

### 3.2.3 各種損傷評価にかかわる応答工学量の計測計画

#### (a) 業務の目的

海溝型の巨大地震に伴う長周期地震動により、設計想定を大きく上回る地震エネルギーが高層建物に入力されるとの指摘がなされている。<sup>1)</sup> 高層建物は、基準化地震動に対する地震応答解析に基づき躯体の剛性・強度等が照査されており、一定レベルの構造性能を有すると考えられるが、現在までにそのような大地震を経験したことはなく、被害を具体的に評価しうる資料はない。長い継続時間において躯体に大きな塑性変形が多数回加われれば、柱梁接合部等に破断のような重大な損傷が生じる可能性があり、建物としての安全性の低下が危惧される。

このような背景の基、長周期地震動を受ける高層建物の損傷過程と安全余裕度を検証するため、実大架構実験を実施するが、それらを的確に評価できる計測データの取得が重要である。

#### (b) 平成 19 年度業務目的

実験より得られるデータによって、構造・非構造要素の損傷評価を行うが、データが的確な工学量で無ければ、各種損傷評価に結びつけることは難しい。変形から、歪の最大値、これらの累積値、要素間の相対変位など多岐に渡る採取可能データ群を整理する。

このなかでは、データ収録システム容量は強い制約条件で、これを踏まえて合理的な収録計画を立て、その収録状況を考察する。

#### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター	研究員	長江 拓也
	客員研究員	福山 國夫
	主任研究員	梶原 浩一

## (2) 平成 19 年度の成果

#### (a) 業務の要約

実験において損傷を的確に評価できるよう、合理的な計測計画を立てた。層の変形から、歪の最大値、これらの累積値、要素間の相対変位など多岐に渡る採取可能データ群を整理し、データ収録システム容量も視野に合理的な収録計画を立案した。

#### (b) 業務の成果

##### 1) 計測内容

使用した計測センサーを表 1 に示す。図 1 に示すように、震動台の位置と方向を定義し、各センサーから得られるデータを整理する。各センサーは、それぞれに応じた配線・震動台に取り付けられるジャンクションボックスを通し、E-ディフェンスのデータ収録システムに結合される。図 2 にはジャンクションボックス位置とセンサーのブロック線図例を示す。表 2 に示すように、計測内容を整理し、合計 674ch に対するデータの収録を計画した。

本試験体の下層架構部は、柱が梁よりも相対的に強く、柱は弾性にとどまり、梁端ヒンジにおいてメカニズムに達する計画であり、この観点から、柱の弾性域の歪、梁の弾性域の歪、梁端の弾塑性域の歪の測定を計画した。

図 3 に示す柱の弾性歪測定から、柱の軸力、曲げモーメント、およびせん断力を導出する。図 4 に示す梁の弾性歪測定から、梁の曲げモーメントおよび、せん断力を導出する。図 5 において、梁端は、梁端から梁のせいの長さをヒンジ領域と仮定し、端部と梁のせい長さの距離において歪の塑性化レベルを検証する。

図 6、図 7 に示すように、加速度計は、各階に 2 箇所とし、平面に対して 2 方向のねじれを検討できるように、対角に配置した。各階の層間変形角は、図 8、図 9 に示すように、平面に対して対角に 2 箇所ずつ測定箇所を設けた。

塑性化装置のダンパーと直列積層ゴムの水平変位を分離するために、図 10 に示すように、直列積層ゴムの水平変位を測定した。層間変形からこの値を差し引けば、ダンパーの水平変位となる。

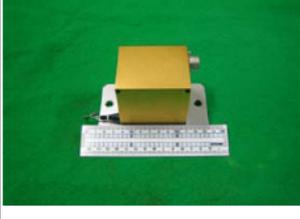
図 11 における梁端の回転角は、柱面から一定の距離(梁せいの 2-3 倍)から測定された上下の軸変位をその間隔で除して求めた。

図 12 に示すように、柱梁接合部のせん断変形を測定することで、架構変形におけるその寄与を分離して考察することを可能にする。

現場溶接において柱にあらかじめ溶接されるシヤプレートと梁のウェブのすべりは、接合部の変形性能を左右するため、図 13 に示すように、層間変形が大きくなる層に対して、すべりの測定箇所を設けた。

さらに、図 14 に示すように、縮約層の積層ゴム、ダンパーの変形性状、柱梁接合部の変形性状・損傷状況、非構造壁の損傷状況を検証できるように、内部に小型カメラを組み込んだ。外部からは移動カメラを用い、多角的に応答性状を収録した。

表 1 使用した計測センサー一覧

名称	写真	仕様等	名称	写真	仕様等
歪ゲージ		東京測器 FLA-5-1-15LT 1軸-5mm  入力抵抗=194Ω	ワイヤ型変位センサー		共和電業 DTP-D-2KS 定格: ±1000mm  入力抵抗=350Ω
サーボ型加速度センサー		トキメック TA-25E-10-1 定格: ±98.07m/s <sup>2</sup>	インダクタンstype変位センサー		日本特殊測器(株) M-11-40S (DCタイプ) 定格: ±20mm  入力抵抗=350Ω
レーザ型変位センサー		KEYENCE LK-500 定格: ±250mm	パイ型変位センサー		東京測器 PI-5-50 定格: ±5mm  入力抵抗=350Ω
パネ型変位センサー		共和電業 DTH-A-50 定格: ±25mm DTH-A-100 定格: ±50mm  入力抵抗=350Ω	熱電伝センサー		東京測器 Kタイプ
ワイヤ型変位センサー		東京測器 DP-500 定格: ±250mm DP-1000 定格: ±500mm DP-2000 定格: ±1000mm 入力抵抗=194Ω			

