+0.415	0.386	0.341
19	32.150	9.187	+23.963	11.687	1.876	0.754	1.239	-0.485	0.198	0.514
20	-	-	-	-	-	0.556	1.947	-1.391	0.114	0.708

ตารางที่ 5.18 แสดงผลสรุปค่าแรงดัดและค่าแรงเฉือนจากแรงหนึ่งหน่วยการที่ Live Load

ตำแหน่ง	แรงดัด					แรงเฉือน				
	ผลรวมของค่าแรงดัด			ค่าแรงดัดสูงสุด		ผลรวมของค่าแรงเฉือน			ค่าแรงเฉือนสูงสุด	
	+	-	Σ	+	-	+	-	Σ	+	-
1	36.175	9.168	+26.989	12.977	1.876	2.178	0.569	+1.609	0.768	0.114
2	55.650	18.376	+37.474	19.168	3.752	1.392	0.782	+0.610	0.581	0.213
3	59.024	27.581	+31.463	19.368	5.627	0.811	1.201	-0.390	0.391	0.419
4	45.701	36.702	+8.949	14.953	7.504	0.402	1.809	-1.399	0.226	0.608
5	19.291	49.356	-30.137	7.767	9.379	0.194	2.582	-2.388	0.094	0.773
6	11.191	96.773	-85.574	2.895	11.256	0.100	3.488	-3.388	0.029	0.908
7	15.830	43.657	-27.827	8.448	9.096	3.900	0.400	+3.500	0.904	0.103
8	43.867	30.448	+13.422	15.729	7.348	2.998	0.496	+2.500	0.724	0.103
9	68.619	30.444	+38.175	20.736	5.642	2.212	0.712	+1.500	0.646	0.218
10	76.868	30.442	+46.426	22.460	3.943	1.568	0.066	+0.500	0.500	0.354
11	68.619	30.444	+38.175	20.736	5.642	0.066	1.566	-0.500	0.354	0.500
12	43.867	30.445	+13.422	15.729	7.349	0.712	2.212	-1.500	0.216	0.646
13	15.830	42.657	-27.827	8.448	9.056	0.496	2.998	-2.500	0.103	0.784
14	11.199	96.773	-85.574	2.895	11.256	0.400	3.900	-3.500	0.103	0.904
15	19.291	49.356	-30.137	7.767	9.379	3.488	0.100	+3.388	0.508	0.029
16	45.701	36.752	+8.949	14.953	7.504	2.582	0.194	+2.388	0.773	0.094
17	59.024	27.581	+31.463	19.368	5.627	1.809	0.420	+1.389	0.608	0.226
18	55.650	18.378	+37.474	19.168	3.752	1.201	0.811	+0.425	0.587	0.339
19	36.175	9.168	+26.989	12.977	1.876	0.782	1.392	-0.610	0.213	0.581
20	-	-	-	-	-	0.569	2.178	-1.609	0.114	0.768

ตารางที่ 5.19 แสดงค่าแรงดัดที่เกิดขึ้นลักษณะน้ำหนักเทียบเท่า (TON-M)

