

2. 伝統的構法木造建築物の実大振動台実験

2.1 実験の概要

伝統構法あるいは伝統的構法建築物（以下、伝統的構法）の設計法を構築することを目的として石場建てを含む伝統的構法の実大試験体を用いた振動台実験を独立行政法人防災科学技術研究所との共同研究として実施した。

石場建て（礎石建て）構法の柱脚の移動に注目し、平屋建て2棟の実大試験体 No.1、No.2 により、柱脚の滑りの発生条件、滑り量について把握し、柱脚と礎石との摩擦、上部構造物の耐力、入力地震動レベルとの関係を明らかにする。

次に、水平構面の変形や偏心によるねじれ振動による応答への影響などを把握するとともに1階と2階との耐力バランスなどが大地震時の挙動に及ぼす影響を検証するために、2階建て試験体2棟、柱脚固定の試験体 No.3 および石場建て(柱脚フリー)の試験体 No.4 の振動台実験を行う。

試験体は平屋2体、2階建2体の計4体であるが、下記の実験目的を達成するためには様々な実験パラメータが必要となる。今回は、試験体の仕様を変化させるために No.1～No.3 の試験体では、乾式土壁パネルを採用した。

実験で使用した入力波形は、1) 振動特性評価用波形：White noise 25Gal 振動台X方向+Y方向、2) 稀な地震動として、人工地震波 BCJ-L1（第2種地盤用で稀地震用にレベル調整したもの）、3) 極めて稀な地震動として人工地震波 BCJ-L2（第2種地盤用に調整したもの）、4) 巨大な地震動として JMA 神戸（3方向加振）波を採用した。

試験体を決める過程で、今回の実験は伝統的構法の構造物が有する耐震性能を定量的に評価することが大きな目的である。幾つかのパラメータを変えながら実験結果の比較を行うことで、それぞれの特性が建物の耐震性能にどのような影響を与えているかの考察が行える試験体として、町屋的な平面の2列3室型と農家型のような田の字型が検討された。加振方向を変えることで長手と短手の特性を比較できる2列3室型を採用することとした。

試験体の各部（足固め、接合部、床構面など）の詳細については、構法・歴史部会で相当の議論が重ねられて、決定までには相当の時間を要したが、耐震性能を評価しやすい構法を採用するという事で決定された。礎石の大きさについては、柱脚が移動しても礎石から落下しないように、また、礎石の種類に関しては、要素実験結果から礎石の仕上げと摩擦係数に明確な違いが得られなかったことから、びしょん（細）仕上げ 1種類とした。屋根は設けずに相当の重量を載せて実験を行った。

各実験とも加振前後に損傷観察を実施した。その際に写真撮影や損傷の状況を簡単にスケッチするために、試験体の各部材に部材位置など認識できるようにラベルを貼付した。

今回の実験では、多くの実験目的があり目的を達成するためには、計測計画は重要である。主な計測は、①試験体の層間変形角（偏心の影響を見るためには各構面のデータが必要である）、②柱脚の挙動（柱脚の移動や浮き上がり）、③各部材に変形角（要素実験で得られた結果と建物に組み込まれた構造要素との関係を比較）など多くの計測項目がある。計測機器や装置の限界があるので、設計法部会と十分な協議の上で計測計画を立案・実施した。計測に際しては、多くの大学や研究機関から計測機器を借り入れて実施した。

2.2 実験の目的

(1) 主な検討項目

1) 石場建ての柱脚の移動

伝統的構法特有の石場建ての設計法を構築するためには、柱脚の移動・滑りに関する基本的な力学的特性の解明と上部構造物の挙動を明らかにすることは必要不可欠である。この伝統的構法の構造力学的に課題である石場建ての柱脚の移動が上部構造物の応答や耐震性能に及ぼす影響について検討を行う。

① 柱脚の滑りによる上部構造物の応答への影響

柱脚の滑りと上部の構造物の応答がどの様に影響されるかを定量的に明らかにする。

② 動摩擦係数と滑り量の検証

動摩擦係数と柱脚の滑り量との関係を定量的に把握する。

③ 上部構造物の耐力 (C_b 換算耐力) と滑り量

上部構造の耐力 (C_b 換算耐力) と柱脚の滑り量との関係を定量的に明らかにする。

④ 1 階床レベルでの荷重と滑り量の関係 (M_o 効果)

