

## 5. 実験結果

### 5.1 最大層間変位応答

震動台実験結果について、最大層間変位応答について整理するとともに、実験結果の考察を行う。なお、以下の実験結果の検証、数値解析による検証においては、実験用試験体の長辺方向、短辺方向の軸名、通り名を次の表 5-1 のような通り名にて表記している。4 章までの設計図面との対応に関しては、この表に従うものとする。

表 5-1 実験用試験体の軸名・通り名の対応表

試験体方向	軸 (センサー軸に対応)	通り名(図面)	モデルの通り名 (実験結果・解析結果)
長辺方向	X	二通り～九通り	Y2 通り～Y9 通り S2 通り～S9 通り
短辺方向	Y	い通り～を通り	X0 通り～X11 通り L0 通り～L11 通り

#### (1) 試験体条件ごとの応答の比較

試験体条件ごとの最大層間変位をまとめたものを表 5-2 に示す。表 5-2(a)が、1-2F 間の主要通り毎の最大層間変位応答の一覧であり、表 5-2(b)が、2-RF 間の主要通り毎の最大層間変位応答の一覧である。これらの表において、試験体条件 1A、1B、2A、2B は、それぞれ、第 1 日目・第 1 フェーズ、第 2 フェーズ、第 2 日目・第 1 フェーズ、第 2 フェーズの 4 つの実験変数に対応している。入力レベル・加振方向毎に、加振方向と同じ方向に生じた最大層間変位の値に黄色で着色しており、同じ加振ケースの中で、最大層間変位の値の最大値を生じた構面の応答値を橙色で着色している。

注： 第 1 日目の第 1 フェーズの加振実験時において、X8 構面（り通り）に設置していたポテンシオメータに動作不良が生じたため、第 1 フェーズにおける X8 構面 1-2F 間の変位応答のデータは欠損している。そのため、X5 構面と X11 構面における層間変位を基準とし、X5-X8 構面間と X8-X11 構面間で計測していた 2 階レベルの水平構面間変位  $\Delta(X5-X8)$  と  $\Delta(X8-X11)$  を用いて X8 構面の層間変位応答を推定した。すなわち、 $\Delta(X5-X8)$  を X5 構面の 1-2F 間の層間変位に加えた変位の値と、 $\Delta(X8-X11)$  を X11 構面の 1-2F 間の層間変位から差し引いた変位の値とを、計測サンプリング時刻ごとのデータに対して算出し、これらの平均をもって、各時刻における X8 構面の 1-2F 間の層間変位の推定値とした。

表 5-2(a) 1-2F 間の最大層間変位 (mm)

フェーズ	入力レベル	加振方向	二通り	六通り	九通り	い通り	へ通り	ろ通り	を通り	り通り
			Y2	Y6	Y9	X0	X1	X5	X8	X11
1A	30%	Y	1.22	0.20	0.77	8.72	9.32	7.51	6.37	7.14
		X	8.57	7.96	7.73	1.50	0.68	0.37	1.87	0.16
	60%	Y	3.89	0.65	2.62	27.97	28.55	24.13	21.07	22.78
		X	24.87	22.84	23.00	1.87	1.27	0.64	2.15	0.71
	100%	Y	9.23	2.07	8.32	55.33	55.51	45.81	36.38	38.36
		X	58.13	53.38	54.20	7.38	5.84	3.95	3.01	2.48
XY		53.25	57.85	69.54	69.48	63.25	51.62	42.27	45.67	
1B	30%	Y	2.08	0.98	3.20	28.03	25.38	21.89	20.75	20.72
	60% (1)	Y	2.68	1.94	5.22	53.05	49.30	43.25	40.70	37.50
		X	35.51	32.49	30.68	7.67	5.24	3.77	2.93	3.90
	60% (2)	Y	3.78	2.24	5.29	52.71	49.24	43.11	40.49	37.07
		X	36.22	33.05	30.83	7.86	5.16	3.42	2.91	4.46
2A	30%	Y	6.73	1.06	3.17	23.79	20.56	15.76	12.91	8.35
		X	19.67	13.98	12.72	5.15	3.41	1.11	1.41	1.48
	60%	Y	12.45	3.34	7.45	50.04	47.94	37.13	30.11	23.77
		X	45.86	33.00	29.38	13.47	8.92	3.88	5.27	5.41
	80%	Y	14.39	5.29	10.85	63.36	61.44	48.24	39.36	32.22
		X	63.75	46.46	43.05	17.43	11.73	4.96	8.08	9.49
2B	30%	Y	6.37	1.02	4.14	28.95	26.07	20.92	18.95	17.63
		X	27.54	19.37	18.06	4.26	2.99	0.34	2.27	3.60
	60%	Y	7.96	1.95	6.52	51.65	52.35	43.50	39.03	36.64
		X	54.38	41.20	41.06	7.39	5.56	2.21	3.72	6.96
		XY	48.91	41.60	46.78	49.23	47.85	41.86	38.86	40.97
	80%	Y	7.49	2.67	8.06	64.05	66.13	57.57	51.02	47.33
X		71.91	55.33	56.85	11.72	8.66	3.49	4.82	9.65	

表 5-2(b) 2-RF 間の最大層間変位(mm)

フェーズ	入力レベル	加振方向	二通り	六通り	九通り	へ通り	ろ通り	を通り	り通り
			Y2	Y6	Y9	X1	X5	X8	X11
1A	30%	Y	0.47	0.30	0.39	3.48	3.61	3.82	3.49
		X	2.30	3.46	3.15	0.49	0.42	0.30	0.38
	60%	Y	0.77	0.33	1.35	12.76	12.86	13.04	11.70
		X	7.54	11.45	10.55	0.70	0.64	0.83	1.31
	100%	Y	2.73	1.95	4.82	24.86	24.67	23.10	20.08
		X	15.03	22.84	22.47	4.55	2.35	3.07	5.11
XY		15.66	26.88	27.65	26.23	28.77	27.87	21.26	
1B	30%	Y	0.38	1.06	2.72	15.14	13.73	12.96	10.48
	60% (1)	Y	1.22	1.98	4.13	24.51	24.09	22.56	18.15
		X	11.59	16.40	18.23	4.66	2.67	2.40	3.97
	60% (2)	Y	1.21	2.03	4.39	24.68	24.00	22.38	17.94
		X	11.75	16.50	18.38	4.21	2.35	2.23	3.82
	2A	30%	Y	1.54	0.53	3.45	14.89	11.25	8.29
X			4.55	9.68	9.66	0.89	0.58	1.06	1.46
60%		Y	2.66	1.80	5.78	24.03	21.03	17.78	14.88
		X	10.21	18.81	17.94	6.33	3.22	2.25	5.89
80%		Y	2.97	3.64	8.22	28.32	26.01	21.90	18.36
		X	12.63	24.42	21.62	8.38	4.83	4.49	8.80
2B	30%	Y	1.05	0.92	3.75	17.64	14.70	12.36	9.60
		X	5.09	11.19	10.81	0.66	0.53	0.76	1.29
	60%	Y	1.25	1.73	4.58	25.95	24.86	22.76	18.39
		X	11.79	22.73	20.84	4.25	1.85	2.33	2.95
		XY	11.06	24.04	24.07	22.80	23.86	23.82	19.75
	80%	Y	1.55	2.49	5.16	29.96	30.23	28.47	24.45
X		13.92	28.51	24.79	8.01	3.27	4.59	4.57	

いずれの実験結果においても、2-RF 間の層間変位よりも 1-2F 間の層間変位の方が大きく生じている。また、1-2F 間の層間変位については、いずれの加振ケースについても、X 方向では Y2 通り、Y 方向では X0 ないし X1 通りに応答の最大値が生じる傾向が見られた。一方、2-RF 間の層間変位については、いずれの加振ケースについても、X 方向では Y6 通り（フェーズ 1B のみ Y9 通り）、Y 方向では、X1 ないし X5 通り（フェーズ 1A の 30%、60%加振では、X8 通り）に応答の最大値が生じる傾向が見られた。表 5-3 に示す各階各通りの階高に従い、各通りの最大変形角求め、各加振ケースごとに、これらの最大値を表 5-4 にまとめた。

表 5-3 各通り階高一覧 (mm)

階高	二通り	六通り	九通り	い通り	へ通り	ろ通り	を通り	り通り
	Y2	Y6	Y9	X0	X1	X5	X8	X11
1 階	2245	2215	2275	2285	2190	2190	2190	2400
2 階	1710	1710	1710	—	1710	1710	1710	1710

表 5-4 最大層間変形角の一覧 (1/40 を超えるものに着色)

試験体条件 (フェーズ)	入力レベル	加振方向	1-2 層の最大層間変形角		2-R 層の最大層間変形角	
			X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向
1A	30%	単軸	1/262	1/235	1/494	1/448
	60%	単軸	1/90	1/77	1/149	1/131
	100%	単軸	1/39	1/39	1/75	1/69
		XY	1/33	1/33	1/62	1/59
1B	30%	単軸	—	1/82	—	1/113
	60%(1)	単軸	1/63	1/43	1/94	1/70
	60%(2)	単軸	1/62	1/43	1/93	1/69
2A	30%	単軸	1/114	1/96	1/177	1/115
	60%	単軸	1/49	1/46	1/91	1/71
	80%	単軸	1/35	1/36	1/70	1/60
2B	30%	単軸	1/82	1/79	1/153	1/97
	60%	単軸	1/41	1/42	1/75	1/66
		XY	1/46	1/46	1/71	1/72
	80%	単軸	1/31	1/33	1/60	1/57

本研究で製作した実験用試験体建物は、補強用の耐震壁を付加することによって評点を満たすように設計（長辺方向については、リングダンパー仕様のアウトフレームの耐力を含める）を行っていたが、レベル 2 相当の BCJ-L2 波の 2 方向加振（フェーズ 1A：100%加振）において、概ね想定値（最大層間変形角応答 1/30 程度）に抑えられていたことが確認された。なお、すべてのアウトフレーム補強を外した、加振ケース（フェーズ 2B：80%加振）で、最大層間変形角が、X（長辺）方向、Y（短辺）方向のいずれも 1/30 程度となっており、本実験を通して、アウトフレーム補強を設置したことによる応答の低減効果が確認できたものと評価できる。

## (2) 加振レベルごとの応答の比較

続いて、各加振ケースに対する、主要通りの軸組における最大層間変位について加振レベルごとと整理する。なお、加振直交方向変位は、加振方向に比べて明らかに小さかったので、Y 方向加振については X0～X11 構面のみ、X 方向加振については、Y2～Y9 構面のみを示す。表 5-5 (a) に、1-2F 間の主要通り毎の最大層間の変位一覧、表 5-5 (b) に、2-RF 間の主要通り毎の最大層間変位の一覧を示す。

なお、これらの表において、試験体条件 1A、1B、2A、2B は、それぞれ、第 1 日目・第 1 フェーズ、第 2 フェーズ、第 2 日目・第 1 フェーズ、第 2 フェーズの 4 つの実験変数に対応している。また、第 1 日目・第 2 フェーズ (1B) では、BCJ-L2 波 60%の入力レベルについては、Y 方向加振、X 方向加振をそれぞれ 2 回行ったため、第 2 フェーズ 1 度目の加振を(1B(1))、第 2 フェーズ 2 度目の加振を(1B(2))と表記している。BCJ-L2 波 30%入力レベルの Y 方向加振、X 方向加振、60%入力レベルの Y 方向加振、X 方向加振、80%入力レベルの Y 方向加振、X 方向加振での各フェーズでの最大層間変位を図 5-1、図 5-2、図 5-3、図 5-4、図 5-5、図 5-6 にそれぞれ示す。

表 5-5(a) 1-2 層の最大層間変位 (mm)

入力 レベル	加振 方向	フェー ズ	二通り	六通り	九通り	い通り	へ通り	ろ通り	を通り	り通り
			Y2	Y6	Y9	X0	X1	X5	X8	X11
30%	Y	1A	1.22	0.20	0.77	8.72	9.32	7.51	6.37	7.14
		1B	2.08	0.98	3.20	28.03	25.38	21.89	20.75	20.72
		2A	6.73	1.06	3.17	23.79	20.56	15.76	12.91	8.35
		2B	6.37	1.02	4.14	28.95	26.07	20.92	18.95	17.63
	X	1A	8.57	7.96	7.73	1.50	0.68	0.37	1.87	0.16
		2A	19.67	13.98	12.72	5.15	3.41	1.11	1.41	1.48
2B		27.54	19.37	18.06	4.26	2.99	0.34	2.27	3.60	
60%	Y	1A	3.89	0.65	2.62	27.97	28.55	24.13	21.07	22.78
		1B(1)	2.68	1.94	5.22	53.05	49.30	43.25	40.70	37.50
		1B(2)	3.78	2.24	5.29	52.71	49.24	43.11	40.49	37.07
		2A	12.45	3.34	7.45	50.04	47.94	37.13	30.11	23.77
		2B	7.96	1.95	6.52	51.65	52.35	43.50	39.03	36.64
	X	1A	24.87	22.84	23.00	1.87	1.27	0.64	2.15	0.71
		1B(1)	35.51	32.49	30.68	7.67	5.24	3.77	2.93	3.90
		1B(2)	36.22	33.05	30.83	7.86	5.16	3.42	2.91	4.46
		2A	45.86	33.00	29.38	13.47	8.92	3.88	5.27	5.41
		2B	54.38	41.20	41.06	7.39	5.56	2.21	3.72	6.96
XY	2B	48.91	41.60	46.78	49.23	47.85	41.86	38.86	40.97	
80%	Y	2A	14.39	5.29	10.85	63.36	61.44	48.24	39.36	32.22
		2B	7.49	2.67	8.06	64.05	66.13	57.57	51.02	47.33
	X	2A	63.75	46.46	43.05	17.43	11.73	4.96	8.08	9.49
		2B	71.91	55.33	56.85	11.72	8.66	3.49	4.82	9.65
100%	Y	1A	9.23	2.07	8.32	55.33	55.51	45.81	36.38	38.36
	X	1A	58.13	53.38	54.20	7.38	5.84	3.95	3.01	2.48
	XY	1A	53.25	57.85	69.54	69.48	63.25	51.62	42.27	45.67

表 5-5(b) 2-R 層の最大層間変位 (mm)

入力 レベル	加振 方向	フェー ズ	二通り	六通り	九通り	へ通り	ろ通り	を通り	り通り
			Y2	Y6	Y9	X1	X5	X8	X11
30%	Y	1A	0.47	0.30	0.39	3.48	3.61	3.82	3.49
		1B	0.38	1.06	2.72	15.14	13.73	12.96	10.48
		2A	1.54	0.53	3.45	14.89	11.25	8.29	7.08
		2B	1.05	0.92	3.75	17.64	14.70	12.36	9.60
	X	1A	2.30	3.46	3.15	0.49	0.42	0.30	0.38
		2A	4.55	9.68	9.66	0.89	0.58	1.06	1.46
2B		5.09	11.19	10.81	0.66	0.53	0.76	1.29	
60%	Y	1A	0.77	0.33	1.35	12.76	12.86	13.04	11.70
		1B(1)	1.22	1.98	4.13	24.51	24.09	22.56	18.15
		1B(2)	1.21	2.03	4.39	24.68	24.00	22.38	17.94
		2A	2.66	1.80	5.78	24.03	21.03	17.78	14.88
		2B	1.25	1.73	4.58	25.95	24.86	22.76	18.39
	X	1A	7.54	11.45	10.55	0.70	0.64	0.83	1.31
		1B(1)	11.59	16.40	18.23	4.66	2.67	2.40	3.97
		1B(2)	11.75	16.50	18.38	4.21	2.35	2.23	3.82
		2A	10.21	18.81	17.94	6.33	3.22	2.25	5.89
		2B	11.79	22.73	20.84	4.25	1.85	2.33	2.95
	XY	2B	11.06	24.04	24.07	22.80	23.86	23.82	19.75
80%	Y	2A	2.97	3.64	8.22	28.32	26.01	21.90	18.36
		2B	1.55	2.49	5.16	29.96	30.23	28.47	24.45
	X	2A	12.63	24.42	21.62	8.38	4.83	4.49	8.80
		2B	13.92	28.51	24.79	8.01	3.27	4.59	4.57
100%	Y	1A	2.73	1.95	4.82	24.86	24.67	23.10	20.08
	X	1A	15.03	22.84	22.47	4.55	2.35	3.07	5.11
	XY	1A	15.66	26.88	27.65	26.23	28.77	27.87	21.26