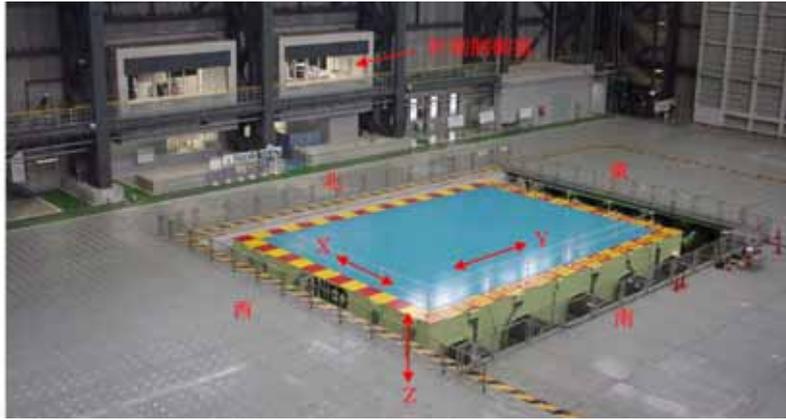


図1 震動台の位置と方向定義

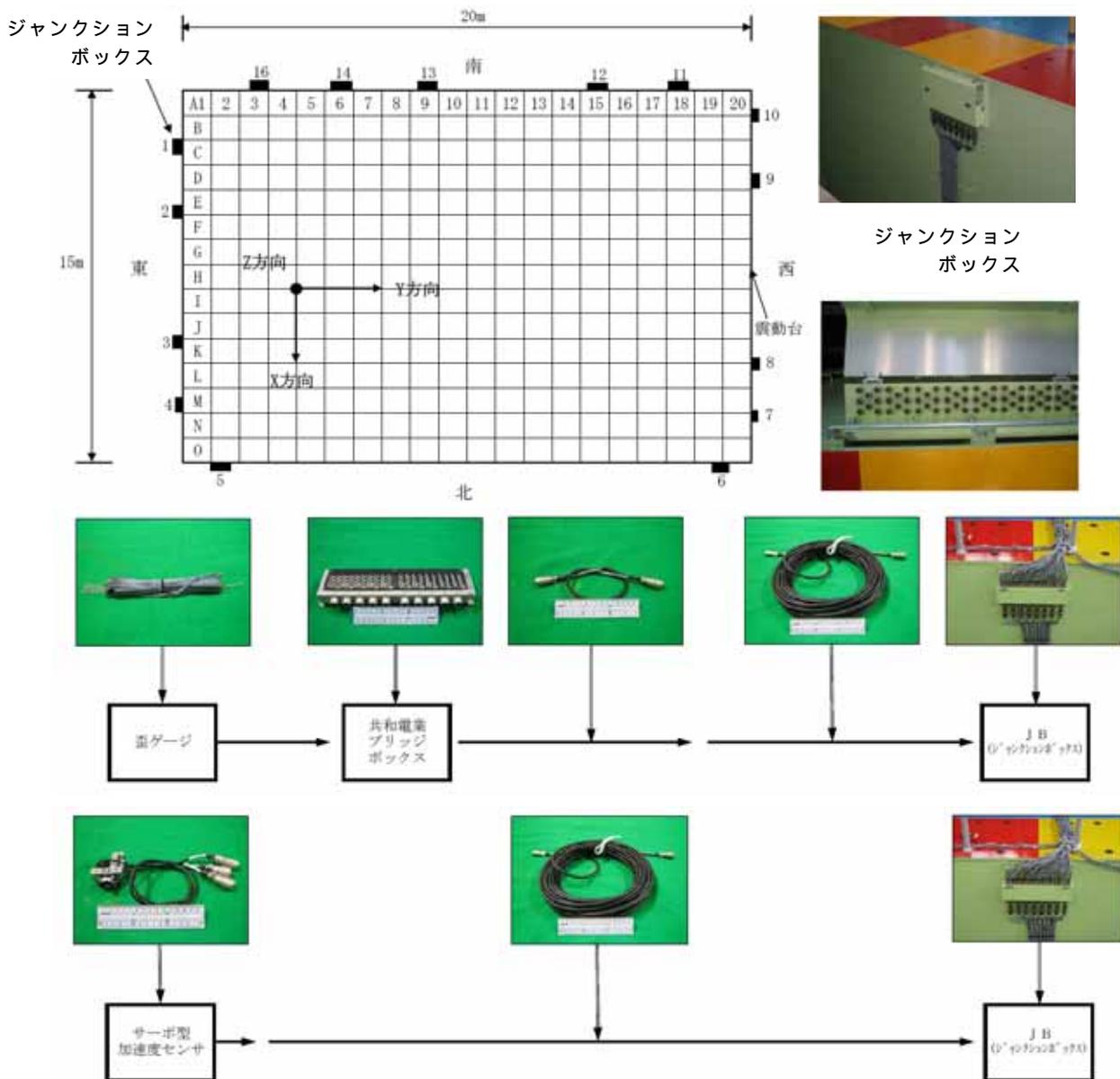


図2 震動台におけるジャンクションボックスとセンサーのブロック線図例

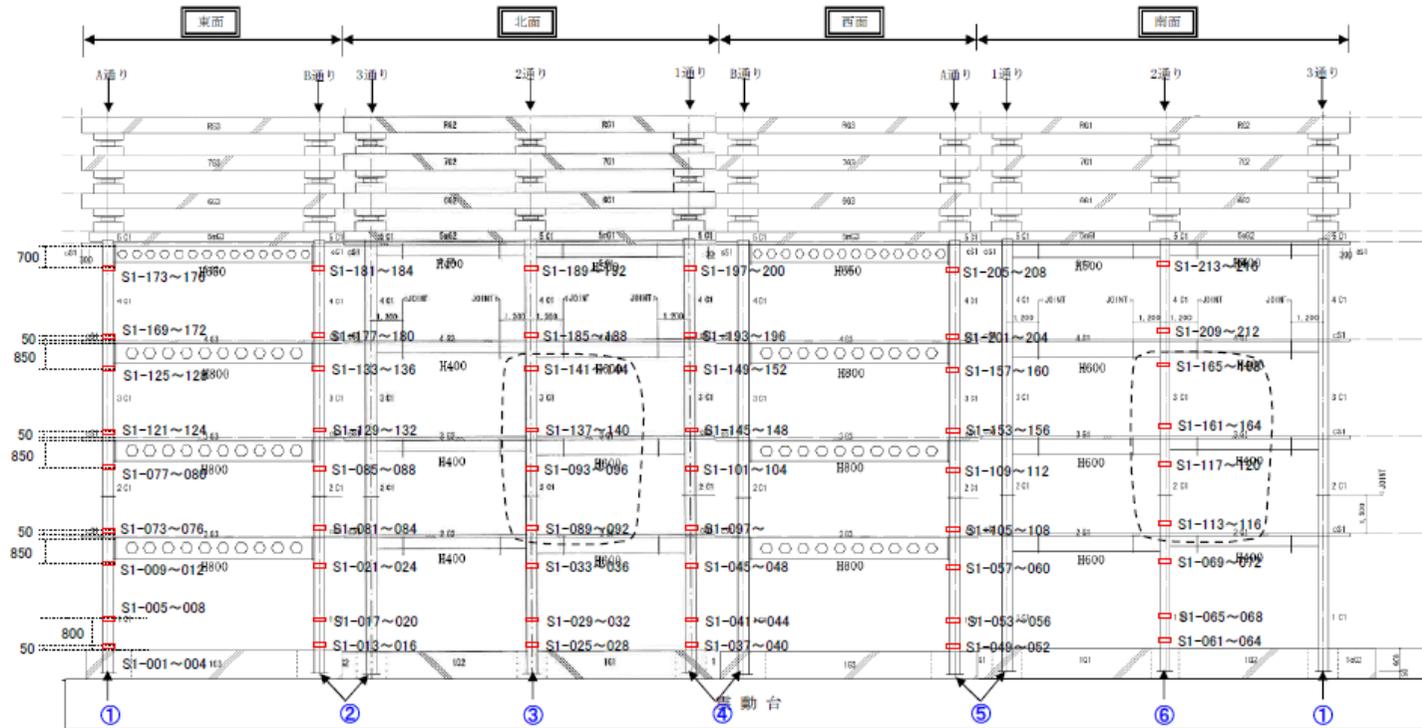
表 2 計測内容一覧

計測項目	計測図記号	センサタグ	計測点名称	ゲージ	加速度	変位							温度	小計		
				歪ゲージ	サーボ型	レーザ型	パネ型		ワイヤ型			インダクタンス型	パイ型		熱電伝	
				1軸5mm	±10G	±250mm	±25mm	±50mm	±250mm	±500mm	±1000mm	±1000mm	±20mm		±5mm	
				東京測器	トキメツ	KEYENCE	共和電業	共和電業	東京測器	東京測器	東京測器	共和電業	日本特殊測器		東京測器	東京測器
FLA-5-1-15LT	TA-25E-10-1	LK-500	DTH-A-50	DTH-A-100	DP-500	DP-1000	DP-2000	DTP-D-2KS	M-11-40S	PI-5-50	Kタイプ					
歪ゲージ	①	S1	柱	216										216	396	
	②	S2	梁(2層)	32										32		
			梁(3層)	56										56		
			梁(4層)	32												32
			梁(5層)	16												16
③	S3	端部	44										44			
加速度	④	A1	震動台上		15									15	67	
	⑤	A2	各層床上		48									48		
	⑥	A3	3層床上		4									4		
変位	⑦	D1	層間変形(スッパ-)			12				12				24	117	
	⑧	D2	層間変形(中央)						2		6			8		
	⑨	D3	層間変形(縮約層)							12				12		
	⑩	D4	層間変形(ダンパ-)						6					6		
	⑪	D5	梁端回転角				24	20	4					48		
	⑫	D6	パネル変形				2					10		12		
	⑬	D7	パイ型										4	4		
	⑭	D8	スタイロホーム				1							1		
熱電対	⑮	D9	基礎部				2							2	4	
	⑯	C1											4	4		
小計				396	67	12	5	24	20	12	24	6	10	4	4	584

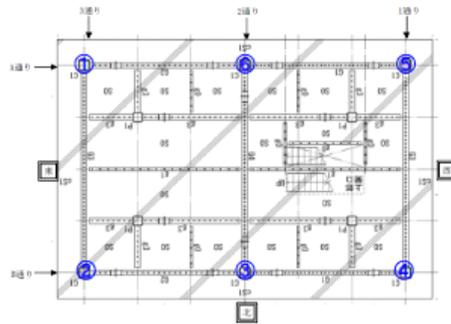
計測項目		CCD	CCD	超小型	7インチ出力	小計
固定カメラ	実験棟建屋	9				9
移動カメラ	実験棟フロア		8			8
親指カメラ	試験体内部			9		9
制御信号	震動台情報				MAX=64	64
小計		9	8	10	64	90

合計=674ch

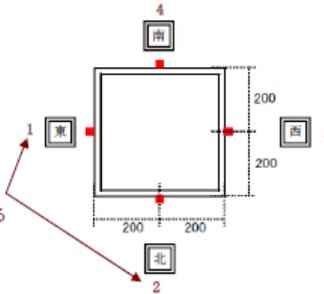
[ 全面外側から見る ]



194



センサタグ名称は  
東北西南の順である



・計測点数：1箇所=4ch(6柱×9高さ×4ch=216ch) 合計=216ch

・歪ゲージは部材長手方向に貼付け

・印の貼付け位置は、ALCボード等があり柱中心の200mm  
に貼付け出きない為、東側に80mm移動して貼付ける  
対象ゲージ(S1-92, 96, 140, 144, 114, 118, 162, 166)合計8ch