1 階床レベルでの荷重は、脚部の動摩擦力と密接な関係にある。1 階床レベルでの荷重と柱脚の滑り量の関係を定量的に明らかにする。

⑤ 入力地震動の種類やレベルと滑り量

入力地震動のレベルや振動特性と柱脚の滑り量との関係を定量的に明らかにする。

2) 水平構面の変形と偏心による影響

伝統的構法の構造力学的に課題である水平構面の変形による建築物の挙動を明らかにするためには、要素実験などでは建築物としての挙動を把握できないので実大実験により、偏心の影響を含めて水平構面の変形などが建築物の応答や耐震性能に及ぼす影響について検討を行う。

① 水平構面の変形が建築物の挙動にどのような影響を与えるか

② 鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるか

鉛直構面の配置による偏心や水平構面の効果が建築物にどのような影響を与えるかを定量的に明らかにする。

3) 仕口・継手接合部の性能と損傷

伝統的構法特有の大きな変形性能を担保し、倒壊や崩壊を防ぐには、仕口・継手接合部の性能が重要となる。このような接合部の損傷状況を稀な地震動 (中地震)、極めて稀な地震動 (大地震)、建築基準法レベルを超える地震動 (巨大地震) に対して把握する。また、何カ所かの接合部に計測器を取付、接合部の挙動を定量的に明らかにする。

4) 通し柱の効果と損傷

通し柱が 1 層、2 層の応答 (層間変形角) に与える影響を評価するとともに通し柱の損傷状況を把握する。

(2) 実大振動台実験による応答評価・解析法と設計法の検証

1) 応答評価・解析法の検証

設計のための解析法 (時刻歴応答解析や限界耐力計算) による解析結果の妥当性を検証する。特に水平構面の変形や偏心による応答への影響をどのように評価し得るかを検討する。

① 1 階と 2 階の耐力バランスによって建築物の挙動にどのような影響を与えるか

- ② 水平構面(2 階床)の変形と鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるかを解析で評価・検証する。

また、石場建ての場合、柱脚の移動・滑りに注目して

- ③ 柱脚と礎石との動摩擦係数が柱脚の滑り発生や滑り量にどのような影響を与えるか
- ④ 石場建てによる柱脚の滑りが上部構造物の応答性状および安全性にどのような影響を与えるかを解析で評価・検証する。

2) 伝統的構法の設計のクライテリアの検討

建築物全体の挙動や各部の損傷の程度に関連する伝統的構法の設計のクライテリアについて検討する。

- ① 石場建ての柱脚が移動しない設計は可能か
- ② 石場建ての柱脚が移動する場合には、移動量を制御する設計は可能か
- ③ 損傷限界や安全限界について検証する
- ④ 各部の損傷、特に柱の鉛直荷重支持力の保持や柱・横架材の仕口接合部の耐力・変形性能の維持について検証する
- ⑤ 建築物が崩壊しないための条件（設計のクライテリア）をどう設定すればよいか、安全限界、崩壊限界を検証する

3) 柱脚の滑り量

石場建ての設計クライテリアとして、入力地震動レベルに応じて

- ① 稀な地震動に対しては全く滑らない
- ② 極めて稀な地震動に対して、概ね滑らない滑るの2つの設計が考えられる。

- ③ 巨大な地震動にたいしては滑る

これらにおいて、滑り量の許容値、限界値について、例として以下のように定義される

1 滑らない

- 1-1 全く滑らない 滑り量 0mm ～ 数 mm
- 1-2 概ね滑らない 滑り量 数 cm 以下

2 滑る

- 2-1 滑り量 柱の径程度以下 礎石から落下しない
- 2-2 滑り量 柱径の2倍程度 礎石から落下しない

柱脚と礎石の摩擦係数、上部構造物の耐力（Cb 換算耐力）、Mo 効果、入力のレベルや種類などに関連して柱脚の滑り量を確認する。今回の実験では、柱脚の大きな移動まで確認するために、大きな礎石（70cm×70cm）を用いている。