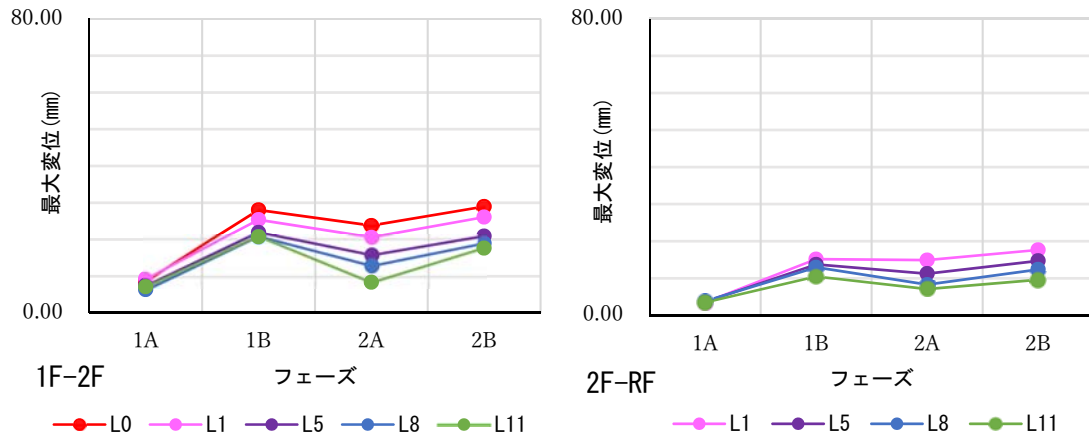


図 5-1 BCJ-L2 波 30%・Y 方向加振 最大層間変位

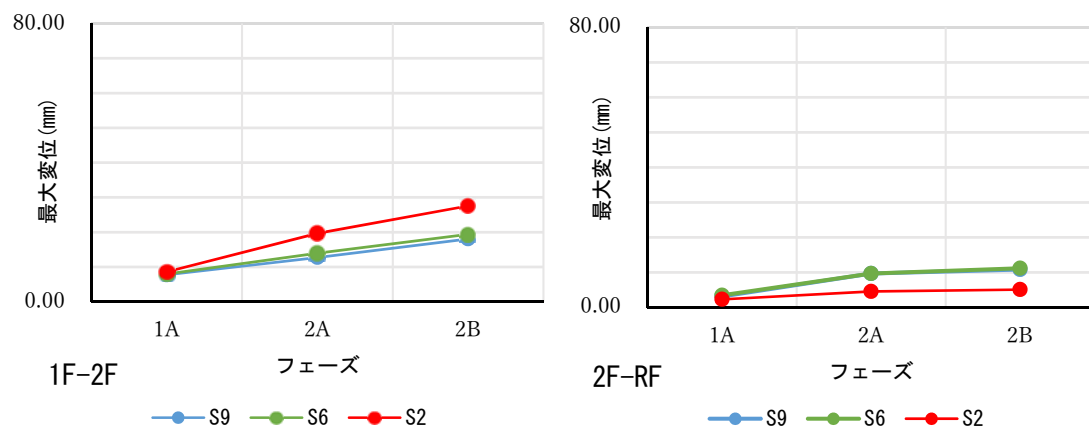


図 5-2 BCJ-L2 波 30%・X 方向加振 最大層間変位

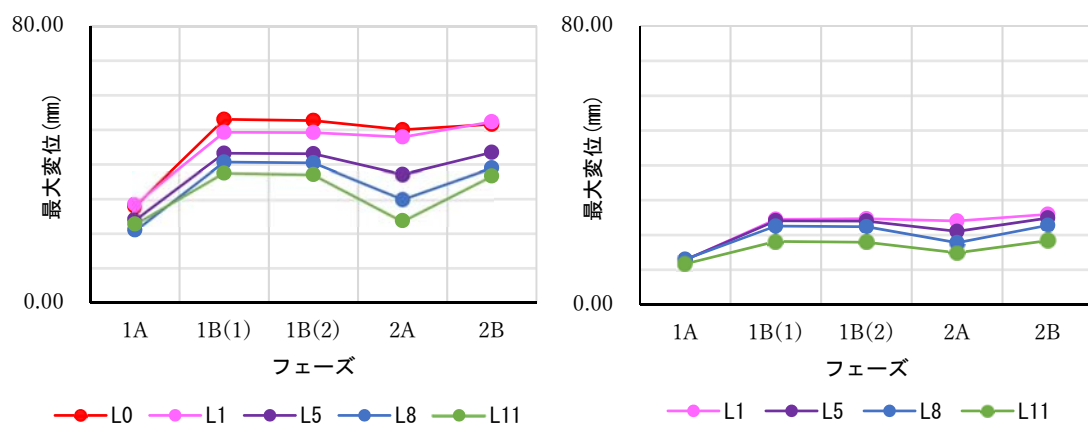


図 5-3 BCJ-L2 波 60%・Y 方向加振 最大層間変位

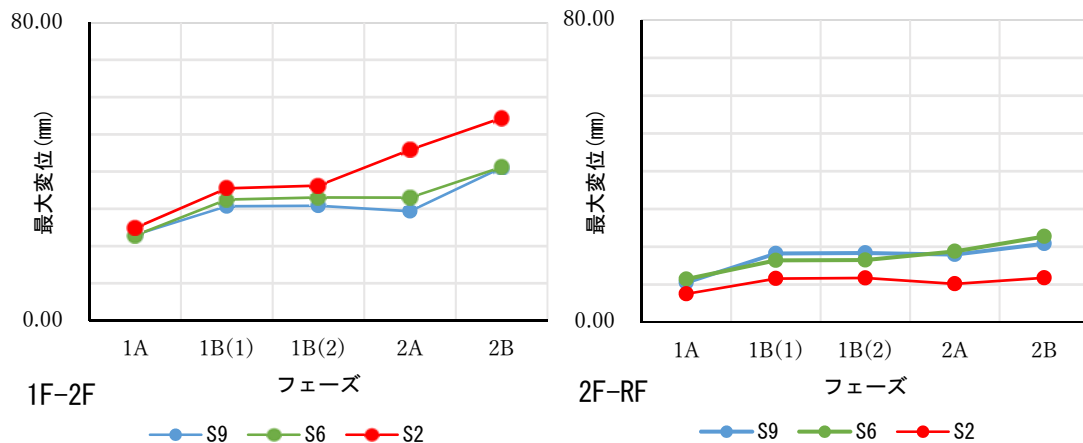


図 5-4 BCJ-L2 波 60%・X 方向加振 最大層間変位

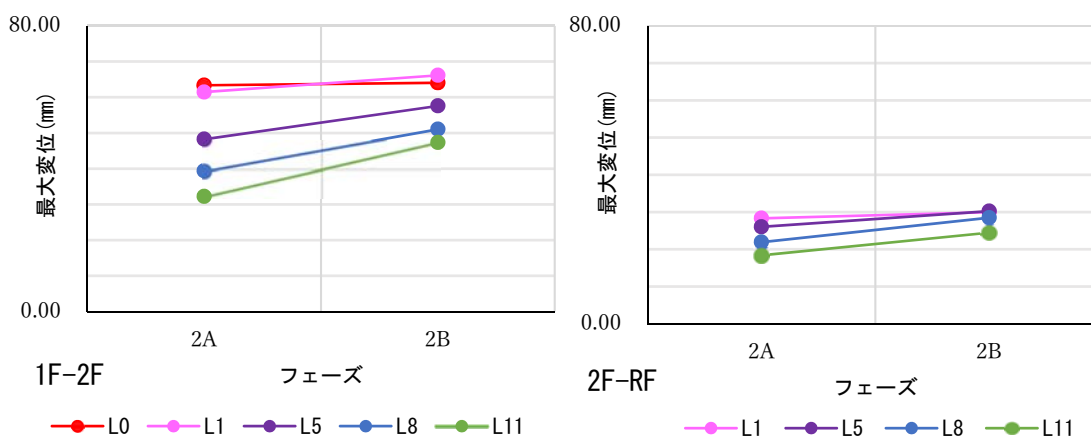


図 5-5 BCJ-L2 波 80%・Y 方向加振 最大層間変位

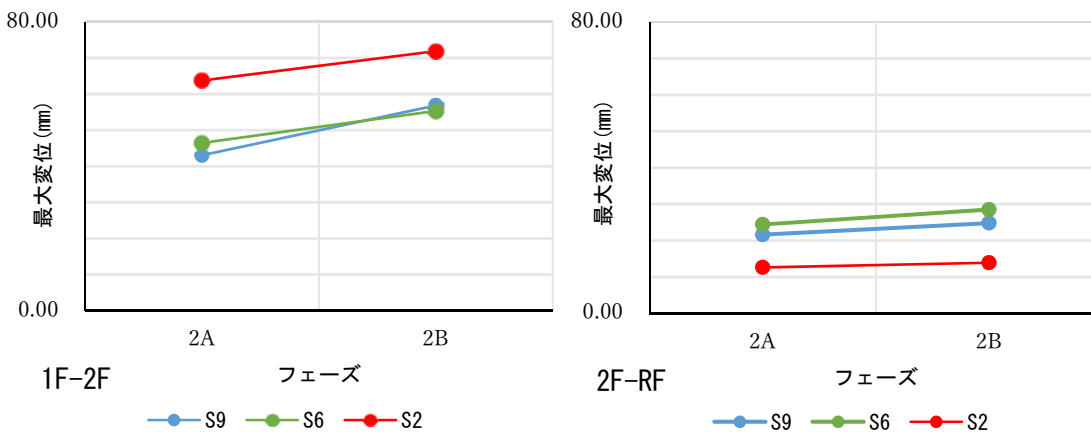


図 5-6 BCJ-L2 波 80%・X 方向加振 最大層間変位

主要通りの軸組の最大層間変位応答について、入力地震動レベルとともにアウターフレームの有無、水平ブレースの有無に着目して比較検討を行なう。但し、第 1 日目・第 1 フェーズは他のフェーズと異なり、実験用試験体に対する処女加振となるため、それぞれの加振レベルの入力開始時には、そのレベルに対応する最大応答値による試験体への損傷が生じていないと考えられるため、第 1 日目・第 2 フェーズ以降の加振に比べて、生じる応答結果が小さくなっているものと



考えられる。特に、第1日目・第1フェーズの最後に行った、BCJ-L2波100%加振により生じた変形により、X、Y方向のそれぞれに生じた損傷のために、その後の加振フェーズでは、試験体に剛性低下が生じているものと考えられるので、各フェーズ間の実験結果の比較については、フェーズ1B、2A、2Bでの応答結果を中心に行なうものとする。

● Y方向（短辺方向）加振の結果：

Y方向加振については、X0～X11構面（短辺方向）の最大層間変位応答について考察する。鉛直フレーム型アウターフレーム（リングダンパー）の設置は、Y方向加振における層間変位応答にはほとんど影響を与えないものと考えられるので、各フェーズでの水平ダンパー型アウターフレーム（オイルダンパー）の有無とともに、吹き抜け部分の水平ブレースの有無による応答の相違を検討する。

実験結果から、以下のようなことがわかる。

- ・1-2F間、2-RF間の層間変位とも、水平ダンパーが設置されたフェーズ2Aに比べ、水平ダンパーがないフェーズ1B、フェーズ2Bの方が大きく生じている。
- ・フェーズ1Bでは60%・Y方向加振を2回行なったが、1-2F間、2-RF間の層間変位とも相違は少なかつた。

● X方向（長辺方向）加振の結果：

X方向加振については、Y2～Y9構面（長辺方向）の最大層間変位応答について考察する。水平ダンパー型アウターフレーム（オイルダンパー）は、X方向加振における層間変位応答にはほとんど影響を与えないものと考えられるので、各フェーズでの鉛直フレーム型アウターフレーム（リングダンパー）有無とともに、吹き抜け部分の水平ブレースの有無による応答の相違を検討する。

実験結果から、以下のようなことがわかる。

- ・いずれの加振でも、1-2F間の層間変位は全てのフェーズで $Y9 \cong Y6 < Y2$ となっているが、これは、2階レベルのY9-Y6間に床が張られていることによるものと考えられる。2-RF間の層間変位は全てのフェーズで $Y2 < Y6 \cong Y9$ となっている。Y2構面は、2階レベルの吹き抜けの存在により他の構面との連結が弱いことが一因であると考えられる。
- ・いずれの加振ケースでも、1-2F間の層間変位は、Y9構面に鉛直フレーム型アウターフレームが設置されているフェーズ2Aに比べ、すべての鉛直フレーム型アウターフレームが取り外されたフェーズ2Bの方が大きく総じている。但し、2-RF間の層間変位については、フェーズ2Aとフェーズ2Bでの応答の差は小さい。
- ・フェーズ1Bでは60%・Y方向加振を2回行なったが、1-2F間、2-RF間の層間変位とも両者の間の相違は少なかつた。

## 5.2 層間変位応答の補正方法

5.1 節に示した層間変位応答は、試験体に設置したワイヤー変位計のデータにより計算している。本節では、それぞれの加振ケース、および通り、層における層間変位の算定方法とともに、それらにより得られた時刻歴波形を示す。図 5-7 に示すように、各構面のフレーム内の対角線に取り付けられた、ワイヤー付き巻取り式変位計で計測された対角線方向の変形量を $\delta_d$ とし、変位計取り付け角度を $\theta$ とすれば、層間変位 $\delta$ は、式(5.1)で算出される。

$$\delta = \frac{\delta_d}{\cos \theta} \quad (5.1)$$

ここで $\cos \theta$ は変位計、ワイヤーそれぞれの取り付け位置間の水平距離を $x$ 、鉛直距離を $y$ として式(5.2)で算出した。

$$\cos \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (5.2)$$

水平距離 $x$ 、鉛直距離 $y$ の一覧を表 5-6 に示す。

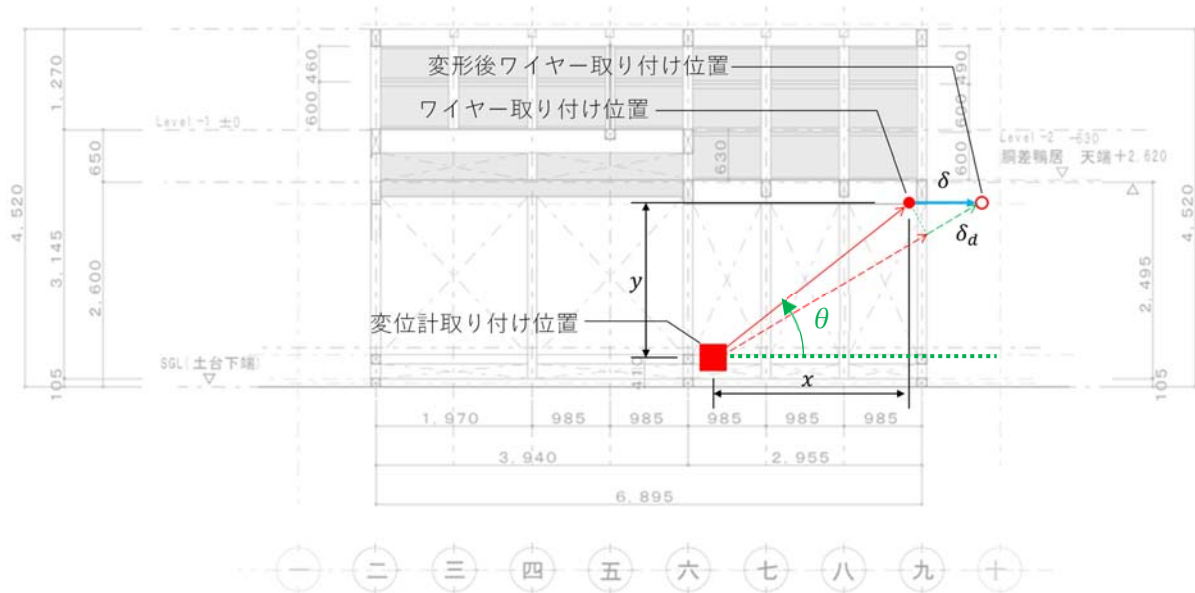


図 5-7 層間変位算出方法の概念図

表 5-6 層間変位算出に用いた変位計取り付け状態に関する距離 (単位: mm)

(a) 1階

通り	二通り	六通り	九通り	い通り	ろ通り	へ通り	り通り	を通り
	Y2	Y6	Y9	X0	X1	X5	X8	X11
$\cos \theta$	0.755	0.750	0.743	0.788	0.812	0.801	0.810	0.713
$x$	2545	2515	2530	2875	2665	2595	2560	2595
$y$	2207.5	2217.5	2277.5	2247.5	1915	1940	1855	2552.5