図 3 柱の弾性歪測定箇所

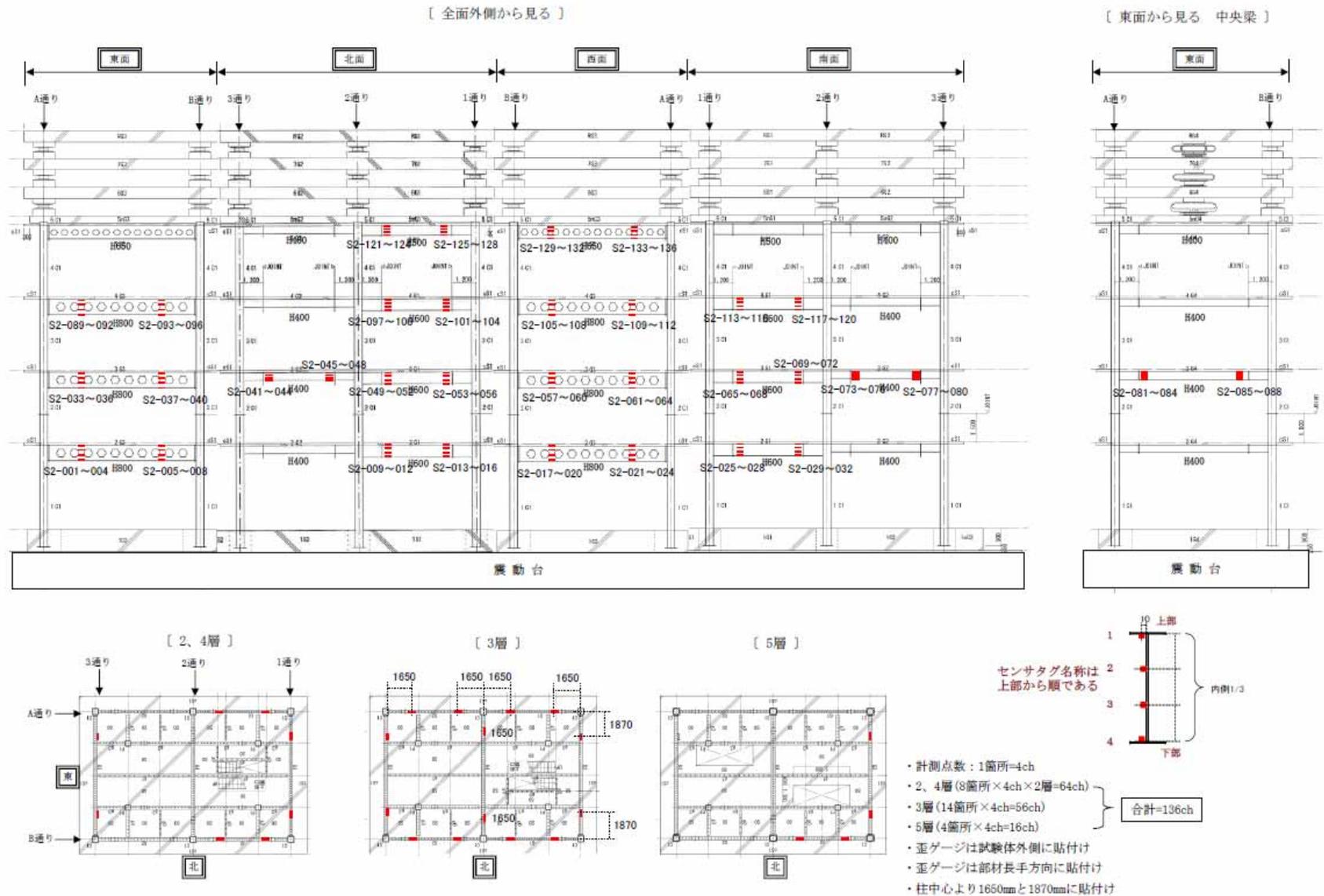


図 4 梁の弾性歪測定箇所

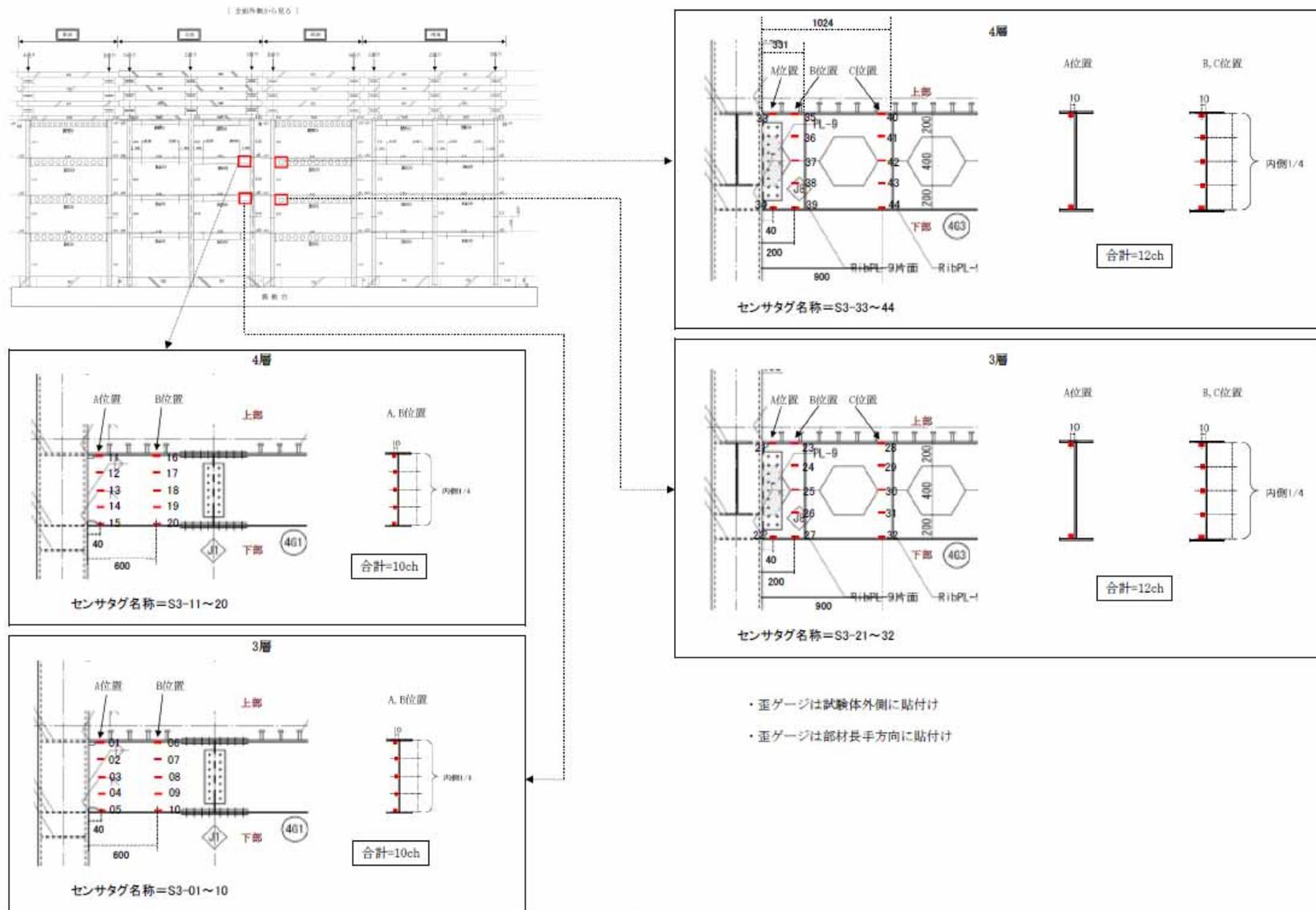