4) 層間変形角

上部構造の層間変形角はすべての試験体で各階とも以下の変形に収まることを確認する

	〈極めて稀な地震動〉	〈巨大な地震動〉
代表層間変形角（質点系）	1/20 以下	1/15 以下
最大層間変形角（各鉛直構面）	1/15 以下	1/10 以下

2.3 試験体と実験の内容

各実験体は実験の目的に合わせて必要な材料の選択と仕口や継手などの決定を行った。

No.1、No.2、No.3 の実験体は様々なパラメータごとの比較ができるように、耐力要素である壁を取替え交換が可能な乾式土壁パネルを採用した。また、仕口や継手はできるだけ伝統的なものを基本とするが、仕口や継手部分が先に損傷しないことに考慮したものとした。No.4 は耐力壁は土壁とし、仕口や継手は構法歴史部会と打合せ検討を行い決定した。

石場建てである No.1、No.2、No.4 の実験体の 1 階床は、MO 効果を検証するため、床荷重が大引きや束を通じて地盤に伝わる形式ではなく、すべて足固めを通じて柱に荷重がかかる形式とした。

各試験体の詳細図面は、別添 1 に記載する。

2.3.1 試験体 No.1 および No.2

(1) 試験体の概要

平屋建

柱脚仕様：足固め仕様による石場建て構法

礎石：70cm×70cm びしゃん（細）仕上げ（写真 2.3-1 参照）

壁：乾式土壁パネル片面貼り

延べ面積：4 間×6 間、79.49 m²

軒高：3.43m

最高の高さ：3.46m

最大幅：11.67m×8.03m

主な使用材料

屋根：杉板貼り

外壁・内壁：乾式土壁パネル貼り

1 階床、天井：杉板 厚 30mm

柱：杉 150mm 角及び 120mm 角（天然乾燥材）

梁：杉 120×240、120×300 他（天然乾燥材）

試験体 No.1 と試験体 No.2 の壁配置を除き同じである。（写真 2.3.1-2 参照）



写真 2.3.1-1 石場建てと礎石



写真 2.3.1-2 振動台に設置された試験体 No.1 および No.2

(2) 試験体重量

試験体軸組の重量

試験体 No.1,2 の天井クレーンによる重量の計測値の電光掲示値は 32ton であった。この値は、試験体軸組（軸組+壁+床+天井）+1 階床錘(42.01kN)+吊り治具の重量の重量である。吊り治具は 18.5ton(電光掲示の値が 18-19ton でゆらいでいるため)とする。その他、吊り治具として 150H8 本(9m)が入るため、 $31.5\text{kg/m} \times 9\text{m} \times 8$ 本の 2.27ton である。従って、試験体（軸組+壁+床+天井）の重量は、6.95ton となる。

実験前の試験体（軸組+壁+床+天井）重量の推定値

M1(上層) 35.53kN (3.62tonf)、M0(下層) 36.67kN (3.74tonf)、計 72.20kN (7.36tonf)
より、少し軽くなるので、修正すると、

M1(上層) 33.55kN (3.42tonf)、M0(下層) 34.63kN (3.53tonf)、計 68.18kN (6.95tonf)

1 階床錘・天井錘

1 階床錘：床積載荷重相当の鉄板 734 枚

単位荷重 528N/m^2 、総重量 42kN(4.28tonf)

第 2 日（1 月 7 日）の実験では、試験体 No.1 の 1 階床錘を撤去する。

天井錘：屋根荷重相当の鋼製錘

単位荷重 862N/m^2 、総重量 68.54kN(6.99tonf)