ส่วนหน้า	แรงดัด จากน้ำหนัก ชนิดชนิด Dead Load	แรงดัดจากน้ำหนักชนิด				แรงดัดจาก น้ำหนักชนิด Live Load		แรงดัด ผลจากภาระ ประเภท		ผลรวมของค่า แรงกระทำ	
		กรณีน้ำหนัก จากสมาชิก		กรณีน้ำหนัก ลงเป็นระนาบ		+	-	+	-	+	-
		+	-	+	-						
1	+88.271	37.083	9.411	22.662	3.276	59.725	12.687	13.319	2.829	161.315	0.000
2	+119.089	57.221	18.627	33.474	6.552	90.695	25.379	20.225	5.659	230.009	0.000
3	+92.795	60.473	28.237	33.824	9.827	94.297	38.064	21.028	8.488	208.120	0.000
4	+9.415	46.823	37.654	28.114	13.104	72.937	50.758	16.285	11.319	98.670	52.659
5	-131.001	19.764	50.567	13.564	16.379	33.328	66.946	7.432	14.928	0.000	212.879
6	-328.963	11.474	99.148	5.056	19.857	16.530	118.805	3.686	28.494	0.000	474.262
7	-128.764	16.218	44.728	14.750	15.815	30.968	60.543	6.008	11.745	0.000	201.052
8	+13.942	44.944	31.192	27.469	12.834	72.413	44.026	14.048	8.541	100.403	38.625
9	+99.584	70.303	31.191	36.219	9.853	106.516	41.044	20.664	7.983	228.784	0.000
10	+128.118	78.755	31.189	39.224	6.886	117.979	38.075	22.888	7.587	262.985	0.000
11	+99.584	70.303	31.191	36.219	9.853	106.516	41.044	20.664	7.983	228.784	0.000
12	+13.942	44.944	31.192	27.469	12.834	72.413	44.026	14.048	8.541	100.403	38.625
13	-128.764	16.218	44.728	14.750	15.815	30.968	60.543	6.008	11.745	0.000	201.052
14	-328.962	11.474	99.148	5.056	19.857	16.530	118.805	3.686	28.494	0.000	474.262
15	-131.001	19.764	50.567	13.564	16.379	33.328	66.946	4.432	14.928	0.000	212.875
16	+9.415	46.823	37.654	28.114	13.104	72.937	50.758	16.285	11.319	98.670	52.659
17	+92.795	60.473	28.237	33.824	9.827	74.297	38.064	21.028	8.488	208.120	0.000
18	+119.089	57.221	18.627	33.474	6.552	90.695	25.379	20.225	5.659	230.009	0.000
19	+88.217	37.083	9.411	22.662	3.276	59.725	12.687	13.319	2.829	161.315	0.000

ตารางที่ 5.20 แสดงค่าแรงดัดที่เกิดขึ้นลักษณะของรถบรรทุก (TON-M)

ลำดับ	แรงดัด จากหน้า พนักที่นั่ง Dead Load	ผลรวมของแรงดัดจากเขี้ยว Live Load						แรงดัดผลจากภาระ ประเภท		ผลรวมของ แรงประเภท	
		32 - k Axles		8 - k Axles		ผลรวมแรงดัด					
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	+88.271	3.582	0.518	-1.317	0.257	62.580	9.316	13.955	2.077	164.806	0.000
2	+119.089	5.288	-1.037	2.629	0.514	95.124	18.648	21.213	4.158	235.428	0.000
3	+92.795	5.342	1.555	2.681	0.771	98.118	27.984	21.434	6.236	210.345	0.000
4	+9.418	4.124	3.544	2.049	1.758	74.180	63.728	13.842	14.211	100.140	68.621
5	-131.001	2.138	5.682	1.057	2.758	38.404	100.018	8.584	22.303	0.000	253.320
6	-328.963	0.801	7.580	0.399	3.758	14.412	138.204	3.214	30.356	0.000	495.663
7	-128.784	2.324	2.504	1.150	1.248	14.784	45.056	8.106	8.741	0.000	182.581
8	+13.942	4.338	2.032	2.156	1.013	78.032	38.584	15.183	7.093	107.112	29.715
9	+99.584	5.717	1.560	-2.811	0.778	102.716	28.027	13.927	5.446	222.227	0.000
10	+128.118	4.107	1.433	2.018	0.680	73.776	25.648	14.312	4.976	216.206	0.000
11	+99.584	2.498	1.560	1.222	0.778	44.856	28.072	8.702	5.446	153.142	0.000
12	+13.942	1.883	2.032	0.930	1.013	33.848	38.584	6.566	7.093	54.358	29.715
13	-125.784	2.318	2.504	1.131	1.248	41.612	45.056	8.073	8.744	0.000	182.581
14	-328.962	0.801	4.149	0.399	2.051	14.412	74.588	3.214	18.833	0.000	420.183
15	-131.001	2.138	3.488	1.057	1.709	38.404	62.184	8.584	13.843	0.000	207.028
16	+9.418	4.124	2.788	2.049	1.367	74.180	49.724	18.542	11.088	100.140	51.394
17	+92.795	5.342	2.075	2.061	1.025	98.118	37.300	21.434	8.318	210.345	0.000
18	+119.089	5.288	1.383	2.629	0.684	95.124	24.864	21.213	5.545	235.428	0.000
19	+88.271	3.582	0.691	1.317	0.342	62.580	12.424	13.955	2.770	164.806	0.000