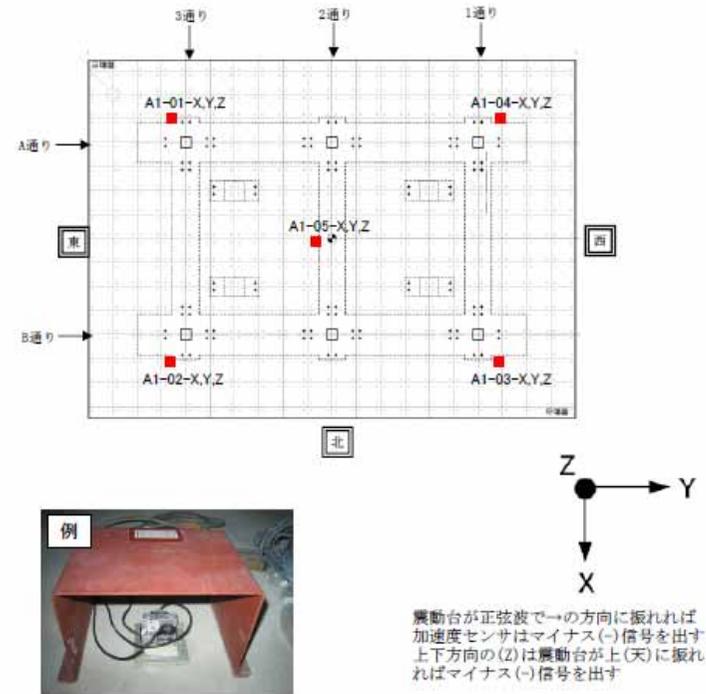
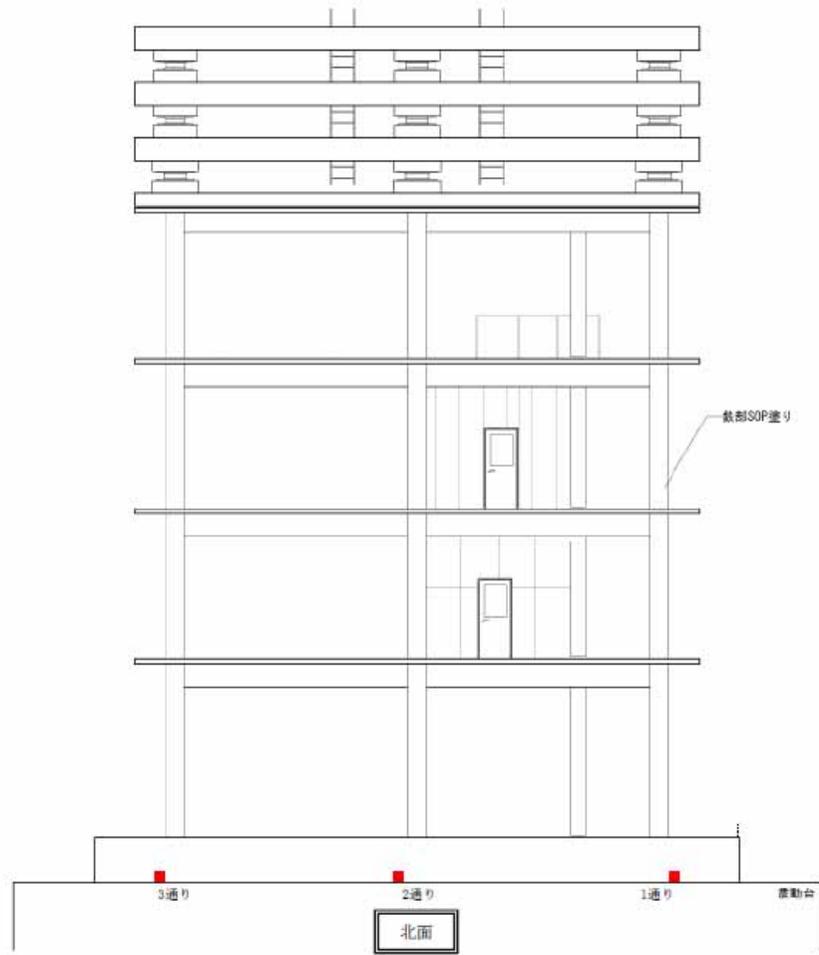


図 5 梁の弾塑性歪測定箇所



・計測点数：1箇所=3ch, 3方向(5箇所×3ch=15ch)

図 6 加速度計設置位置 (震動台上)

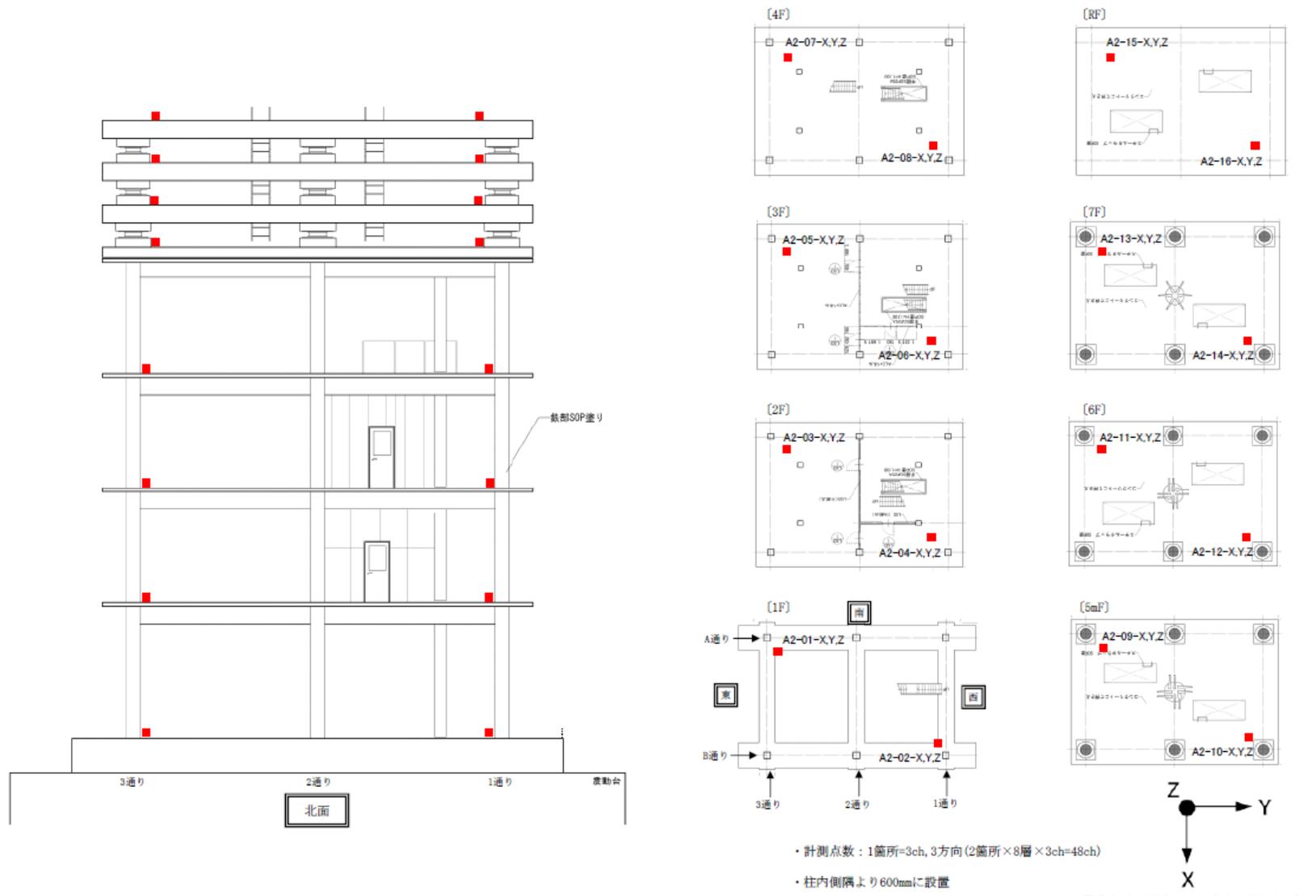


図 7 加速度計設置位置 (試験体上)