平鋼組合せの錘は、床構面の変形を拘束しないように設置する。

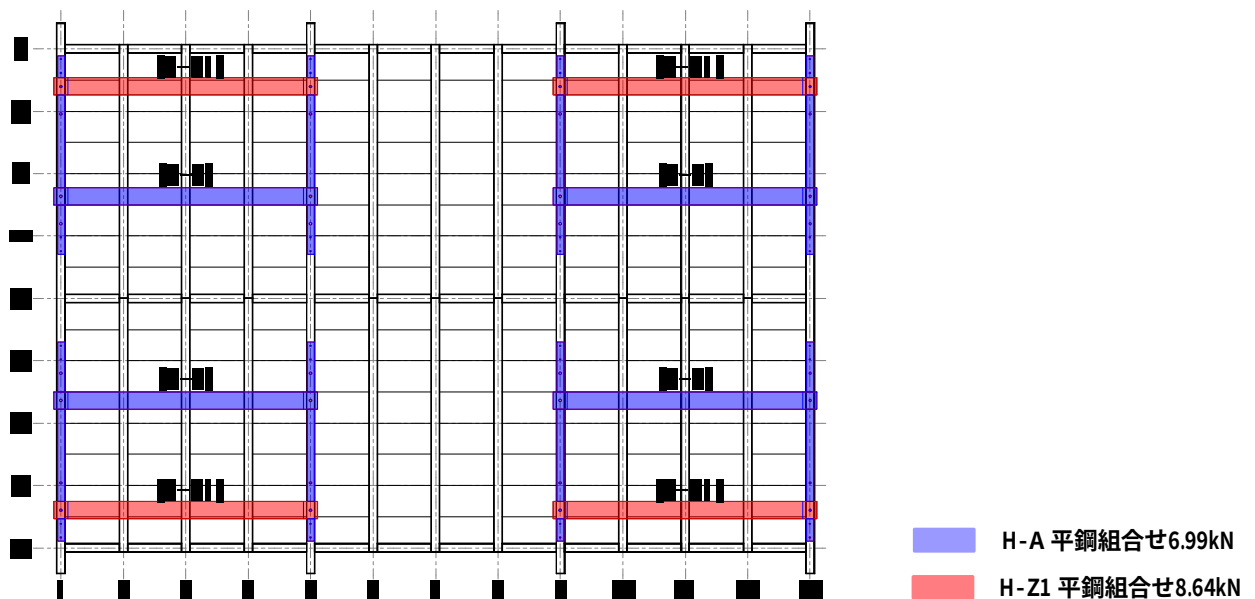


図 2.3.1-1 天井伏図と錘配置図

(3) 実験日程

2011 年 1 月 6 日－7 日

(4) 実験の内容

- ① 礎石は、上記の 1 種類に固定する
 - ② 上部構造物の耐力 (C_b 換算耐力) を変えて柱脚の滑りを調べる
 - ③ M_0 を変えて柱脚の滑りに与える影響 (M_0 効果) を調べる
 - ④ 壁配置の交換によって偏心率を変えて柱脚の滑りや上部構造物の挙動への影響を調べる
 - ⑤ 入力地震動の違いが柱脚の滑りにどのような影響を与えるか、入力地震動を変えて調べる
- 以上のように、壁量、壁配置、 M_0 、入力地震動を変えてパラメトリックスタディが行なえるように、壁を乾式土壁パネル貼りとして加振実験ごとに壁を貼り替えて実験を行う。