(b) 2階

通り	二通り	六通り	九通り	ろ通り	へ通り	り通り	を通り
	Y2	Y6	Y9	X1	X5	X8	X11
$\cos \theta$	0.786	0.830	0.799	0.896	0.880	0.799	0.875
$x$	2595	2545	2660	2630	2595	2580	2635
$y$	2040	1710	2000	1300	1400	1945	1455

計測された時刻歴では、一例として、図 5-8 の層間変位時刻歴の測定値の 60 秒付近に見られるように、計測時の誤差と考えられる、局所的なピーク値が記録されていた。この影響を取り除くために、測定値に対してカットオフ周波数 10.0Hz の 4 次のバターワース・ローパスフィルター (LPF) 処理を施した上で最大応答を抽出した。

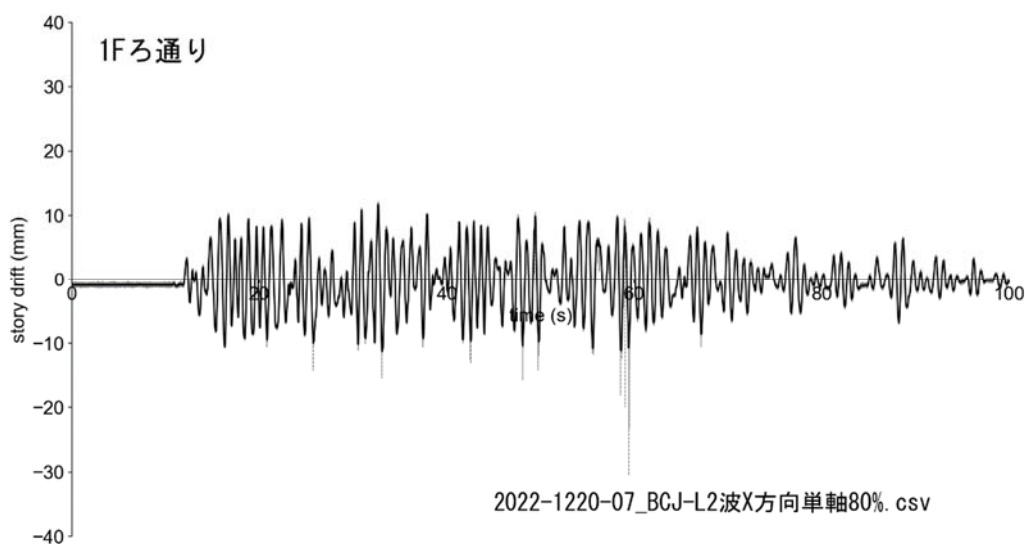


図 5-8 層間変位時刻歴の例 (黒実線 : LPF 処理後、灰点線 : 測定値)

なお、フェーズ 1A においては 1 層の X8 構面 (り通り) の変位計設置不良のため、当該構面の層間変位が観測されていなかった。そこで、これらのケースについては、を通りの層間変位に、をーり通り構面間の 2 階床レベルでの水平構面内変位を加えることによって間接的に求めた。図 5-9～図 5-12 に 1-2F 間の主要構面の最大層間変位をそれぞれ示す。また図 5-13～図 5-26 に代表的な加振ケースの 1-2F 間の層間変位時刻歴を示す。

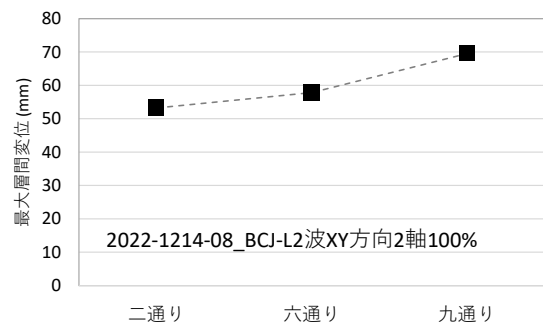
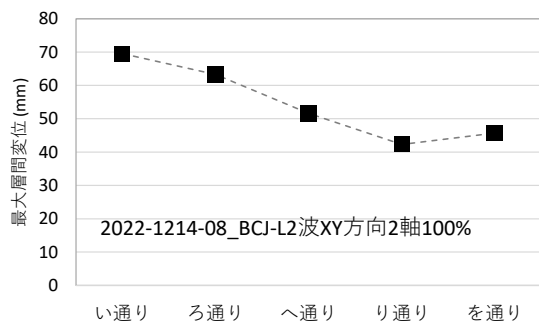
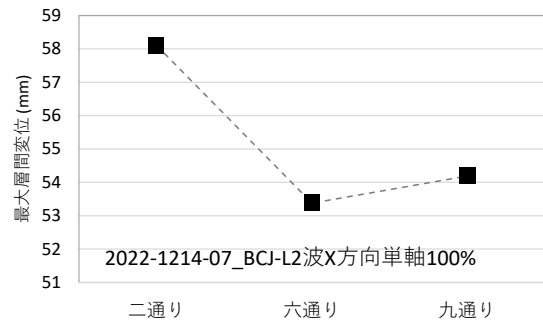
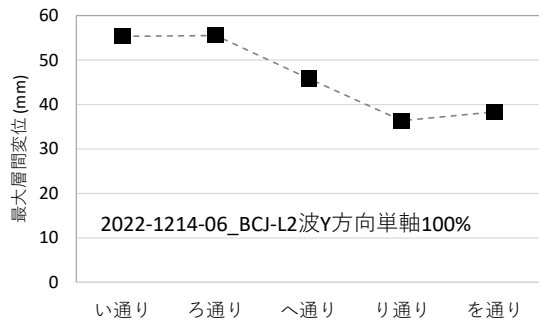
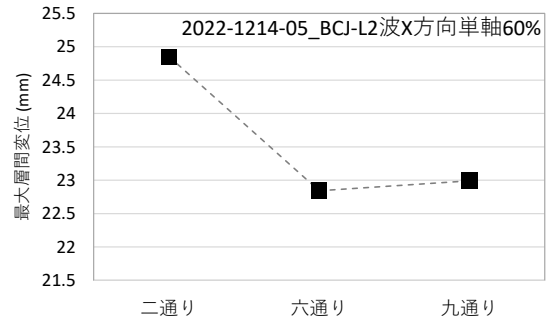
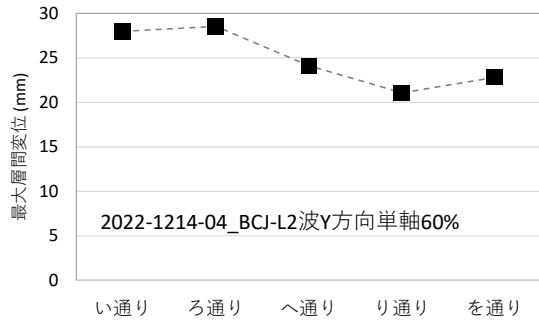
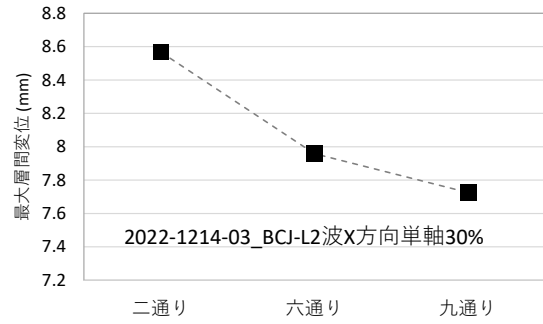
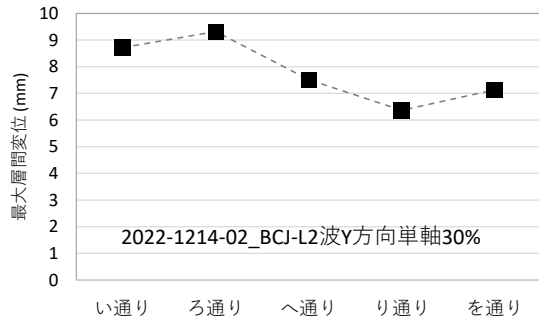


図 5-9 1-2F 間の最大層間変位 (フェーズ 1A : 水平ブレースあり、ダンパーあり)  
 ※り通り 層間変位は を通り 層間変位から間接的に算出

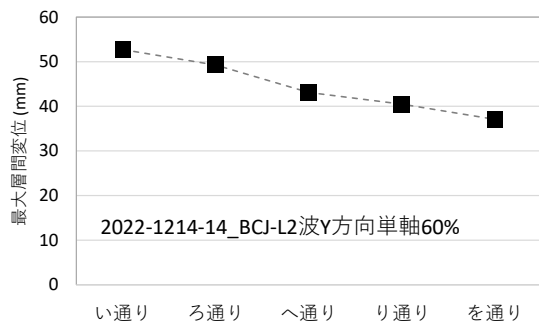
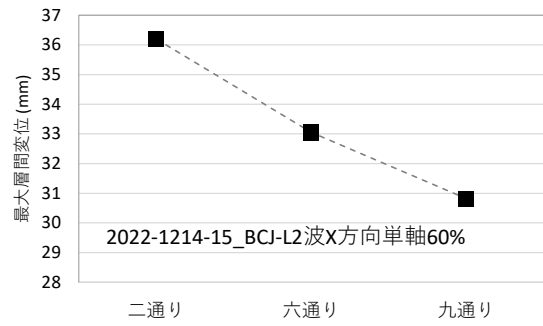
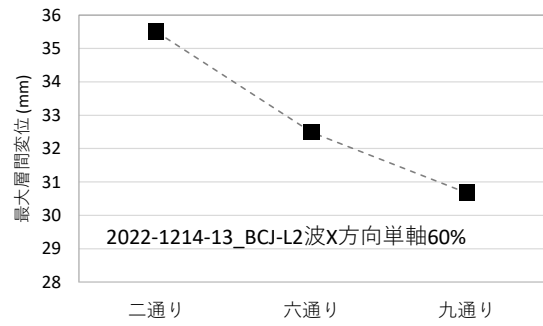
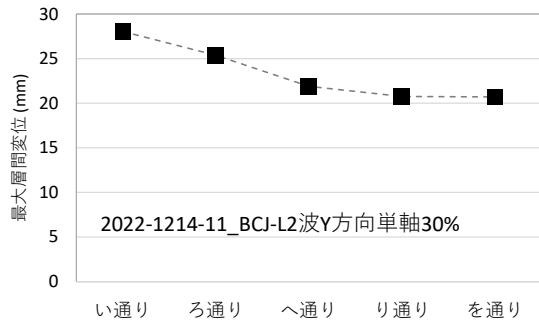


図 5-10 1-2F 間の最大層間変位 (フェーズ 1B : 水平ブレースあり、ダンパーなし)

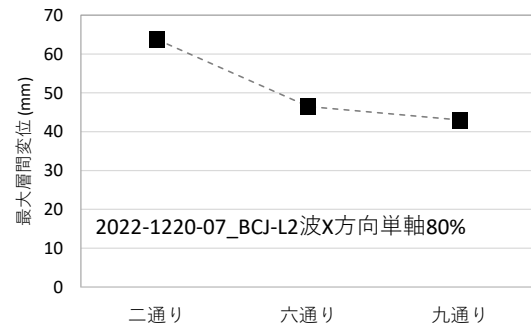
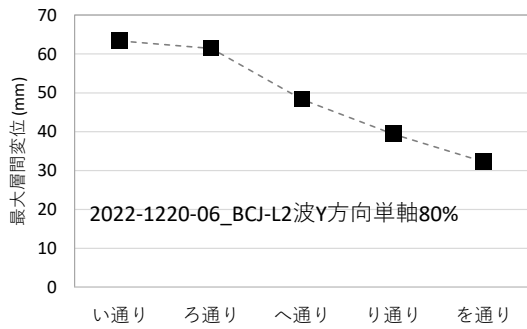
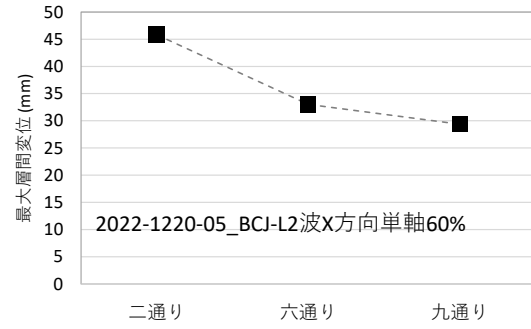
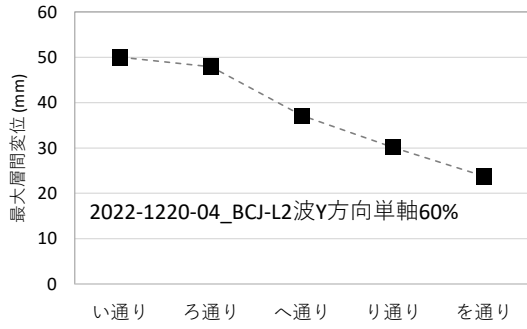
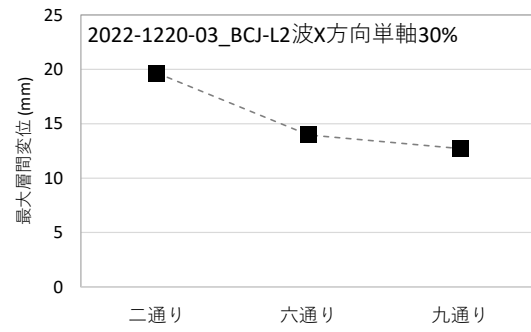
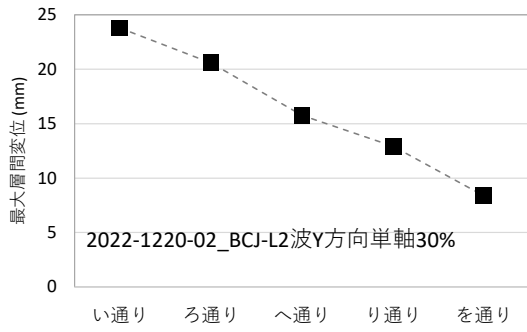


図 5-11 1-2F 間の最大層間変位 (フェーズ 2A : 水平ブレースなし、ダンパーあり)

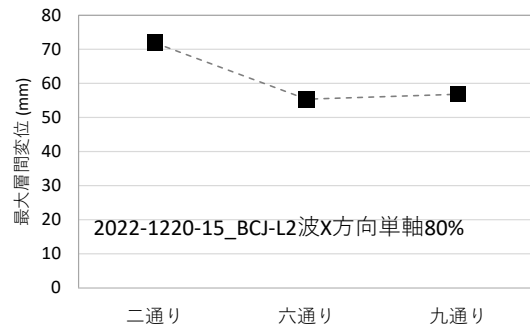
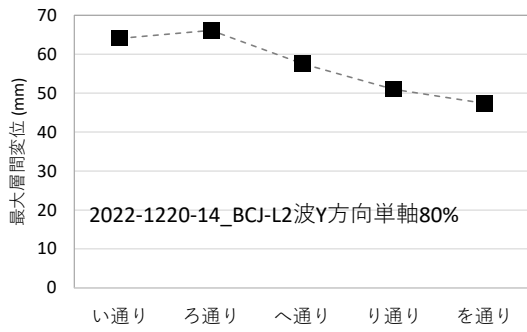
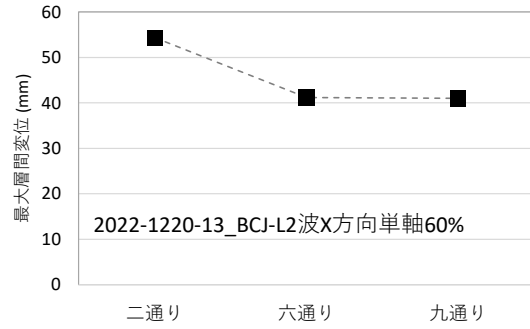
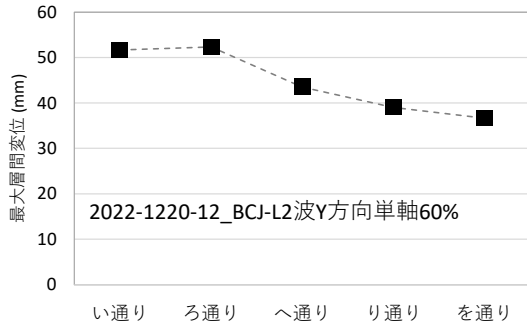
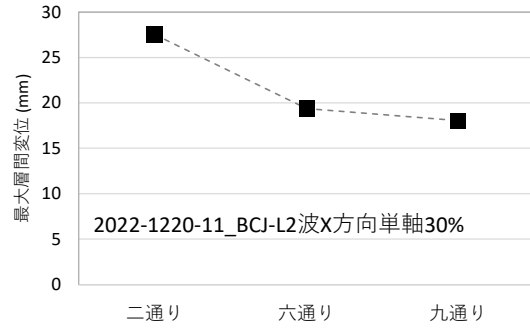
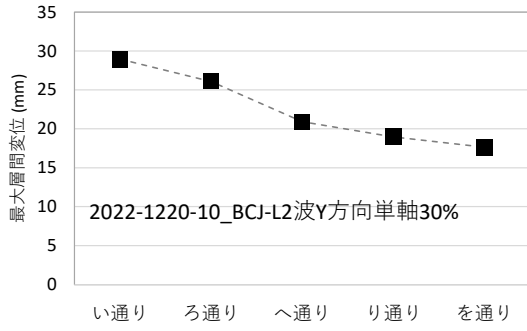


図 5-12 1-2F 間の最大層間変位 (フェーズ 2B : 水平ブレースなし、ダンパーなし)

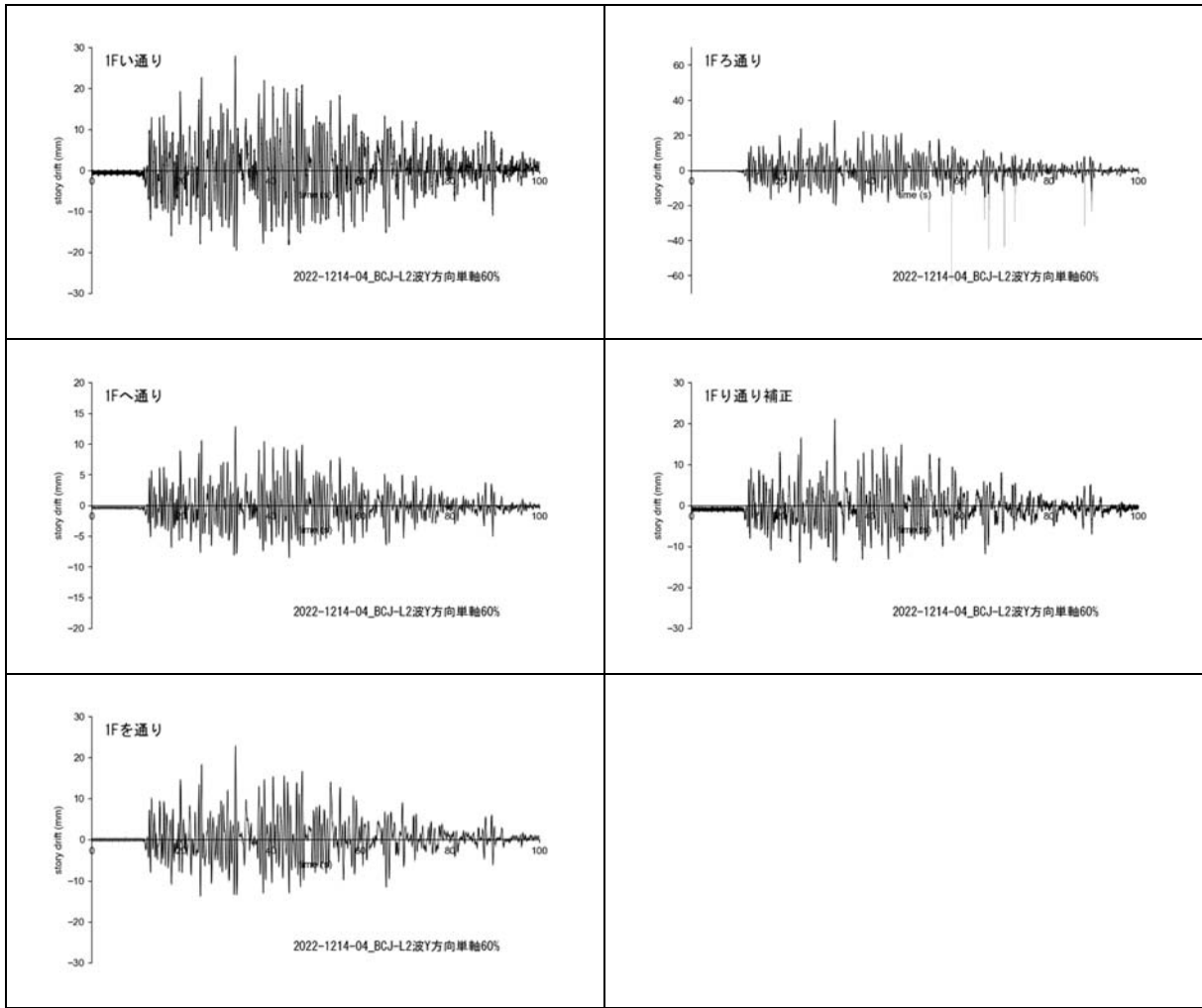


図 5-13 1-2F 間の層間変位・Y 方向（フェーズ 1A：水平ブレースあり、ダンパーあり）①

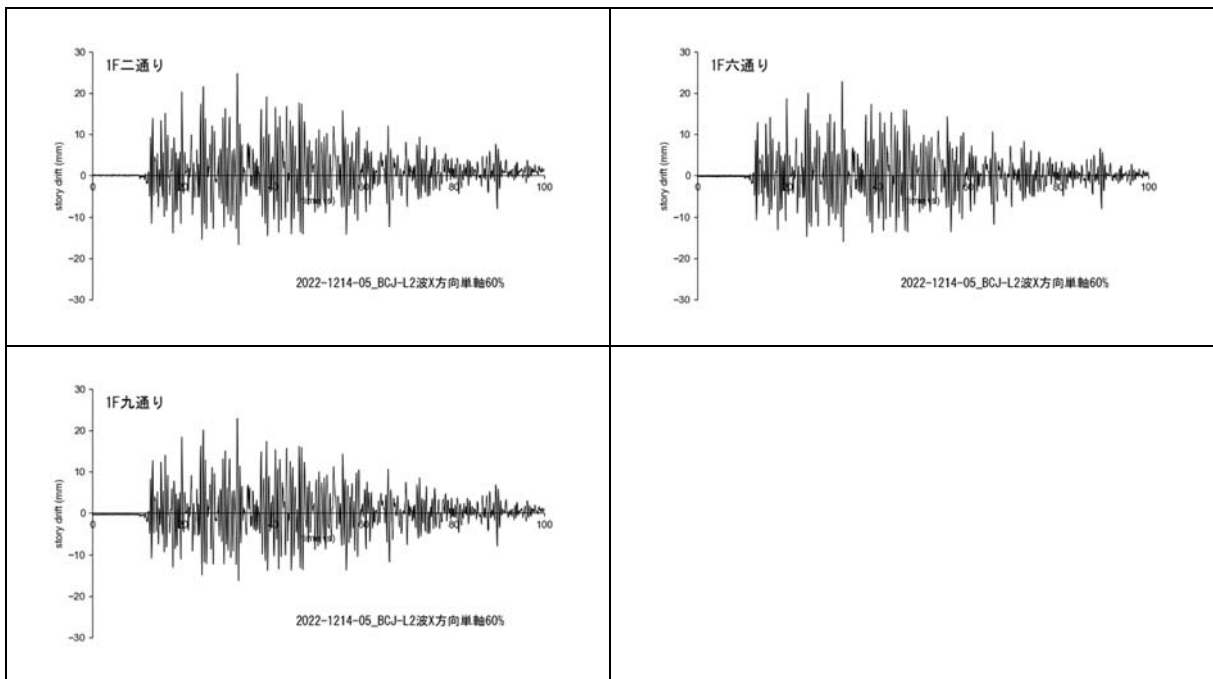


図 5-14 1-2F 間の層間変位・X 方向（フェーズ 1A：水平ブレースあり、ダンパーあり）②



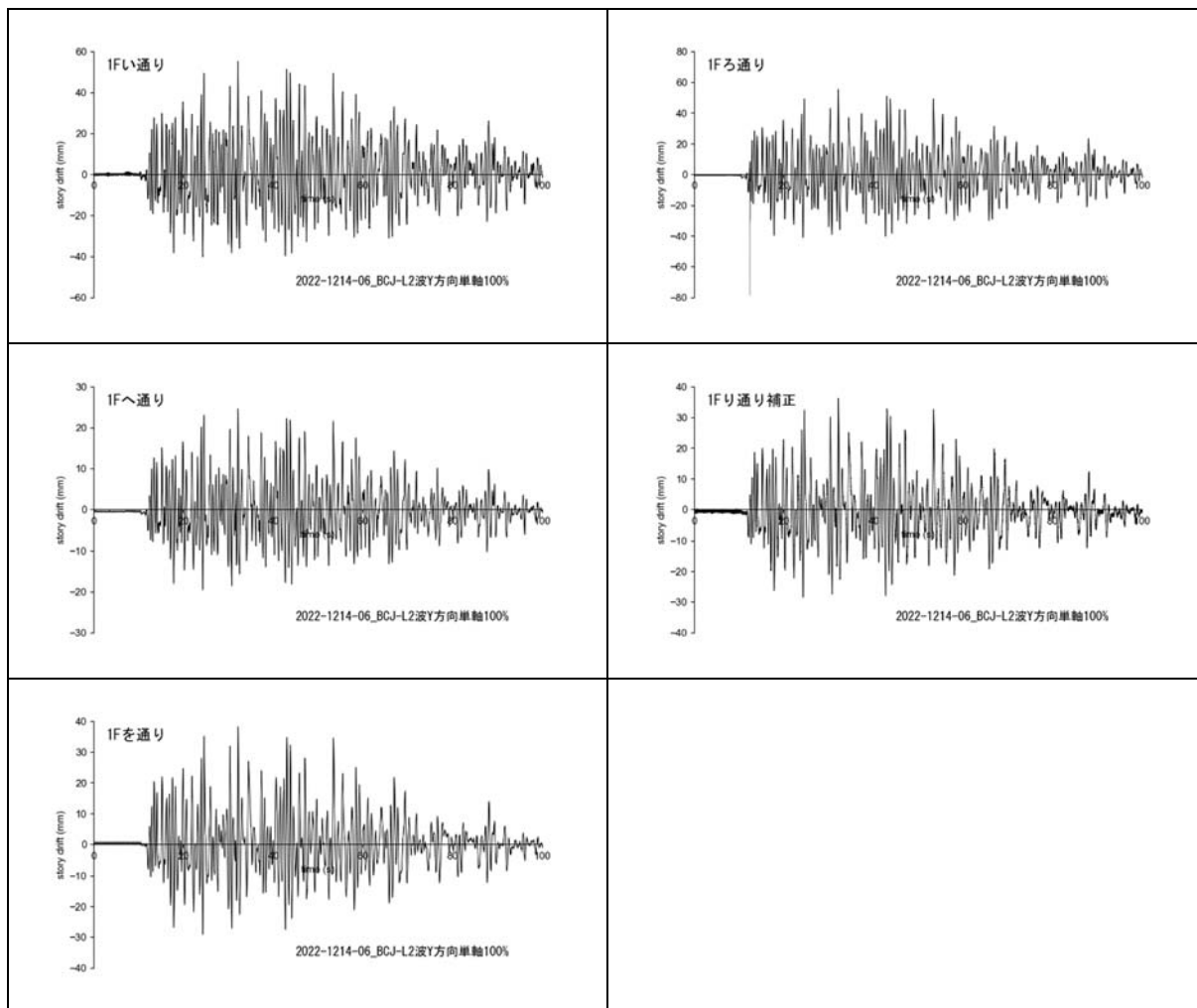


図 5-15 1-2F 間の層間変位・Y 方向（フェーズ 1A：水平ブレースあり、ダンパーあり）③

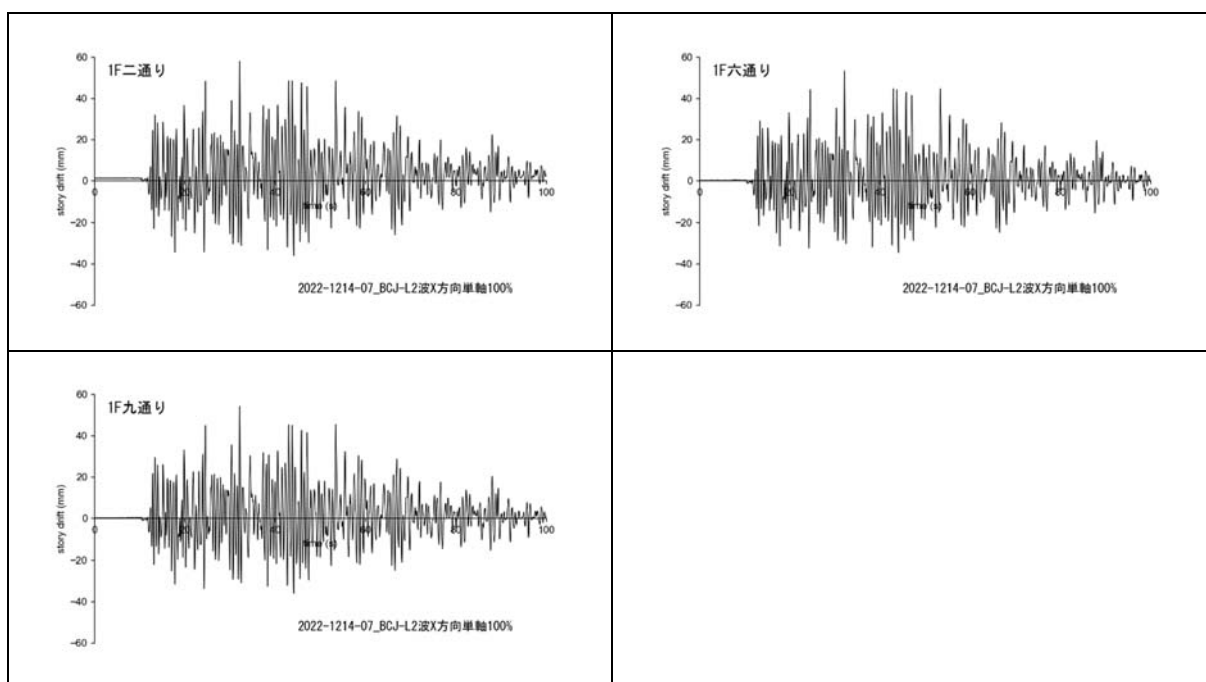


図 5-16 1-2F 間の層間変位・X 方向（フェーズ 1A：水平ブレースあり、ダンパーあり）④

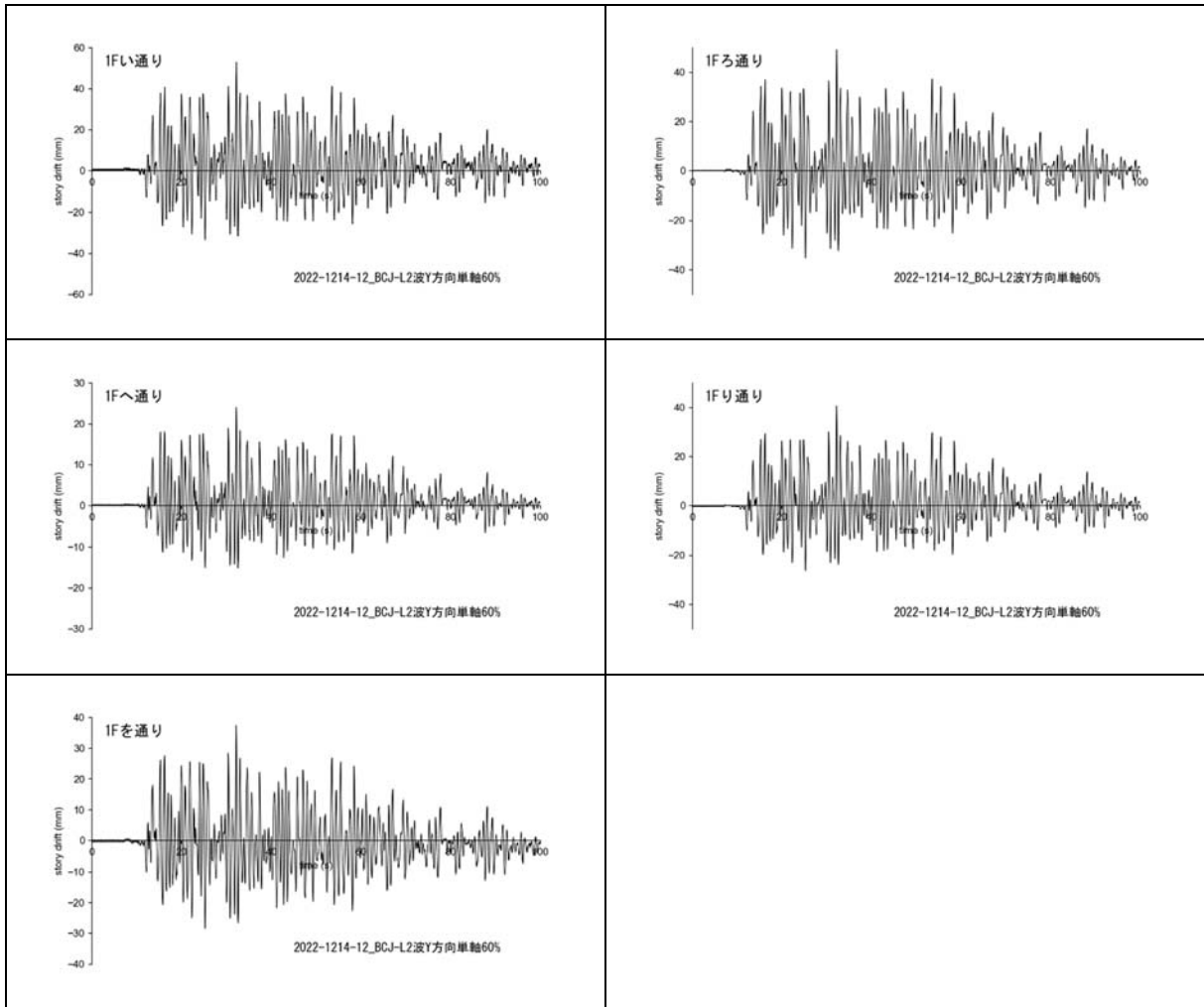


図 5-17 1-2F 間の層間変位・Y 方向（フェーズ 1B：水平ブレースあり、ダンパーなし）⑤

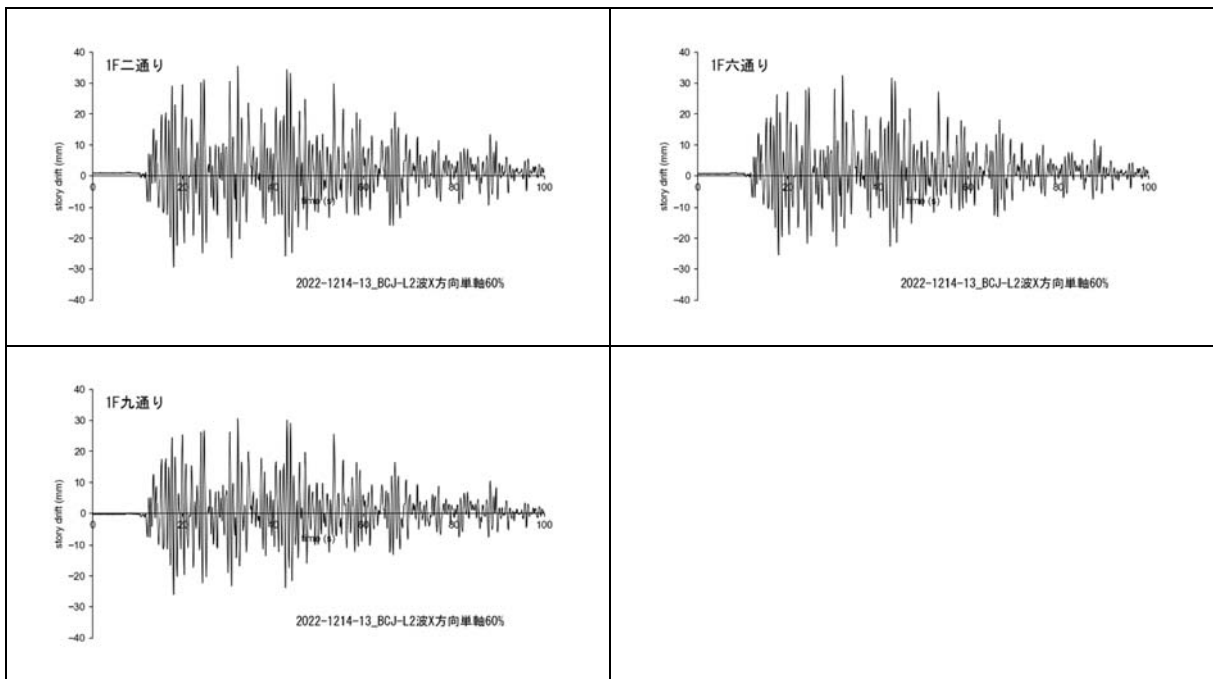


図 5-18 1-2F 間の層間変位・X 方向（フェーズ 1B：水平ブレースあり、ダンパーなし）⑥

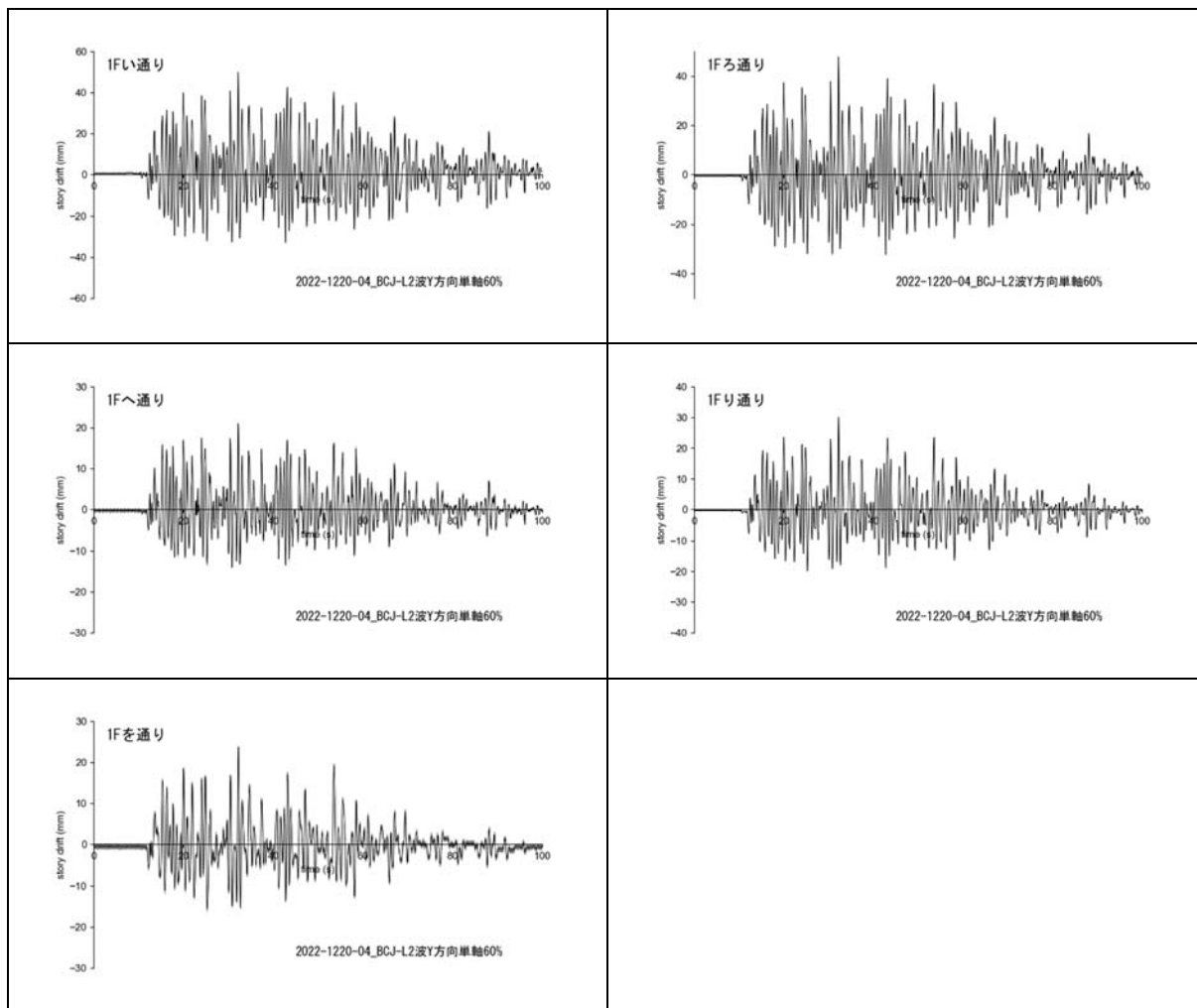


図 5-19 1-2F 間の層間変位・Y 方向（フェーズ 2A：水平ブレースなし、ダンパーあり）⑤

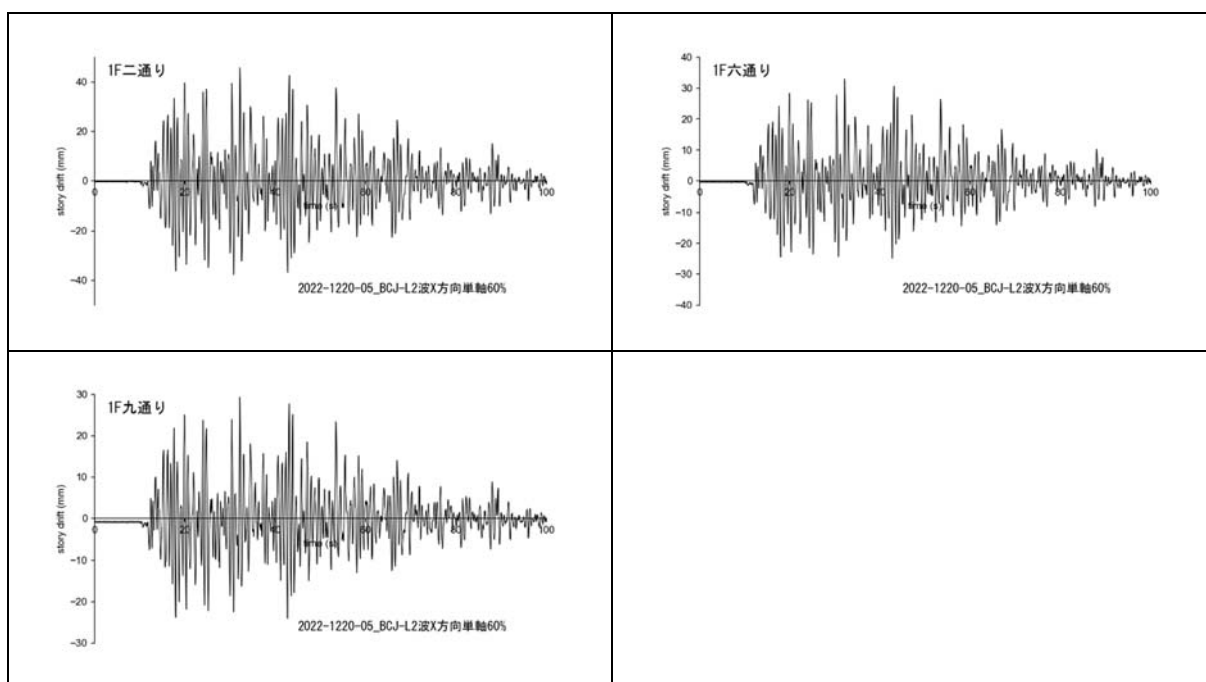


図 5-20 1-2F 間の層間変位・X 方向（フェーズ 2A：水平ブレースなし、ダンパーあり）⑥

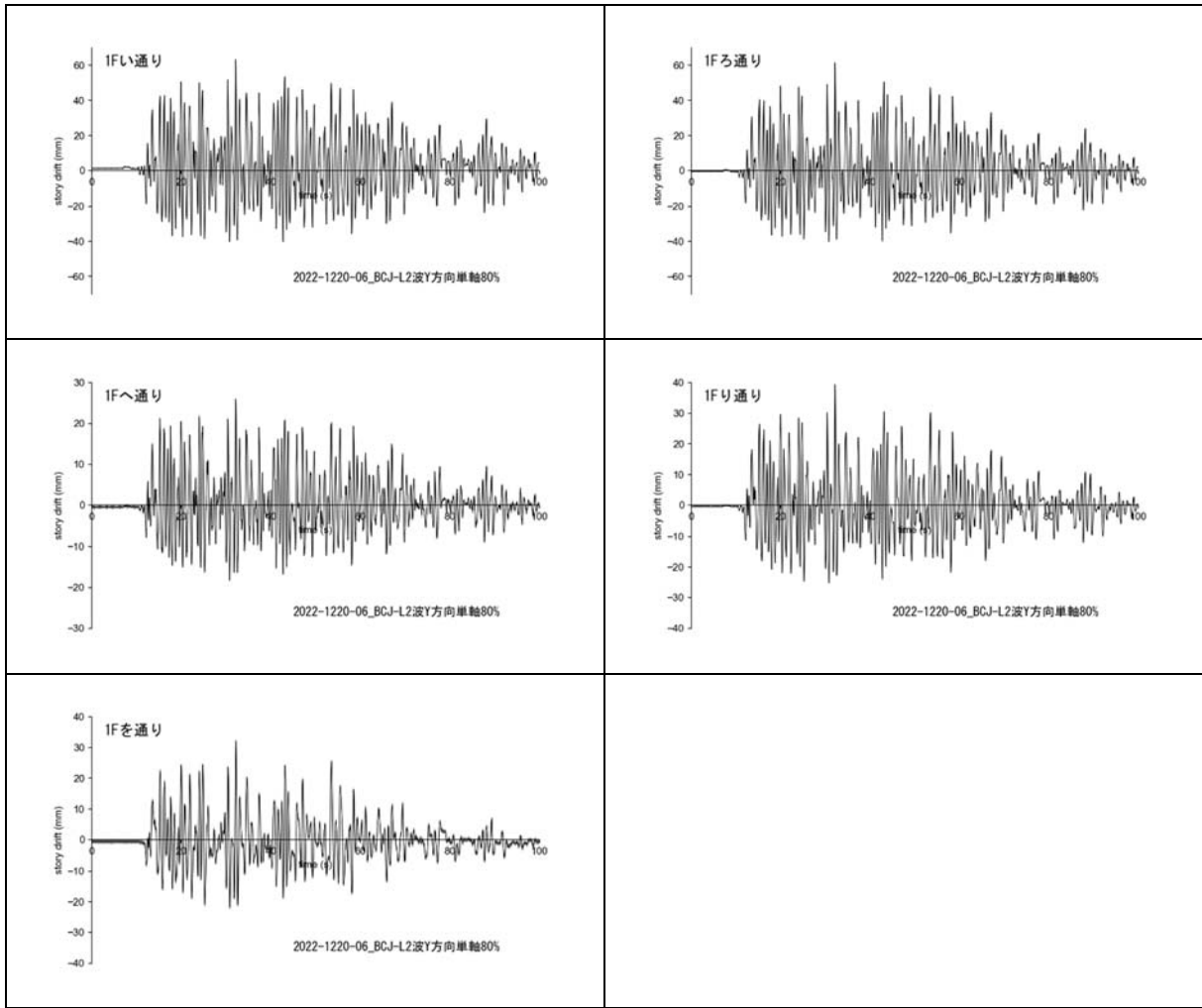


図 5-21 1-2F 間の層間変位・Y 方向（フェーズ 2A：水平ブレースなし、ダンパーあり）⑦

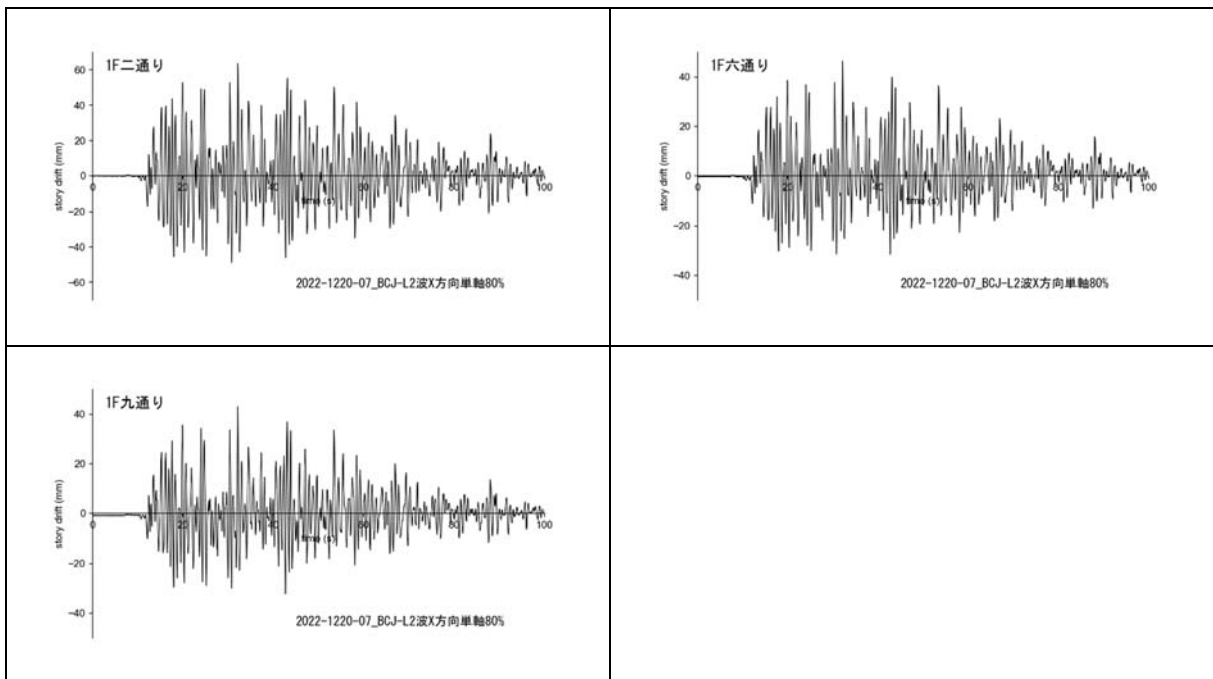


図 5-22 1-2F 間の層間変位・X 方向（フェーズ 2A：水平ブレースなし、ダンパーあり）⑧

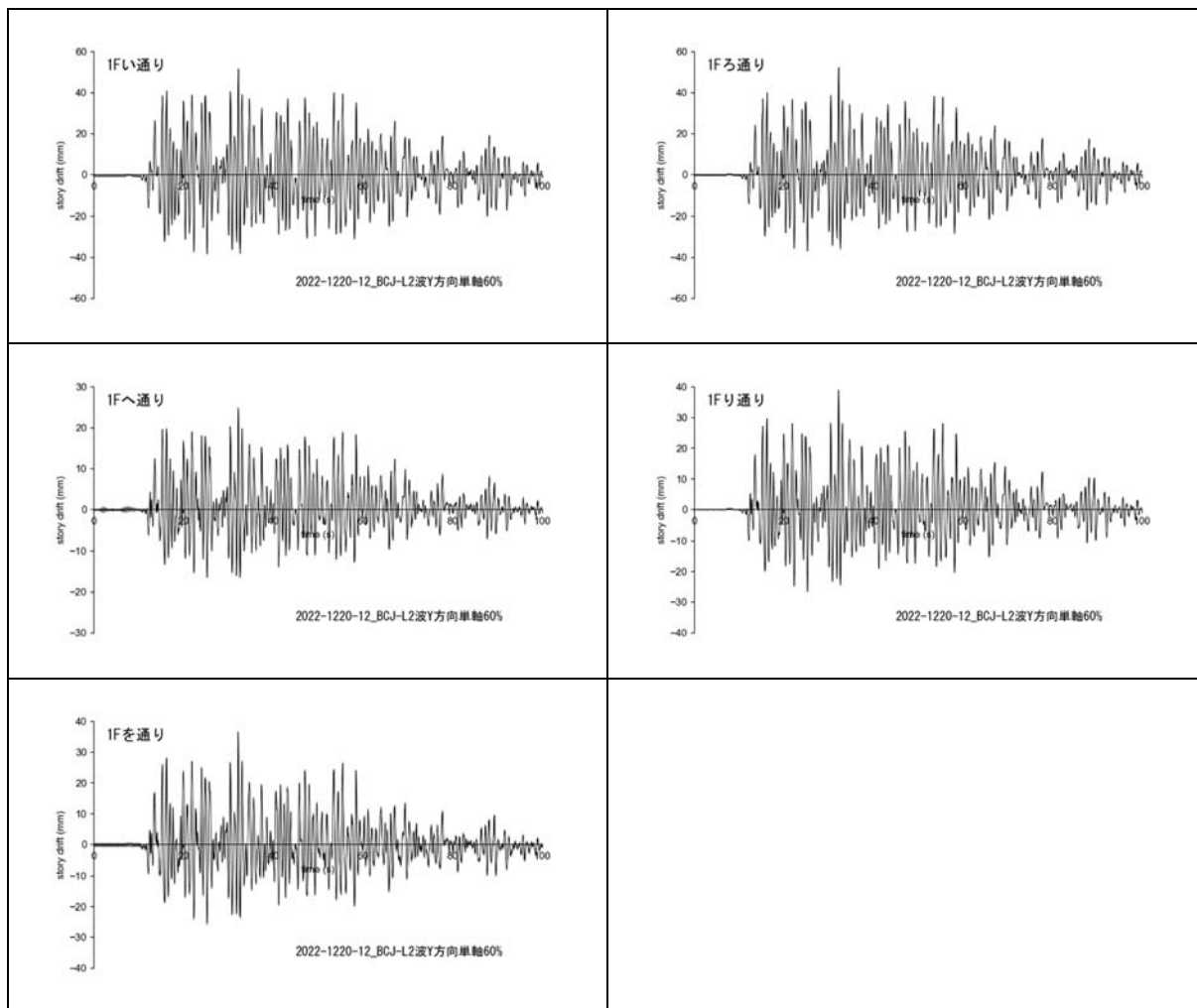


図 5-23 1-2F 間の層間変位・Y 方向（フェーズ 2B：水平ブレースなし、ダンパーなし）⑨

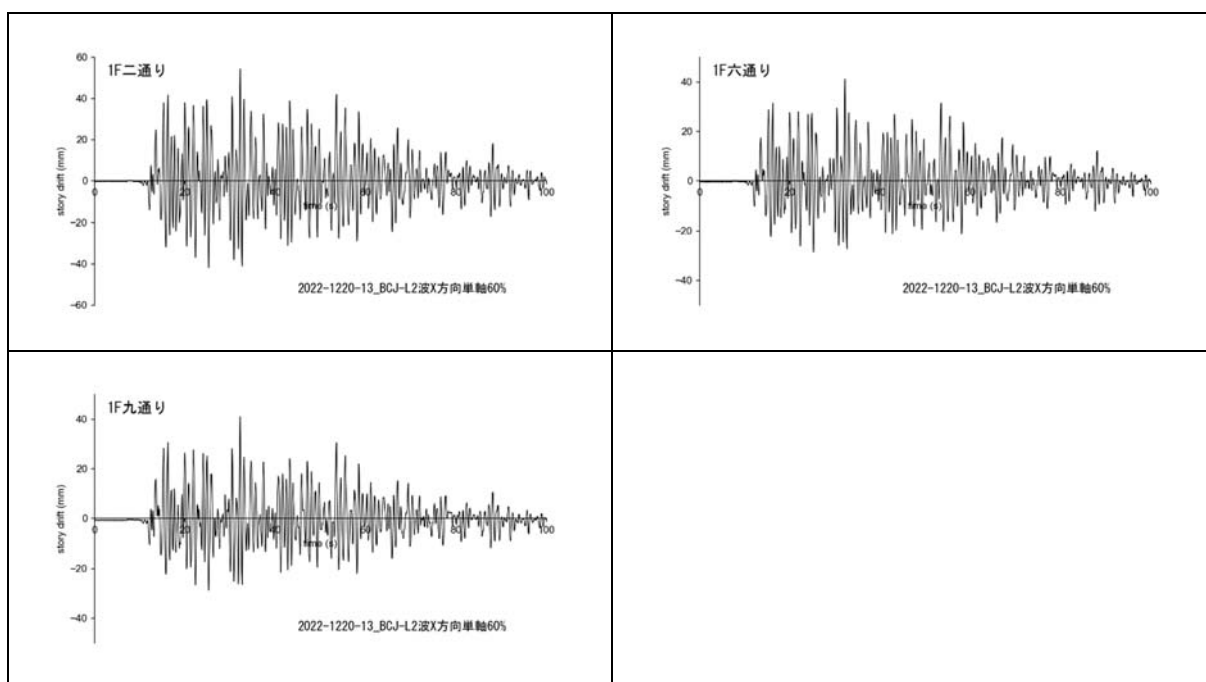


図 5-24 1-2F 間の層間変位・X 方向（フェーズ 2B：水平ブレースなし、ダンパーなし）⑩

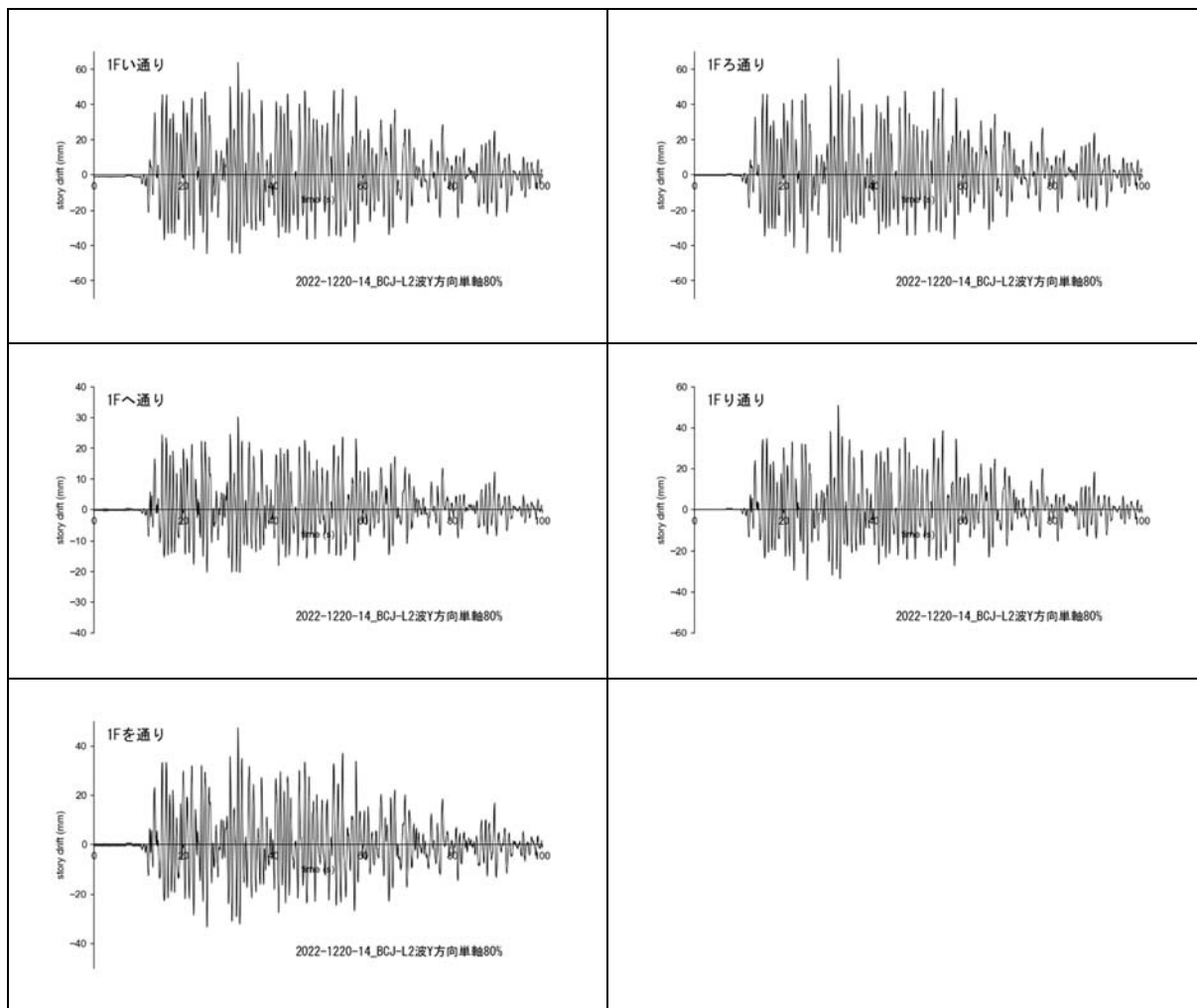