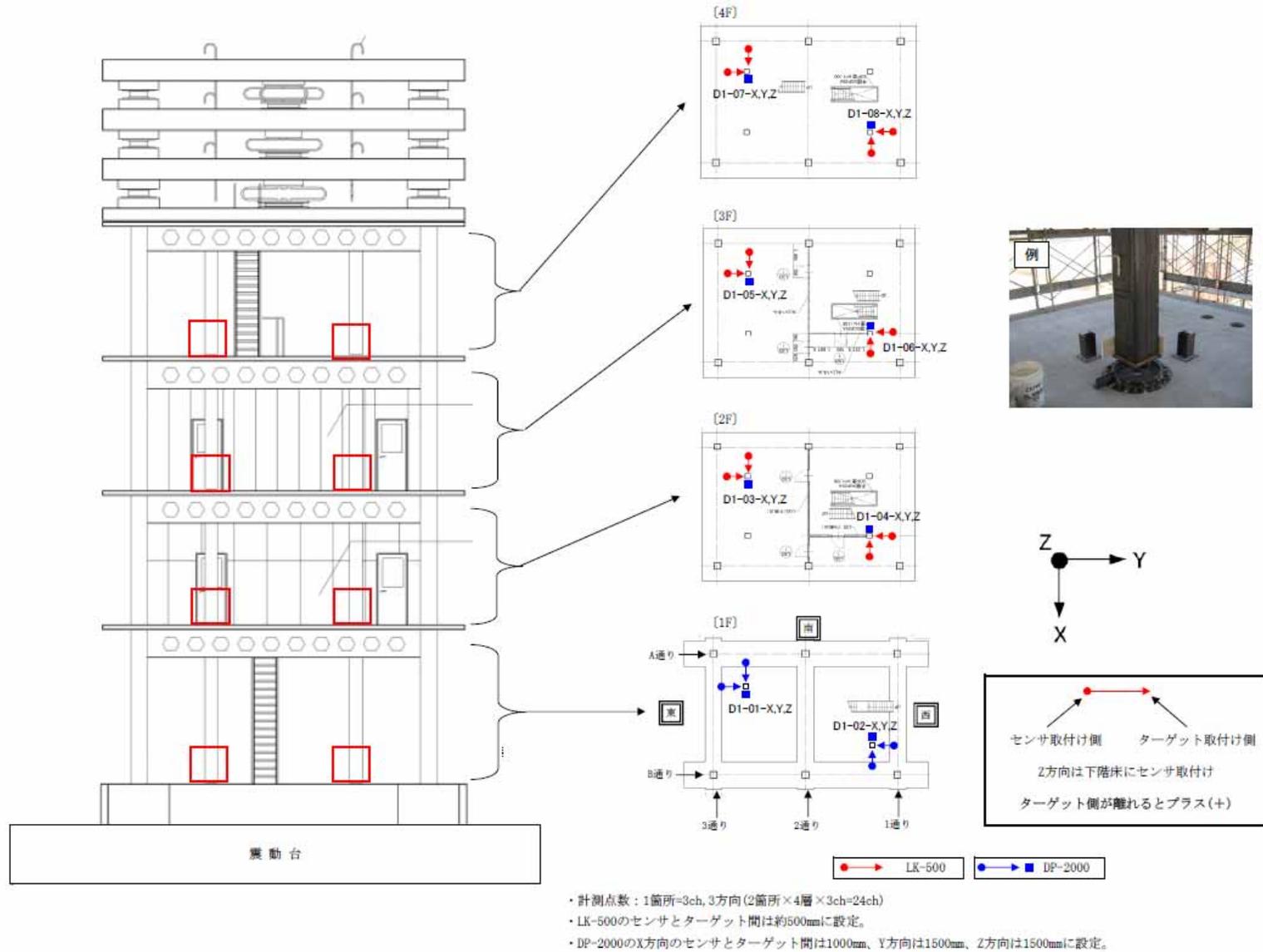


図 8 架構部の層間変位の測定箇所

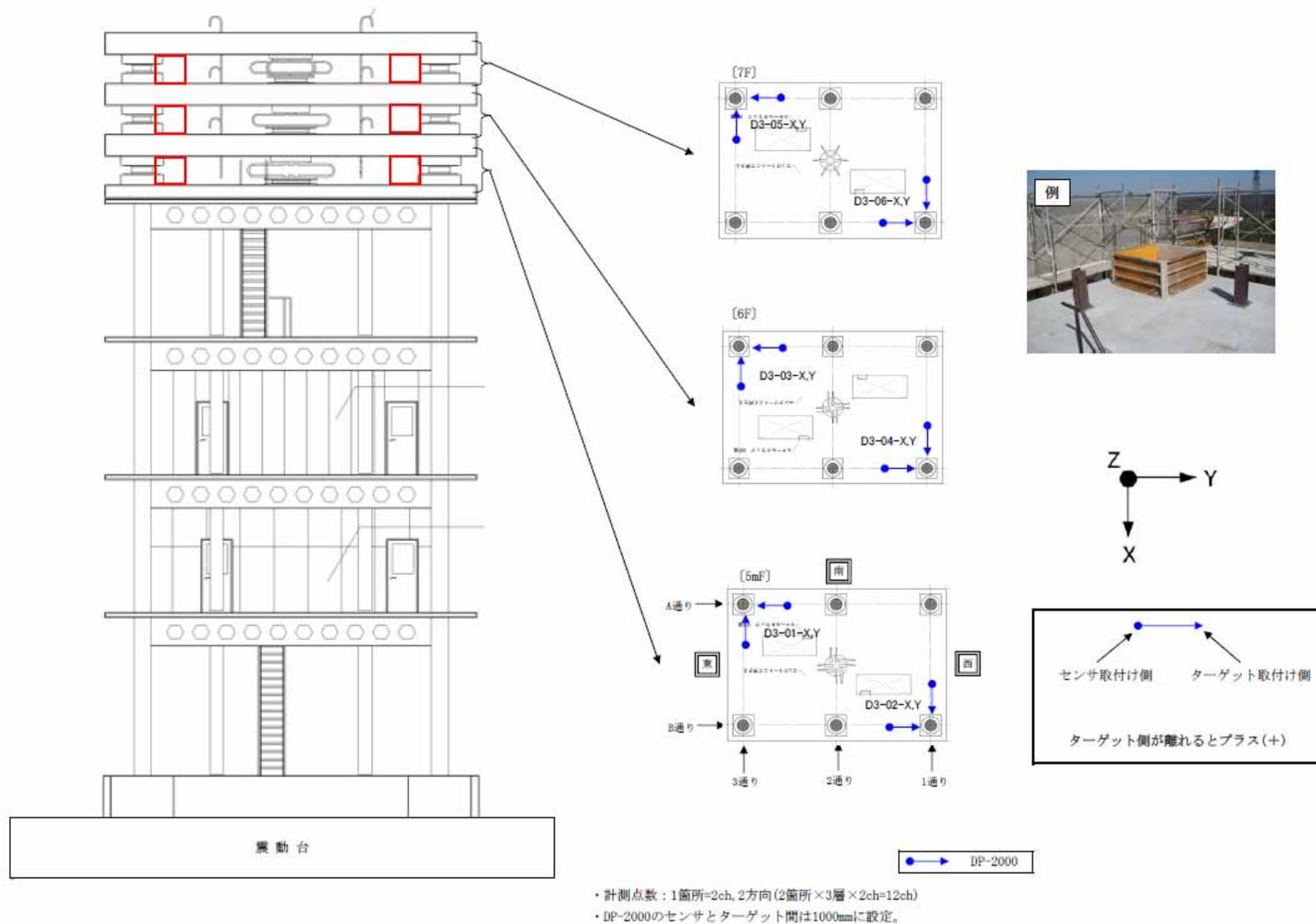


図 9 縮約層の層間変位の測定箇所

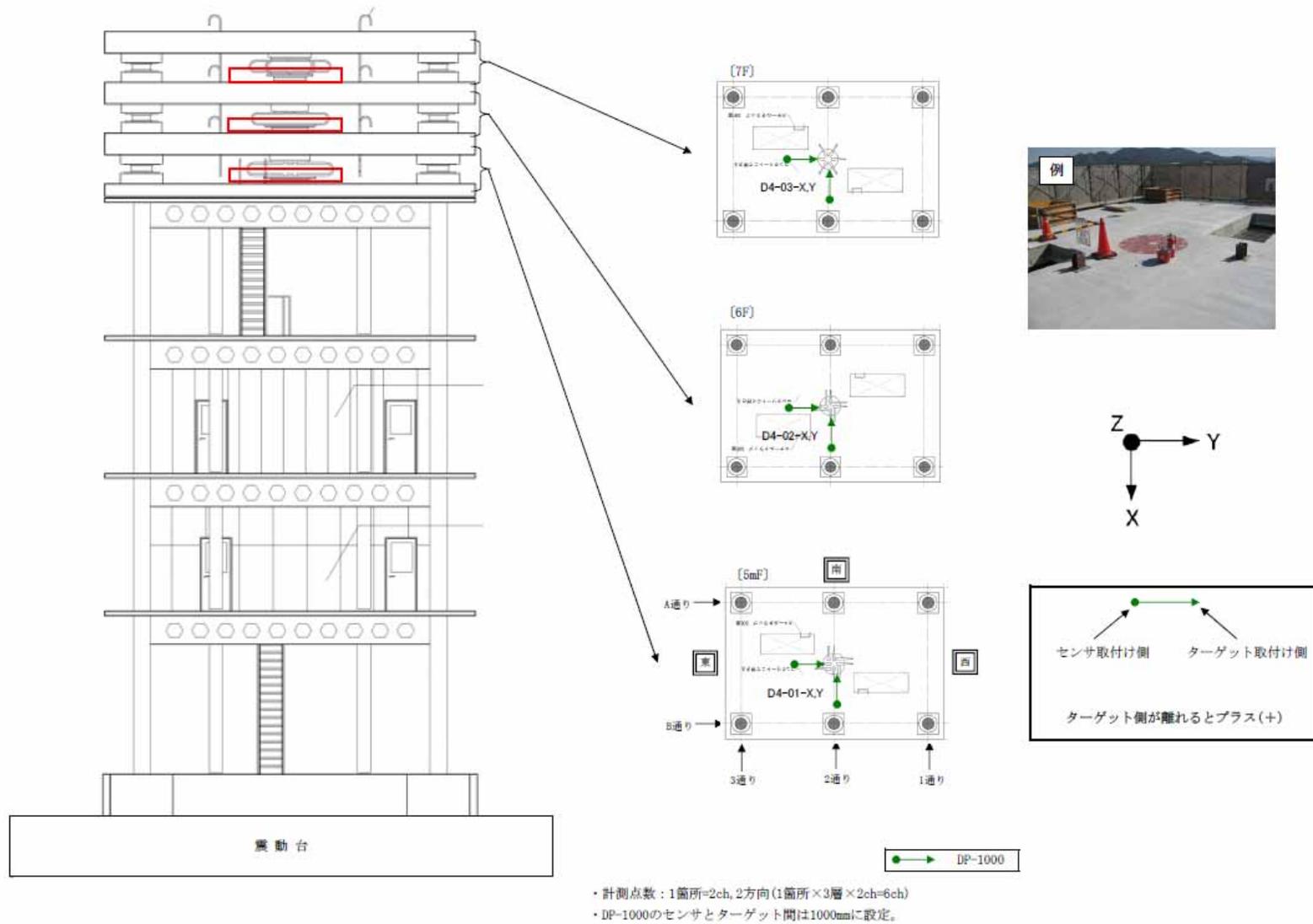