ตารางที่ 5.21 แสดงค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นลักษณะน้ำหนักเทียบเท่า (TON-M)

ตำแหน่ง	แรงเฉือน จากน้ำหนัก ชนิด Dead Load	แรงเฉือนจากน้ำหนักชนิด Live Load						แรงเฉือน จากแรงกระทำ		ผลรวมของแรง เฉือนทั้งหมด	
		การมีน้ำหนัก จายน้ำหนักเสมอ		การมีน้ำหนัก เป็นจุด		ผลรวมแรงเฉือน		+	-	+	-
		+	-	+	-	+	-				
1	+17.543	7.321	1.913	6.505	0.943	13.826	2.856	3.083	0.637	34.452	0.000
2	+6.117	4.679	2.828	4.808	1.763	9.487	4.391	2.116	0.979	17.720	0.000
3	-5.234	2.726	4.037	3.236	3.468	5.962	7.505	1.329	1.674	2.057	14.413
4	-16.572	1.412	6.081	1.870	5.032	3.282	11.113	0.732	2.478	0.000	30.163
5	-27.922	0.652	8.679	0.778	6.397	1.430	15.078	0.319	3.362	0.000	48.360
6	-39.348	0.336	11.724	0.240	7.498	0.570	19.222	0.128	4.286	0.000	62.856
7	+39.777	13.109	1.344	7.461	0.852	20.590	2.156	3.994	0.426	64.361	0.000
8	+28.351	10.071	1.687	6.488	0.852	16.559	2.519	3.212	0.489	48.122	0.000
9	+17.000	7.435	2.393	5.348	1.788	12.781	4.181	2.479	0.811	32.260	0.000
10	+5.663	5.264	3.533	4.138	2.930	9.402	6.513	1.824	1.263	18.889	2.113
11	-5.663	3.583	5.284	2.930	4.138	6.513	9.402	1.263	1.824	2.113	16.889
12	-17.000	2.393	7.435	1.788	5.348	4.181	12.781	0.811	2.479	0.000	32.260
13	-28.351	1.688	10.071	0.852	6.488	2.519	16.559	0.489	3.212	0.000	48.122
14	-39.777	1.344	13.109	0.852	7.461	2.156	20.590	0.426	3.994	0.000	64.361
15	+39.348	11.724	0.336	7.498	0.240	19.222	0.576	4.286	0.128	62.856	0.000
16	+27.922	8.679	0.652	6.397	0.778	15.078	1.430	3.362	0.319	48.360	0.000
17	+16.572	6.081	1.412	5.032	1.870	11.113	3.282	2.478	0.732	30.163	0.000
18	+5.234	4.037	2.726	3.468	3.236	7.505	5.962	1.674	1.329	14.413	2.057
19	-6.117	2.628	4.679	1.763	4.808	4.391	9.487	0.979	2.116	0.000	17.720
20	-17.543	1.913	7.321	0.943	6.505	2.856	13.826	0.637	3.083	0.000	34.452

ตารางที่ 5.22 แสดงค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นลักษณะของรถบรรทุก (TON-M)