図 5-25 1-2F 間の層間変位・Y 方向 (フェーズ 2B: 水平ブレースなし、ダンパーなし) ⑩

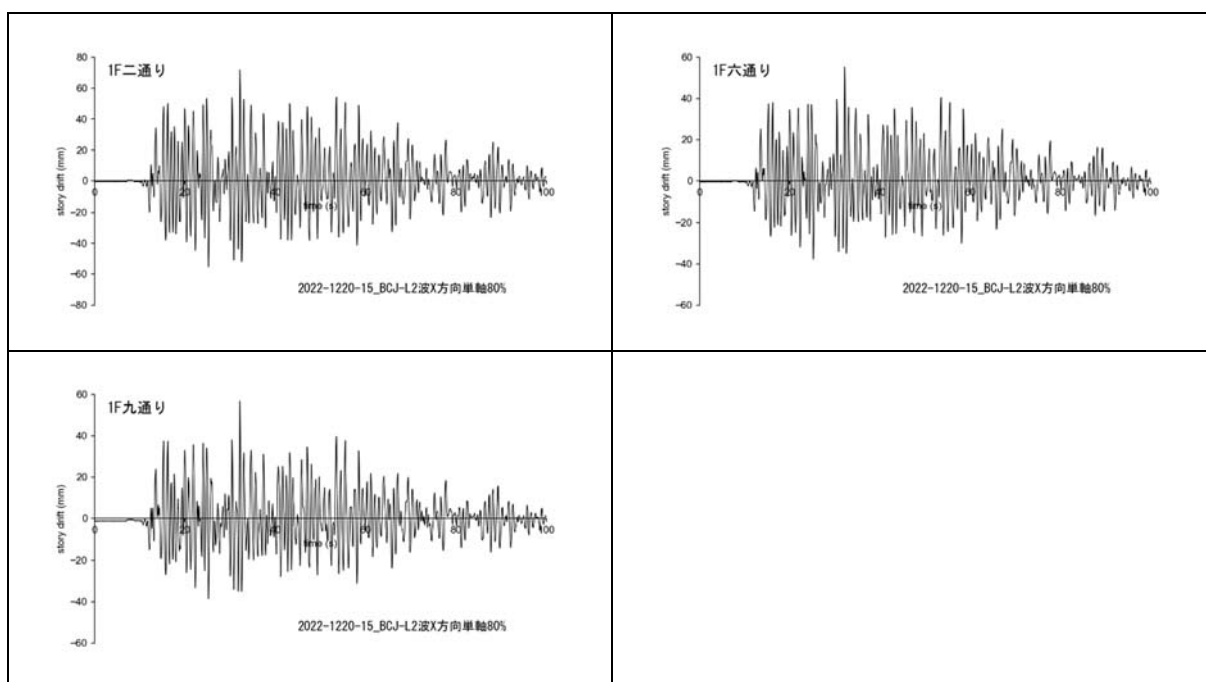


図 5-26 1-2F 間の層間変位・X 方向 (フェーズ 2B: 水平ブレースなし、ダンパーなし) ⑪

### 5.3 層せん断力応答

BCJ-L2 波 60%加振時について、X（長辺）方向、およびY（短辺）方向への1方向加振時に得られた、それぞれの加振方向の試験体全体の荷重変形関係について検証を行う。実験時においては、試験体の2階とR階には、X方向、Y方向いずれの方向についても、中央部と両端の3カ所に設置した加速度計により加速度応答を計測している（図4-7(a)参照）。そこで、これらの応答加速度を用いて、層せん断力を推定した。

まず、2階とR階において、各階平面を、X方向に、四通り、及び七～八通りの中間のラインに沿って、3つの部分に分割し、これらの部分の面積に応じた負担床重量を、西側、中央、東側に設置した加速度計の応答加速度に乗じることで、それぞれの部分に作用する慣性力の合力を擬似的に算定し、これら慣性力の値により試験体各層におけるX方向の層せん断力応答の総和を推定した。図5-27～図5-31に、フェーズ1A、1B(1)、1B(2)、2A、2Bにおける、BCJ-L2波60%でX方向に加振を行った場合の、1-2F間、2-RF間の層せん断力と層間変位との関係を示す。