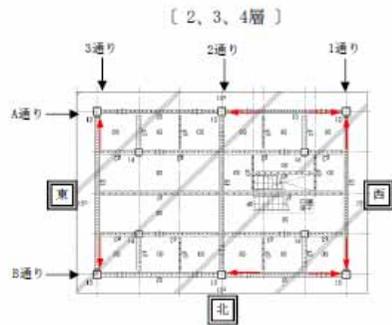
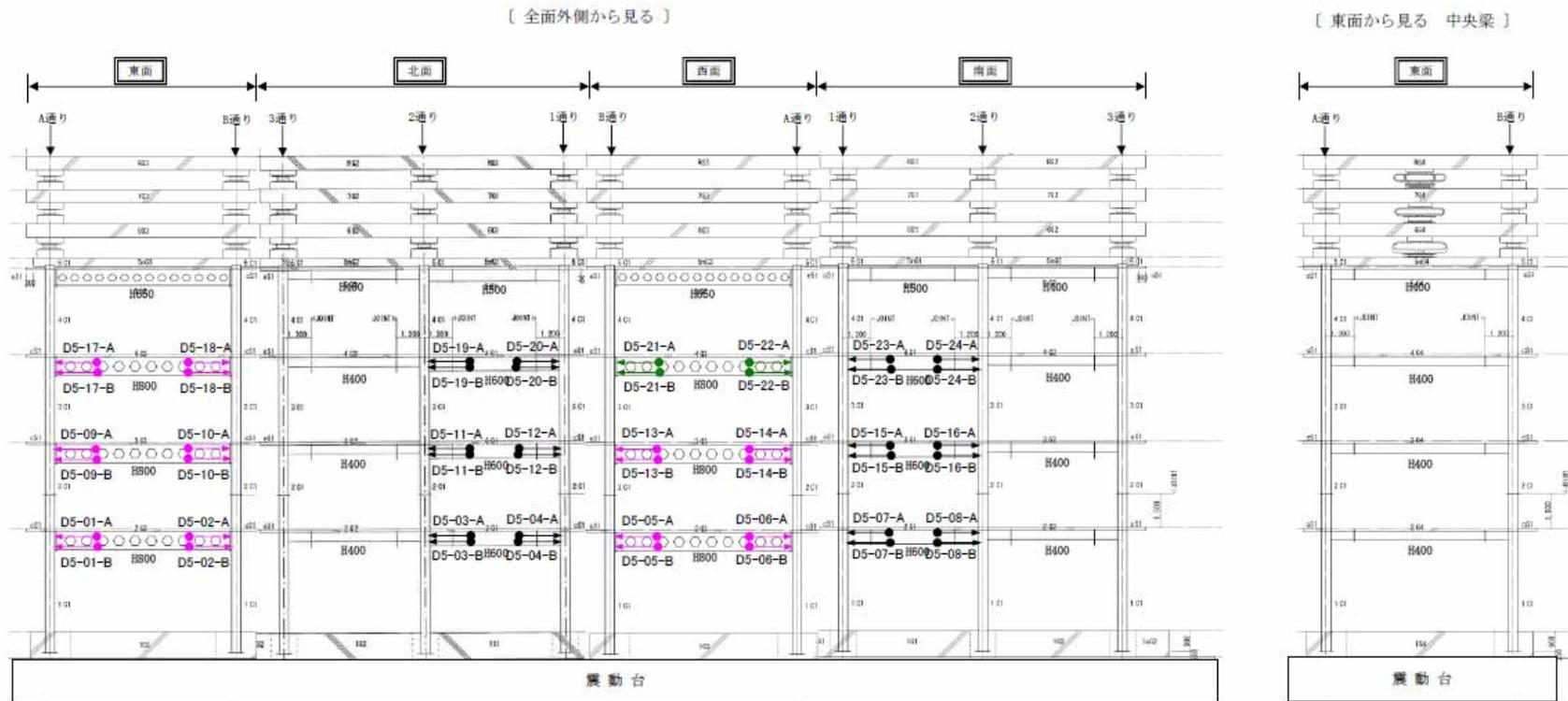
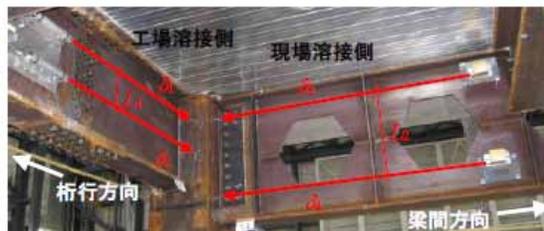