ตำแหน่ง	แรงเฉือน จาก น้ำหนักบรรทุก Dead Load	ผลรวมของแรงเฉือนจากเสาของรถ				แรงเฉือนจาก น้ำหนักบรรทุก Live Load		แรงเฉือนผล จากน้ำหนักบรรทุก		ผลรวมของแรง เฉือนทั้งหมด	
		32 - K Axles		8 - K Axles		+	-	+	-	+	-
		+	-	+	-						
1	+17.543	0.773	0.103	0.383	0.049	13.500	1.844	3.099	0.411	34.542	0.000
2	+6.117	0.526	0.197	0.250	0.098	9.448	3.544	2.107	0.790	17.672	0.000
3	-5.234	0.354	0.379	0.172	0.184	6.352	6.800	1.416	1.516	2.534	13.550
4	-16.572	0.205	0.551	0.097	0.270	3.668	9.896	0.818	2.207	0.000	28.675
5	-27.922	0.158	0.700	0.077	0.345	2.804	12.580	0.625	2.805	0.000	43.037
6	-39.348	0.158	0.821	0.077	0.404	2.804	14.752	0.625	3.289	0.000	57.389
7	+39.777	0.819	0.094	0.404	0.047	14.720	1.692	2.855	0.328	57.352	0.000
8	+28.351	0.748	0.094	0.370	0.047	13.416	1.692	2.603	0.328	44.370	0.000
9	+17.000	0.582	0.193	0.287	0.092	10.460	3.488	2.029	0.677	29.489	0.000
10	+5.663	0.094	0.365	0.047	0.180	1.692	6.560	0.328	1.273	7.683	2.170
11	-5.663	0.094	0.365	0.047	0.180	1.692	6.560	0.328	1.273	0.000	13.496
12	-17.000	0.094	0.365	0.047	0.180	1.692	6.560	0.328	1.273	0.000	24.833
13	-28.351	0.094	0.365	0.047	0.180	1.692	6.560	0.328	1.273	0.000	38.184
14	-39.777	0.094	0.817	0.047	0.404	1.692	14.688	0.328	2.849	0.000	57.314
15	+39.348	0.821	0.158	0.404	0.077	14.752	2.804	3.289	0.625	57.389	0.000
16	+27.922	0.700	0.158	0.345	0.077	12.580	2.804	2.805	0.625	43.307	0.000
17	+16.572	0.551	0.205	0.270	0.097	9.869	3.668	2.207	0.818	28.675	0.000
18	+5.234	0.379	0.354	0.184	0.172	8.800	6.352	1.516	1.416	13.550	2.534
19	-6.117	0.192	0.526	0.091	0.258	3.438	9.448	0.788	2.107	0.000	17.672
20	-17.543	0.077	0.712	0.037	0.352	1.360	12.800	0.308	2.854	0.000	33.197

ตารางที่ 5.23 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงตัดและค่าแรงเจียนกับ โปรแกรม

ลำดับ	แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงตัด (TON-ศ)				แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงเจียน (TON)				เปอร์เซนต์ความแตกต่าง			
	ค่าแรงด้วยมือ		โปรแกรม		ค่าแรงด้วยมือ		โปรแกรม		แรงตัด		แรงเจียน	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	104.808	0.000	184.765	0.000	34.542	0.000	34.634	0.000	0.032	0.000	0.268	0.000
2	235.426	0.000	235.268	0.000	17.720	0.000	17.868	0.000	0.071	0.000	0.824	0.000
3	210.345	0.000	210.038	0.000	0.000	13.413	0.000	13.463	0.146	0.000	0.000	0.373
4	100.140	68.521	99.685	68.029	0.000	31.183	0.000	31.209	0.454	0.718	0.000	0.148
5	0.000	293.320	0.000	252.501	0.000	47.360	0.000	47.409	0.000	0.323	0.000	0.103
6	0.000	495.683	0.000	496.122	0.000	63.856	0.000	63.907	0.000	0.093	0.000	0.080
7	0.000	208.052	0.000	208.221	64.361	0.000	64.413	0.000	0.000	0.081	0.081	0.000
8	107.112	38.625	106.448	39.977	48.122	0.000	48.167	0.000	0.000	0.350	0.093	0.000
9	228.704	0.000	226.183	0.000	32.260	0.000	32.301	0.000	0.619	0.000	0.127	0.000
10	288.985	0.000	288.440	0.000	18.889	2.170	18.907	2.152	0.253	0.000	0.108	0.829
11	226.764	0.000	226.183	0.000	2.113	17.889	2.101	17.930	0.203	0.000	0.567	0.229
12	100.403	38.625	99.768	39.977	0.000	33.260	0.000	33.324	0.258	0.350	0.000	0.192
13	0.000	208.052	0.000	208.221	0.000	49.122	0.000	49.189	0.432	0.081	0.000	0.136
14	0.000	474.262	0.000	474.124	0.000	85.381	0.000	85.437	0.000	0.029	0.000	0.110
15	0.000	212.875	0.000	212.928	62.858	0.000	62.755	0.000	0.000	0.024	0.181	0.000
16	100.140	52.659	99.683	52.391	48.360	0.000	48.258	0.000	0.000	0.509	0.220	0.000
17	210.345	0.000	210.038	0.000	30.183	0.000	30.580	0.000	0.458	0.000	0.348	0.000
18	235.425	0.000	235.259	0.000	14.413	0.000	14.283	0.000	0.146	0.000	0.902	0.000
19	104.808	0.000	164.757	0.000	0.000	17.720	0.000	17.751	0.071	0.000	0.000	0.175
20	-	-	-	-	0.000	34.452	0.000	34.470	-	-	0.000	0.052