X（長辺）方向においては、加振第1日目のフェーズ1Aと1Bとの間で、ダンパー（リングダンパー）の取り外しは行っていないが、フェーズ1Aにおける加振による損傷履歴の影響で、フェーズ1B(1)及び1B(2)においては、骨組の剛性と耐力が低下し、1層目、2層目とも層間変位の増加がみられる。但し、フェーズ1B(1)と1B(2)における履歴曲線の相違は小さい。また、加振第2日目のフェーズ2Aにおいては、二通りのダンパー（リングダンパー）を取り外し、その分の耐力低下が見込まれたが、Y軸に対する剛性偏心が改善されたことにより、ねじれ応答が改善されたものと考えられ、結果として、フェーズ2Aの履歴曲線は、フェーズ1B(1)と1B(2)と比べて差異があまり見られなかった。一方、九通りのダンパー（リングダンパー）も取り外したフェーズ2Bの履歴曲線は、1層目の剛性の低下とともに、1層目、2層目とも層間変位の増加がみられ、アウターフレーム（リングダンパー）の設置効果が確認された。

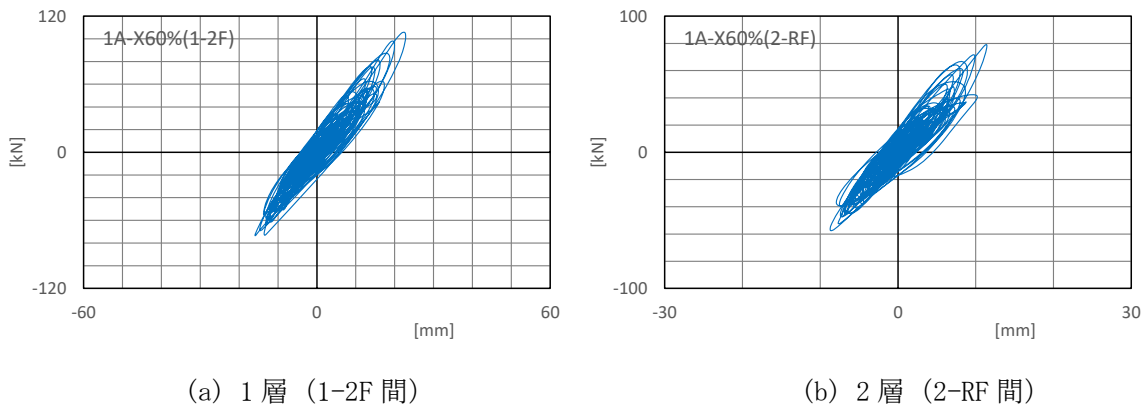
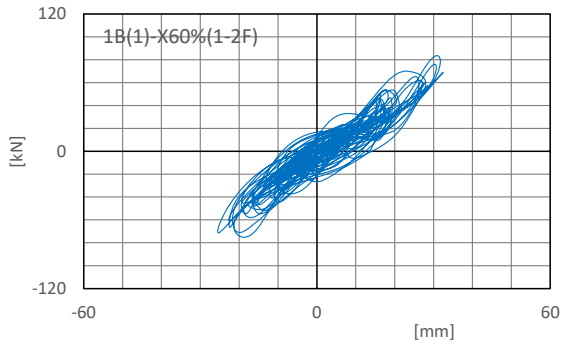
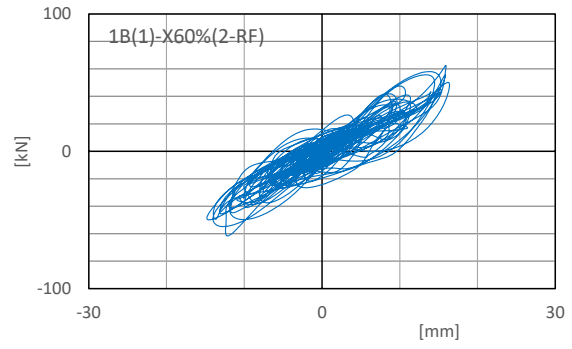


図5-27 履歴曲線（X・長辺方向）の比較：BCJ-L2波60%・X方向入力時（フェーズ1A）

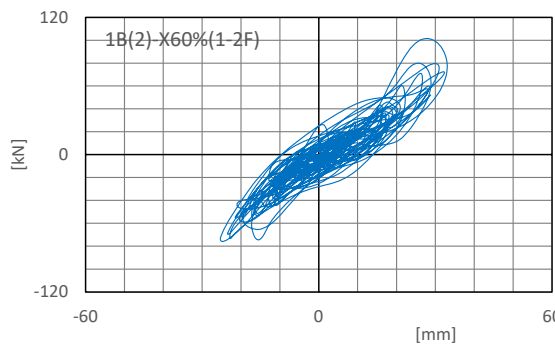


(a) 1層 (1-2F 間)

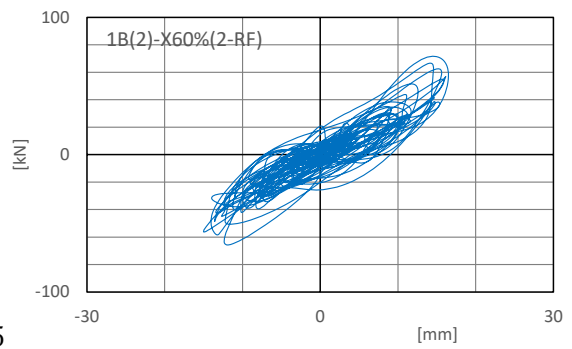


(b) 2層 (2-RF 間)

図 5-28 履歴曲線 (X・長辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・X 方向入力時 (フェーズ 1B(1))

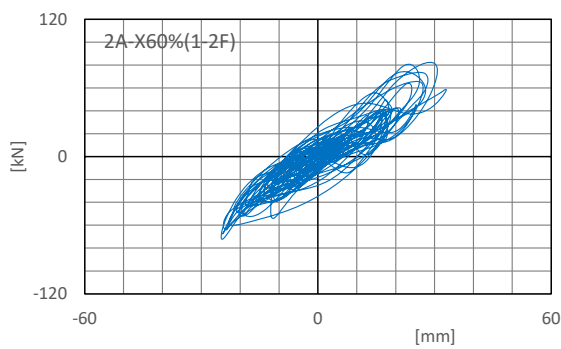


(a) 1層 (1-2F 間)

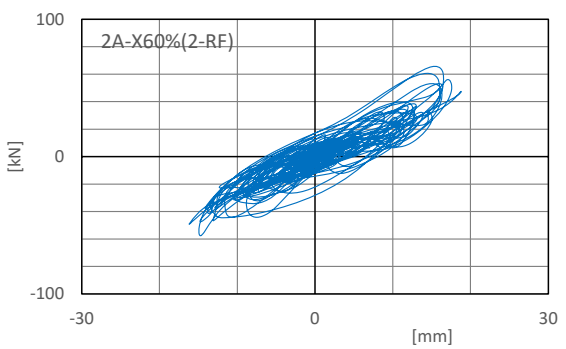


(b) 2層 (2-RF 間)

図 5-29 履歴曲線 (X・長辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・X 方向入力時 (フェーズ 1B(2))



(a) 1層 (1-2F 間)



(b) 2層 (2-RF 間)

図 5-30 履歴曲線 (X・長辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・X 方向入力時 (フェーズ 2A)



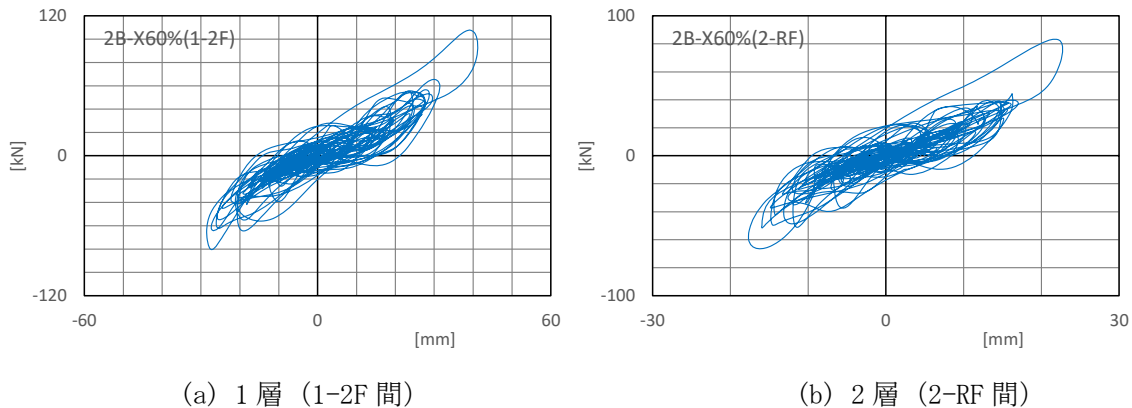
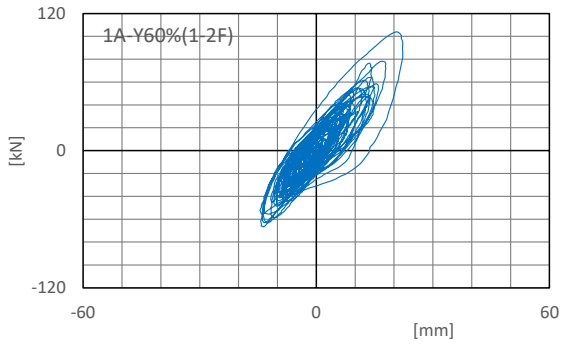


図 5-31 履歴曲線 (X・長辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・X 方向入力時 (フェーズ 2B)

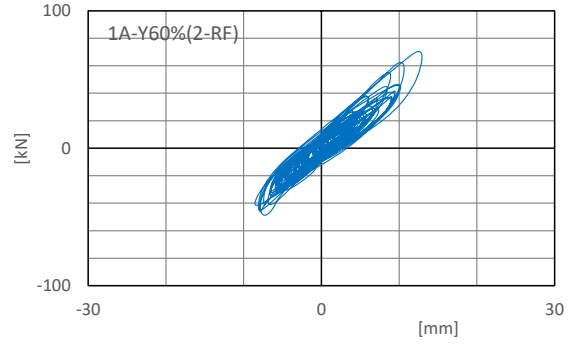
同様に、2階とR階において、各階平面を、Y方向に、に一ほ通りの中間、及びりーぬ通りの中間のラインに沿って、3つの部分に分割し、これらの部分の面積に応じた負担床重量を、北側、中央、南側に設置した加速度計の応答加速度に乗じることで、それぞれの部分に作用する慣性力の合力を擬似的に算定し、これら慣性力の値により試験体各層におけるY方向の層せん断力応答の総和を推定した。

図 5-32～図 5-36 に、フェーズ 1A、1B(1)、1B(2)、2A、2B における、BCJ-L2 波 60% で Y 方向に加振を行った場合の、1-2F 間、2-RF 間の層せん断力と層間変位との関係を示す。

Y (短辺) 方向においては、加振第 1 日目のフェーズ 1A と 1B との間で、フェーズ 1A における加振により生じた損傷の影響で、フェーズ 1B(1) 及び 1B(2) においては、骨組の剛性、耐力が低下し、1 層目、2 層目とも層間変位の増加がみられる。但し、フェーズ 1A と 1B との間で、を通りのダンパー (オイルダンパー) の取り外しを行っているため、フェーズ 1B(1) 及び 1B(2) における層間変位の増加には、このオイルダンパーの取外しの影響も寄与しているものと考えられる。なお、フェーズ 1B(1) と 1B(2) において、層間変位と最大耐力はともに同程度であるが、履歴ループには相違がみられる。加振第 2 日目のフェーズ 2A においては、ダンパー (オイルダンパー) を再び設置するとともに、2 階床レベルの吹抜け部分の水平ブレース材を全て取り除いていることにより、フェーズ 2A の履歴ループは、加振第 1 日目におけるフェーズ 1B(2) のものとは異なっている。ダンパー (オイルダンパー) を取り外したフェーズ 2B の履歴曲線では、フェーズ 2A と比べて剛性の変化はあまり見られないが、履歴ループ面積が小さくなり、エネルギー吸収性能が低下した分、1 層目、2 層目とも層間変位の増加がみられ、アウターフレーム (オイルダンパー) の設置効果が確認された。

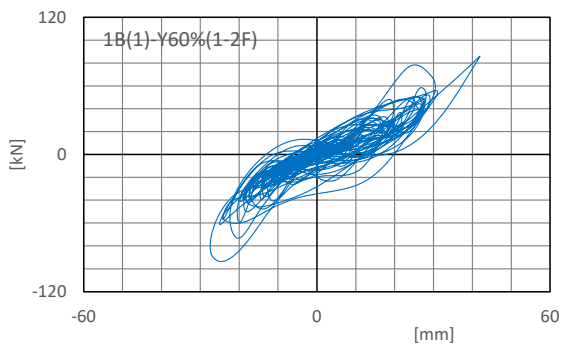


(a) 1層 (1-2F 間)

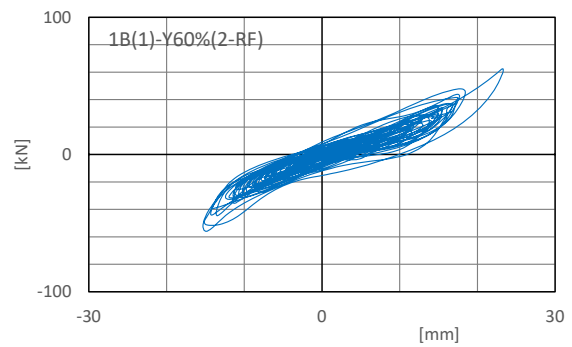


(b) 2層 (2-RF 間)

図 5-32 履歴曲線 (Y・短辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・Y 方向入力時 (フェーズ 1A)

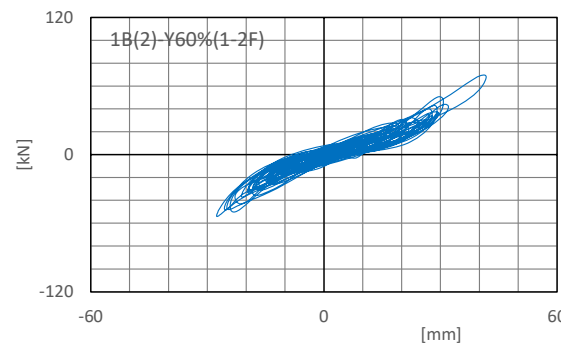


(a) 1層 (1-2F 間)

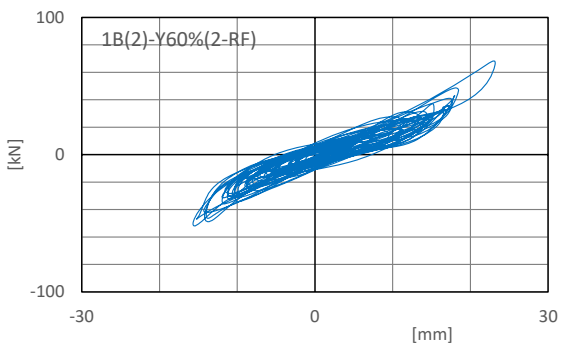


(b) 2層 (2-RF 間)

図 5-33 履歴曲線 (Y・短辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・Y 方向入力時 (フェーズ 1B(1))



(a) 1層 (1-2F 間)



(b) 2層 (2-RF 間)

図 5-34 履歴曲線 (Y・短辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・Y 方向入力時 (フェーズ 1B(2))

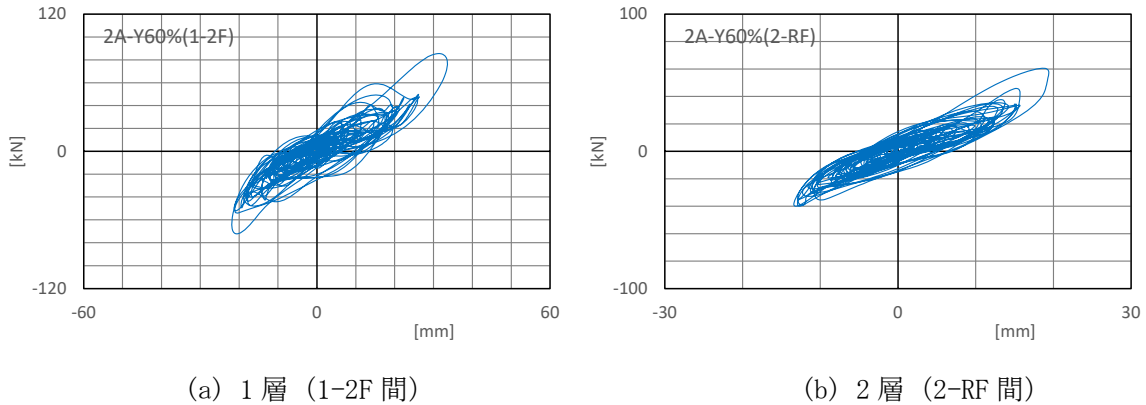


図 5-35 履歴曲線 (Y・短辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・Y 方向入力時 (フェーズ 2A)