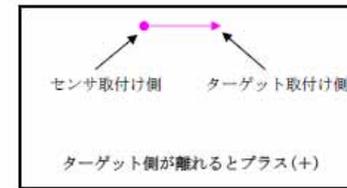
図 10 塑性化装置における直列積層ゴムの水平変位の測定



例



- DP-500
- DP-1000
- DTH-A-100



- ・計測点数：1箇所=2ch
- ・2、3、4層 (8箇所×2ch×3層=48ch)
- ・試験体内側 (室内側) に取付け

図 11 梁端回転角の測定箇所

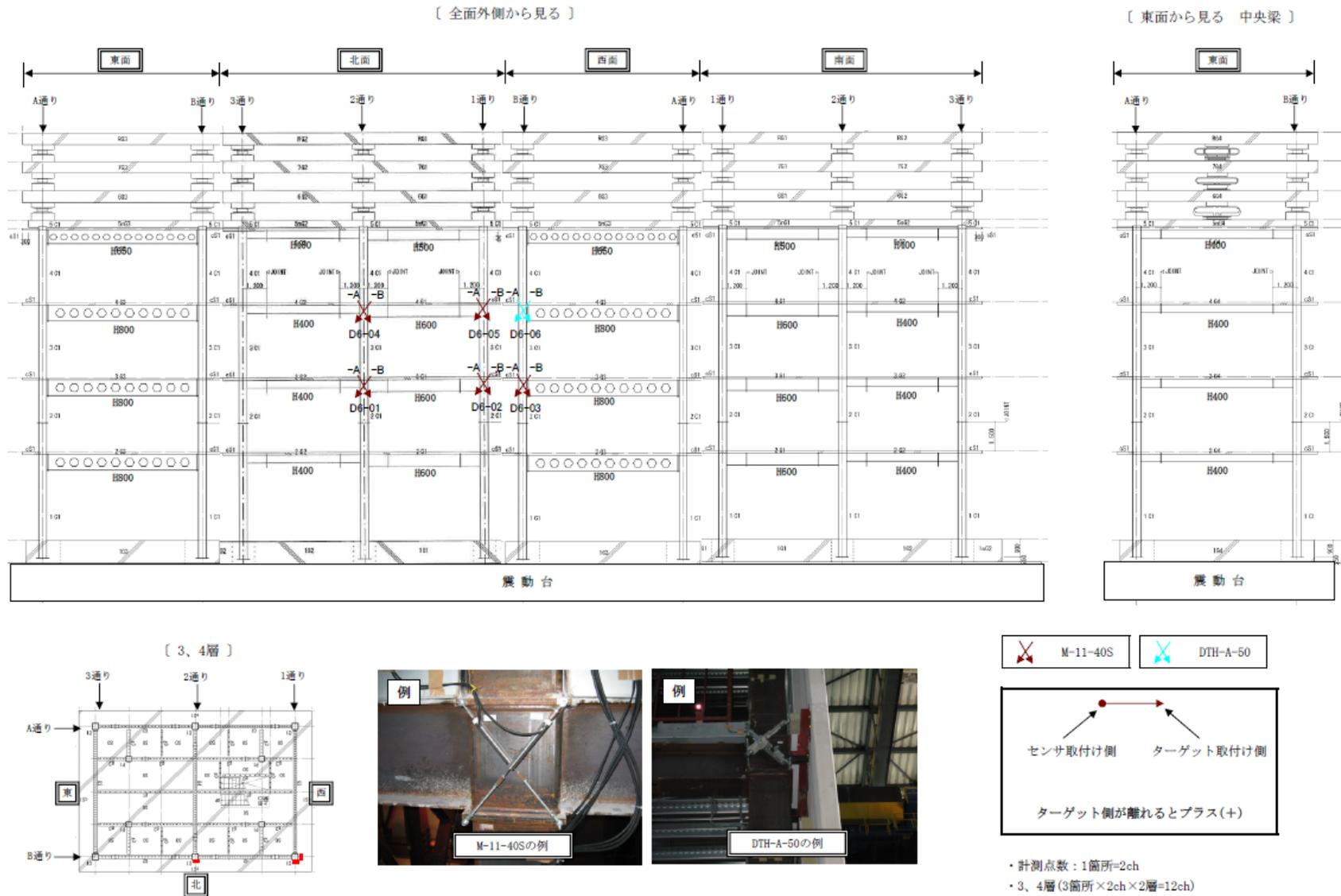
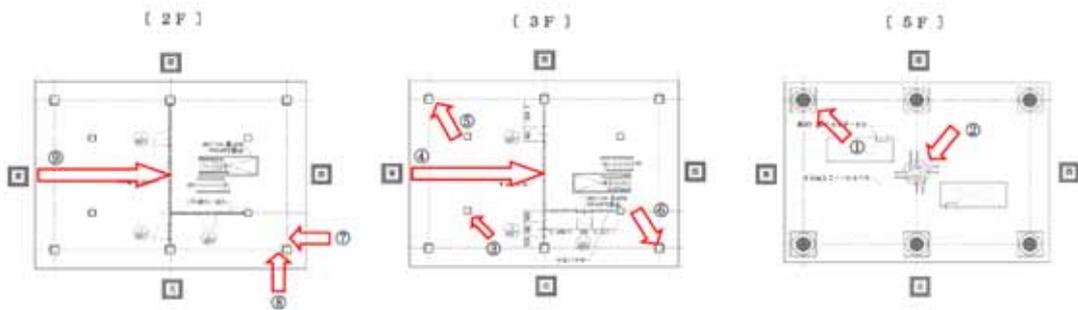


図 12 柱梁接合部におけるせん断変形の測定箇所





(1) 小型カメラによる内部映像



(2) 移動カメラによる外部映像

図 14 映像の収録状況図

(c) 結論ならびに今後の課題

層の変形から、歪の最大値、これらの累積値、要素間の相対変位など多岐に渡る採取可能データ群を整理し、データ収録システム容量も視野に合理的な収録計画を立てた。

(d) 引用文献

なし

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国内・外の別
なし				

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所（雑誌等名）	発表時期	国内・外の別
なし				

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果（記事タイトル）	対応者氏名	報道・掲載機関（新聞名・TV名）	発表時期	国内・外の別
なし				

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 20 年度業務計画案

なし