(5) 試験体 No.1、No.2 の加振と壁配置

加振は A、B、C、D、E とし、対応する壁配置を A、B、C、D、E とする。

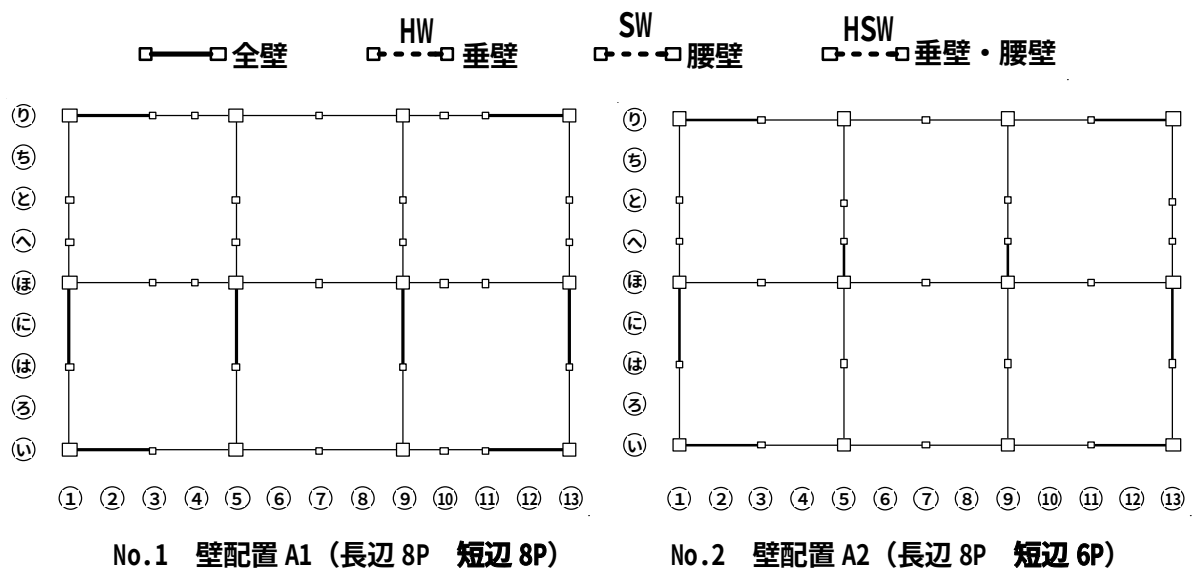
第 1 日 (1 月 6 日)

1) 加振 A

入力地震動：BCJ-L2 短辺方向加振

壁配置：壁配置 A2 (長辺 8P 短辺 6P) を基本壁配置とする。

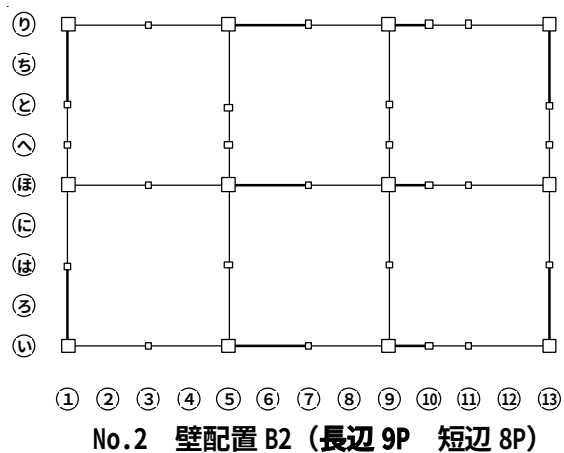
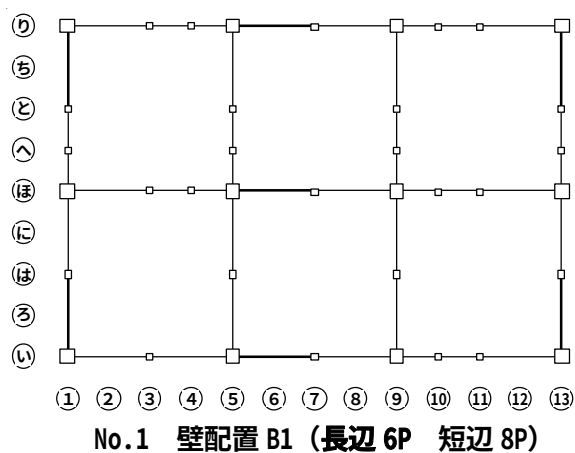
実験内容：耐力 (8P と 6P) の違い。