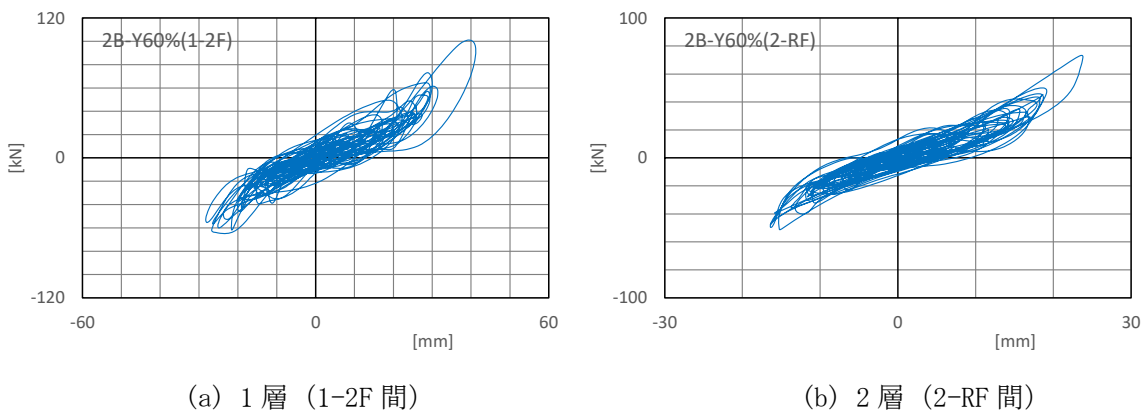


図 5-36 履歴曲線 (Y・短辺方向) の比較 : BCJ-L2 波 60%・Y 方向入力時 (フェーズ 2B)

#### 5.4 損傷観察

損傷観察は、加振第 1 日目の全ての加振終了後、ならびに、加振第 2 日目の全ての加振終了後に実施した。試験体各階内部の壁面、ならびに各階 4 周の外壁面について、軸組を含めた壁の損傷状態について写真撮影を行うとともに、損傷状況を記録した。

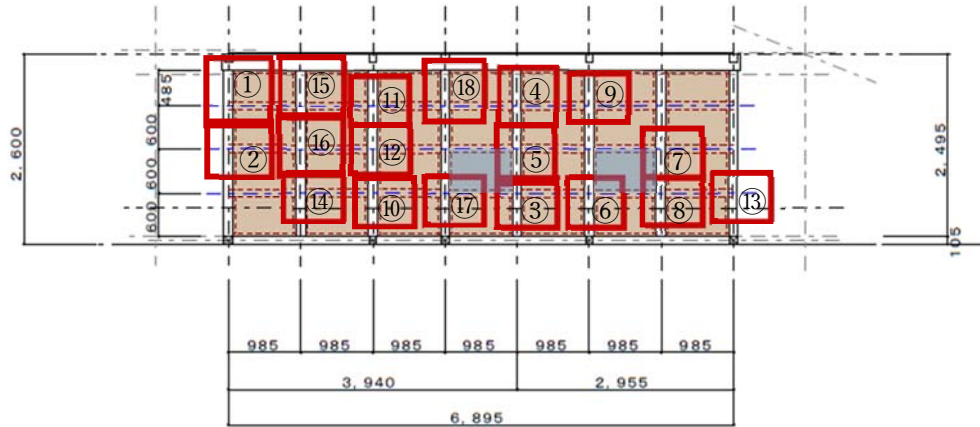
短辺方向の外端の「い通り」と「を通り」において、荒壁パネルの角部に亀裂が生じたほか、短辺方向、長辺方向に交互に加力したことにより、荒壁パネルを固定するコースレッドの抜けによるパネルの浮き上がりが見られた。「り通り」においても、2 階部分の荒壁パネルの角部に亀裂や欠けが生じた。一方、短辺方向の「へ通り」においては目立った損傷は見られなかった。図 5-37、図 5-38、図 5-39、図 5-40 に「い通り」(X0 構面)、「へ通り」(X5 構面)、「り通り」(X8 構面)、「を通り」(X11 構面) の加振第 1 日目の加振終了後、ならびに、加振第 2 日目の加振終了後の状態を示す。軸組図中に示した赤色の枠線とその番号は、(c) 損傷記録写真一覧表の通し番号及び各写真の撮影範囲と対応している。また、損傷記録写真中の赤丸は、写真中に確認される試験体の損傷部を示している。

また、長辺方向の「二通り」、「六通り」、「九通り」において、荒壁パネルの角部に亀裂や欠けが生じたほか、「六通り」においてはアンカーボルトにゆるみが生じた。図 5-41、図 5-42、図 5-43 に「二通り」(Y2 構面)、「六通り」(Y6 構面)、「九通り」(Y9 構面) の加振第 1 日目の加振終了後、

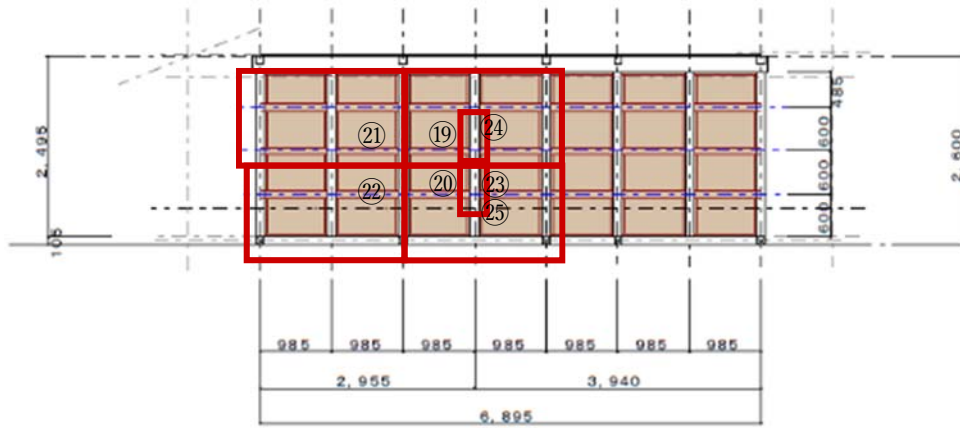
ならびに、加振第 2 日目の加振終了後の状態を示す。短辺方向同様、軸組図中に示した赤色の枠線とその番号は、(c) 損傷記録写真一覧表の通し番号及び各写真の撮影範囲と対応している。また、損傷記録写真中の赤丸は、写真中に確認される試験体の損傷部を示している。

なお、各軸組図中の青色着色部は、加振第 1 日目終了後に荒壁パネルを取り替えた箇所を示している。荒壁パネルを取り替えた箇所について、軸組図中に示すことが難しい箇所については別途注釈を示している。

● 「い通り」(X0 構面) の損傷観察記録




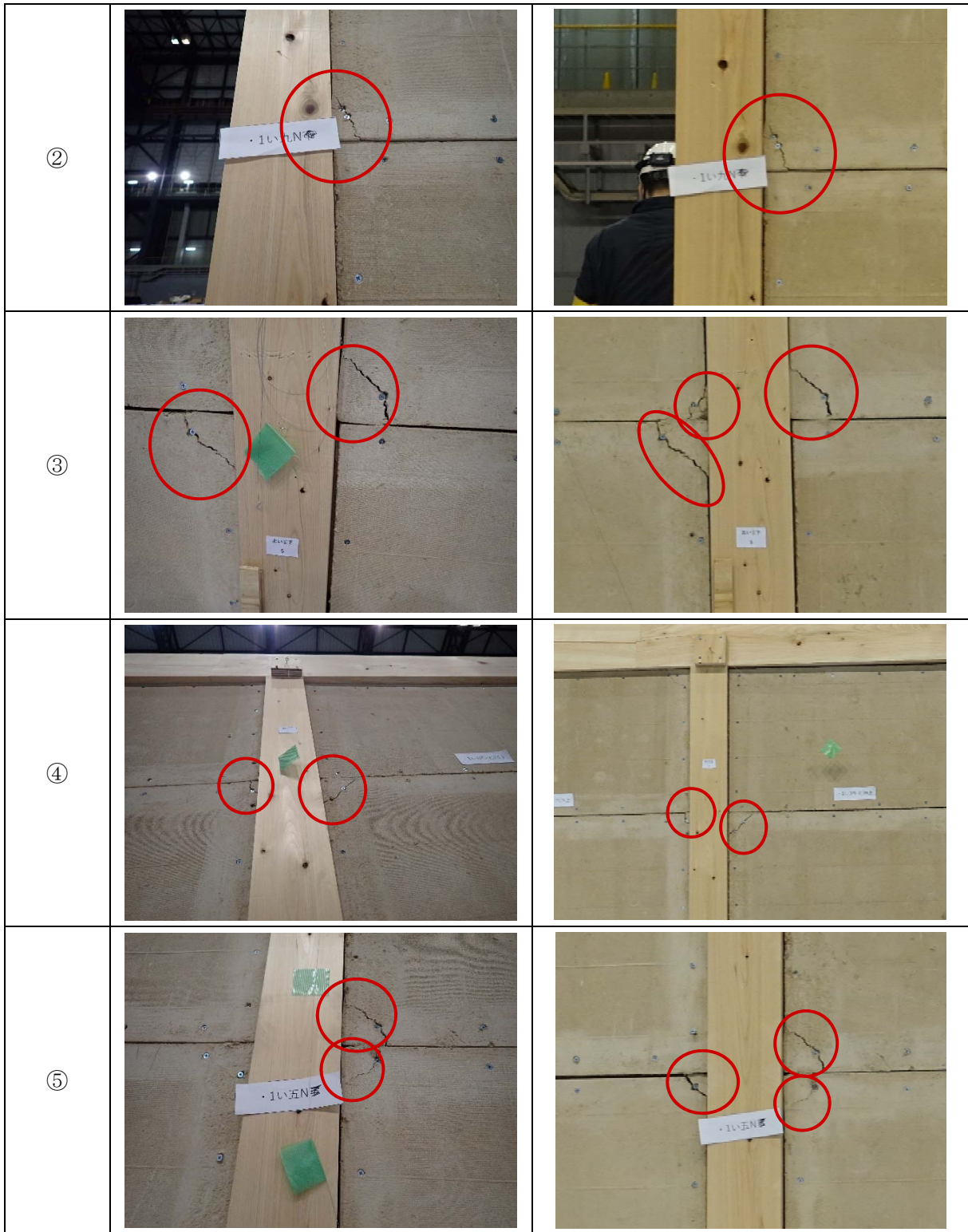
(a)い通り 室外側軸組図 (mm)



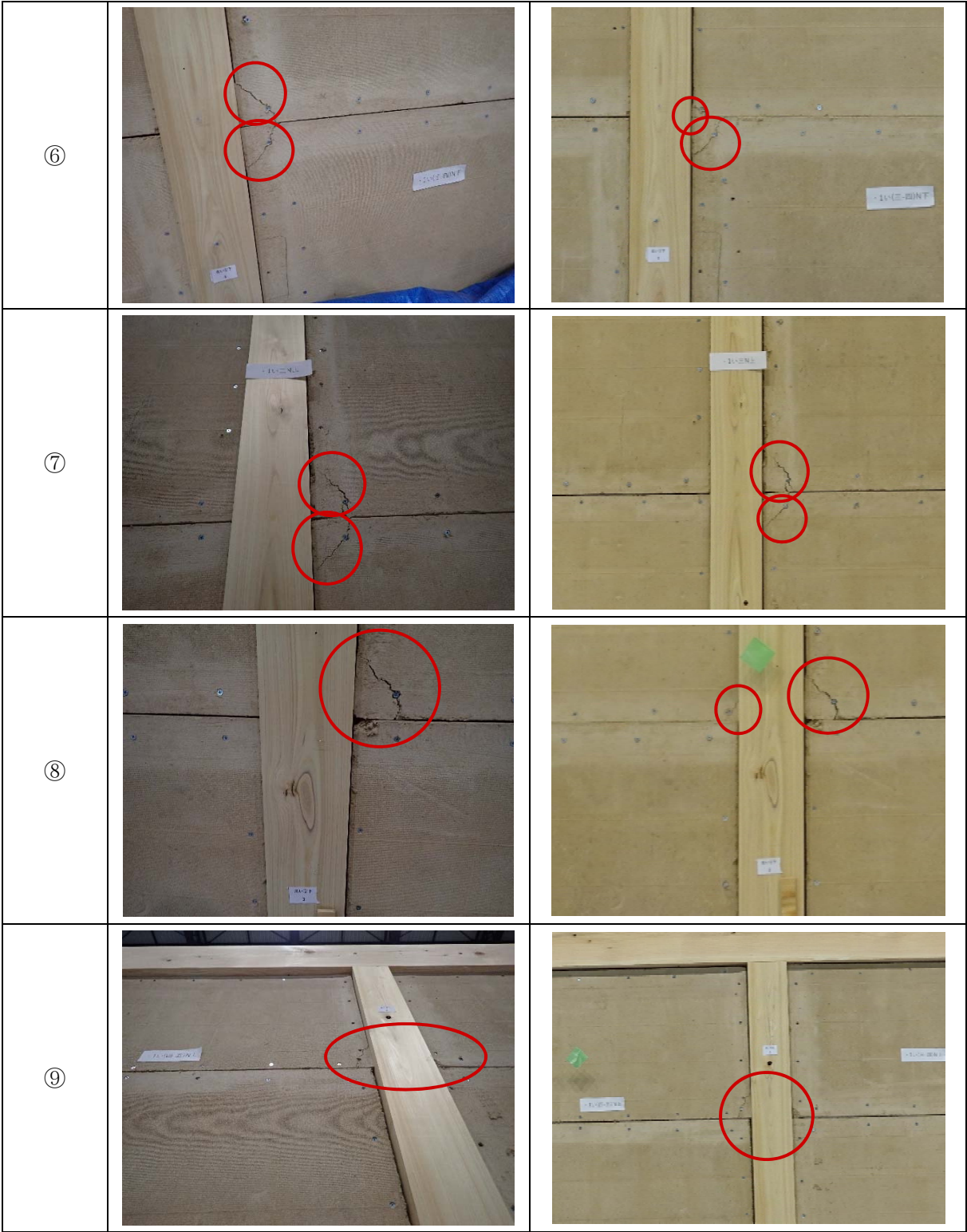
(b)い通り 室内側軸組図 (mm)

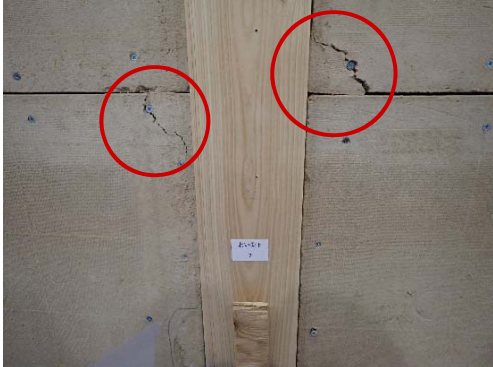







(c)い通り 損傷記録写真一覧表

	1 日目	2 日目
①		



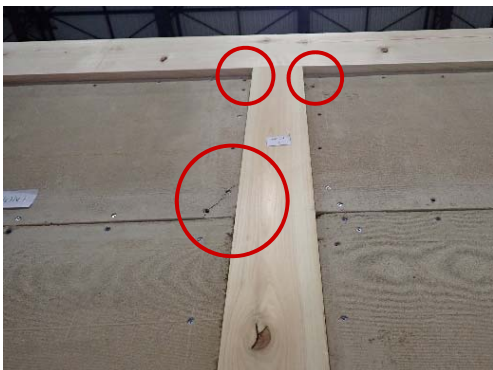

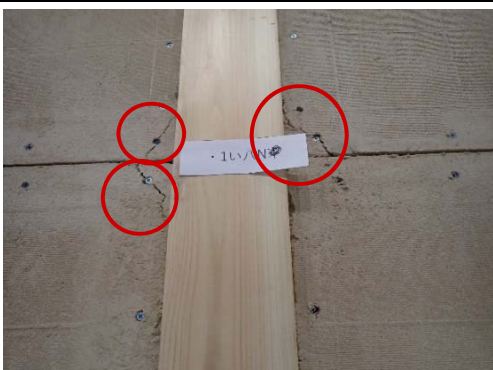







⑩		
⑪		
⑫		
⑬		



⑭		
⑮		
⑯		
⑰	