บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินโครงงาน และการนำไปใช้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากผลการประมวลผลของโปรแกรมการสร้างเส้นอิทธิพล สามารถนำค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้างที่ได้มาสรุป ได้ดังตารางที่ 5.1 และ 5.2 และเพื่อให้เห็นรูปร่างของเส้นอิทธิพล ที่เกิดจากกรณีน้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกัน ทางคณะผู้จัดทำจึงนำรูปเส้นอิทธิพลรวมของแต่ละผลตอบสนองทางโครงสร้างมาแสดงเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 5.1 – 5.6

สำหรับคานต่อเนื่อง 2 ช่วง สามารถนำค่าสูงสุดที่แท้จริงมาสรุปได้ดังตารางที่ 5.3 - 5.4 และรูปร่างเส้นอิทธิพลของกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบต่างๆมาเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 5.7 – 5.15

พิจารณากรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 1 คือ น้ำหนักกระทำแบบจุดเดียวมีค่าเท่ากับ 1 กับน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 2 คือรถยนต์ธรรมดาที่แบ่งน้ำหนักบรรทุกลงล้อหน้าและล้อหลัง ล้อละเท่ากับ 0.5 ระยะระหว่างล้อหน้าและล้อหลังเท่ากับ 0.5 พบว่าค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้างมีค่าลดลง เพื่อความชัดเจนในเรื่องของระยะห่างระหว่างล้อมีผลต่อค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เพิ่มกรณีน้ำหนักบรรทุกอีก 2 แบบ(ดังตารางที่ 5.5 และ 5.6) คือ แบบที่ 1 รถยนต์ธรรมดาที่มีการแบ่งน้ำหนักบรรทุกลงล้อหน้าและล้อหลังเท่ากัน คือ 0.5 ระยะห่างระหว่างล้อเป็น 0.2 แบบที่ 2 เหมือนแบบที่ 1 แต่เปลี่ยนระยะห่างระหว่างล้อเป็น 0.6 คือ (ผลตอบสนองทางโครงสร้าง ดังตารางที่ 5.5 และ 5.6) พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังน้อย จะทำให้ค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้างมีค่าสูงกว่า ระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหลังที่มีค่ามาก เนื่องจาก ถ้าระยะห่างระหว่างล้อมีค่ามาก จะทำให้แรงลัพธ์ของน้ำหนักกระทำอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างล้อทั้ง 2 คือ อยู่ตำแหน่งที่ห่างจากฐานรองรับ A (ทางซ้าย) มากขึ้นส่งผลให้แรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ A มีค่าน้อยลง ในการคำนวณค่าผลตอบสนองทางโครงสร้างต่างๆจะต้องเกี่ยวข้องกับค่าแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ A ทำให้ค่าต่างๆเหล่านั้นมีค่าลดลงตามค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง

$$\text{ค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง } \alpha \frac{1}{\text{ระยะห่างระหว่างล้อรถ}}$$

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง คานช่วงเดียวธรรมดา

Load Case	$y_{L/2}$	$M_{L/2}$	$S_{0.05L}$	$S_{0.095L}$	A_y	B_y
1	0.020833	0.25	0.95	0.9495	1	0.9995
2	0.014323	0.125	0.7	0.6995	0.75	0.7495
3	0.01707	0.2	0.85	0.7596	0.9	0.7996
4	0.01306	0.12592	0.6461	0.62196	0.6961	0.6664
5	0.017168	0.16667	0.7	0.6995	0.75	0.7495
6	0.017719	0.175	0.7	0.6995	0.75	0.7495
7	0.017956	0.17857	0.7	0.6995	0.75	0.7495

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดของผลตอบสนองทางโครงสร้าง คานช่วงเดียวธรรมดา

Load Case	$y_{L/2}$	$M_{L/2}$	$S_{0.05L}$	$S_{0.095L}$	A_y	B_y
1	0.5	0.5	0.05	0.9495	0	0.9995
2	0.75	0.5	0.55	0.9495	0.5	0.9995
3	0.9345	1	0.55	1.4495	0.5	1.4995
4	0.9225	0.7335	0.7835	1.183	0.7335	1.233
5	0.75	0.668	0.55	0.9495	0.5	0.9995
6	0.75	0.7045	0.55	0.9495	0.5	0.9995
7	0.75	0.7145	0.55	0.9495	0.5	0.9995

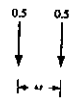
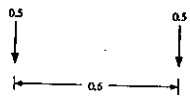
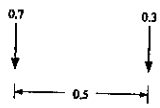
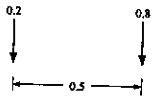
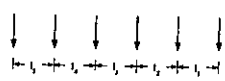
ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง คานต่อเนื่อง 2 ช่วง

	$y_{L/2}$	$M_{L/2}$	M_L	$M_{3L/2}$	$S_{0.95L}$	$S_{1.95L}$	A_y	B_y	C_y
1	0.015012	0.20313	0.096225	0.20313	0.97287	0.93691	1	1	0.99938
2	0.0099345	0.10156	0.082031	0.10156	0.75602	0.64524	0.70313	0.91406	0.70255
3	0.012295	0.1625	0.08688	0.1625	0.79748	0.74953	0.88125	0.94706	0.7995
4	0.0090442	0.10036	0.083452	0.10163	0.67971	0.57375	0.64499	0.89438	0.62469
5	0.012144	0.12904	0.081588	0.12904	0.77059	0.63898	0.69792	0.95197	0.69733
6	0.012568	0.13506	0.083876	0.13506	0.77351	0.63773	0.69687	0.95944	0.69628
7	0.012751	0.1377	0.084863	0.1377	0.77476	0.6372	0.69643	0.96265	0.69584

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง คานต่อเนื่อง 2 ช่วง

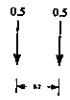
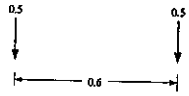
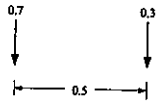
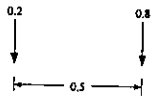
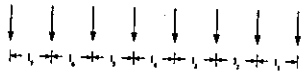
	$y_{L/2}$	$M_{L/2}$	M_L	$M_{3L/2}$	$S_{0.95L}$	$S_{1.95L}$	A_y	B_y	C_y
1	0.4805	0.5	1.4225	1.5	0.9495	1.9495	0	1	1.9995
2	0.7375	0.5	1.25	1.5	0.9495	1.9495	0.5	1.25	1.9995
3	0.9315	1	1.1545	2	1.4495	2.4495	0.5	1.414	2.4995
4	0.9145	0.7335	1.478	1.7335	1.183	2.183	0.7335	1.4275	2.233
5	0.731	0.667	0.7965	1.833	0.9495	1.9495	0.5	1.25	1.9995
6	0.7305	0.7	1.6985	1.8	0.9495	1.9495	0.5	1.25	1.9995
7	0.73	0.7145	1.6965	1.7855	0.9495	1.9495	0.5	1.25	1.9995

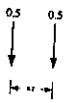
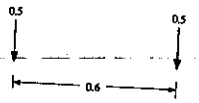
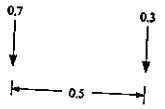
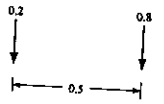
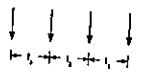
ตารางที่ 5.5 กรณีน้ำหนักบรรทุก (เพิ่มเติม) บนคานช่วงเดียวธรรมดา และค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง

	Model	$y_{L/2}$	$M_{L/2}$	$S_{0.05L}$	$S_{0.095L}$	A_y	B_y
1		0.019667	0.2	0.85	0.8495	0.9	0.8995
2		0.011833	0.125	0.65	0.6495	0.7	0.6995
3		0.015633	0.175	0.8	0.66465	0.85	0.69965
4		0.01707	0.2	0.76	0.8495	0.8	0.8995
5		0.017944	0.18333	0.75	0.7495	0.8	0.7995
6		0.01575	0.15	0.6495	0.6495	0.6995	0.6995

7		0.011028	0.10833	0.45833	0.45792	0.5	0.49958

ตารางที่ 5.6 กรณีน้ำหนักบรรทุก (เพิ่มเติม) บนคานต่อเนื่อง 2 ช่วง และค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง

Model		$y_{L/2}$	$M_{L/2}$	M_L	$M_{3L/2}$
1		0.01408	0.1595	0.091928	0.15947
2		0.0080843	0.10156	0.08925	0.10156
3		0.011147	0.14219	0.084155	0.14219
4		0.012103	0.1625	0.08688	0.1625
5		0.012736	0.14146	0.084912	0.14139
6		0.011074	0.1155	0.075408	0.1155
7		0.0077076	0.081771	0.07525	0.081771

Model	$S_{0.95L}$	$S_{1.95L}$	A_y	B_y	C_y
1 	0.90224	0.81386	0.876	0.9855	0.87538
2 	0.69954	0.5963	0.652	0.8785	0.65144
3 	0.70978	0.65584	0.82187	0.92907	0.69956
4 	0.88613	0.82024	0.8	0.94706	0.88064
5 	0.81663	0.69581	0.756	0.96267	0.7554
6	0.71902	0.58578	0.64243	0.932	0.64243
7	0.52016	0.40564	0.45	0.8505	0.44955

จากกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 2 และ 3 เมื่อมีการแบ่งน้ำหนักลงที่ล้อหน้าและล้อหลังไม่เท่ากัน พบว่าจะได้ค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้างเพิ่มขึ้น จากกรณีที่มีการแบ่งน้ำหนักลงที่ล้อทั้งสองเท่ากัน เนื่องจากแรงลัพธ์ของกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 3 อยู่ใกล้กับฐานรองรับมากกว่ากรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 2 ทำให้แรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับนั้นมีค่ามากขึ้น และย่อมส่งผลให้ค่าสูงสุดของผลตอบสนองทางโครงสร้างต่างๆสูงขึ้นตามหลักการดังกล่าวมาแล้วในย่อหน้าข้างต้น

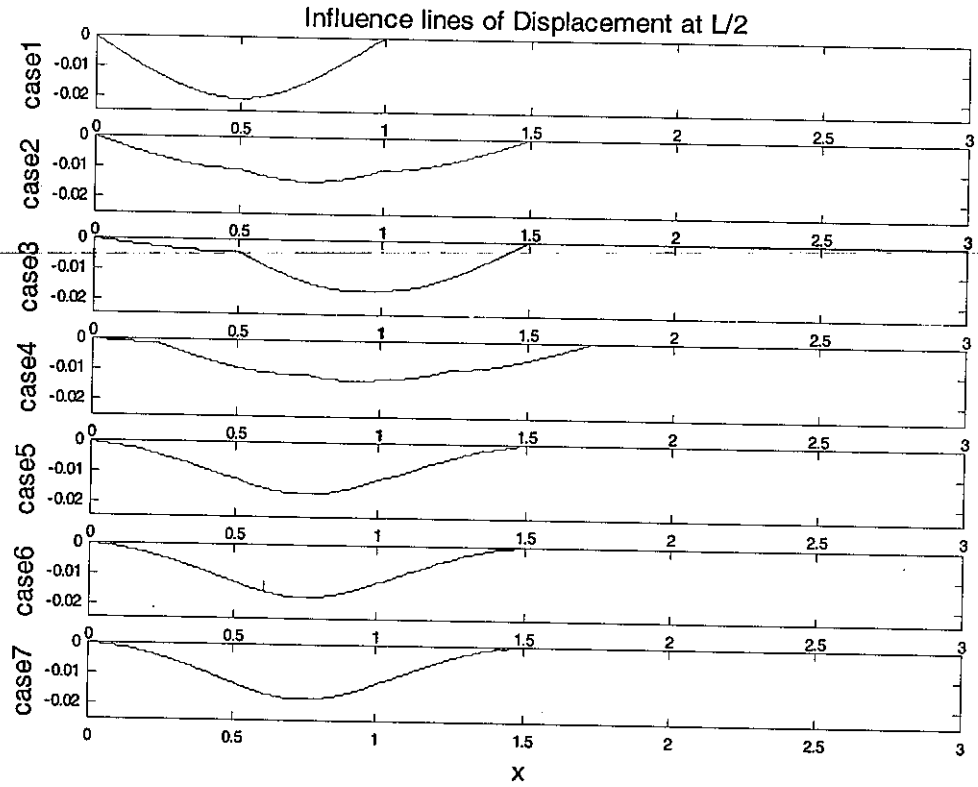
ในกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 4 รถบรรทุก 3 เพลาที่มีการแบ่งน้ำหนักลงที่ล้อหน้าน้อยที่สุดเท่ากับ 1/9 ล้อกลางและล้อหลังแบ่งน้ำหนักเท่ากัน คือ 4/9 ระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อกลาง

เท่ากับ 0.2333 ระยะห่างระหว่างล้อกลางกับล้อหลังเท่ากับ 0.5 พบว่าค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้างมีค่าน้อยกว่ากรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 2 และ 3