ตารางที่ 5.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงตัดและค่าแรงเฉือนกับโปรแกรมกรณีที่มีการทรุดตัว

ข้ามหน้า	แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงคัต (TON-M)		แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงเฉือน (TON)		เปอร์เซ็นต์ความคลาด	
	คำนวณด้วยมือ	โปรแกรม	คำนวณด้วยมือ	โปรแกรม	แรงคัต	แรงเฉือน
1	-0.122	-0.121	0.078	0.078	0.819	1.28
2	-0.240	-0.241	0.078	0.078	0.417	1.28
3	-0.365	-0.362	0.078	0.078	0.822	1.28
4	-0.483	-0.483	0.078	0.079	0.000	1.28
5	-0.603	-0.603	0.078	0.079	0.000	1.28
6	-0.718	-0.724	0.078	0.079	0.836	1.28
7	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
8	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
9	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
10	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
11	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
12	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
13	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
14	-0.718	-0.724	0.000	0.000	0.836	0.000
15	-0.603	-0.603	-0.078	-0.079	0.000	1.28
16	-0.483	-0.483	-0.078	-0.079	0.000	1.28
17	-0.365	-0.362	-0.078	-0.079	0.822	1.28
18	-0.240	-0.241	-0.078	-0.079	0.417	1.28
19	-0.122	-0.121	-0.078	-0.079	0.819	1.28
20	-	-	-0.078	-0.079	-	1.28

5.2 การวิเคราะห์ผลลัพท์ระหว่างการคำนวณด้วยมือและโปรแกรม จากตารางการเปรียบเทียบค่าแรงตัด และค่าแรงเจียน ระหว่างการคำนวณด้วยมือ เปรียบเทียบกับการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีค่าแตกต่างกันนั้น โดยที่มีค่าแรงตัดมีค่าแตกต่างกันมากที่สุดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่า 0.718 เปอร์เซ็นต์ และค่าแรงเจียนมีค่าแตกต่างกันมากที่สุดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่า 0.902 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรณีการคิดการทนต์ตัวของสะพาน ค่าแรงตัดมีค่าแตกต่างกันมากที่สุดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่า 0.836 เปอร์เซ็นต์ และค่าแรงเจียนมีค่าแตกต่างกันมากที่สุดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่า 1.280 เปอร์เซ็นต์

สาเหตุที่ทำให้การคำนวณด้วยมือมีความแตกต่างจากผลลัพท์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เนื่องจากในส่วนของกรณีวิเคราะห์ มีขั้นตอนการคำนวณอยู่หลายขั้นตอน และเป็นจำนวนมาก ความแตกต่างของตัวเลขจึงเกิดจากการปัดเศษของเลขทศนิยมของการคำนวณในแต่ละขั้นตอนของการคำนวณซึ่งก็จะมีค่าแตกต่างกันของตัวเลขเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามจำนวนขั้นตอนที่ทำการคำนวณ

จากการคำนวณด้วยมือเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของตัวโปรแกรม สรุปได้ว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำการสร้างขึ้นมา มีความเชื่อถือในเรื่องของความถูกต้องได้สำหรับความรวดเร็วในการทำงานของตัวโปรแกรม หลังจากผู้ใช้โปรแกรมได้ทำการป้อนข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว เวลาที่ใช้ประมวลผลทั้งสิ้น ใช้เวลาเท่ากับ 6 วินาที โดยแบ่งออกเป็น

1. เวลาที่ใช้ประมวลผลสำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ 3 วินาที
2. เวลาที่ใช้ประมวลผลสำหรับขั้นตอนการออกแบบ 3 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย