

2.6 橋梁走行試験

2.6.1 概要

海コントレーラ駆動軸のサスペンション条件および軸重の相違が、橋梁に生じる動的影響に対してどのような相違を生じるかを明らかにするために、各種条件の海コントレーラを橋梁上を実走させ、車両および橋梁の各部の挙動を計測する。

2.6.2 試験方法

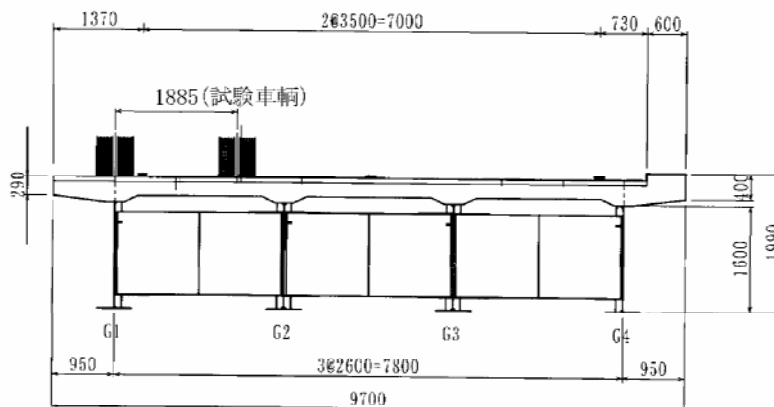
(1) 一般

国総研内の試験走路内に設置されている試験橋梁（4主げた非合成鋼単純鈎げた形式、支間長 30m）上を他の走行試験（一般道走行試験、人工段差走行試験）に用いたものと同じ車両で走行し、橋梁および車両各部の応答を計測する。

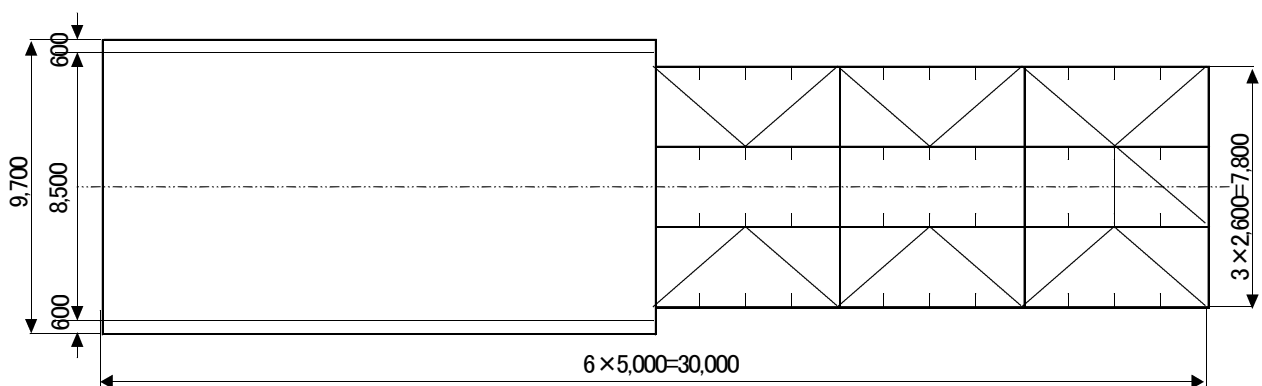
このとき車両は、外側車輪が外げた直上を通過するように走行させた。

(2) 試験橋梁

図-2.6.1 に、試験橋梁の概要を示す。



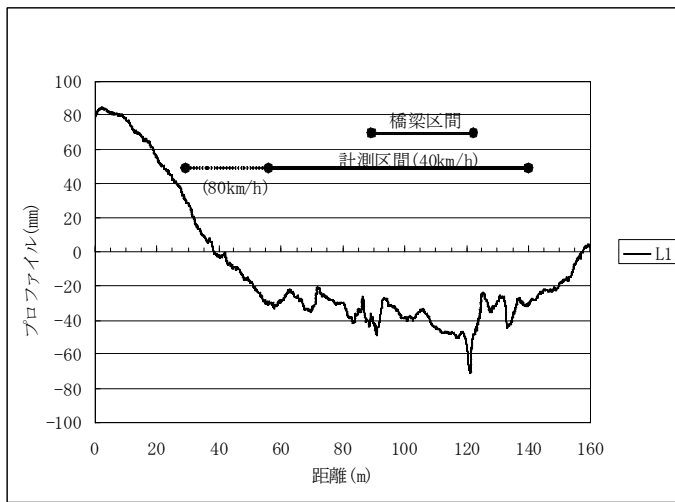
(a) 横断面図および試験車両走行位置



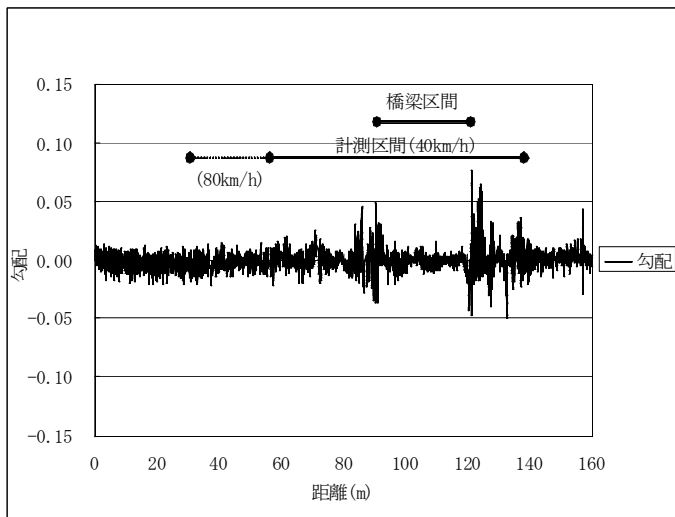
(b) 平面図

図-2.6.1 試験橋梁一般図

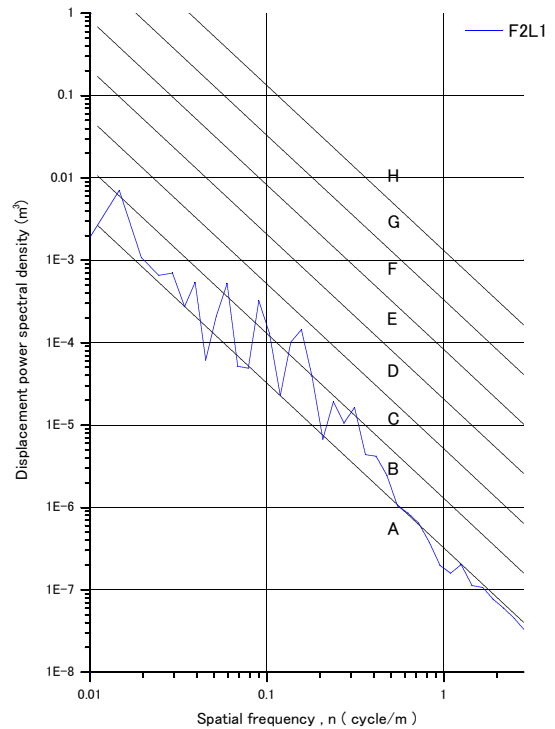
図-2.6.2 に試験橋梁区間を含む試験車両走行位置の路面性状特性を示す。



(a) 路面縦断形状



(b) 勾配



(c) 試験橋梁計測区間PSD

図-2.6.2 試験橋梁区間の路面性状

(3) 試験ケース

橋梁走行試験のケース一覧を表-2.6.1 に示す。ここで走行速度の「低速」は、静的な載荷とみなせる状態での橋梁の応答値を計測するために時速 5km 程度で所定の位置を走行させたものである。

表-2.6.1 橋梁走行試験ケース

車両	走行速度			備考
	低速	40 km/h	80 km/h	
A 1	A 1 - 5	A 1 - 40	A 1 - 80	各 3 回
A 2	A 2 - 5	A 2 - 40	A 2 - 80	
A 3	A 3 - 5	A 3 - 40	A 3 - 80	
A 4	A 4 - 5	A 4 - 40	A 4 - 80	
A 5	A 5 - 5	A 5 - 40	A 5 - 80	
L 1	L 1 - 5	L 1 - 40	L 1 - 80	
L 2	L 2 - 5	L 2 - 40	L 2 - 80	
L 3	L 3 - 5	L 3 - 40	L 3 - 80	
L 4	L 4 - 5	L 4 - 40	L 4 - 80	

(4) 測定項目および測定方法

車両側の測定項目および方法は、基本的に一般道走行試験と同じである。

橋梁側では、主げた中央のたわみ、支点部近傍の主げた下フランジのひずみ、床版下面のひずみとした。

そのほか、車両側の計測値と橋梁側の計測値が同期するように橋梁の直前にロードスイッチを設け、車輪がそれを踏んだ時刻に両者の計測データに信号が記録されるようにした。

計測機器の仕様と系統を表-2.6.2、図-2.6.3 に示す。また測定位置および記号を図-2.6.4、表-2.6.3、表-2.6.4 に示す。

表-2.6.2 計測機器仕様

対象	名称	型式	仕様	数量	測定項目
試験車両	ひずみゲージ	FCA-3-11-1L	2軸,ゲージ長3mm	84	トレーラ20枚、トラクタ64枚
	加速度計		20G	3	ばね上(前軸、駆動軸、トレーラ)
	デジタルレコーダ	DR-M3b	16ch	1	2軸トレーラ8点、3軸トレーラ10点
	非接触式速度計	LC-3110		1	DR-M3bに記録
	動ひずみ計	CDV-700A		16	
橋梁側	ひずみゲージ	FLA-3-11-3LT	ゲージ長3mm,3線	2	橋梁ひずみ
	コンクリートゲージ	PLC-60-1L	2軸、60mm	2	床版ひずみ
	変位計	CDP-25	25mm	2	主桁たわみ
	動ひずみ計	CDV-700A		8	
	ブリッジボックス	SB-121A	1点	8	
	マットスイッチ		2ch	4	車両との同期、車両位置
	デジタルレコーダ	DR-M3b	16ch	1	

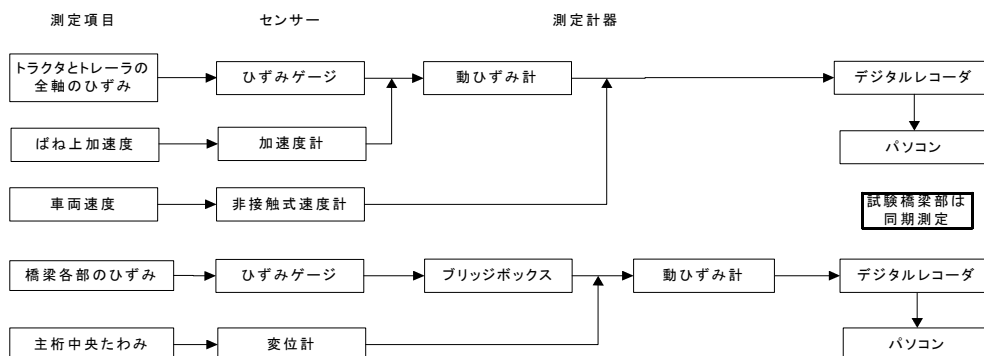
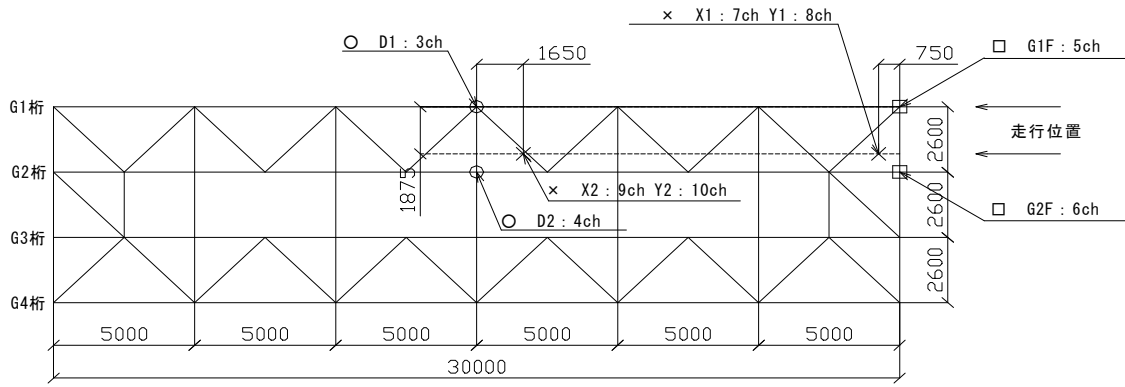
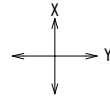


図-2.6.3 計測系統図



- 桁たわみ
- 桁ひずみ
- × 床版ひずみ

補足：入口側マットスイッチ→1ch
 出口側マットスイッチ→2ch
 マットスイッチ間→50m



走行位置は、運手席側のタイヤがG1桁上を走るように合わせた

測定位置及び測定番号一覧図

No	測点記号	種類	単位
1	D1	G1桁中央たわみ	mm
2	D2	G2桁中央たわみ	mm
3	G1F	G1桁下フランジひずみ	μ
4	G2F	G2桁下フランジひずみ	μ
5	X1	床版ひずみ(橋軸直角方向)	μ
6	Y1	床版ひずみ(橋軸方向)	μ
7	X2	支間中央床版ひずみ(橋軸直角方向)	μ
8	Y2	支間中央床版ひずみ(橋軸方向)	μ

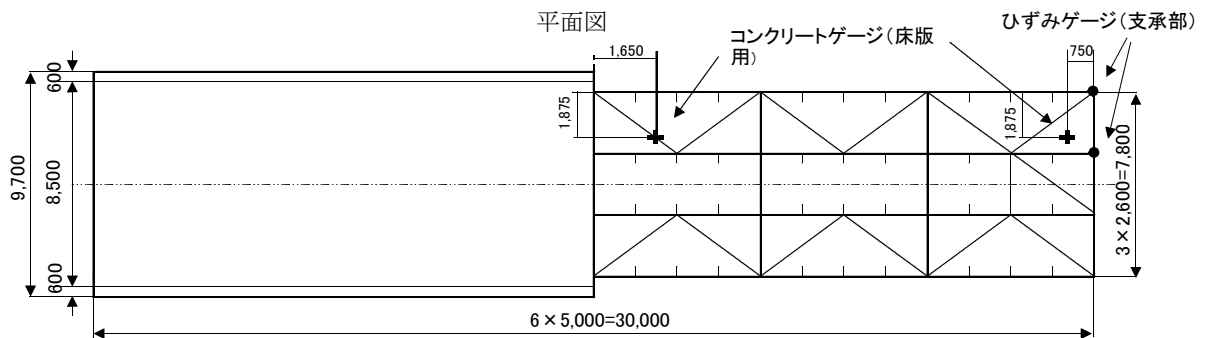


図-2.6.4 計測位置および記号(橋梁)

表-2.6.3 測定位置と測定記号（2軸トレーラ連結車）

No	測点記号	種類	符号	備考
1	SW	チェック信号	信号が入って+	1.5V乾電池
2	S1R	トラクタ車軸ひずみ	下方向曲げを+	前軸運転席側
3	S1L		〃	前軸助手席側
4	S2R		〃	駆動軸運転席側
5	S2L		〃	駆動軸助手席側
6	S3R		トレーラ車軸ひずみ	〃
7	S3L	〃		トレーラ前軸助手席側
8	S4R	〃		トレーラ後軸運転席側
9	S4L	〃		トレーラ後軸助手席側
10	FrAxle	加速度計		フレーム (+)
11	DUMMY			
12	D	変位置	サスが縮んで-	駆動軸
13	SPD	速度		速度計出力
14	RrAxle	加速度計	フレーム (+)	トラクタ リア バネ上
15	KINGPIN	加速度計	連結 上(+)	連結板 (キングピン)
16	TR	加速度計	フレーム上(+)	トレーラ前、後軸中間 バネ上

記:サンプリングタイムは200HZとした。
注:L・Rは運転席からみる

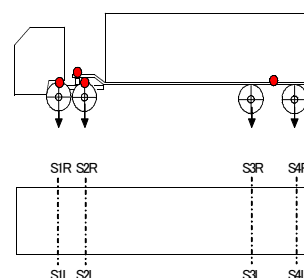
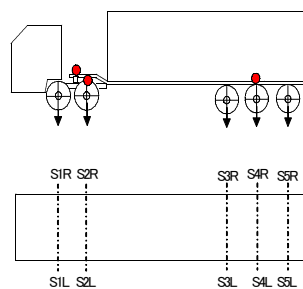


表-2.6.4 測定位置と測定記号（3軸トレーラ連結車）

No	測点記号	種類	符号	備考
1	SW	チェック信号	信号が入って+	1.5V乾電池
2	S1R	トラクタ車軸ひずみ	下方向曲げを+	前軸運転席側
3	S1L		〃	前軸助手席側
4	S2R		〃	駆動軸運転席側
5	S2L		〃	駆動軸助手席側
6	S3R		トレーラ車軸ひずみ	〃
7	S3L	〃		トレーラ前軸助手席側
8	S4R	〃		トレーラ中軸運転席側
9	S4L	〃		トレーラ中軸助手席側
10	S5R	〃		トレーラ後軸運転席側
11	S5L	〃		トレーラ後軸助手席側
12	D	変位置	サスが縮んで-	駆動軸
13	SPD	速度		速度計出力
14	RrAxle	加速度計	フレーム (+)	トラクタ リア バネ上
15	KINGPIN	加速度計	連結 上(+)	連結板 (キングピン)
16	TR	加速度計	フレーム上(+)	トレーラ 中軸 バネ上

記:サンプリングタイムは200Hzとした。
注:L・Rは運転席からみる



2.6.3 試験結果

試験橋梁の各部で計測されたデータを図-2.6.5～図-2.6.31に示す。また表-2.6.5、図-2.6.32には速度40km/h（中速）と80km/h（高速）のケースにおける各計器毎の測定最大値（3回の平均）とそれらの低速走行のケースに対する倍率を示す。低速走行のケースでは各計測データで車両および車軸の走行中の振動による変動成分がほとんど見られないか非常に小さな値となっている場合がほとんどである。したがってここではこの倍率を動的倍率と呼び、静的載荷時に得られる値との倍率とみなして考察する。

主げた中央部で計測されるたわみ（D1,D2）は、車両の総重量に対応するたわみ波形に走行中の車両の上下動（軸重変動）によるたわみ分が重ね合わされたものとなっており、走行速度の高いケースほど変動の影響が顕著である。ケースによっては車両が試験橋梁を通過した後も主げたに顕著なたわみ振動がみられ、個々の車両走行による動的影響が床組や床版のみならず、けた部材でも大きく現れる場合があることがわかった。また車両が橋梁を通過した後に計測される振動波形の減衰がケースによっては非常に小さくなっており（例えば、図-2.6.19や図-2.6.28）、サスペンション形式によらず車両と橋梁双方の振動特性の条件によっては、橋面上にある車両が橋梁と共振状態になりうることを示したものと考えられる。

以上のことから橋梁の諸元によっては主げた部材においても走行車両との相互作用による疲労への影響が無視しえない場合があると推測される。

なお本試験橋梁では、主げたのたわみ最大値近傍において車両振動に起因する振動波形が数波生じるためいずれのケースにおいても動的倍率は1を超える結果となっており最大値で1.2程度であった。

主げたの車両進入側端部の下フランジのひずみ波形（G1F,G2F）は、主げたのたわみ波形と同様に車両の総重量に対応するたわみ波形に車両の上下動（軸重変動）によるたわみ分が重ね合わされたものとなっているが車両通過後も顕著な変動波形が計測された。これは車両の振動に起因する応力変動が直接主げた下フランジのひずみとして現れているものと考えられる。なお静的荷重分に比べて変動荷重分の振幅が大きく車両振動の有無によって主げた端部の疲労耐久性が大きな影響を受けるものと推察される。また支間中央部の主げたのたわみ波形よりも個々の軸重によるひずみ値が明確なピークとなって現れるものと予想したが、車両振動に起因する変動成分が大きくこれらとの分離による軸重成分の分離は困難であった。

床版のひずみ波形（X1,X2,Y1,Y2）には、車両振動や主げた等の部材の振動の影響はあられわれず、各車軸がゲージ近傍を通過した時に路面に負荷している動的軸重値がそのままピーク値として計測されているものと考えられる。このため変動する軸重がどの位相で当該部位を通過するかによってピーク値が変動し着目した車両（車軸）の走行が床版に及ぼす影響を実験的に評価するためには相当回数の走行が必要となる。表-2.6.5、図-2.6.32に示した動的倍率についても基準とした低速のケースについても必ずしも静的な載荷によるピーク値が計測されているとは云えず結果は非常に大きなばらつきとなっている。

床版ひずみには、速度によらず個々の車軸による影響がほぼ完全に分離した形で明確なピーク値となっており、ことから橋梁構造の応答を利用した Bridge-Weigh-in-Motion などにおいて個々の車軸の通過位置や時間の特定には床版ひずみが有効であると考えられる。

なお、本橋では橋軸方向（床版支間直角方向）のひずみ測定値について、上部構造全体のたわみに対応

した静的なひずみ波形が軸重によるひずみと逆方向に生じる傾向であった。一方、橋軸直角方向（床版支間方向）のひずみには車両（車軸）の载荷による以外のひずみがほとんど現れず主げた部材などの振動の影響を受けない軸重成分のみが計測される結果であった。

以上のように、海コントラーの走行が橋梁に及ぼす影響については走行速度や着目部材の振動特性や影響線の形状など様々な要因と複雑に関連しており、トラクタ駆動軸のサスペンション形式など個々の車軸の条件や軸重値と関連づけての総合的な評価はできなかった。ただし、床版のひずみには個々の車軸（車輪）によって負荷される荷重成分による影響が支配的となっており、車両の通過によって都度载荷される軸重値が疲労耐久性に直接影響してくるものと考えられる。

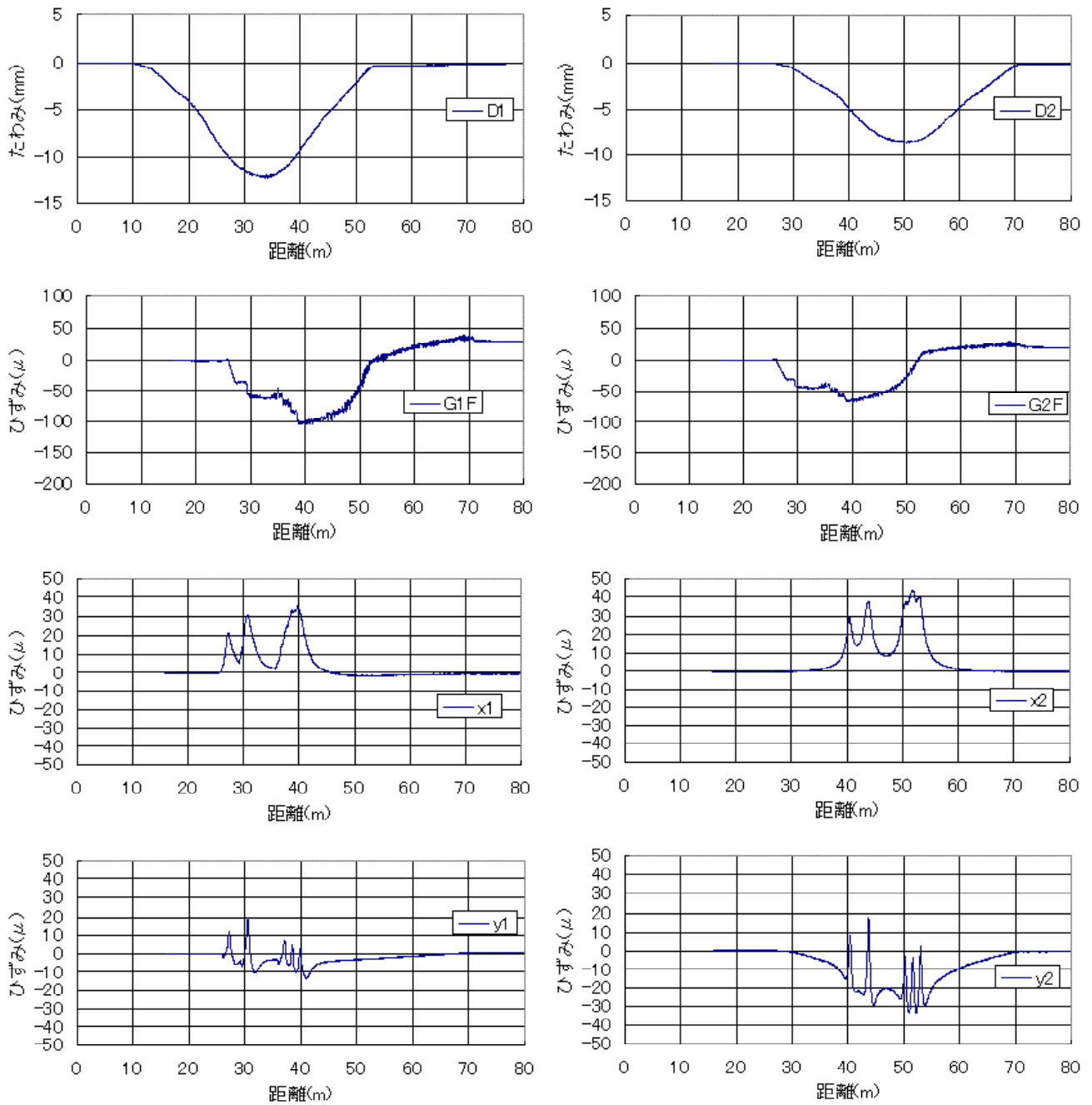


図-2.6.5 試験橋梁各部の応答 (ケース A1-5)

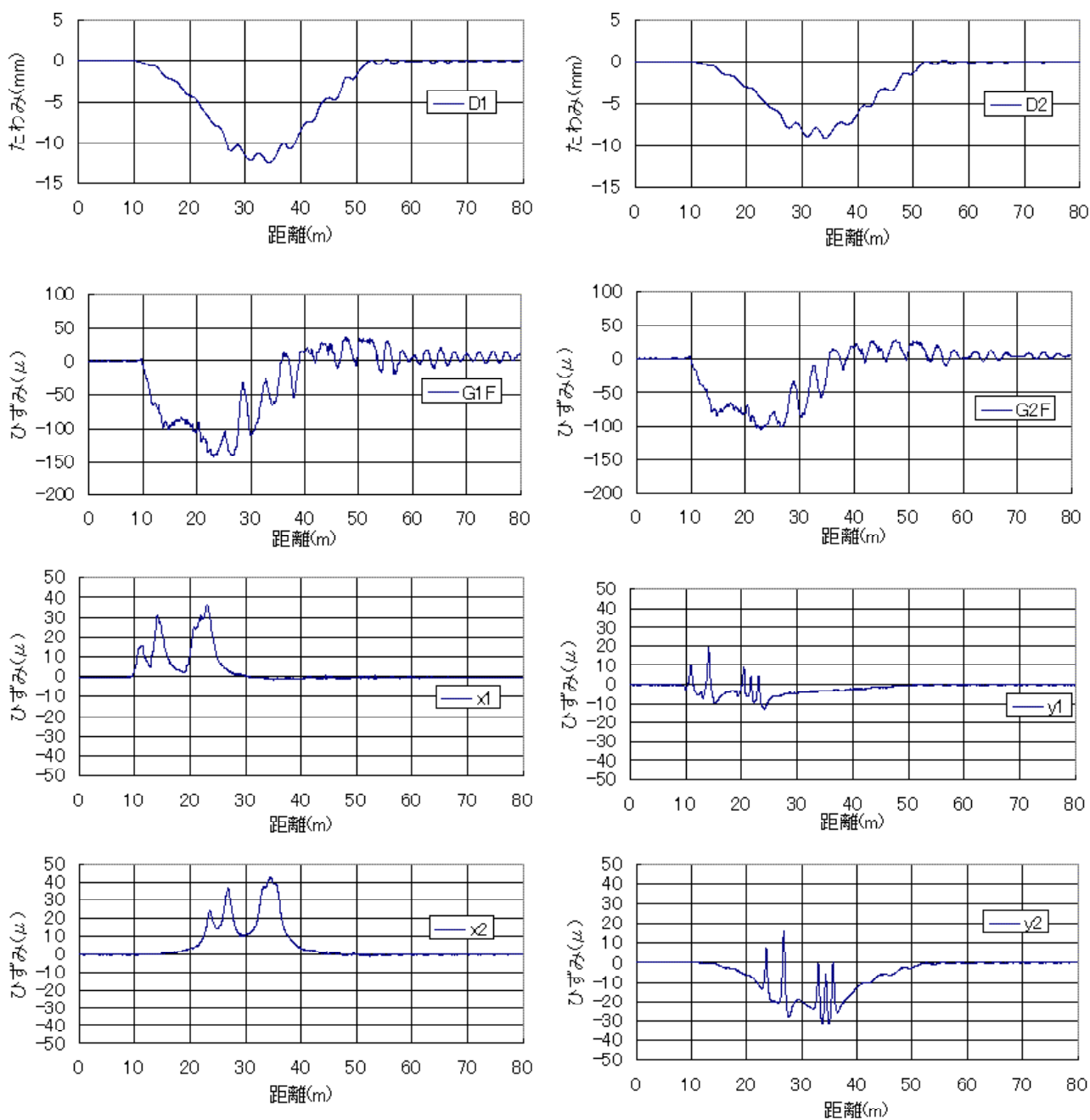


図-2.6.6 試験橋梁各部の応答 (ケース A1-40)

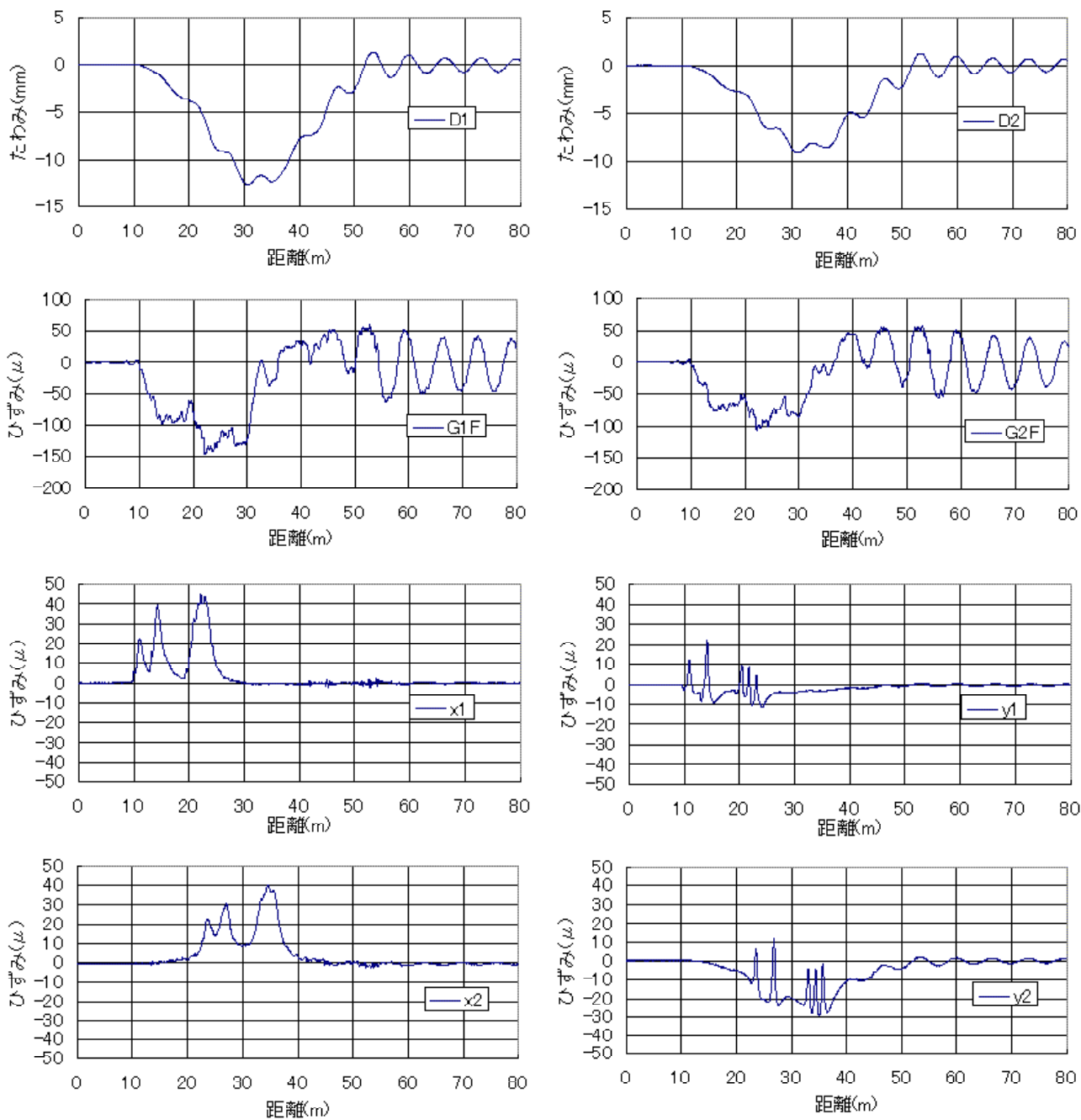


図-2.6.7 試験橋梁各部の応答 (ケース A1-80)

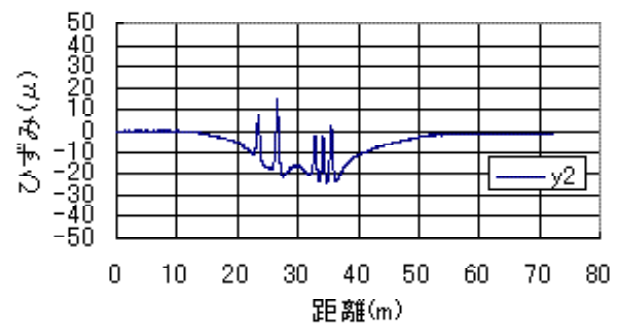
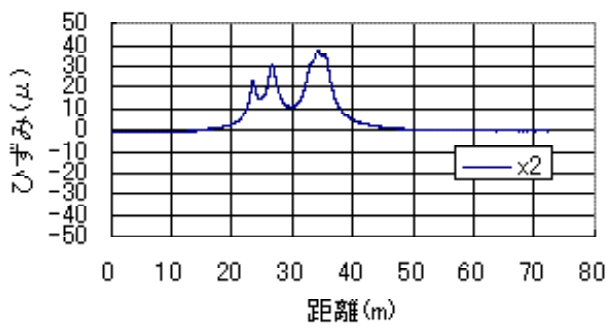
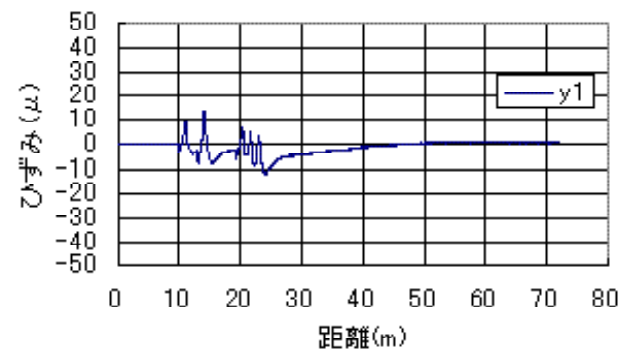
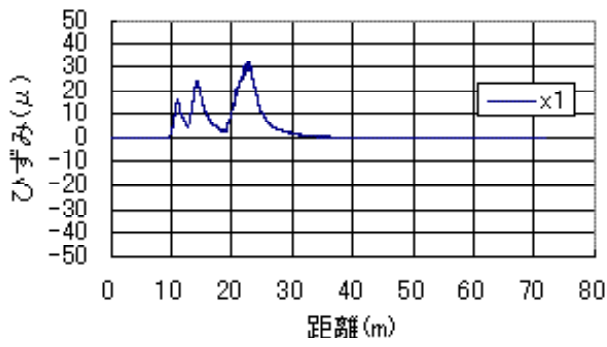
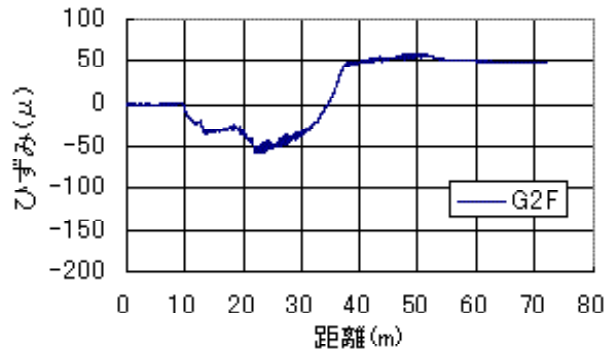
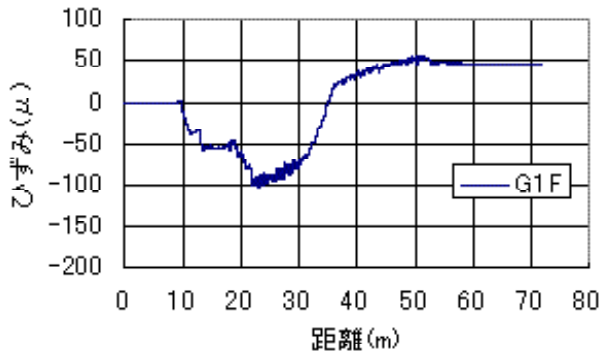
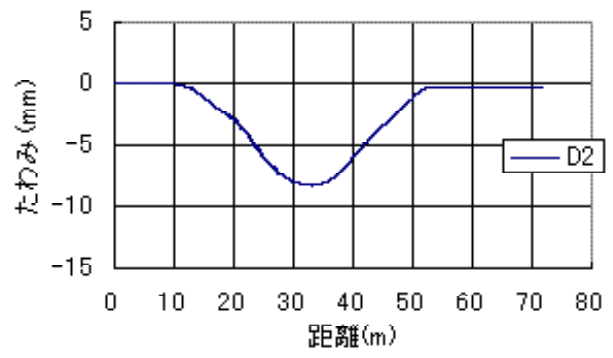
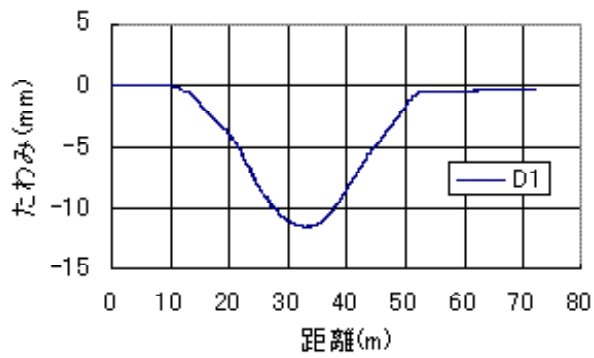


図-2.6.8 試験橋梁各部の応答 (ケース A2-5)

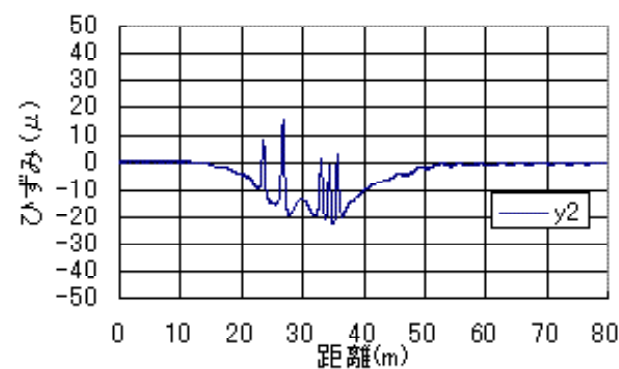
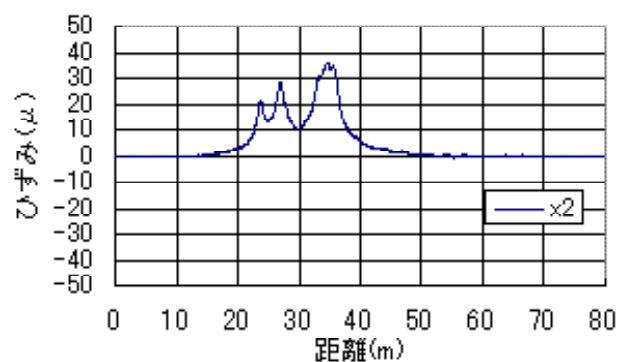
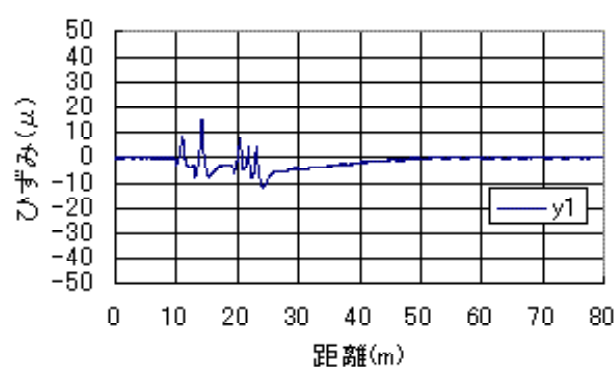
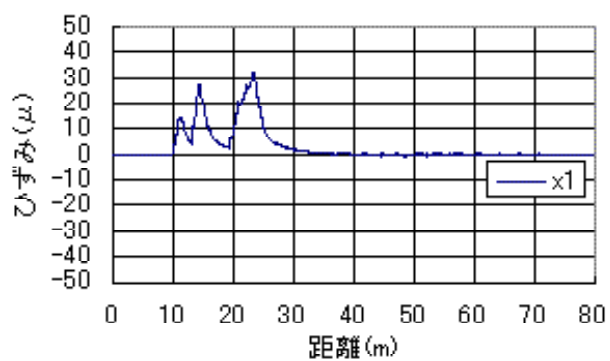
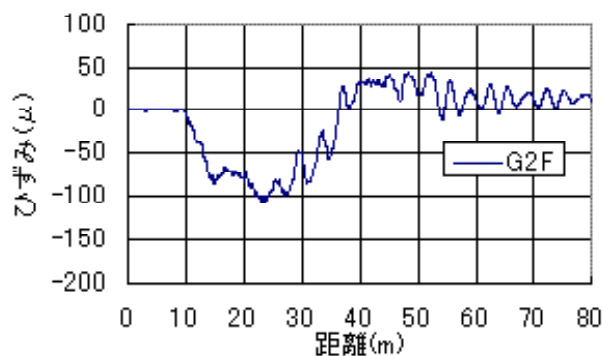
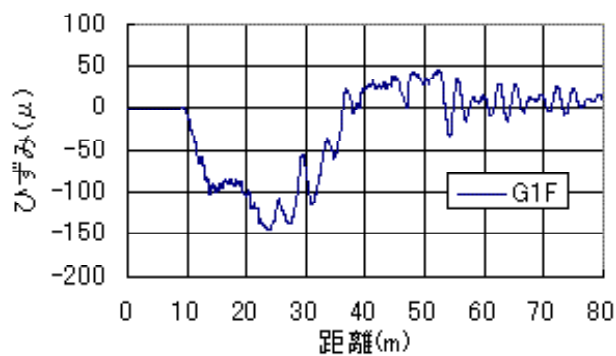
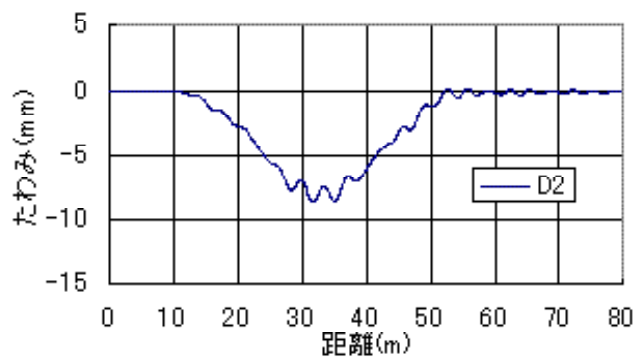
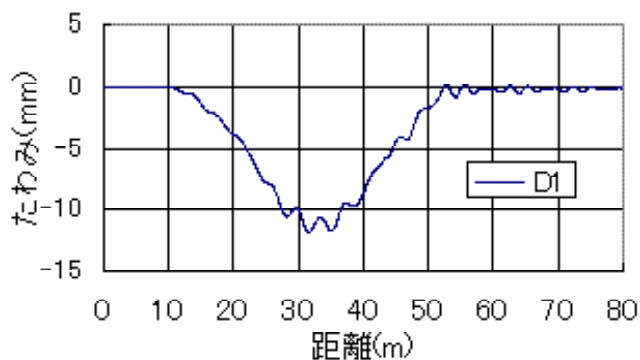


図-2.6.9 試験橋梁各部の応答 (ケース A2-40)

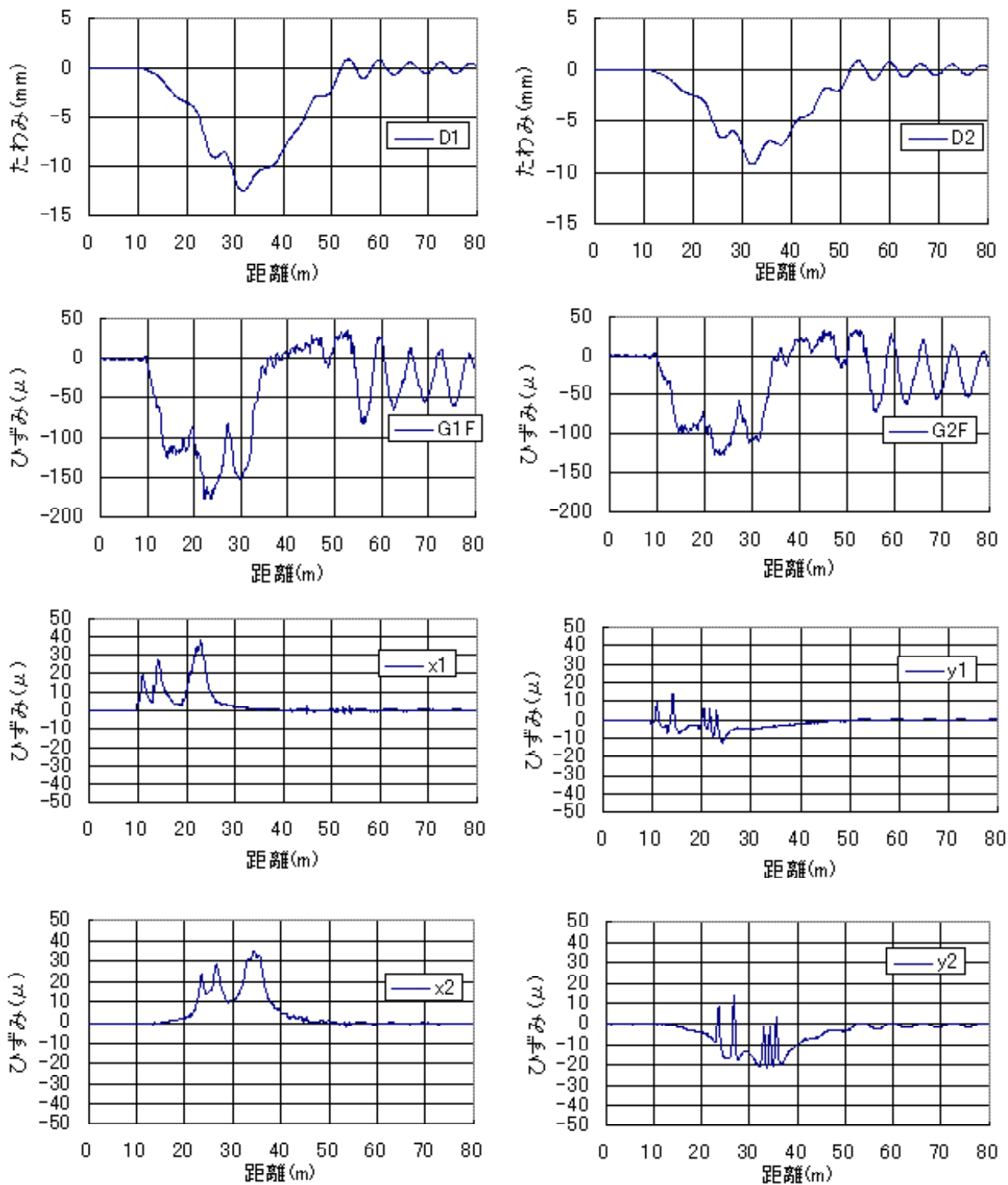


図-2.6.10 試験橋梁各部の応答（ケース A2-80）

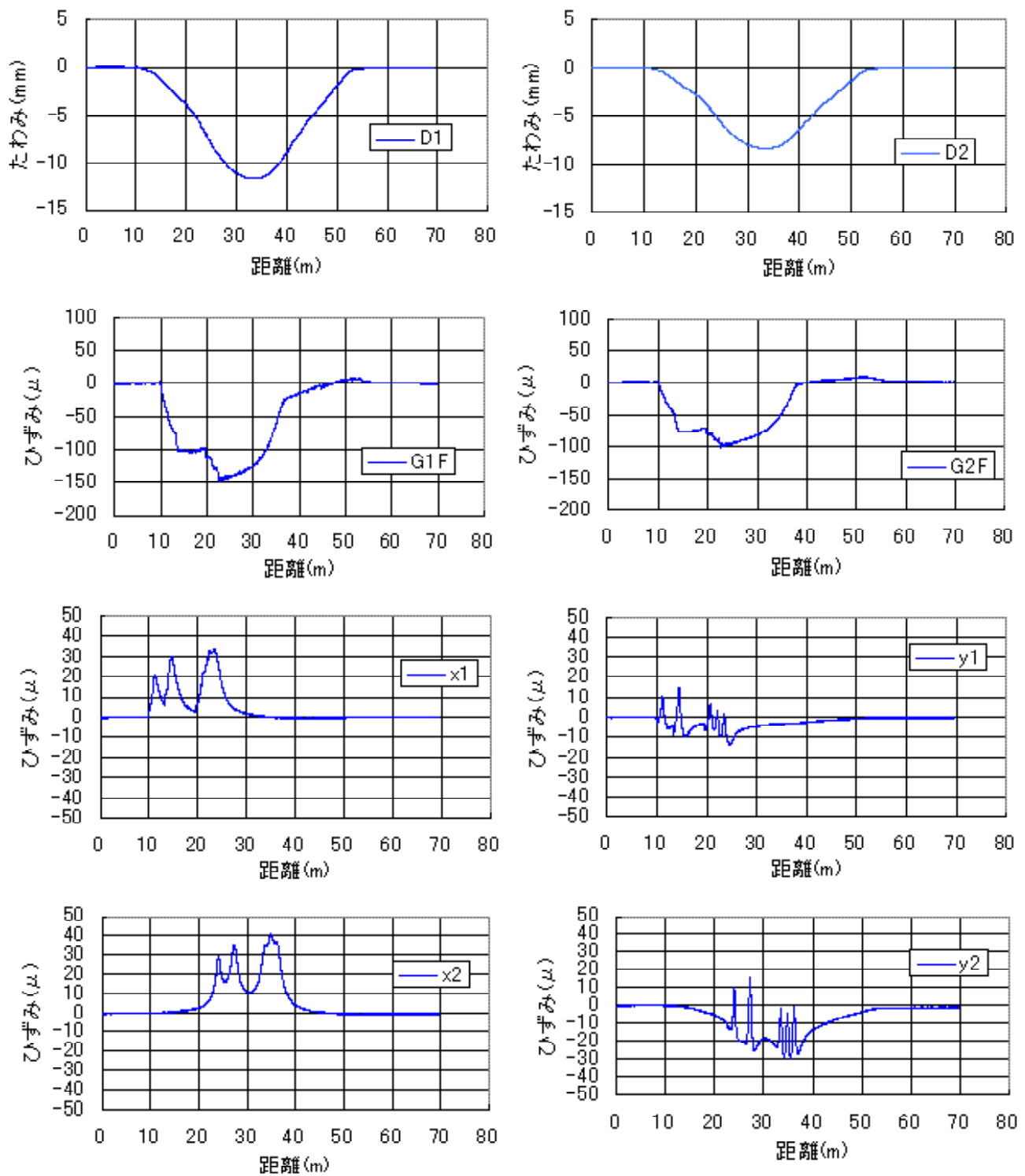


図-2.6.11 試験橋梁各部の応答 (ケース A3-5)

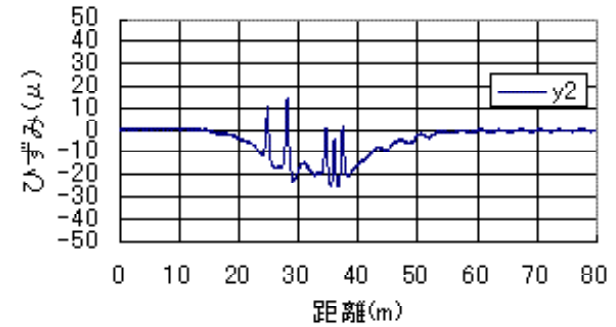
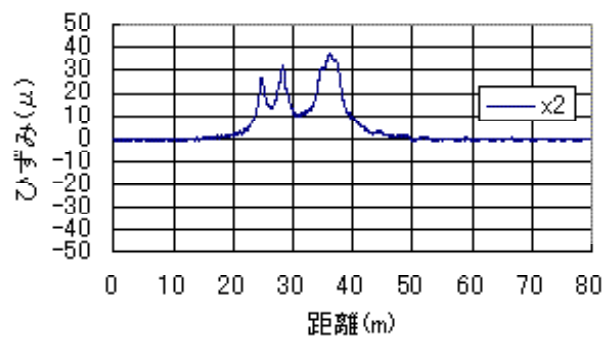
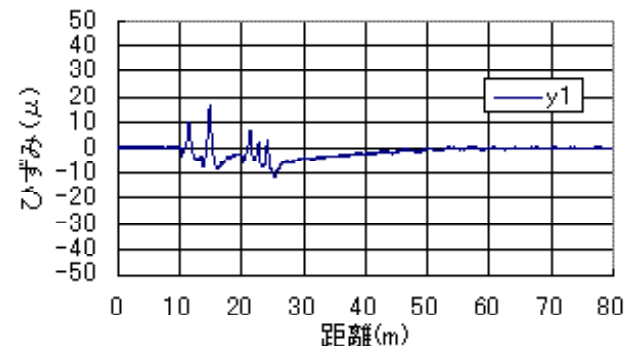
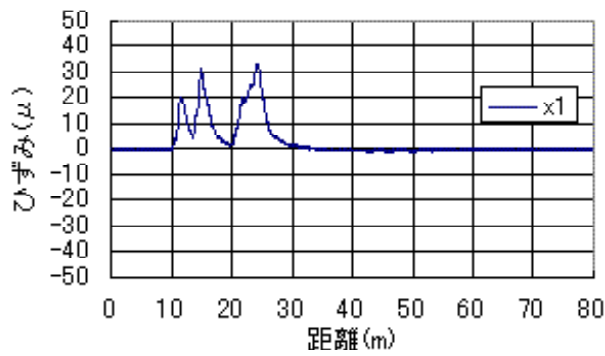
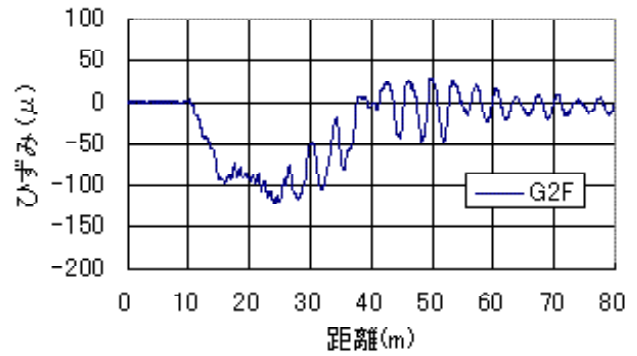
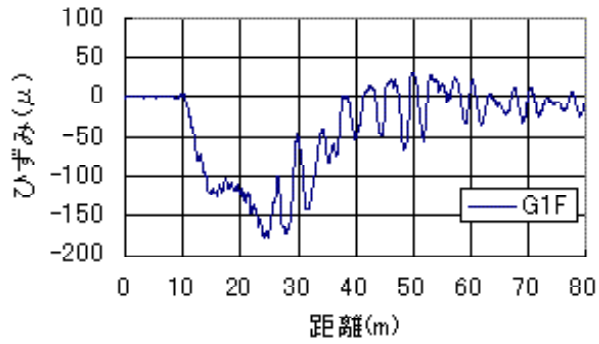
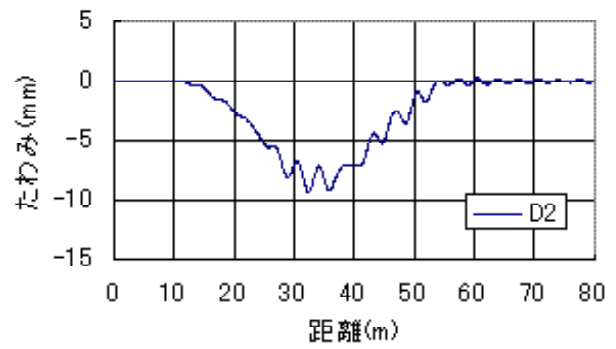
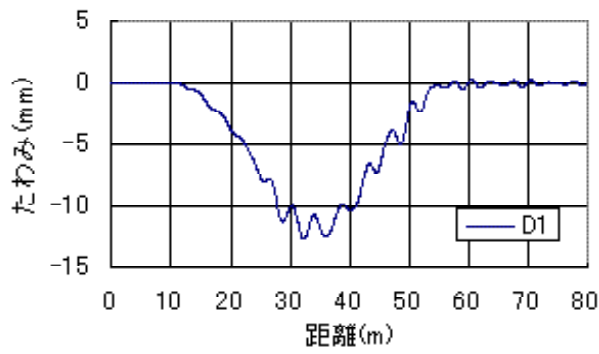


図-2.6.12 試験橋梁各部の応答 (ケース A3-40)

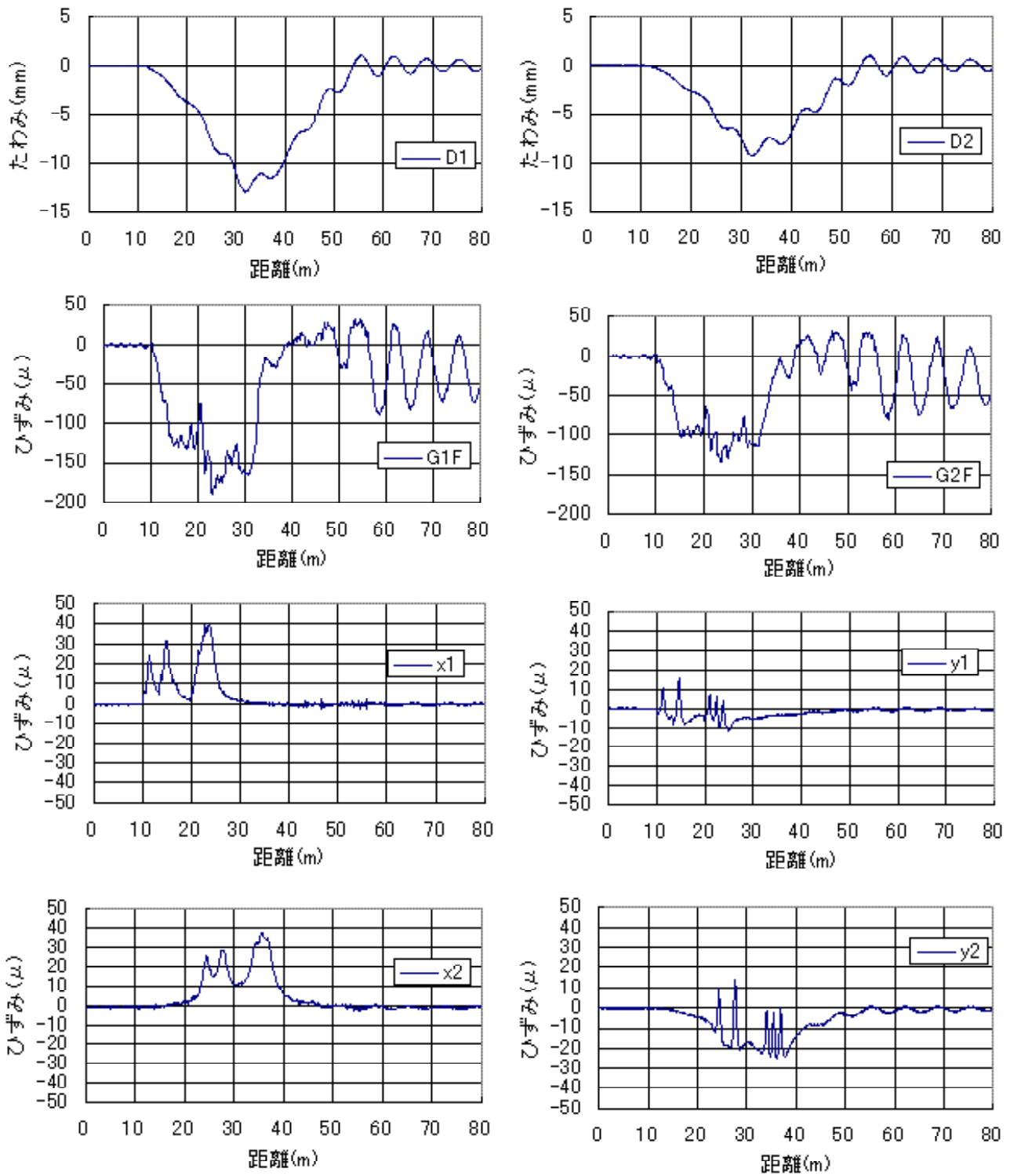


図-2.6.13 試験橋梁各部の応答 (ケース A3-80)

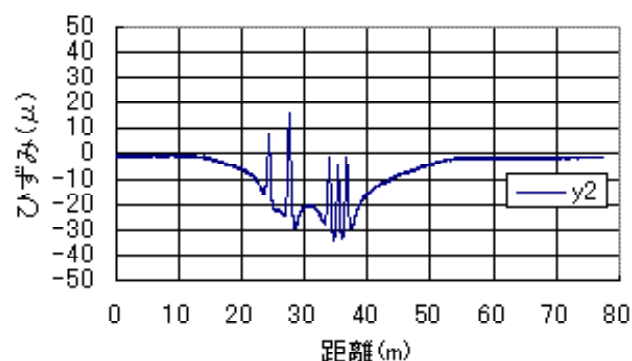
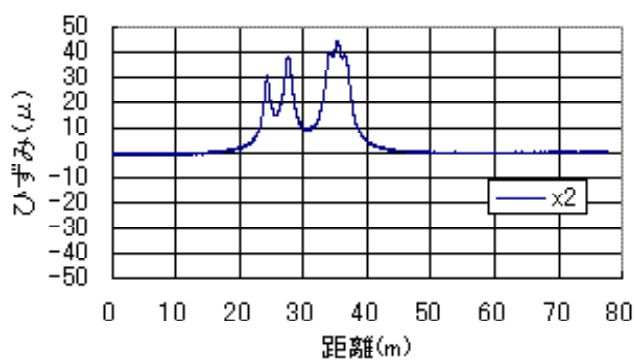
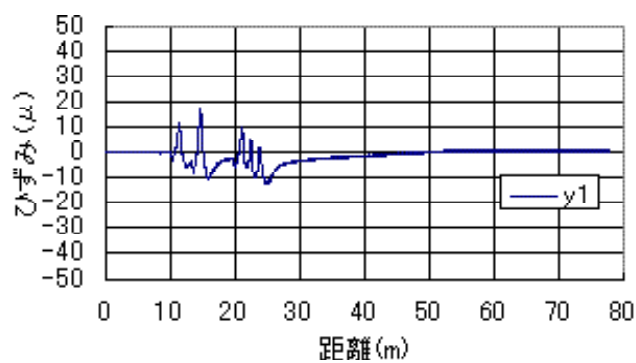
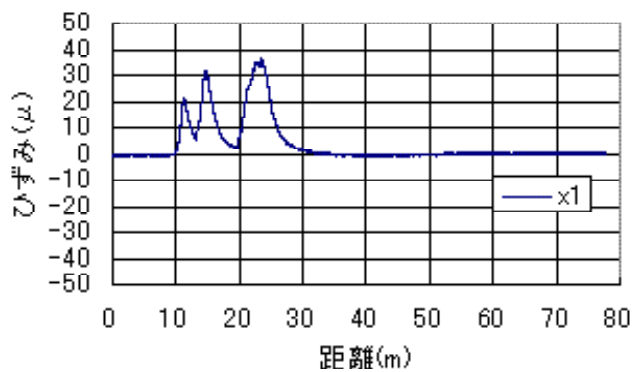
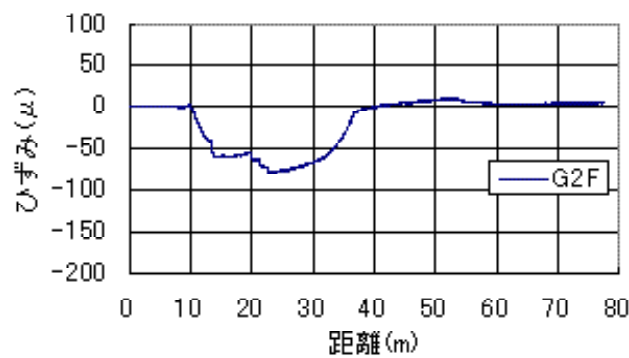
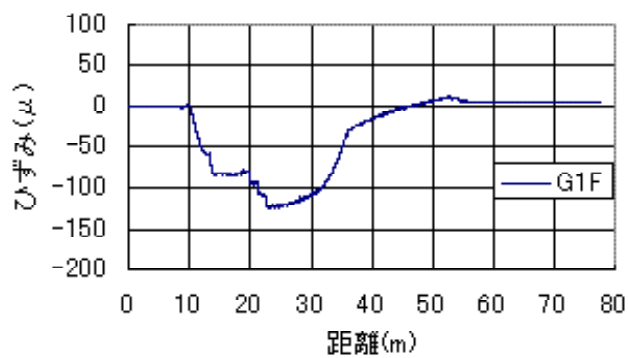
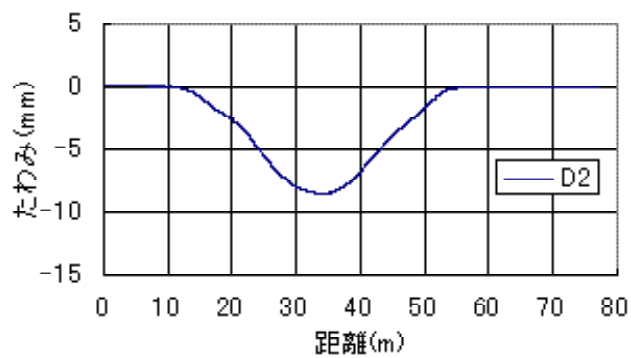
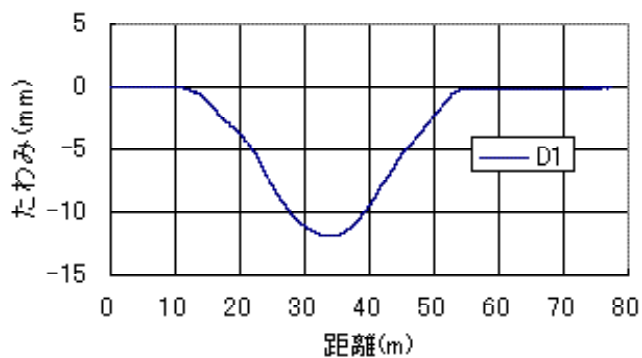


図-2.6.14 試験橋梁各部の応答 (ケース A4-5)

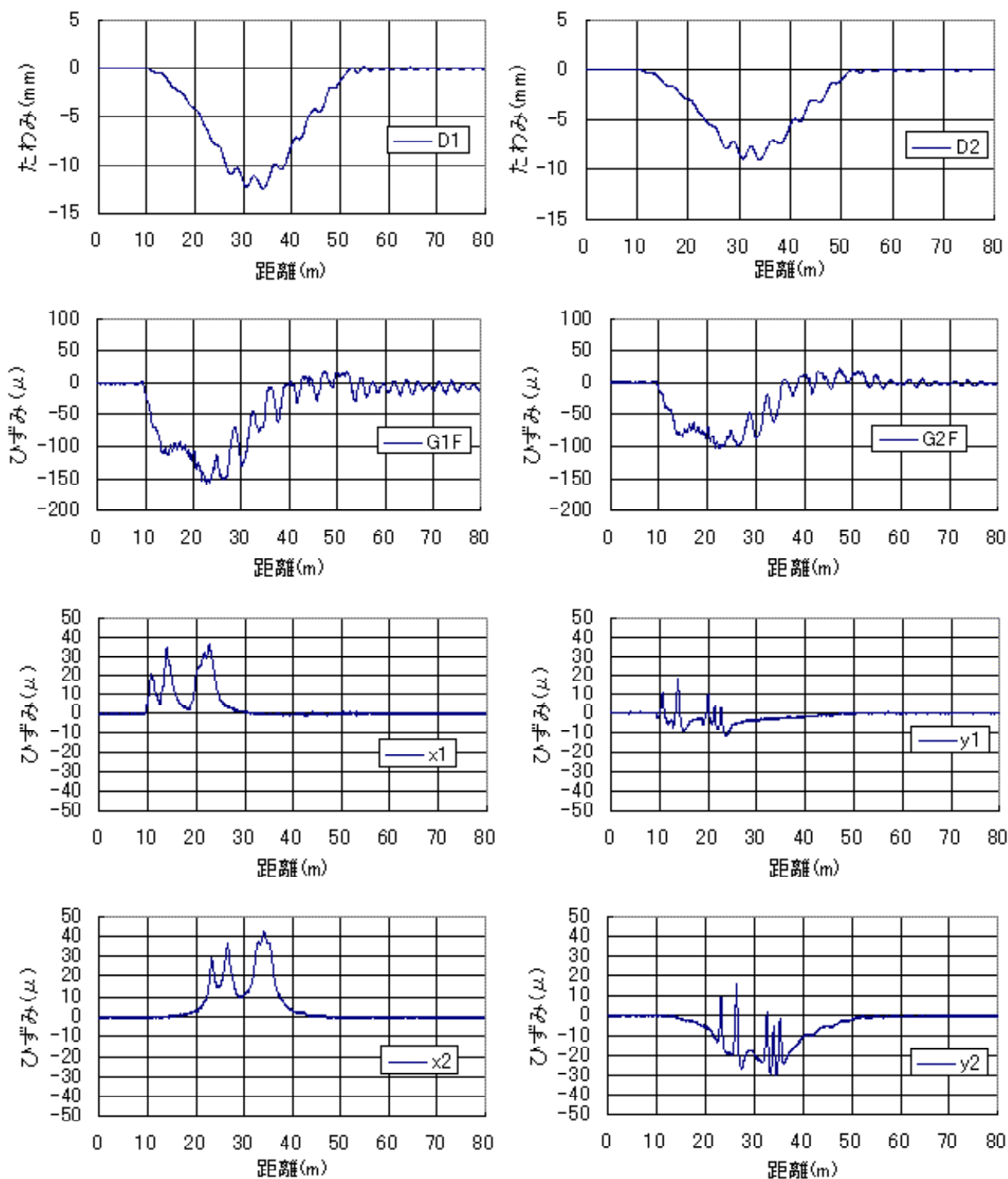


図-2.6.15 試験橋梁各部の応答 (ケース A4-40)

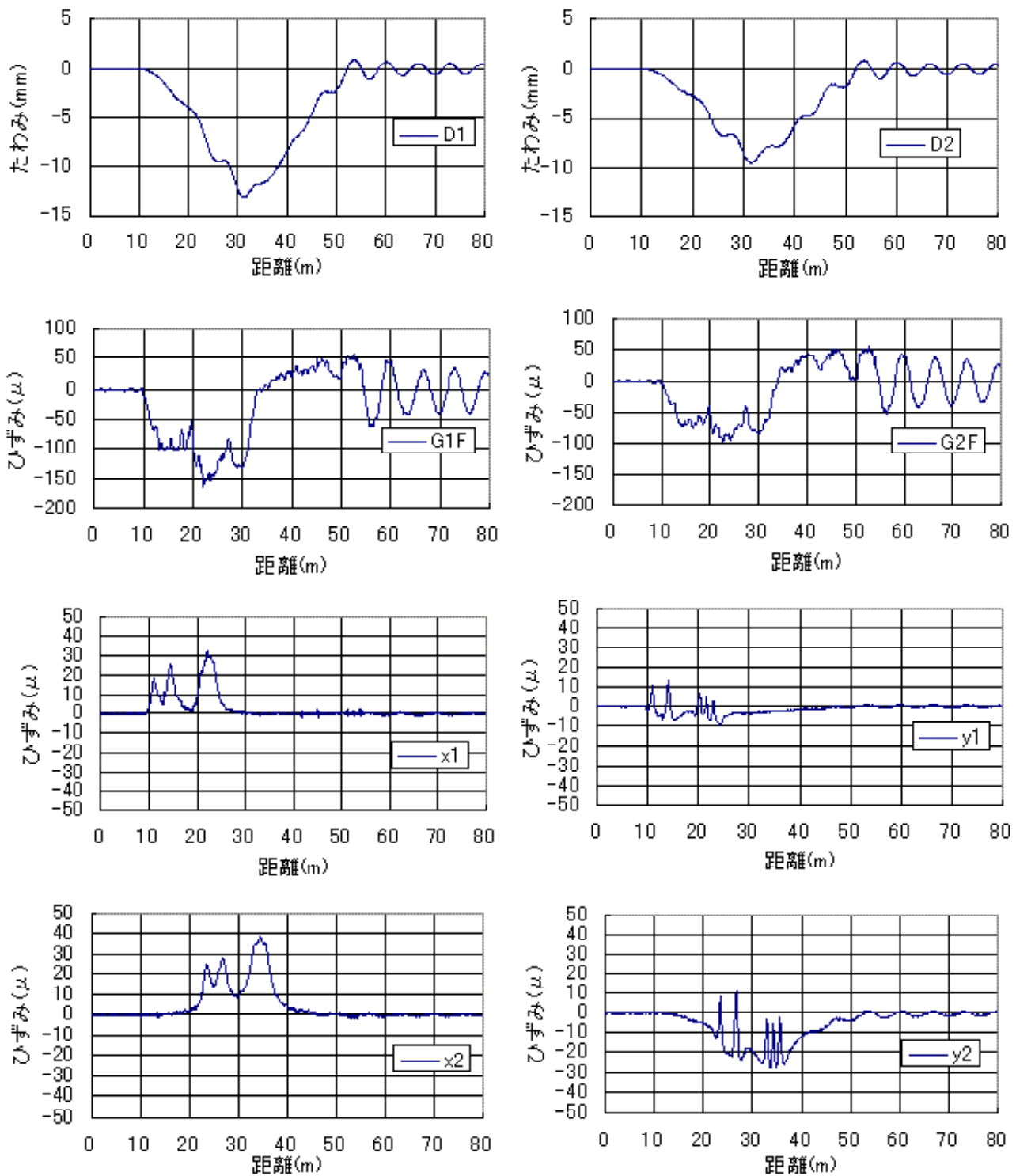


図-2.6.16 試験橋梁各部の応答（ケース A4-80）

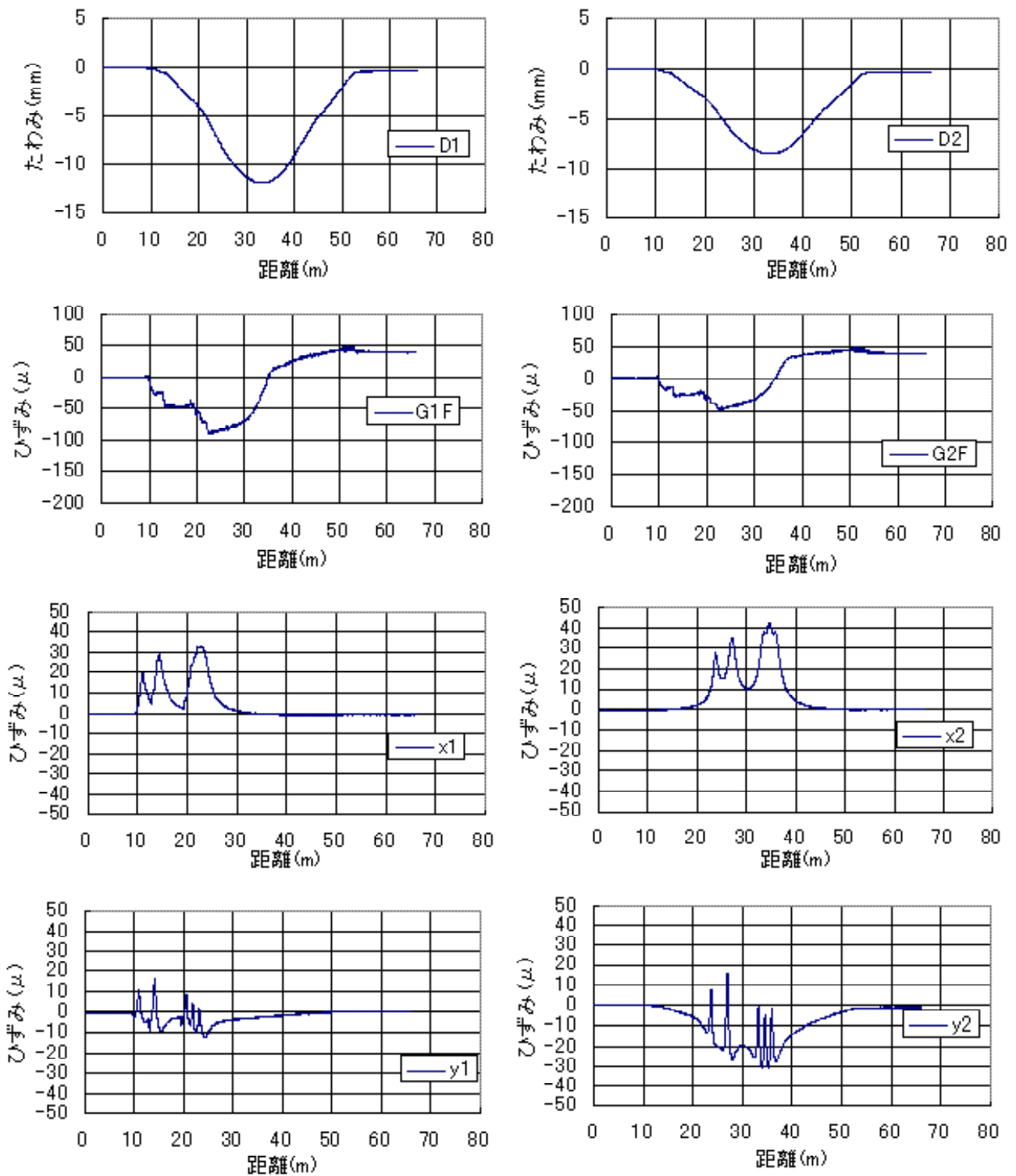


図-2.6.17 試験橋梁各部の応答 (ケース A5-5)

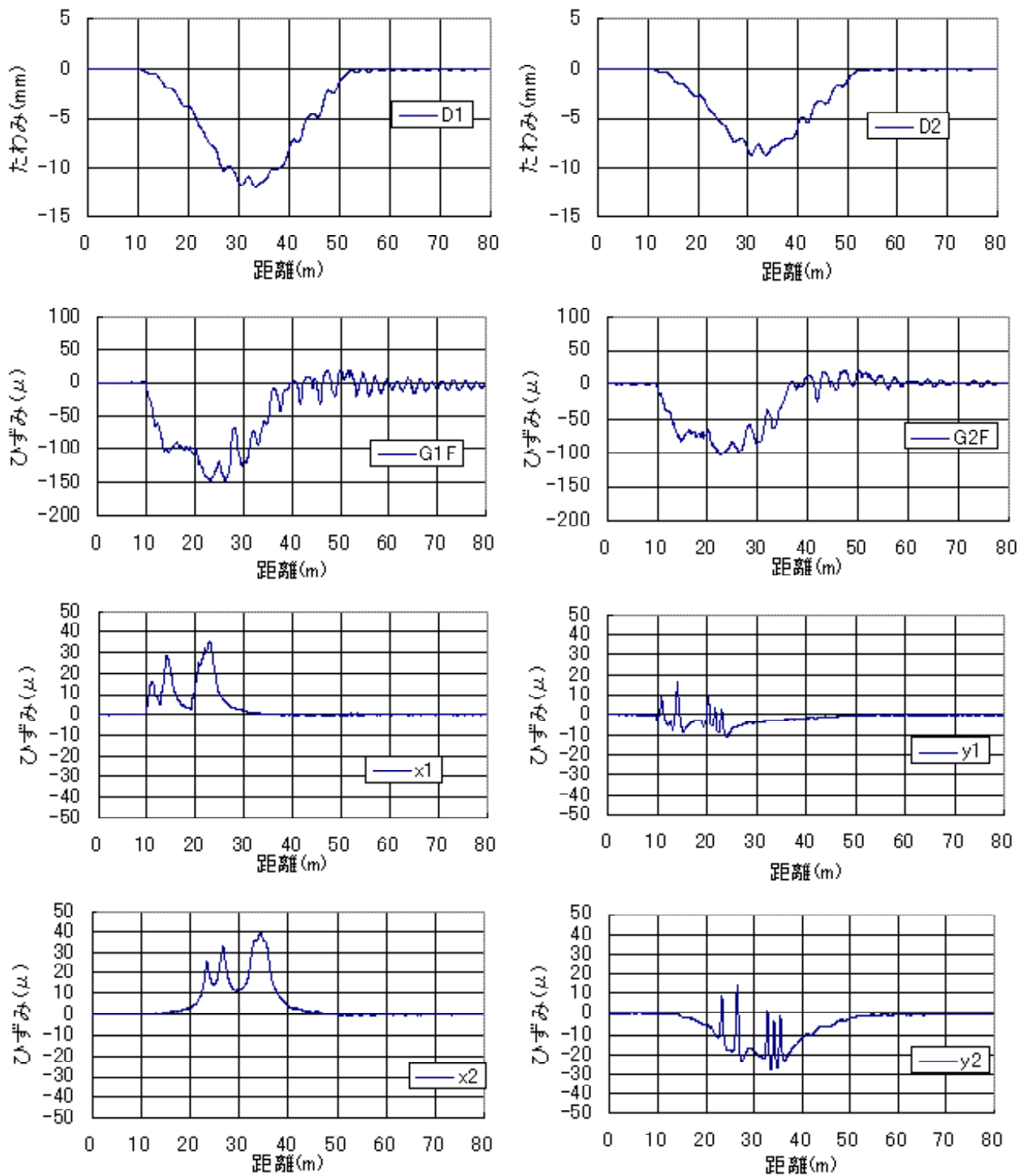


図-2.6.18 試験橋梁各部の応答 (ケース A5-40)

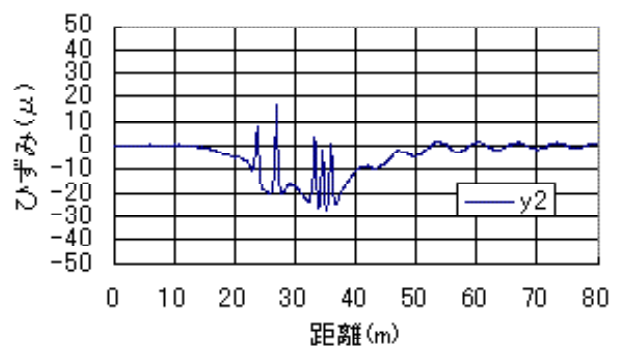
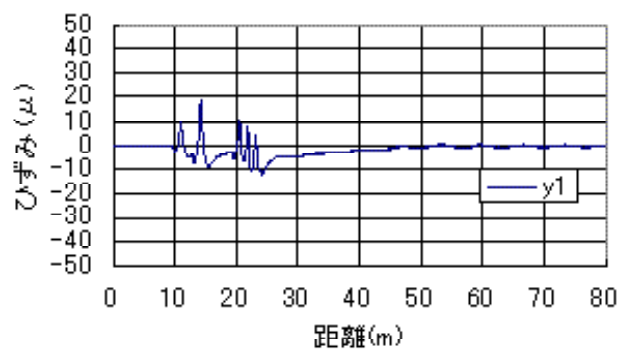
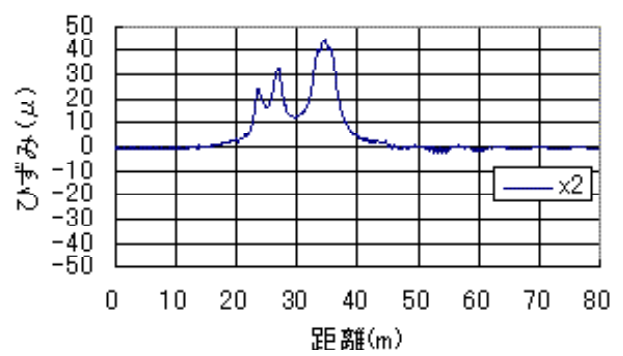
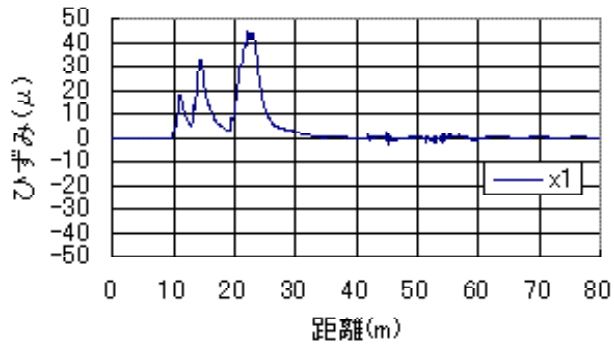
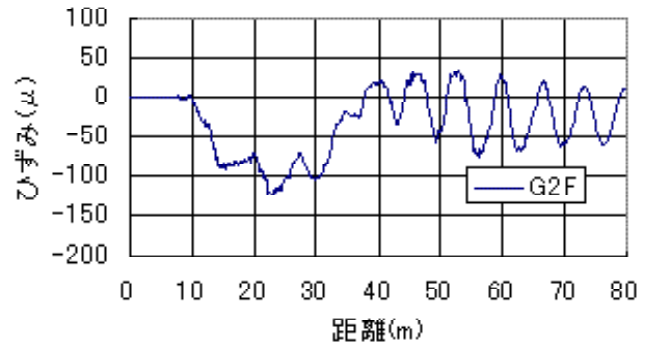
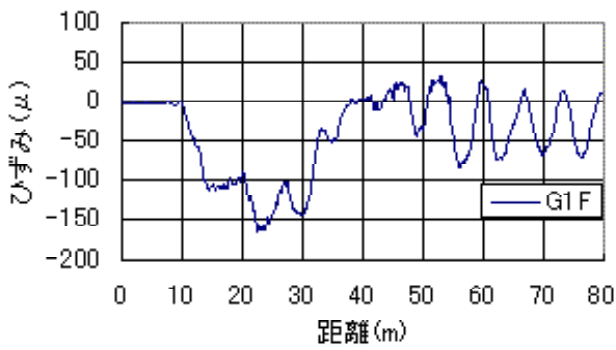
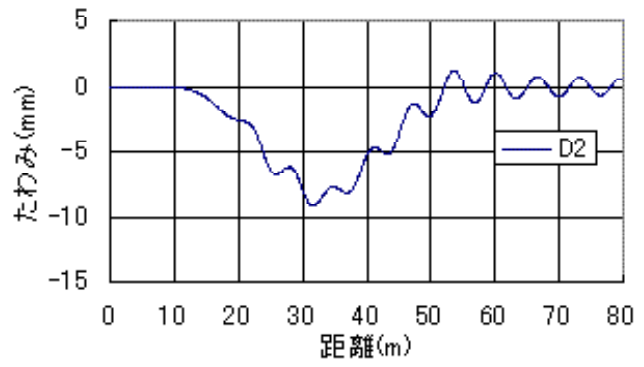
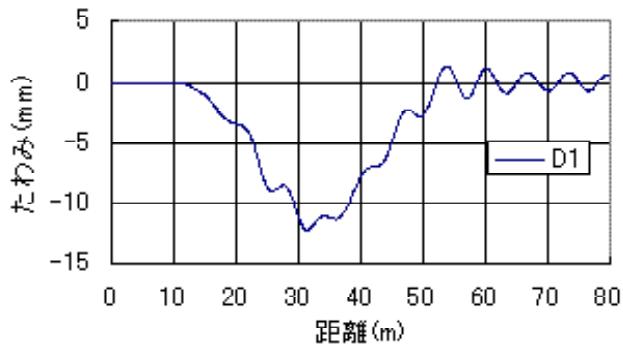


図-2.6.19 試験橋梁各部の応答 (ケース A5-80)

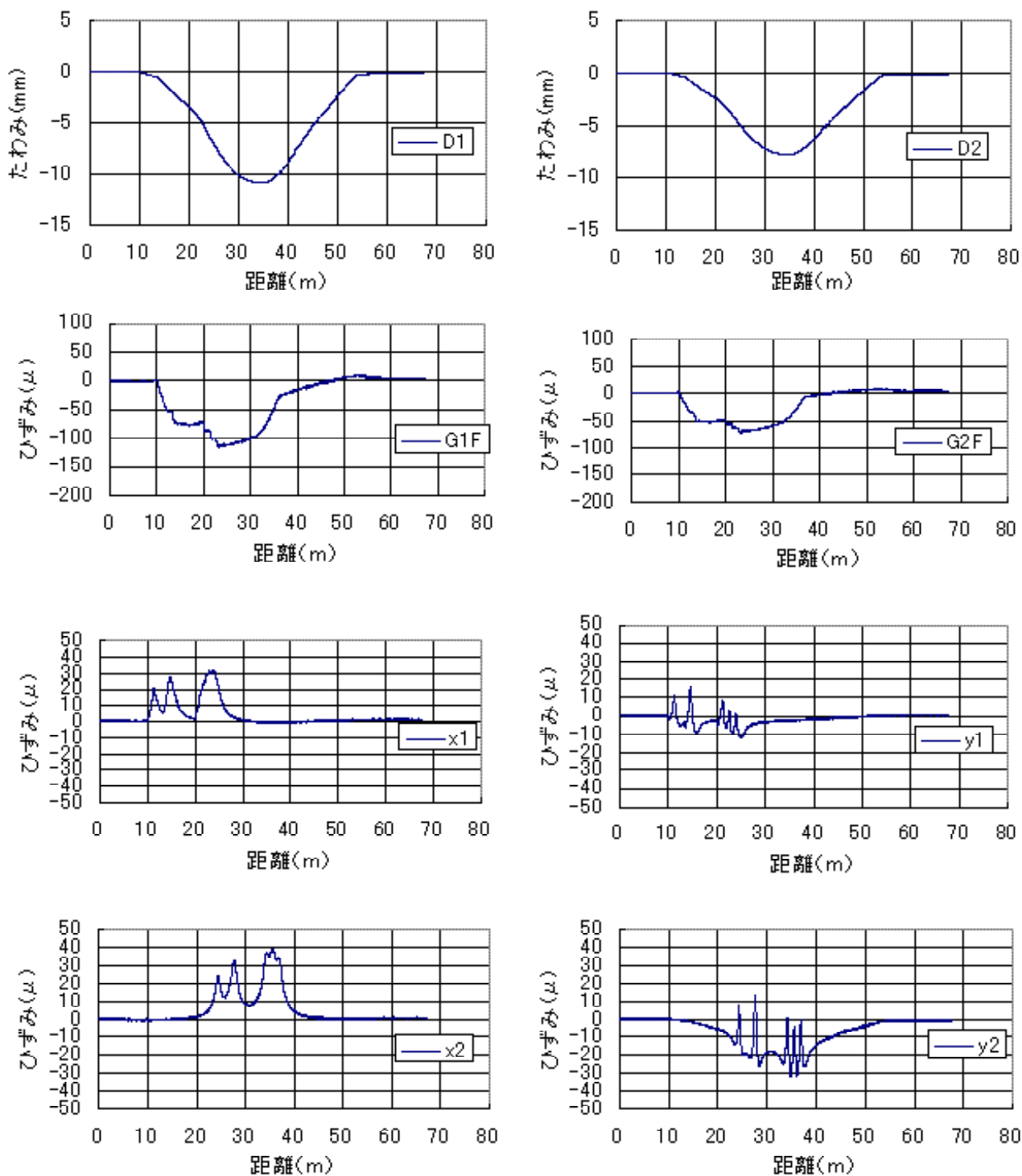


図-2.6.20 試験橋梁各部の応答 (ケース L1-5)

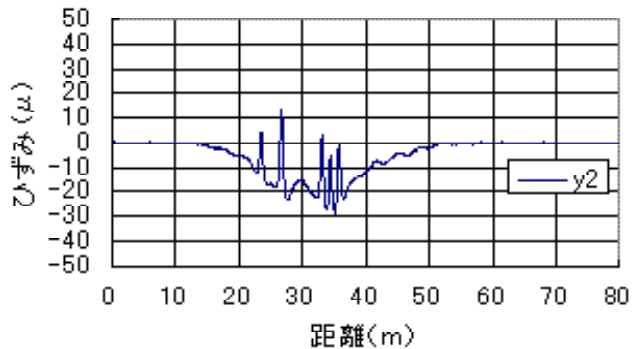
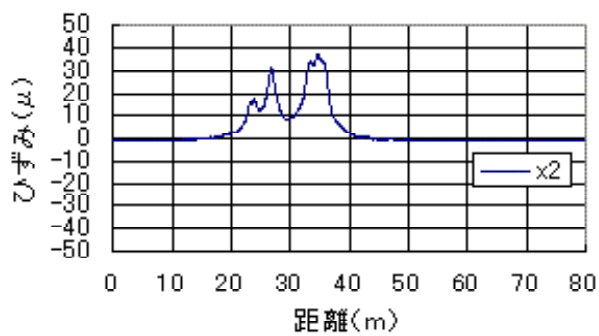
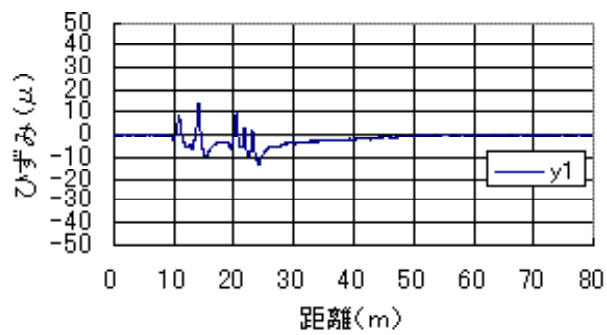
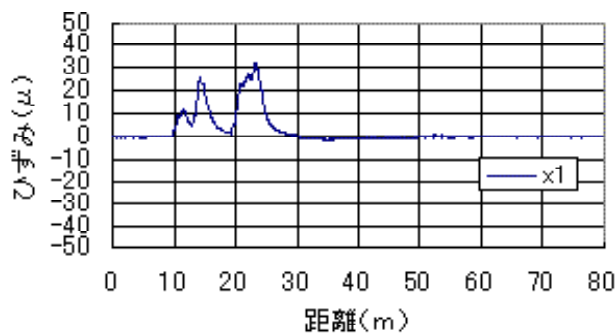
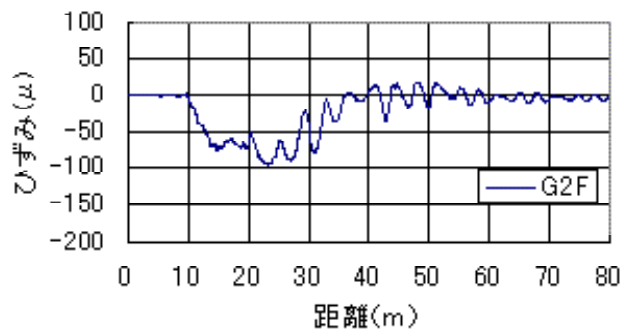
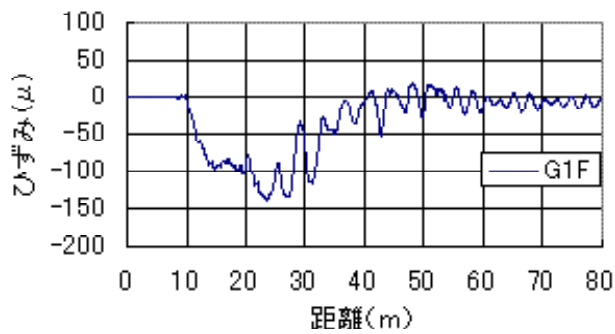
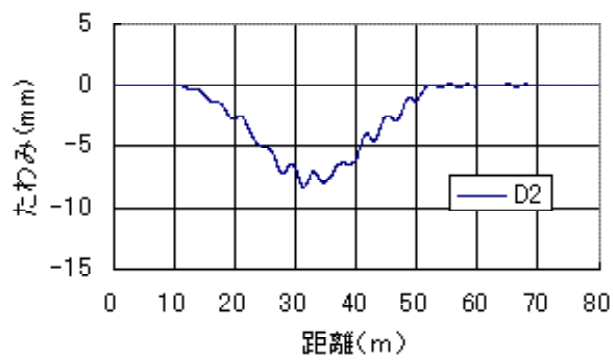
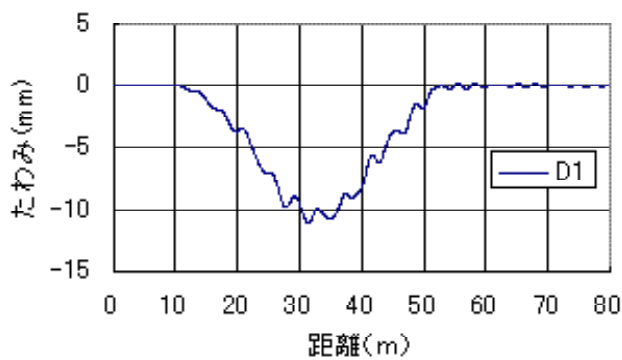


図-2.6.21 試験橋梁各部の応答 (ケース L1-40)

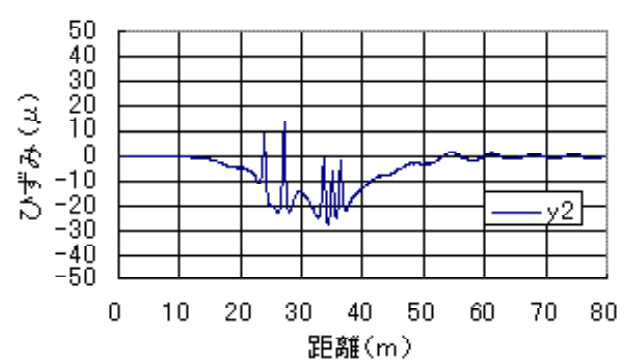
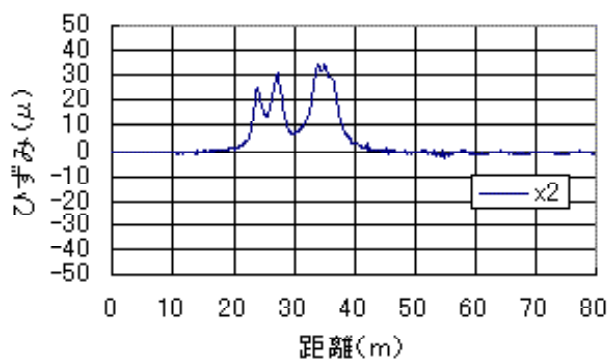
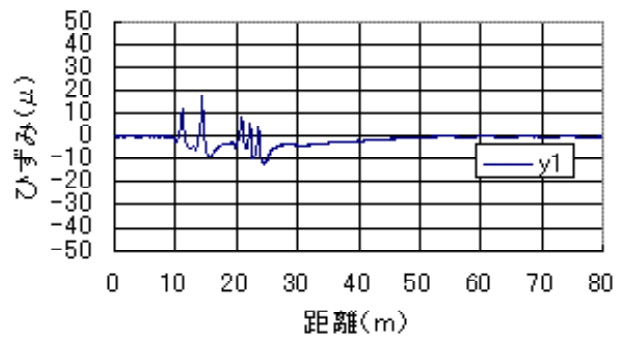
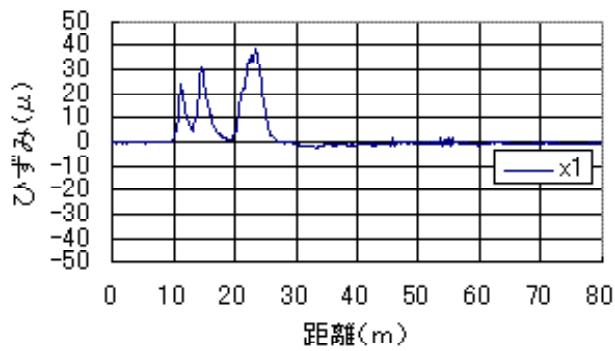
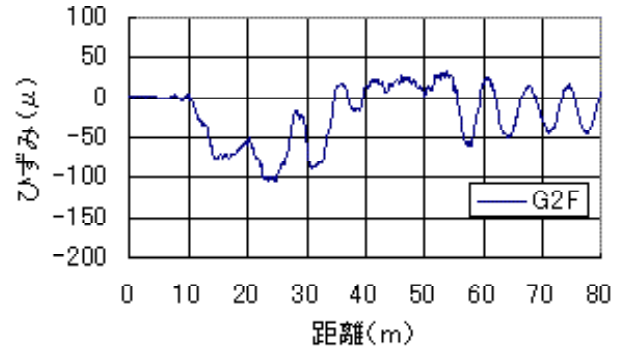
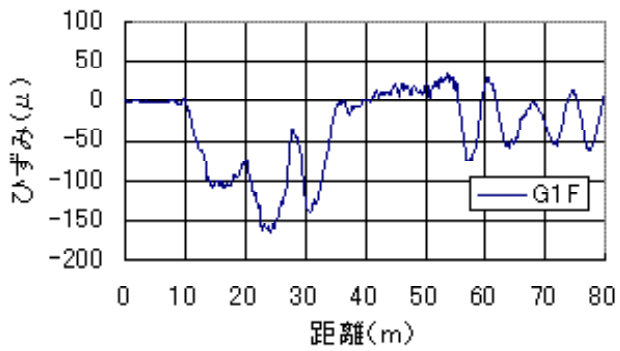
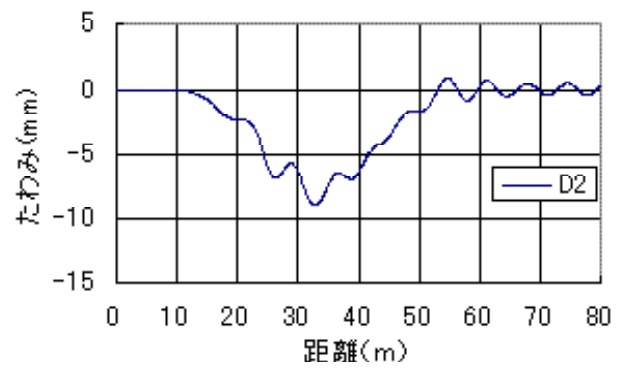
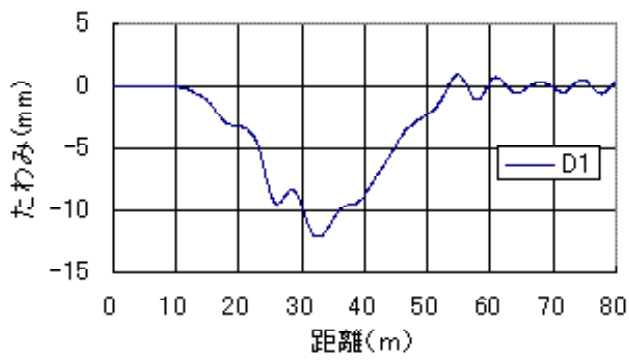


図-2.6.22 試験橋梁各部の応答 (ケース L1-80)

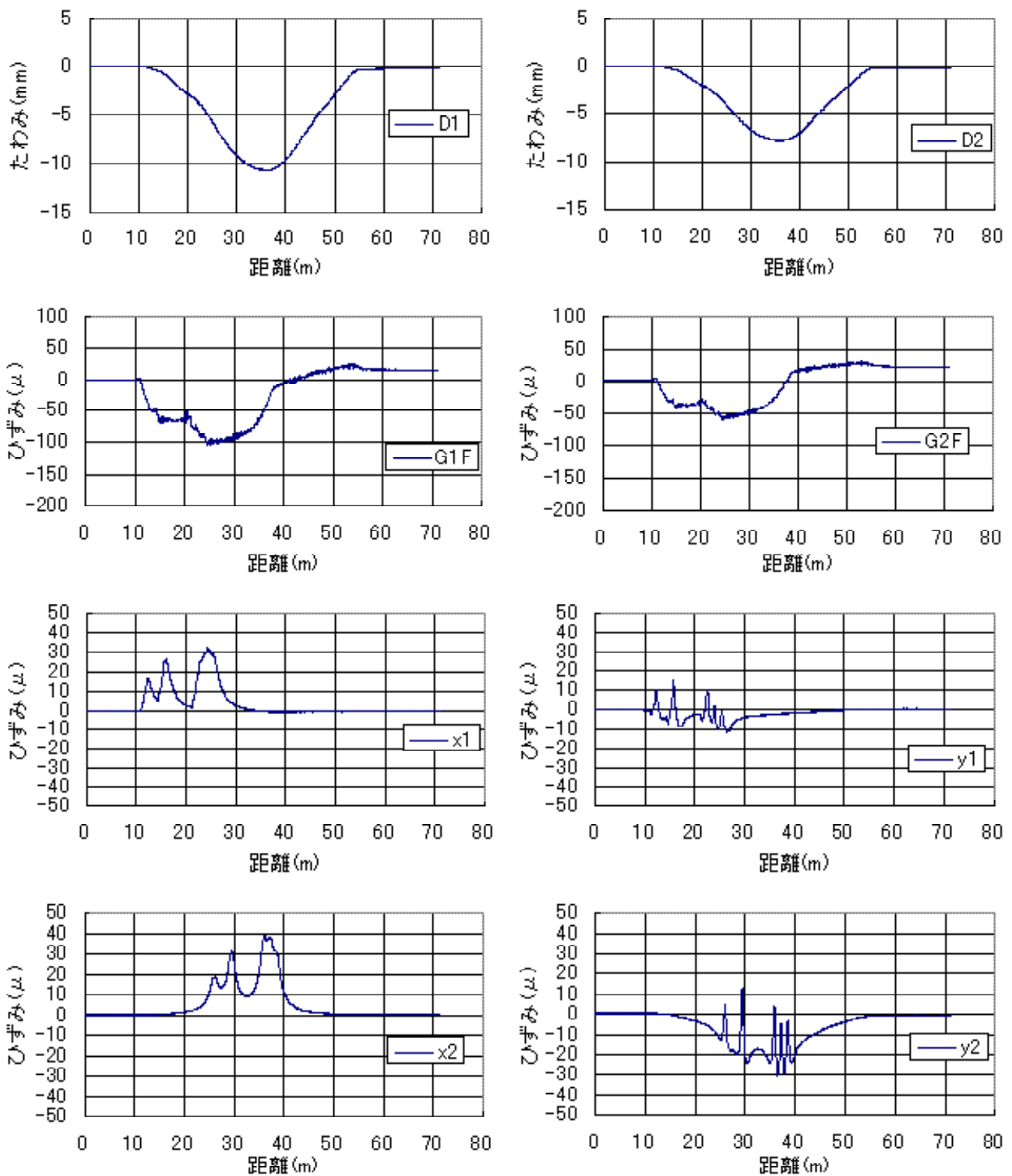


図-2.6.23 試験橋梁各部の応答 (ケース L2-5)

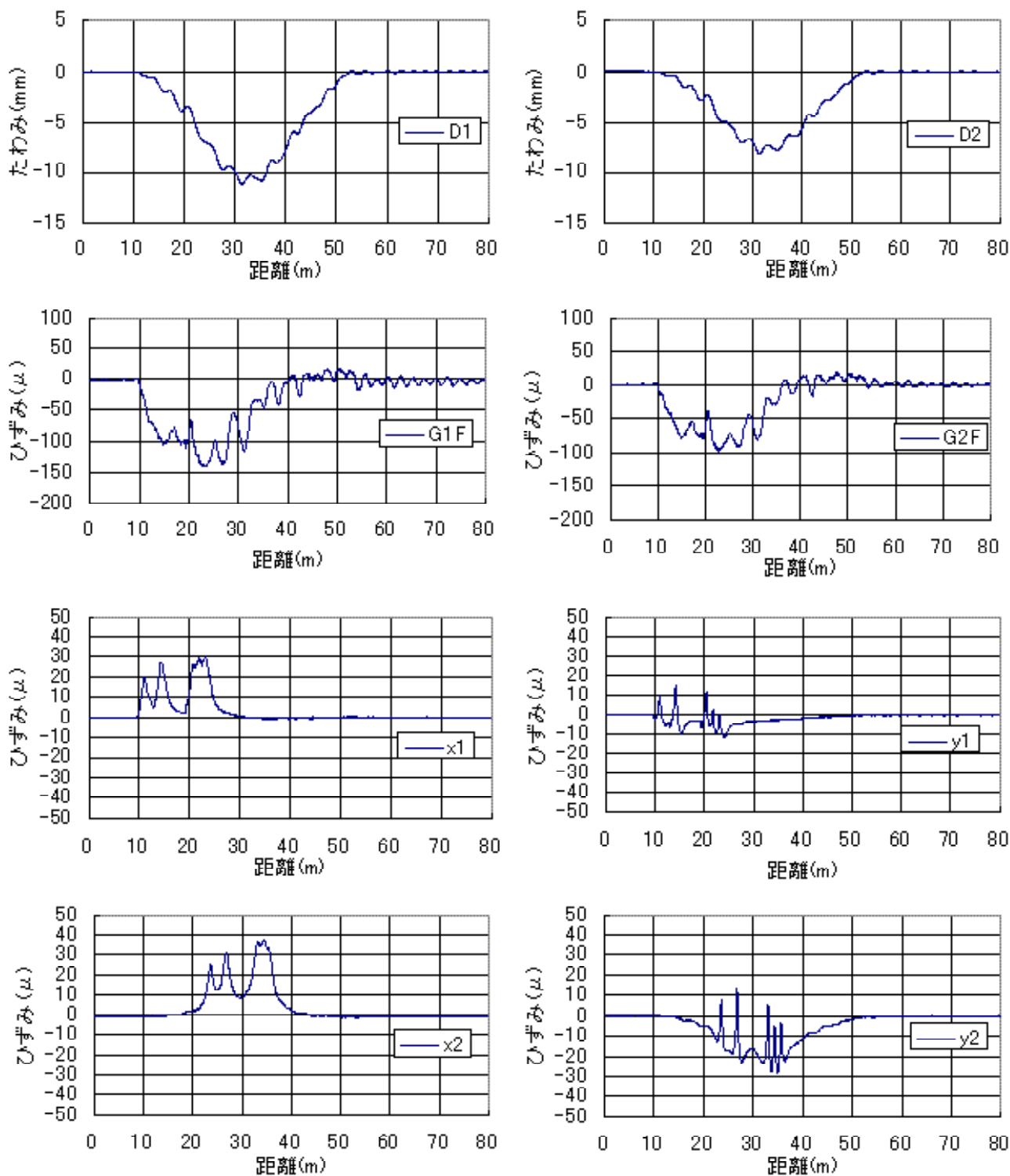


図-2.6.24 試験橋梁各部の応答 (ケース L2-40)

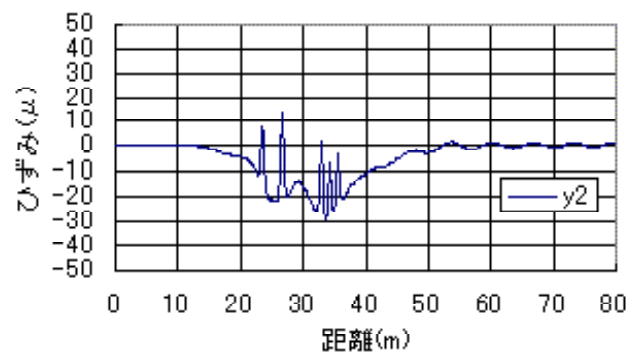
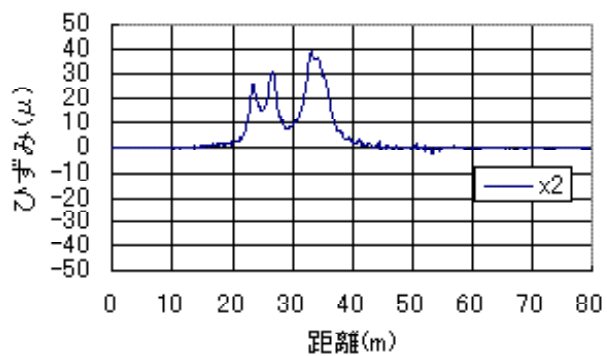
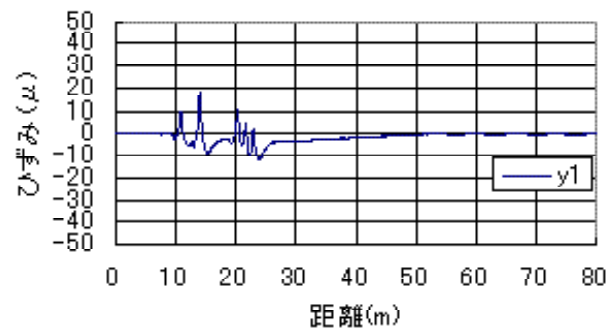
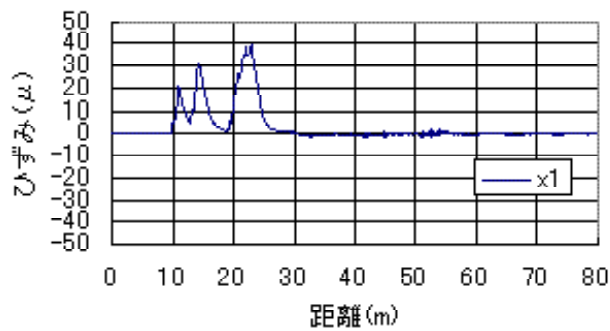
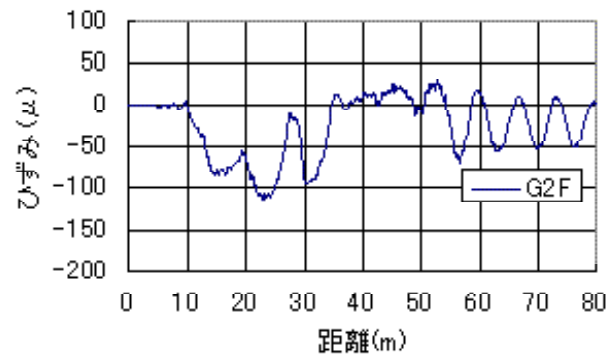
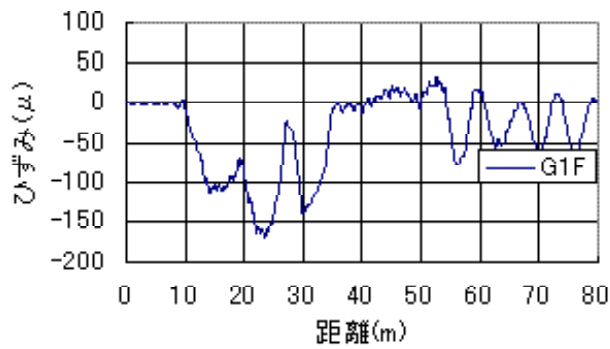
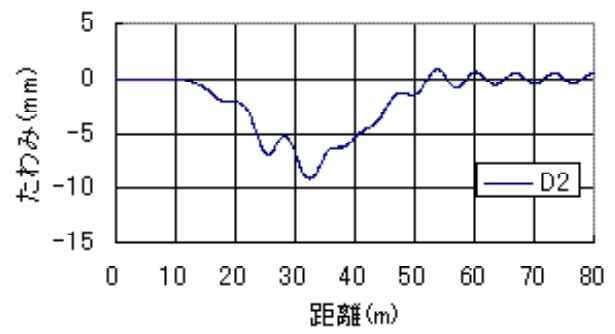
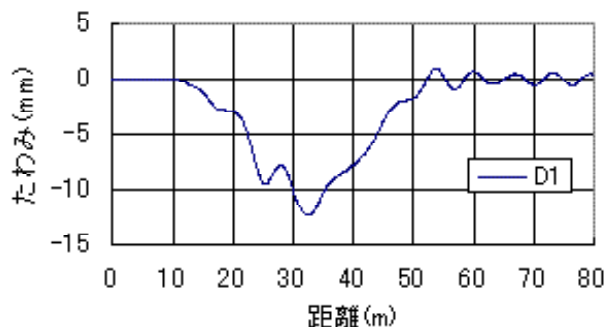