2) 加振B

入力地震動：BCJ-L2 長辺方向加振

実験内容：耐力（6P と 9P）の違いによる柱脚の滑りを検証する。

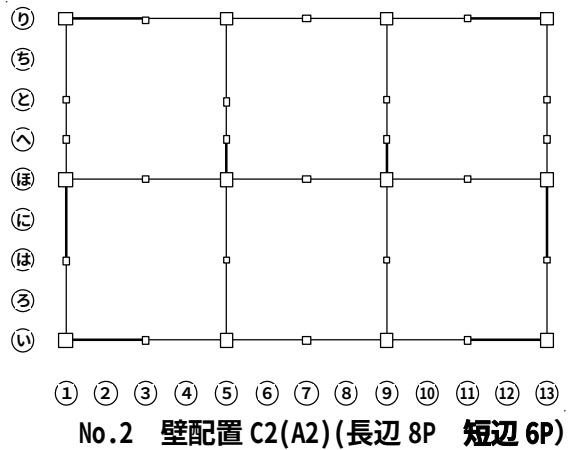
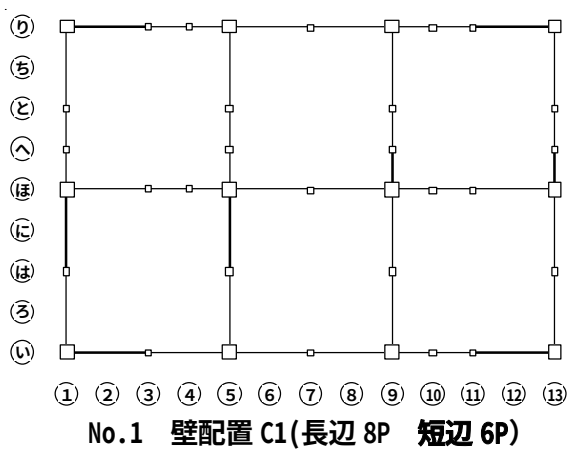


3) 加振C

入力地震動：JMA 神戸 NS 短辺方向加振

壁配置：壁配置 C1 は偏心あり、壁配置 C2 は A2 と同じ

実験内容：偏心の有無と入力地震動の違いとを同時に検証する。



第2日(1月7日)

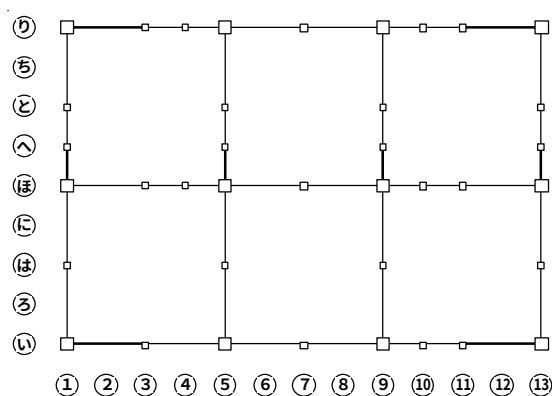
試験体 No.2 の1階床の錘を撤去し、 M_0 を低減する。

4) 加振D

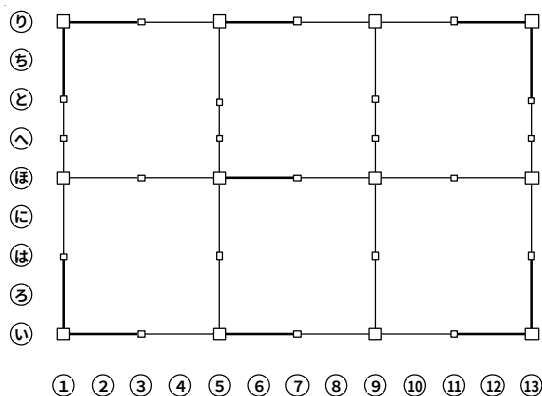
入力地震動：BCJ-L1、BCJ-L2 長辺方向加振

壁配置：壁配置 D1 は 6P、D2 は 14P、壁配置 D1 は M_0 を低減

実験内容：D1 は、 M_0 効果の低減により、B1 との滑りを比較検証する。D2 (長辺 14P) は耐力が高いので、B2 と比較して滑りが大きく生じることを検証する。



No.1 壁配置 D1 (長辺 6P 短辺 8P)



No.2 壁配置 D2 (長辺 14P 短辺 8P)