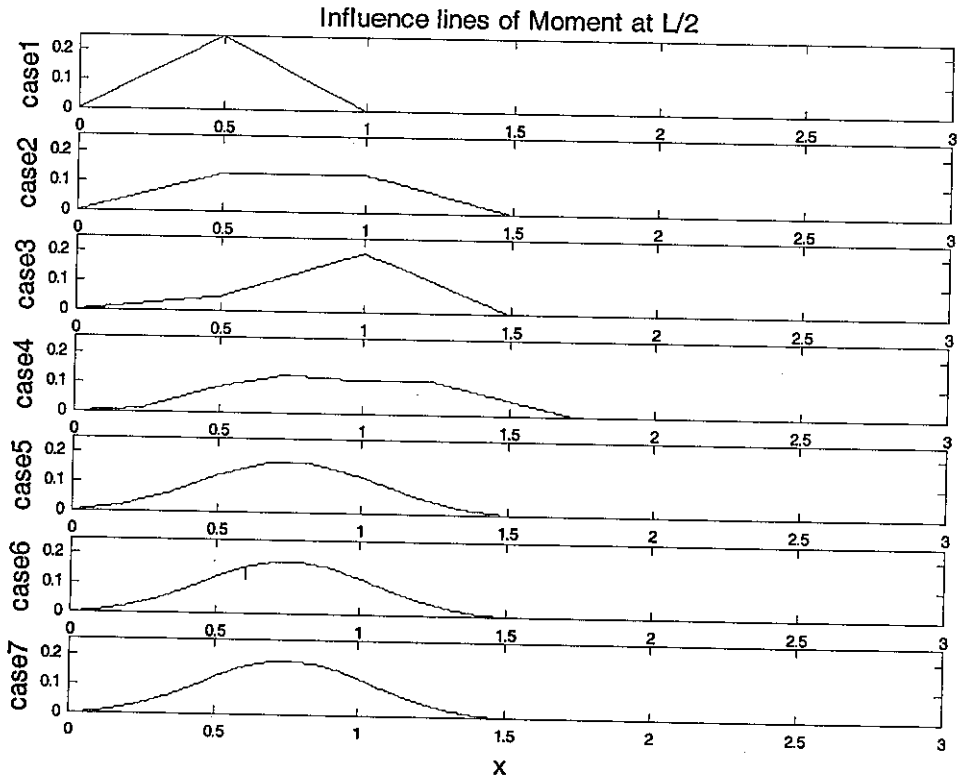
พิจารณากรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 5 – 7 เป็นกรณีของรถไฟที่กำหนดความยาวของรถไฟมีค่าเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง สมมติให้ความยาวของรถไฟเท่ากับ 0.5 และกำหนดให้น้ำหนักบรรทุกรวมทั้งหมดเป็น 1 พบว่าค่าการโก่งตัวของคานและค่าโมเมนต์ดัดที่ตำแหน่ง L/2 มีแนวโน้มสูงขึ้นตามจำนวนล้อรถไฟ แต่ค่าแรงเฉือนและแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากันทั้ง 3 กรณีและเป็นที่น่าสังเกตว่าในกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 2 ค่าแรงเฉือนและแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับก็มีค่าเท่ากับ 3 กรณีนี้และค่าการโก่งตัวและโมเมนต์ดัดที่ตำแหน่ง L/2 ก็น้อยกว่าทั้ง 3 กรณีนี้ จึงสรุปได้ว่าถ้ากำหนดความยาวของรถไฟให้มีค่าเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง แล้วใส่จำนวนล้อรถไฟในช่วงความยาวดังกล่าวยิ่งมีจำนวนล้อมากขึ้นค่าการโก่งตัวและค่าโมเมนต์ดัดยิ่งมีค่าสูงขึ้น ส่วนค่าแรงเฉือนและแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากตำแหน่งของแรงลัพธ์ของกลุ่มน้ำหนักอยู่ตำแหน่งเดียวกัน จึงทำให้ค่าแรงเฉือนและแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากันทั้ง 3 กรณี

หากไม่กำหนดความยาวของรถไฟให้มีค่าคงที่ แต่กำหนดระยะห่างระหว่างล้อรถไฟให้มีค่าคงที่ค่าหนึ่งแทน เช่น กำหนดให้ระยะห่างระหว่างล้อรถไฟเท่ากับ 0.2 เมื่อต้องการให้รถไฟมีล้อทั้งหมด 4 ล้อ หมายความว่ารถไฟมีความยาว 0.8 หรือจะเพิ่มจำนวนล้อเป็น 6 หรือ8 ล้อ ดังกรณีน้ำหนักบรรทุกแบบที่ 6 และ 7 ก็จะได้ความยาวของรถไฟเท่ากับ 1.2 และ 1.6 ตามลำดับ แล้วให้เคลื่อนที่บนโครงสร้าง พบว่าค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้างมีค่าลดลงเมื่อจำนวนล้อมากขึ้น(ดังตารางที่)

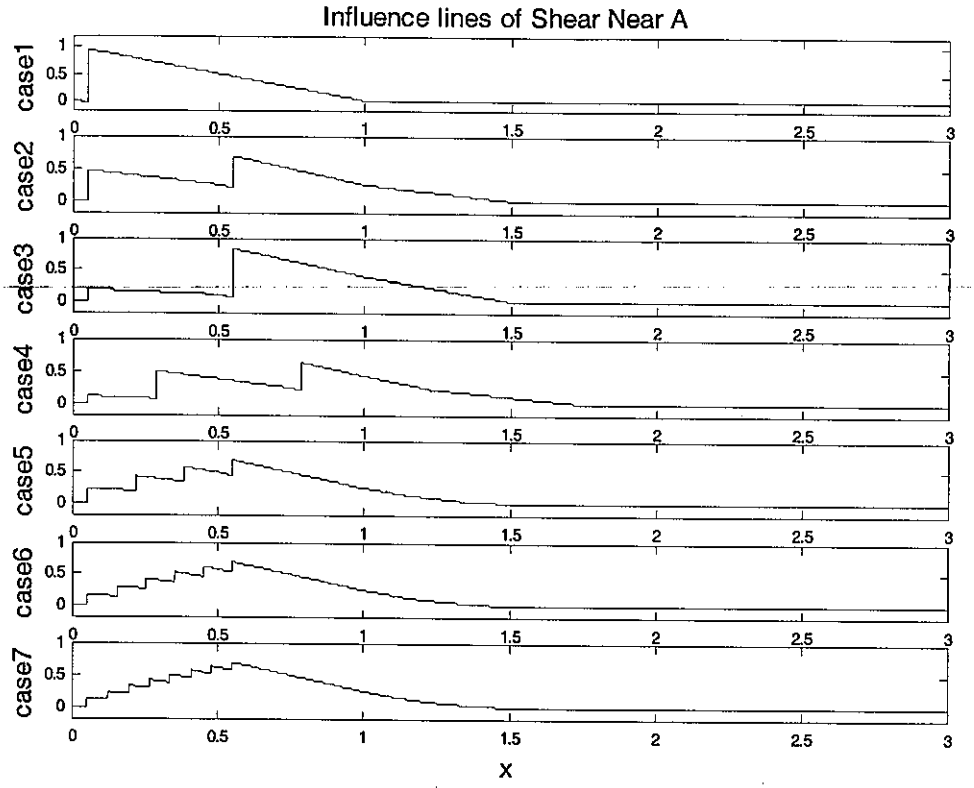
ตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดที่แท้จริงของผลตอบสนองทางโครงสร้าง จะเกิดขึ้นในช่วงครึ่งหลังของคาน เพราะเมื่อกำหนดให้ความยาวเท่ากับ 1 และส่วนใหญ่ระยะห่างระหว่างล้อมีค่าเท่ากับ 0.5 ฉะนั้นค่าสูงสุดที่แท้จริงจะไม่เกิดขึ้นหากน้ำหนักบรรทุกของกรณีต่างๆไม่เคลื่อนที่เข้ามาบนคานครบทั้งหมด


Influence lines of Displacement at L/2
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
X