図-2.6.25 試験橋梁各部の応答 (ケース L2-80)

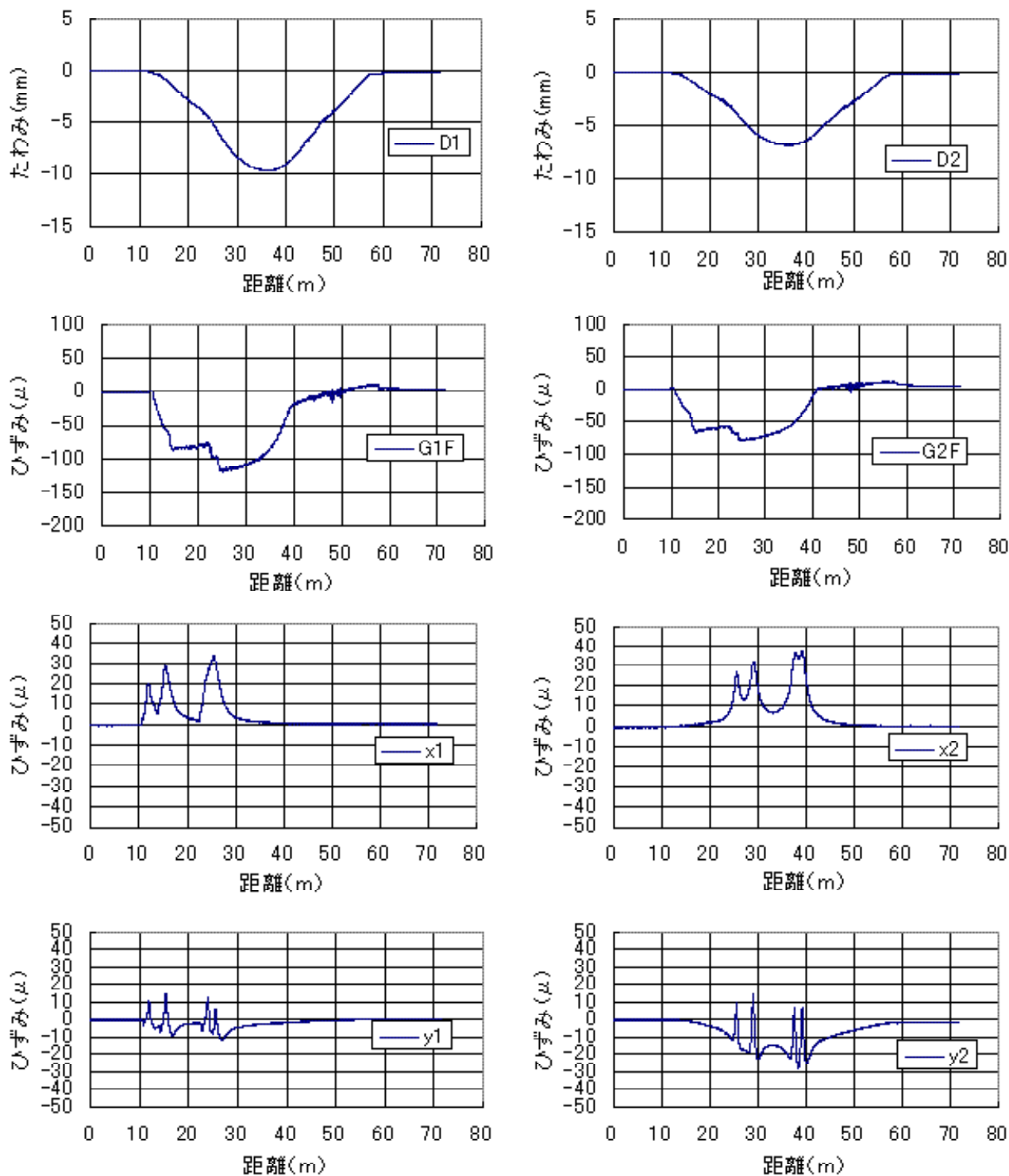


図-2.6.26 試験橋梁各部の応答 (ケース L3-5)

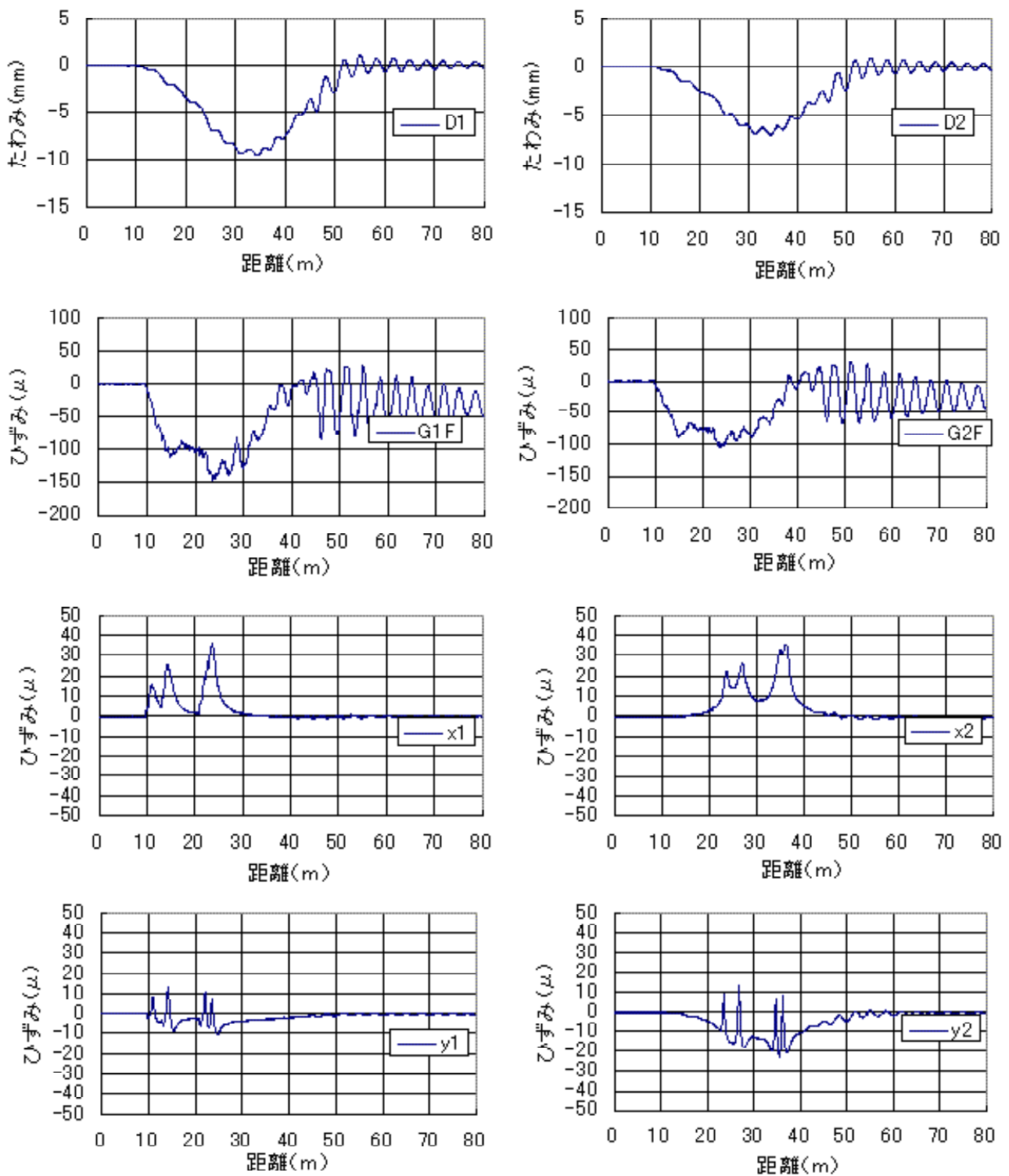


図-2.6.27 試験橋梁各部の応答 (ケース L3-40)

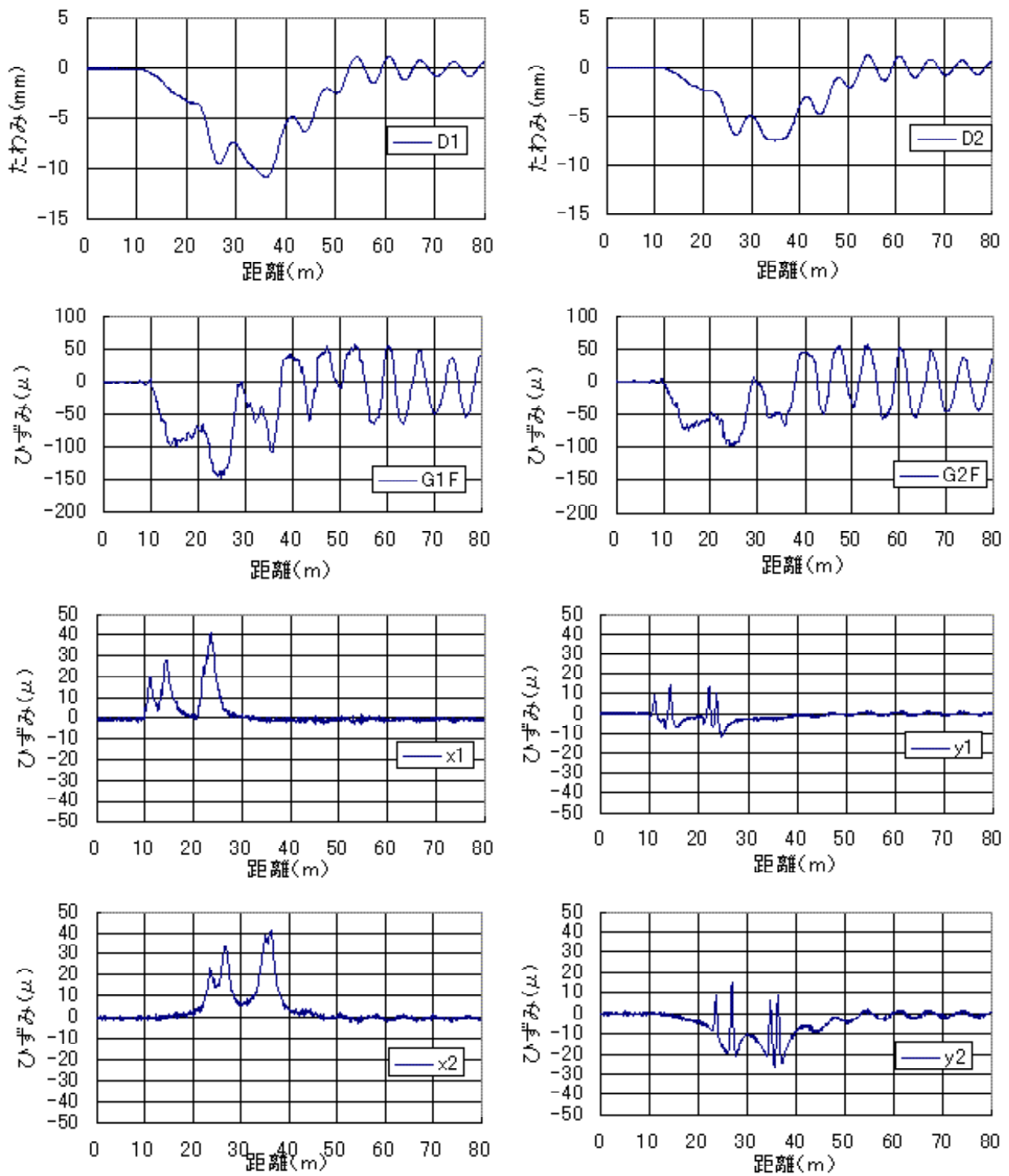


図-2.6.28 試験橋梁各部の応答 (ケース L3-80)

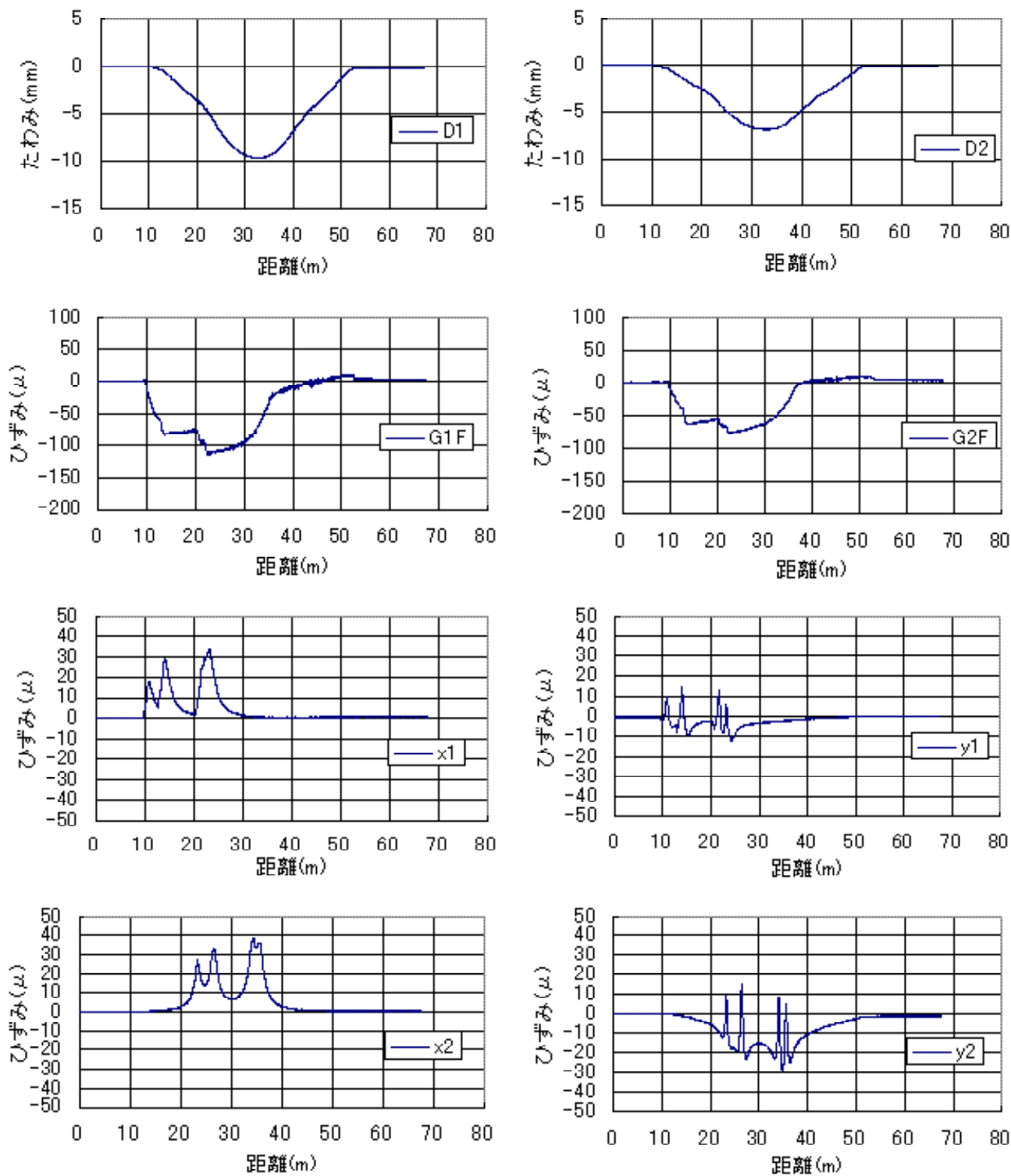


図-2.6.29 試験橋梁各部の応答 (ケース L4-5)

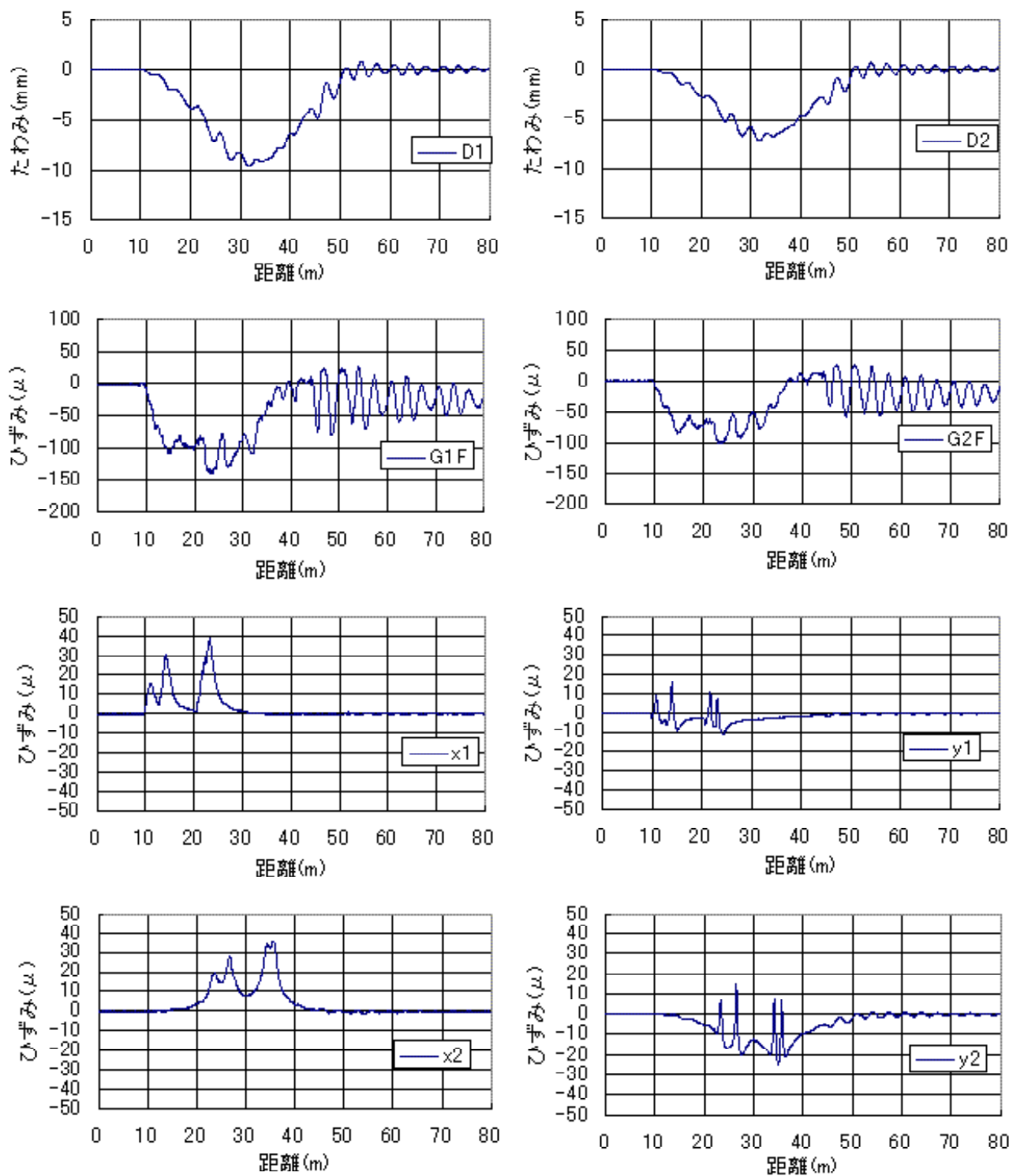


図-2.6.30 試験橋梁各部の応答 (ケース L4-40)