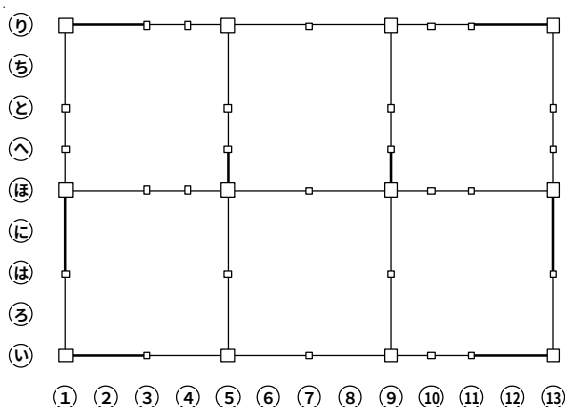
5) 加振E

入力地震動：JMA 神戸 (3 方向)

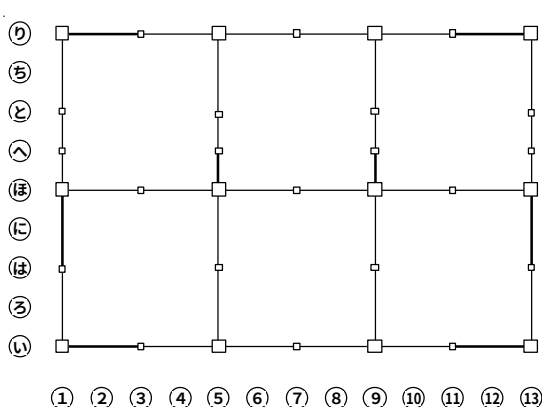
壁配置：壁配置 E1、壁配置 E2 とも A2 と同じ

実験内容：入力地震動 JMA 神戸 (3 方向) で滑りの検証、特に短辺方向に NS を入力し、壁配置 A2 での BCJ-L2、JMA 神戸 NS (1 方向)、JMA 神戸 (3 方向) で入力地震動の違いを見る。特に、試験体 No.1 は M_0 も低減され、摩擦力も小さく、地震動レベルの大きな JMA 神戸 3 方向で滑りの違いを見る。

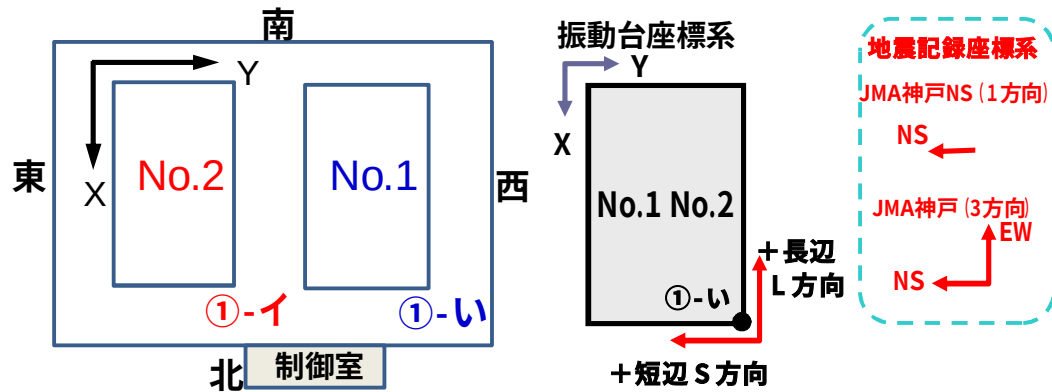
(6) 試験体 No.1、No.2 の設置方向と加振方向



No.1 壁配置 E1(A2) (長辺 8P 短辺 6P)



No.2 壁配置 E2(A2) (長辺 8P 短辺 6P)



試験体 No.1、No.2 の長辺 (L) 方向、短辺 (S) 方向のそれぞれ+方向を基準とする。

White noise 波

振動加振方向 X、Y 方向と同じ

BCL-L1、BCJ-L2 波

振動台 Y 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : BCL-L1、BCJ-L2 波の+-は逆

振動台 X 方向加振 (試験体の長辺 (L) 方向) : BCL-L1、BCJ-L2 波の+-は逆

JMA 神戸波 NS (1 方向)

振動台 Y 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : JMA 神戸波 NS の+-は逆

JMA 神戸波 (3 方向)