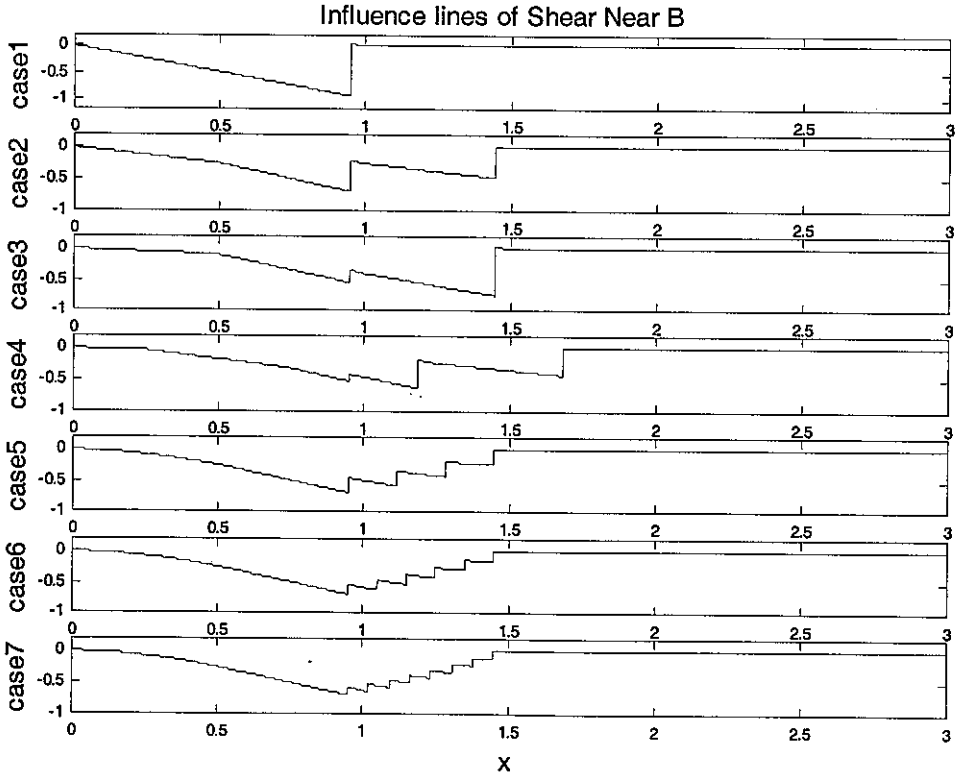
รูปที่ 5.1


Influence lines of Moment at L/2
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
X

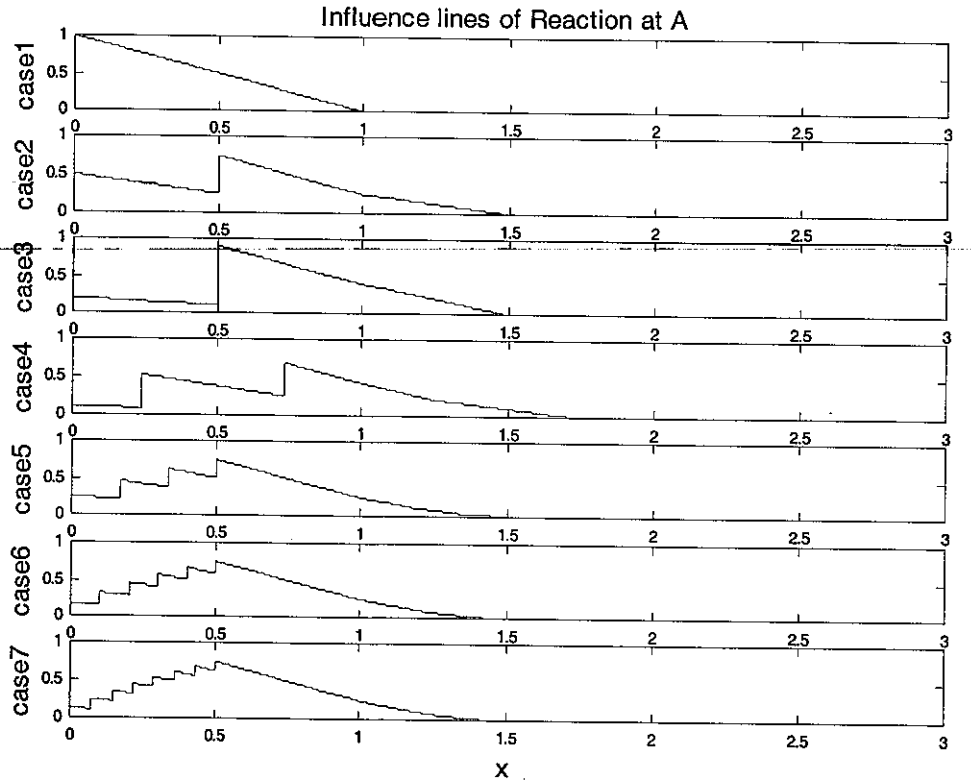
รูปที่ 5.2


Influence lines of Shear Near A
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
X

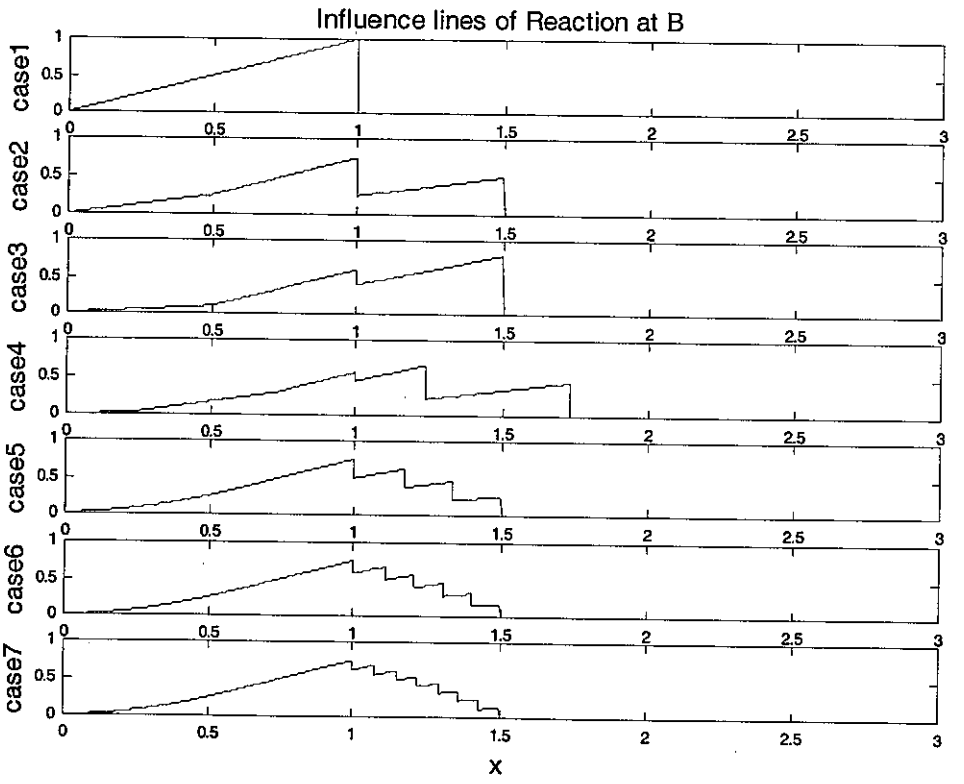
รูปที่ 5.3


Influence lines of Shear Near B
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
X

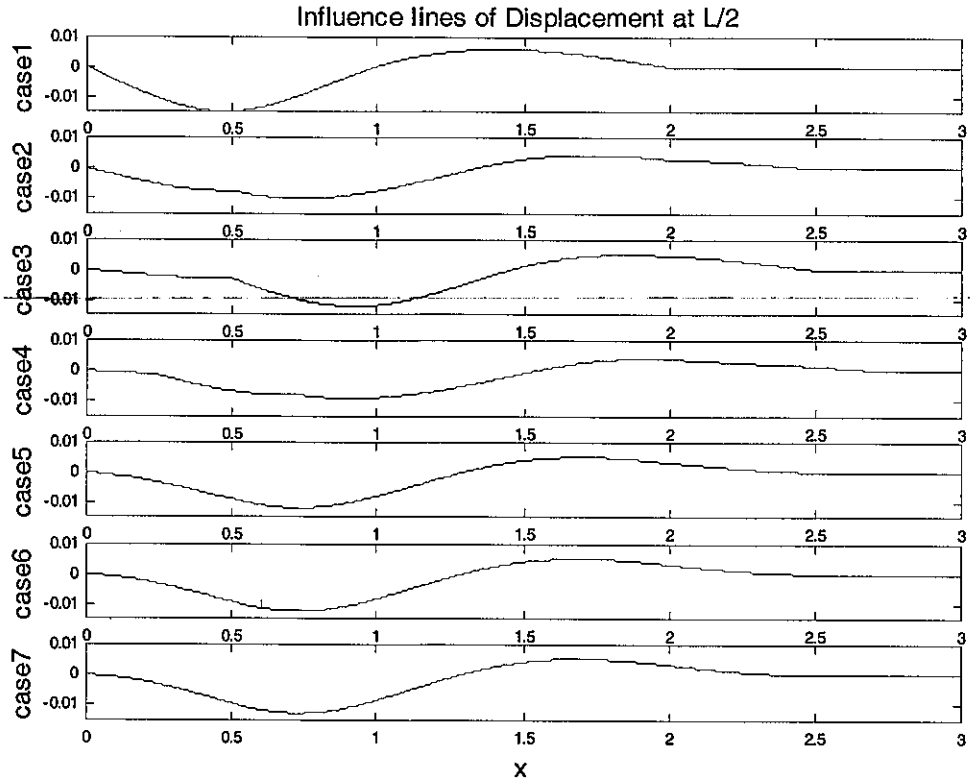
รูปที่ 5.4


Influence lines of Reaction at A
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
x

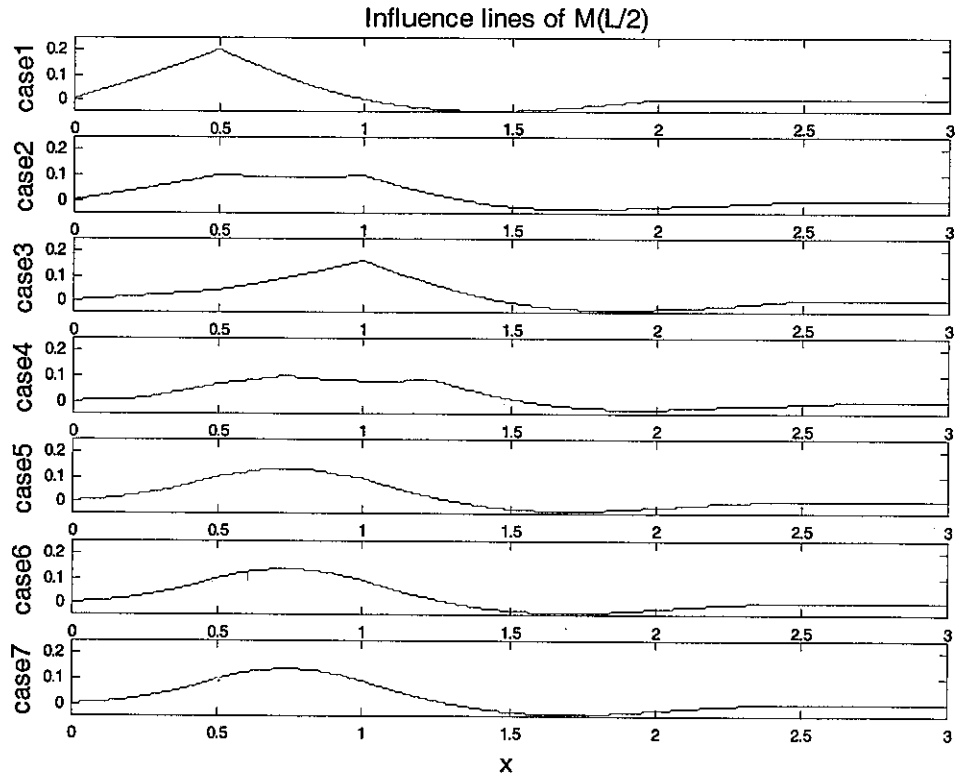
รูปที่ 5.5


Influence lines of Reaction at B
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
x

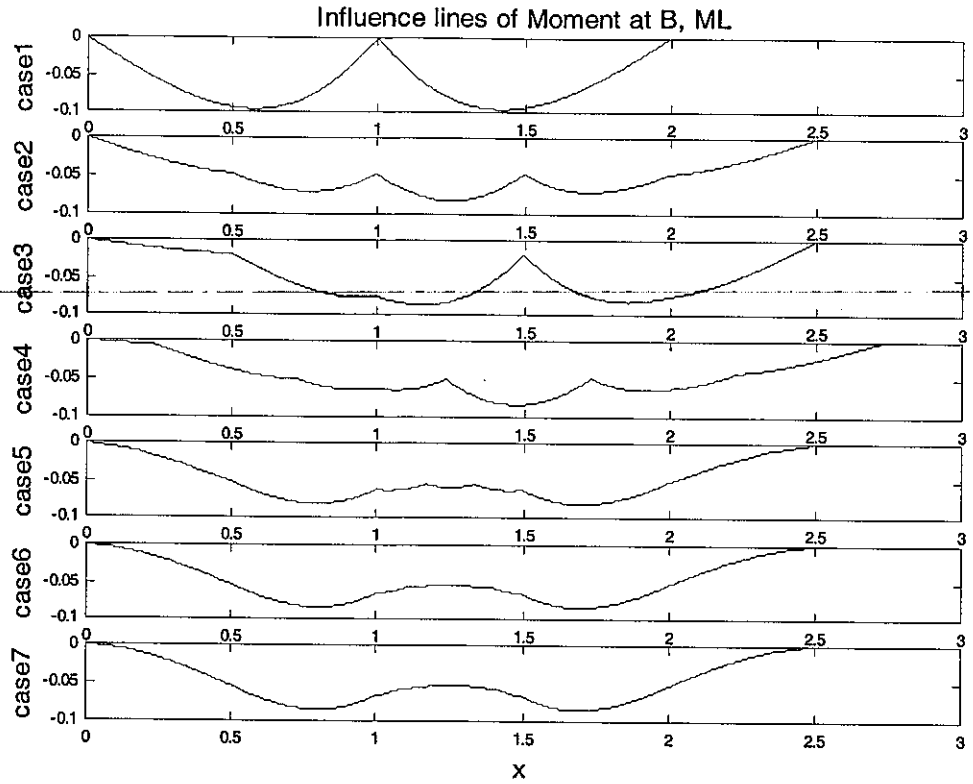
รูปที่ 5.6


Influence lines of Displacement at L/2
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
0.01
0
-0.01
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
x

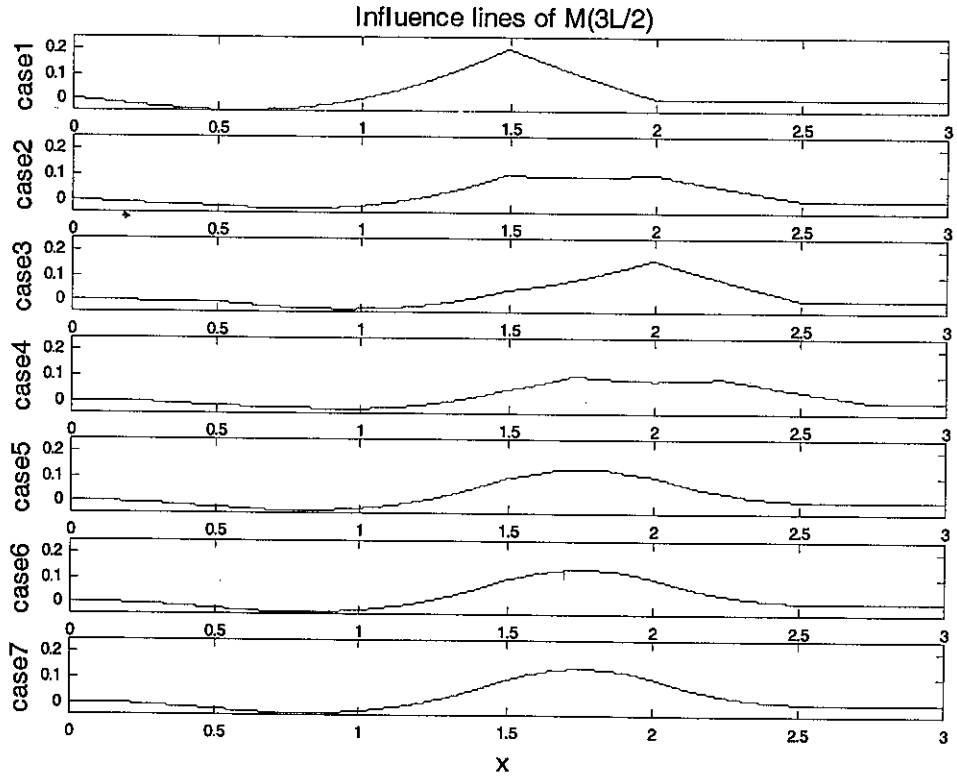
รูปที่ 5.7


Influence lines of M(L/2)
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
0.2
0.1
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
x

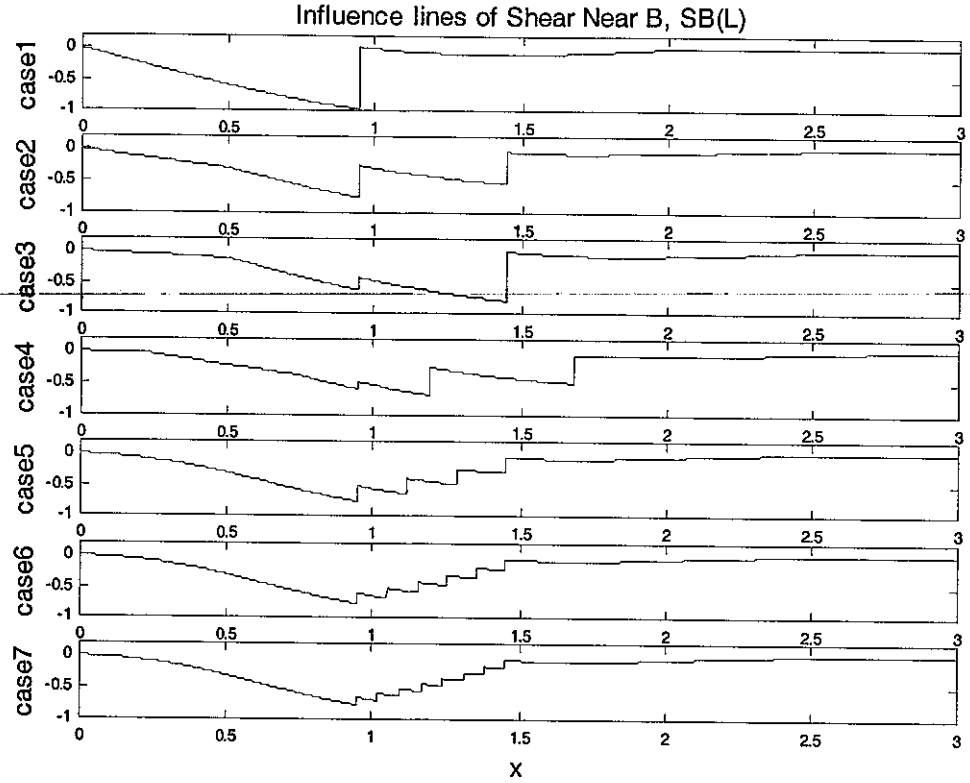
รูปที่ 5.8



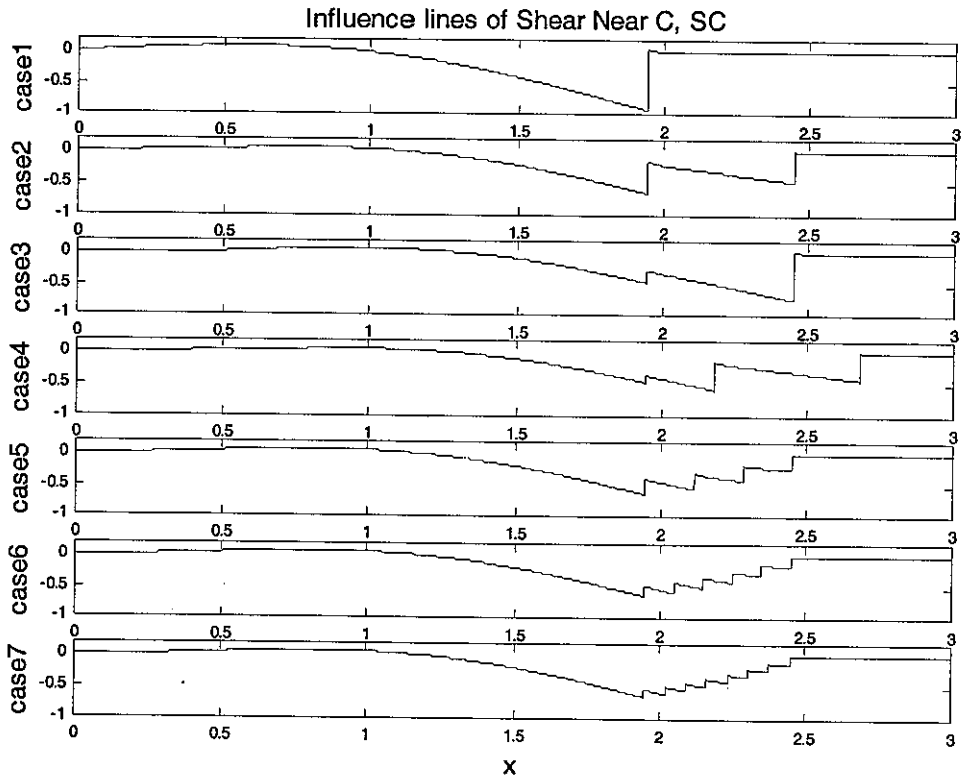
รูปที่ 5.9



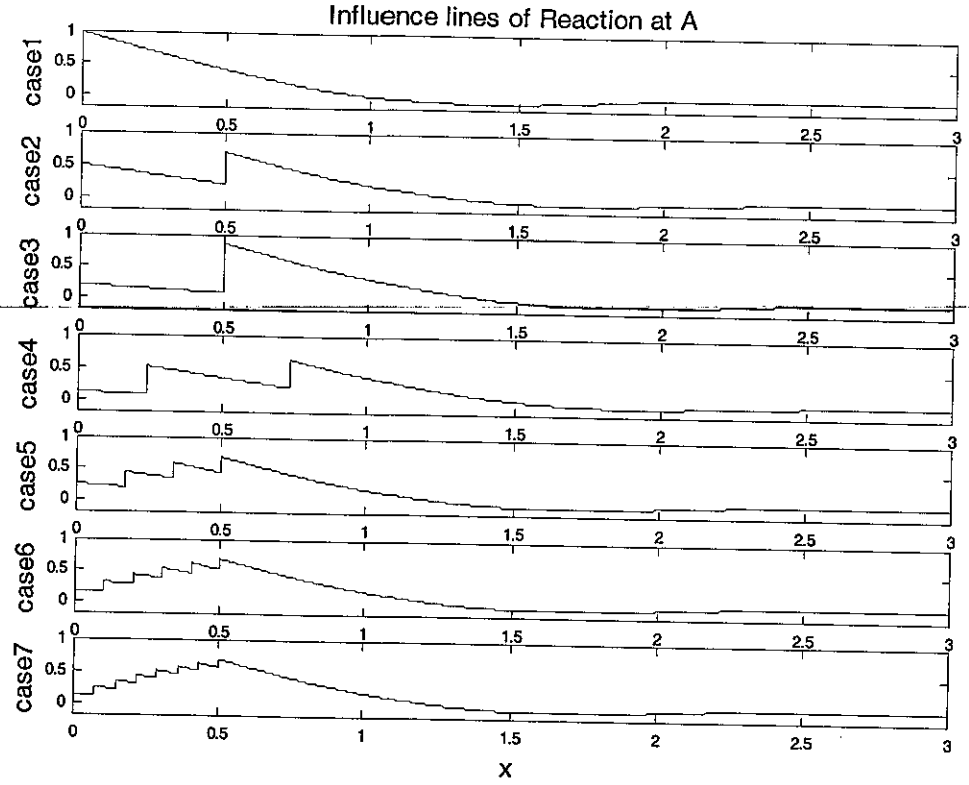
รูปที่ 5.10



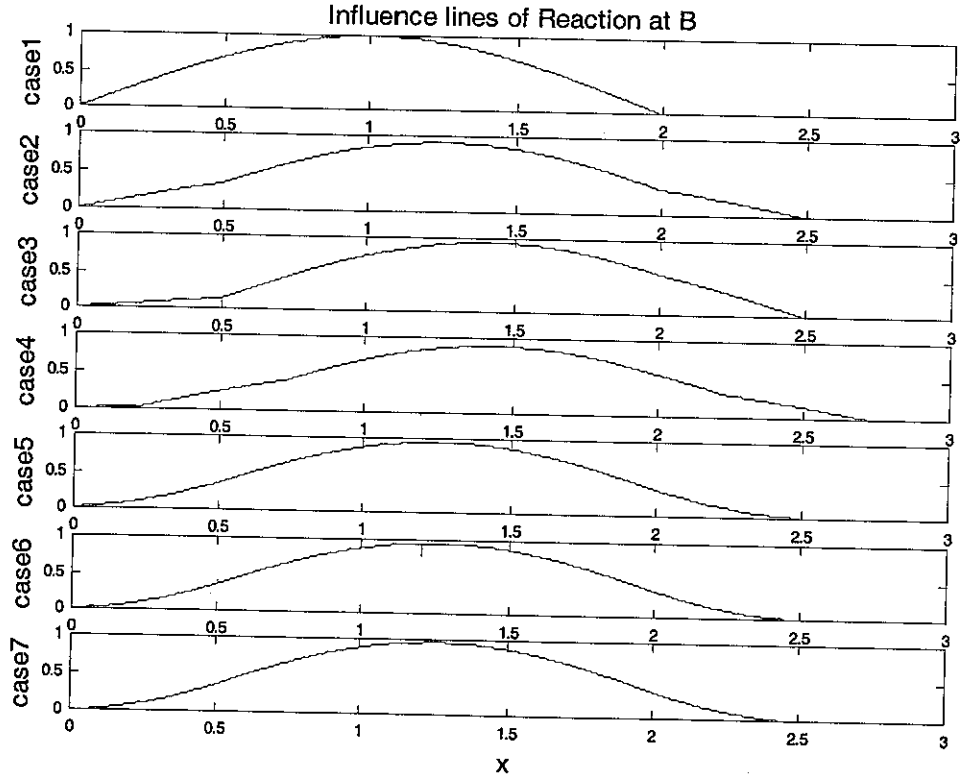
รูปที่ 5.11



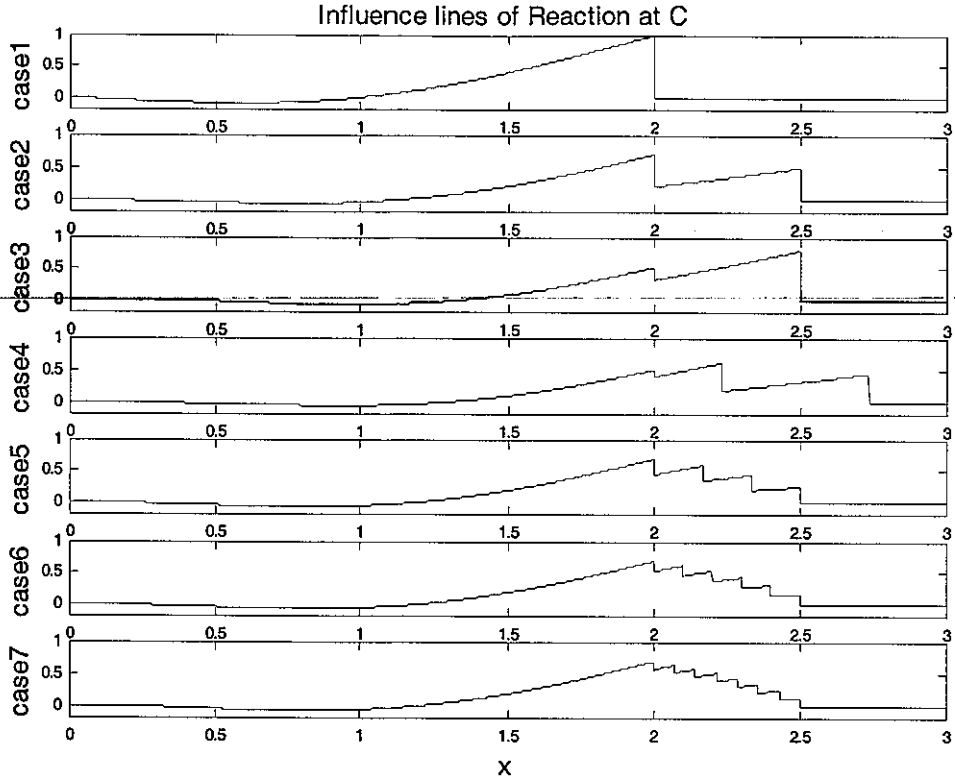
รูปที่ 5.12



รูปที่ 5.13



รูปที่ 5.14


Influence lines of Reaction at C
case1
case2
case3
case4
case5
case6
case7
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
x

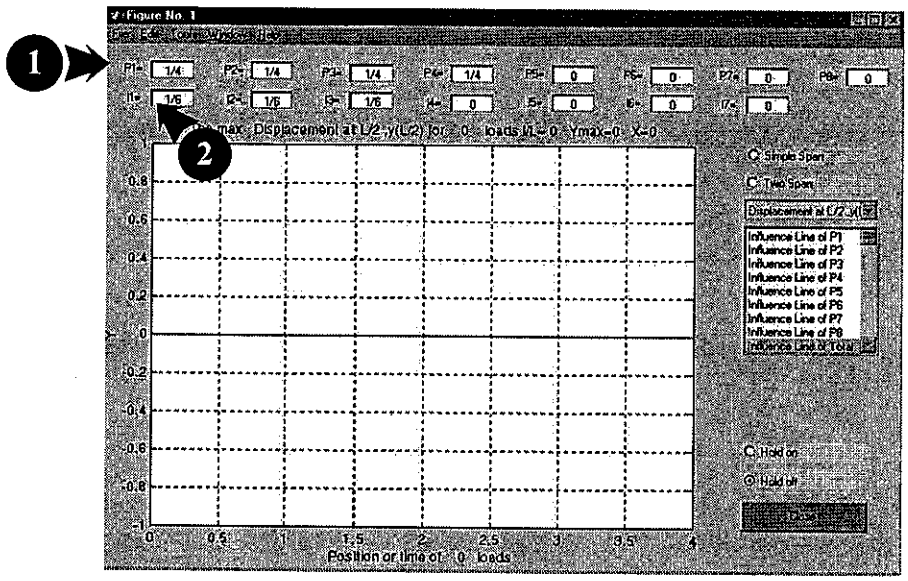
รูปที่ 5.15

5.2 ข้อเสนอแนะ (Future Work)