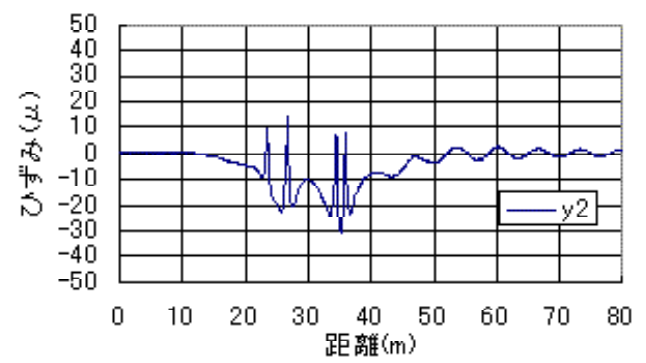
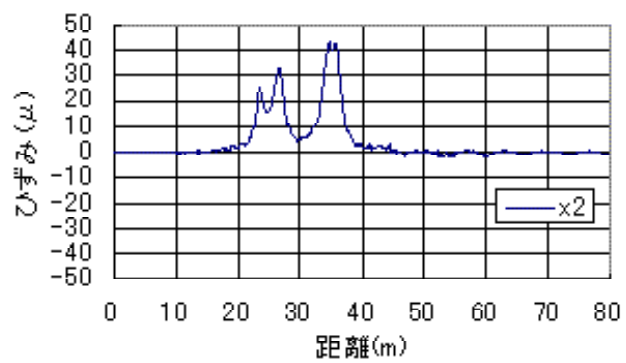
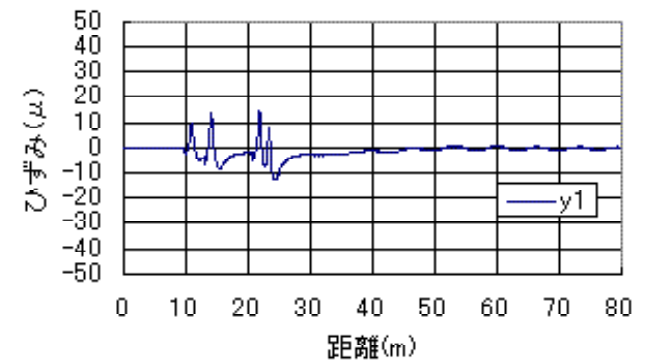
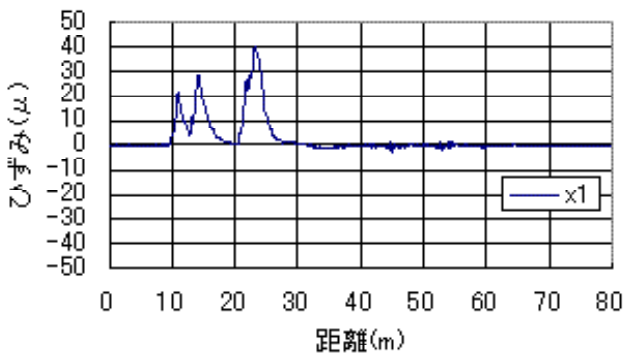
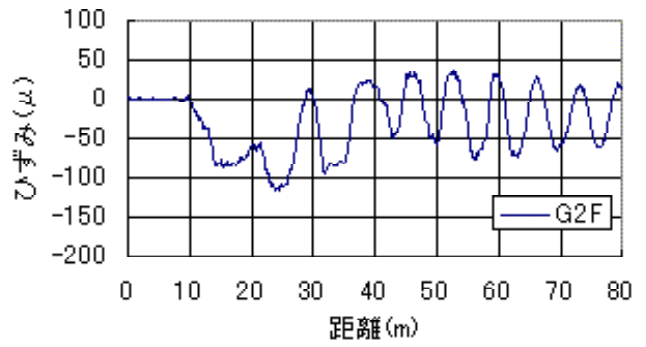
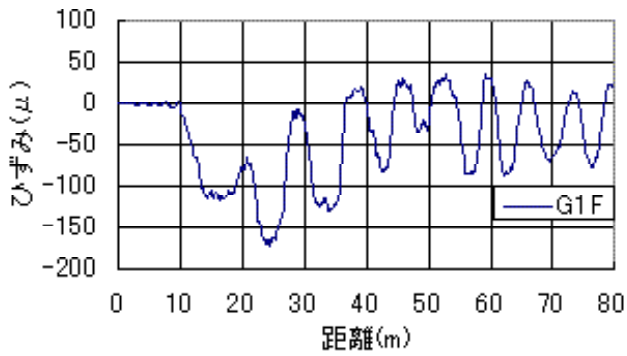
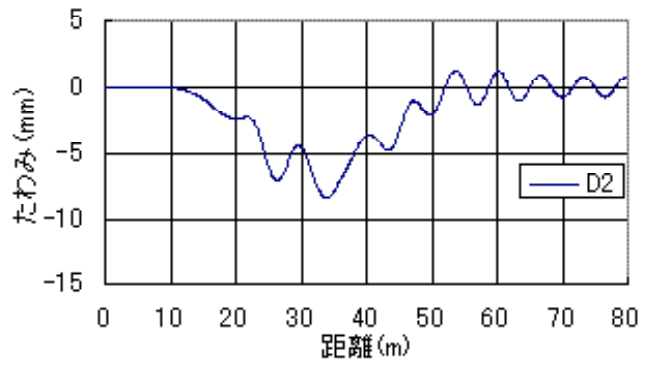
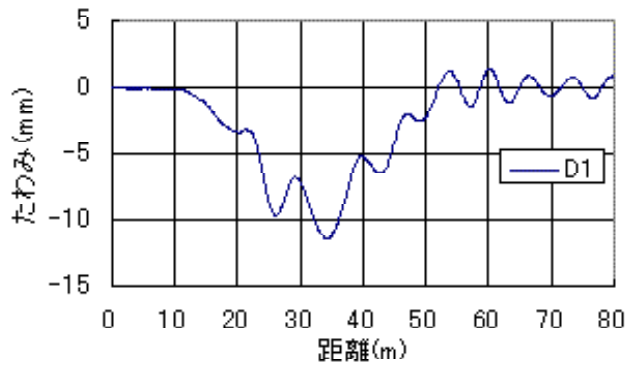


図-2.6.31 試験橋梁各部の応答 (ケース L4-80)

表-2.6.5 各ケースの測定値の最大（3回の平均値）

車両ケース			D1	D2	G1F	G2F	X1	Y1	X2	Y2
A1	計測値	A1-5 ①	-12.3	-8.7	-104.2	-67.3	35.2	18.5	43.5	18.0
		A1-40 ②	-12.6	-9.2	-150.8	-105.9	37.1	18.9	41.9	15.9
		A1-80 ③	-12.8	-9.3	-144.6	-110.0	47.9	21.2	41.0	14.0
	動的倍率	②/①	1.024	1.057	1.447	1.574	1.054	1.022	0.963	0.883
③/①		1.041	1.069	1.388	1.634	1.361	1.146	0.943	0.778	
A2	計測値	A2-5 ①	-11.5	-8.3	-102.7	-57.8	32.5	13.7	37.6	14.8
		A2-40 ②	-11.7	-8.5	-156.9	-116.4	31.7	14.6	36.3	15.3
		A2-80 ③	-12.6	-9.2	-162.5	-116.7	37.8	14.5	34.7	14.0
	動的倍率	②/①	1.017	1.024	1.528	2.014	0.975	1.066	0.965	1.034
③/①		1.096	1.108	1.582	2.019	1.163	1.058	0.923	0.946	
A3	計測値	A3-5 ①	-11.7	-8.4	-149.5	-101.3	33.9	15.0	41.0	15.0
		A3-40 ②	-12.4	-9.1	-177.1	-122.5	34.0	16.6	38.6	14.5
		A3-80 ③	-12.8	-9.3	-177.2	-117.5	39.2	15.4	38.7	13.1
	動的倍率	②/①	1.060	1.083	1.185	1.209	1.003	1.107	0.941	0.967
③/①		1.094	1.107	1.185	1.160	1.156	1.027	0.944	0.873	
A4	計測値	A4-5 ①	-11.9	-8.5	-125.4	-81.1	36.5	17.6	44.1	16.3
		A4-40 ②	-12.5	-9.0	-155.5	-103.7	36.8	18.2	41.4	15.8
		A4-80 ③	-13.4	-9.6	-161.2	-99.2	34.5	14.0	35.5	10.2
	動的倍率	②/①	1.050	1.059	1.240	1.279	1.008	1.034	0.939	0.969
③/①		1.126	1.129	1.285	1.223	0.945	0.795	0.805	0.626	
A5	計測値	A5-5 ①	-11.9	-8.5	-90.4	-50.1	33.0	16.0	42.3	15.8
		A5-40 ②	-11.9	-8.6	-149.2	-104.5	35.6	16.3	40.5	14.9
		A5-80 ③	-12.3	-9.1	-150.1	-108.1	43.9	17.7	43.8	16.0
	動的倍率	②/①	1.000	1.012	1.650	2.086	1.079	1.019	0.957	0.943
③/①		1.034	1.071	1.660	2.158	1.330	1.106	1.035	1.013	
L1	計測値	L1-5 ①	-10.9	-7.8	-116.5	-73.0	32.2	15.8	39.6	13.6
		L1-40 ②	-11.3	-8.3	-142.8	-95.0	32.6	15.1	38.4	13.8
		L1-80 ③	-12.2	-9.1	-154.8	-97.0	40.0	17.0	36.3	13.4
	動的倍率	②/①	1.037	1.064	1.226	1.301	1.012	0.956	0.970	1.015
③/①		1.119	1.167	1.329	1.329	1.242	1.076	0.917	0.985	
L2	計測値	L2-5 ①	-10.7	-7.8	-104.3	-61.0	32.0	15.0	39.2	13.2
		L2-40 ②	-11.2	-8.1	-141.8	-97.9	30.5	14.9	37.3	13.3
		L2-80 ③	-12.4	-9.2	-154.7	-105.9	39.1	17.7	39.1	13.6
	動的倍率	②/①	1.047	1.038	1.360	1.605	0.953	0.993	0.952	1.008
③/①		1.159	1.179	1.483	1.736	1.222	1.180	0.997	1.030	
L3	計測値	L3-5 ①	-9.6	-6.8	-119.8	-80.5	33.9	14.5	37.2	14.3
		L3-40 ②	-9.7	-7.1	-134.5	-94.7	35.5	13.0	34.8	13.5
		L3-80 ③	-10.8	-7.4	-145.1	-96.8	40.8	14.5	41.2	15.9
	動的倍率	②/①	1.010	1.044	1.123	1.176	1.047	0.897	0.935	0.944
③/①		1.125	1.088	1.211	1.202	1.204	1.000	1.108	1.112	
L4	計測値	L4-5 ①	-9.6	-6.9	-114.5	-78.2	33.9	15.0	38.7	15.6
		L4-40 ②	-9.7	-7.1	-129.2	-90.5	37.5	16.2	35.4	15.1
		L4-80 ③	-11.5	-8.4	-161.4	-104.7	40.3	14.9	42.4	13.7
	動的倍率	②/①	1.010	1.029	1.128	1.157	1.106	1.080	0.915	0.968
③/①		1.198	1.217	1.410	1.339	1.189	0.993	1.096	0.878	

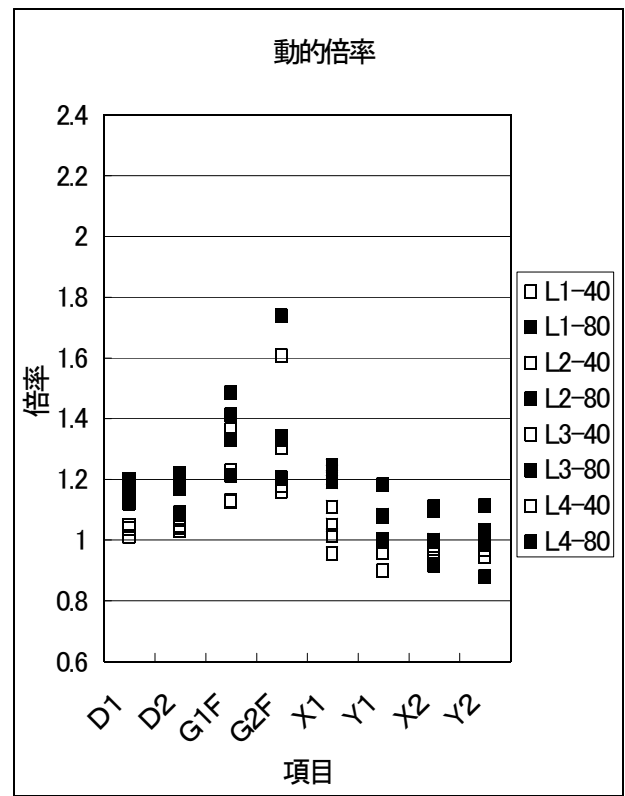
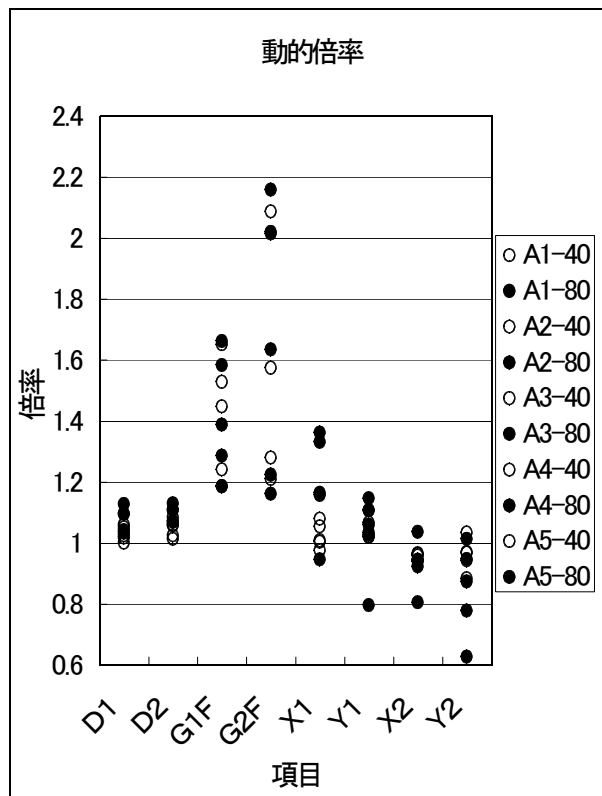
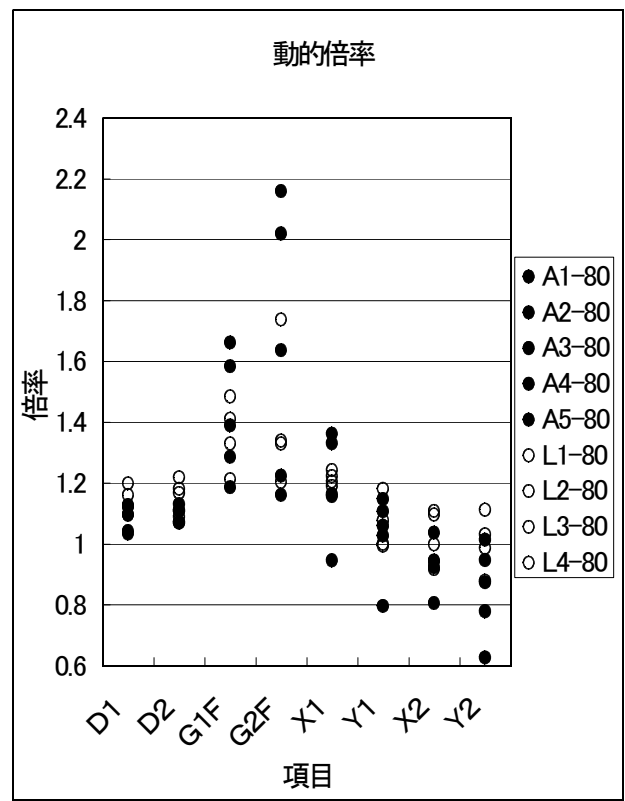
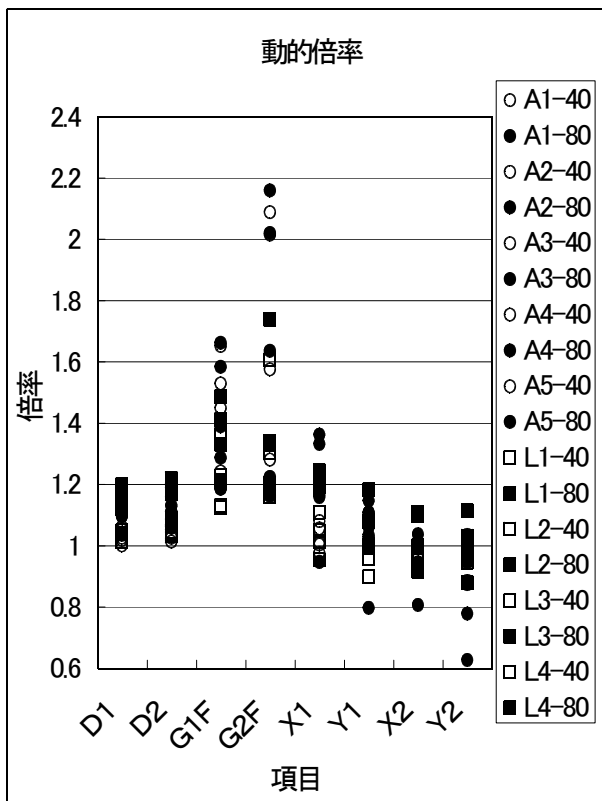


図-2.6.32 動的倍率（速度 5km/h 時の計測値に対する比率）

2.6.4 まとめ

試験橋梁における走行試験結果から以下のことが明らかになった。

- ・橋梁によっては走行中の個々の大型車両の動的挙動に起因する載荷荷重の変動によって主げた部材に大きな変動応力が生じる可能性がある。
- ・鋼鈹げた橋の主げた端部（支点部）では支間中央部に比べて走行中の大型車両の動的挙動によって下フランジに大きな変動応力が生じる傾向にある。
よって、桁端近傍部材では個々の車両の振動による影響が疲労耐久性に顕著に影響することが懸念される。
- ・床版のひずみには、速度に関係なく走行中の車両の個々の軸重に対応した明確なピーク値が現れる。
よって床版ひずみを計測することで橋梁上を走行する車両の通過位置や走行速度を精度よく推定することが出来ると考えられる。