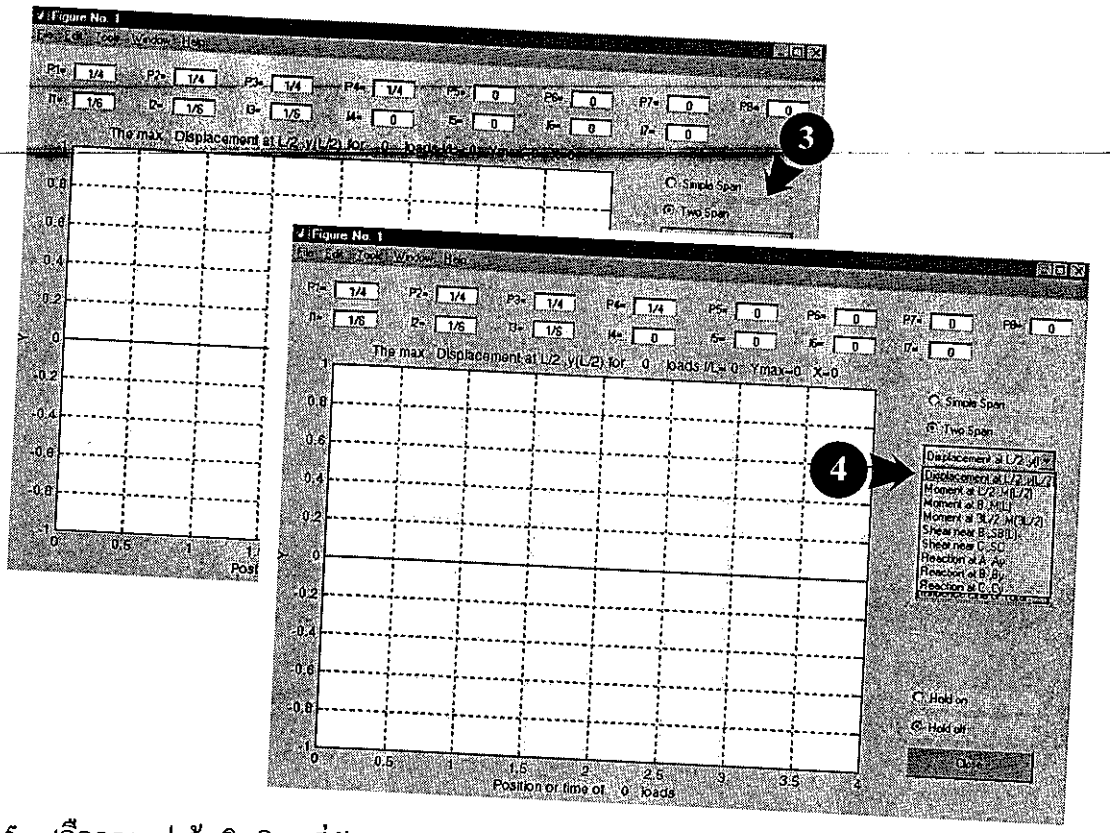
หลังจากคณะผู้จัดทำเขียนโปรแกรมการสร้างเส้นอิทธิพลสำหรับคานช่วงเดียวธรรมดาและคานต่อเนื่อง 2 ช่วง คณะผู้จัดทำได้พยายามแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาโปรแกรม โดยการสร้างการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางกราฟฟิก (Graphic User Interfaces) เพื่อความสะดวกในการสร้างเส้นอิทธิพล และแสดงค่าสูงสุดที่แท้จริงพร้อมทั้งตำแหน่งที่เกิดขึ้น โดยไม่ต้องแก้ไขในส่วนรายละเอียดของโปรแกรม

การใช้โปรแกรมการสร้างเส้นอิทธิพลเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่ โดยเปิดโปรแกรม GUIS บนโปรแกรม MATLAB

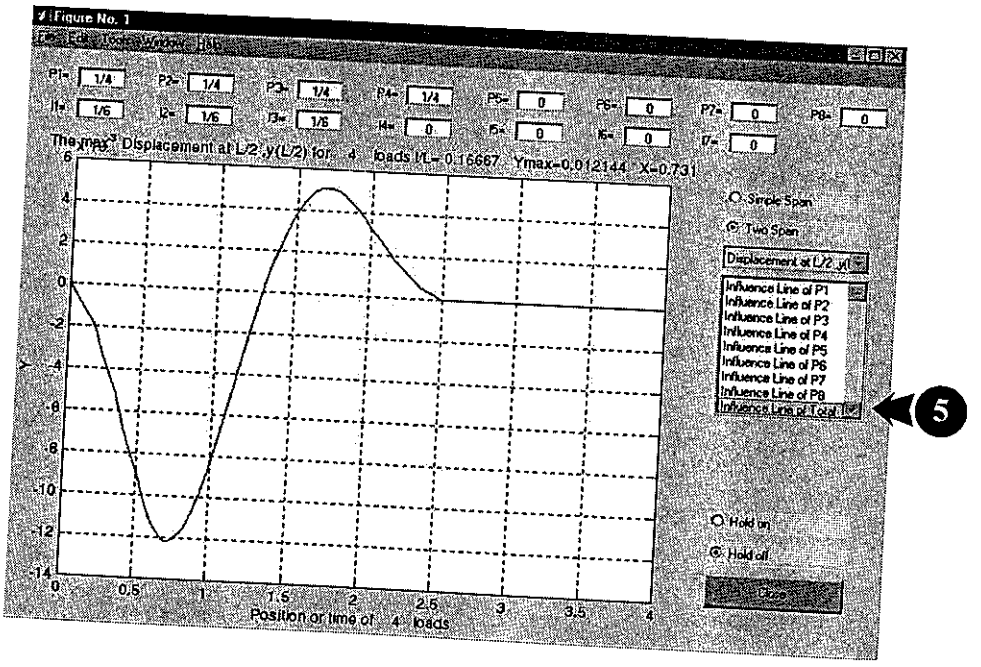
1. กำหนดค่า P1, P2, P3, ... และ P8 ตามลำดับ (ค่าใดไม่มี กำหนดให้เท่ากับ 0)
2. กำหนดค่า I1, I2, I3, ... I7 ตามลำดับ (ค่าใดไม่มีกำหนดให้เท่ากับ 0)



3. เลือกประเภทของโครงสร้างที่ต้องการ
4. เลือกผลตอบสนองของโครงสร้างที่ต้องการ



5. เลือกกราฟเส้นอิทธิพลที่ต้องการ
กราฟเส้นอิทธิพลแสดงค่า (X,Ymax)



6. **คลิกที่** เพื่อแสดงกราฟแบบซ้อนทับ

7. **คลิกที่ปุ่ม** เพื่อจบการทำงาน