振動台 Y 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : JMA 神戸波 NS の+-は逆

振動台 X 方向加振 (試験体の長辺 (L) 方向) : JMA 神戸波 EW の+-は逆

(7) 試験体 No.1、No.2 の加振スケジュール

1月6日

時刻	必要時間	作業	加振内容	計測コード	損傷観察コード
9:00	25	全体ミーティング (大会議室)	スケジュールの説明と確認 損傷観察の説明		
9:25	10	安全講習(大会議室)	未講習者のみ安全講習		
9:35	40	加振前損傷観察 その他チェック	損傷観察の手順の確認と加振前の損傷観察 加振前のチェック		1A-PR- 2A-PR-
10:15	95	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
11:50	12	A-1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	1A-1WN2LS	
	12	A-2加振	・BCJ-L2 Y方向加振 試験体短辺S方向	1A-2B2YS	
12:14	20	震動台停止			
12:34	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)		
	16	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)		1A-2B2YS-
	40	柱脚の移動等修正	柱脚の移動等観察		2A-2B2YS-
	30	パネル交換	パネル交換チーム		
14:10	20	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
14:40	12	B-1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	1B-1WN2LS	
	12	B-2加振	・BCJ-L2 X方向加振 試験体長辺L方向	1B-2B2XL	
15:04	30	震動台停止			
15:24	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)		
	16	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)		1B-2B2XL-
	40	柱脚の移動等修正	柱脚の移動等観察		2B-2B2XL-
	30	パネル交換	パネル交換チーム		
17:00	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
17:30	12	C-1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	1C-1WN2LS	
	12	C-2加振	・JMA神戸NS Y方向加振 試験体短辺S方向	1C-2KOYS	
17:54	20	震動台停止			
18:14	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)		
	26	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)		1C-2KOYS-
	40	柱脚の移動等修正	柱脚の移動等観察		
	40	パネル交換	パネル交換チーム		
	30	1階床錘の撤去	No.2試験体1階床錘の撤去・その他		
20:40		作業終了			

1月7日

時刻	必要時間(分)	作業	加振内容	計測コード	損傷観察コード
9:00	25	全体ミーチング (大会議室)	スケジュールの説明と確認 損傷観察の説明		
9:25	10	安全講習(大会議室)	未講習者のみ安全講習		
9:35	40	加振前損傷観察 その他チェック	損傷観察の手順確認と加振前損傷観察 加振前のチェック		
12:15	75	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		1D-PR- 2D-PR-
13:30	12	D－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	1D-1WN2LS	
	12	D－2加振	・BCJ-L1 Y方向加振 試験体短辺S方向	1D-2B1YS	
	12	D－3加振	・BCJ-L2 Y方向加振 試験体短辺S方向	1D-3B2YS	
14:06	20	震動台停止			
14:26	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)		
	28	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)		
	50	柱脚の移動等修正	柱脚修正(野村・大西・大工チーム)		
	40	パネル交換	パネル交換チーム		
15:40	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
16:05	12	E－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	1E-1WN2LS	
	12	E－2加振	・JMA神戸 3方向(NS:Y, EW:X) 加振	1E-2KO3	
	12	E－3加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	1E-3WN2LS	
17:40	20	震動台停止			
18:00	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)		1E-2KO3-
	46	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)		2E-2KO3-
18:50		撤収	計測機器の撤収		

(8) 計測方法

試験体の地震時挙動を把握するために、以下のように変位、加速度、歪を計測した。

- 1) 各層加速度
加速度計
- 2) 各層層間変位
高感度変位計 (CDP)、一般用変位計 (SDP)、巻込型変位計 (DP)
- 3) 柱脚移動量
巻込型変位計 (DP)、レーザー変位計 (LK)
- 4) 柱脚回転
高感度変位計 (CDP-M)
- 5) 柱、束 軸力
歪ゲージ
- 6) 柱 曲げ応力
歪ゲージ
- 7) 接合部変位
高感度変位計 (CDP)、一般用変位計 (SDP)、巻込型変位計 (DP)
- 8) 振動台関係

試験体の計測点を図 2.3.1-2～3 に示す。

サンプリング周波数は、200Hz としている。

9) 3次元画像計測

併せて、試験体の3次元挙動を計測するためにカメラを用いた3次元画像計測を行った。

平成22年度伝統

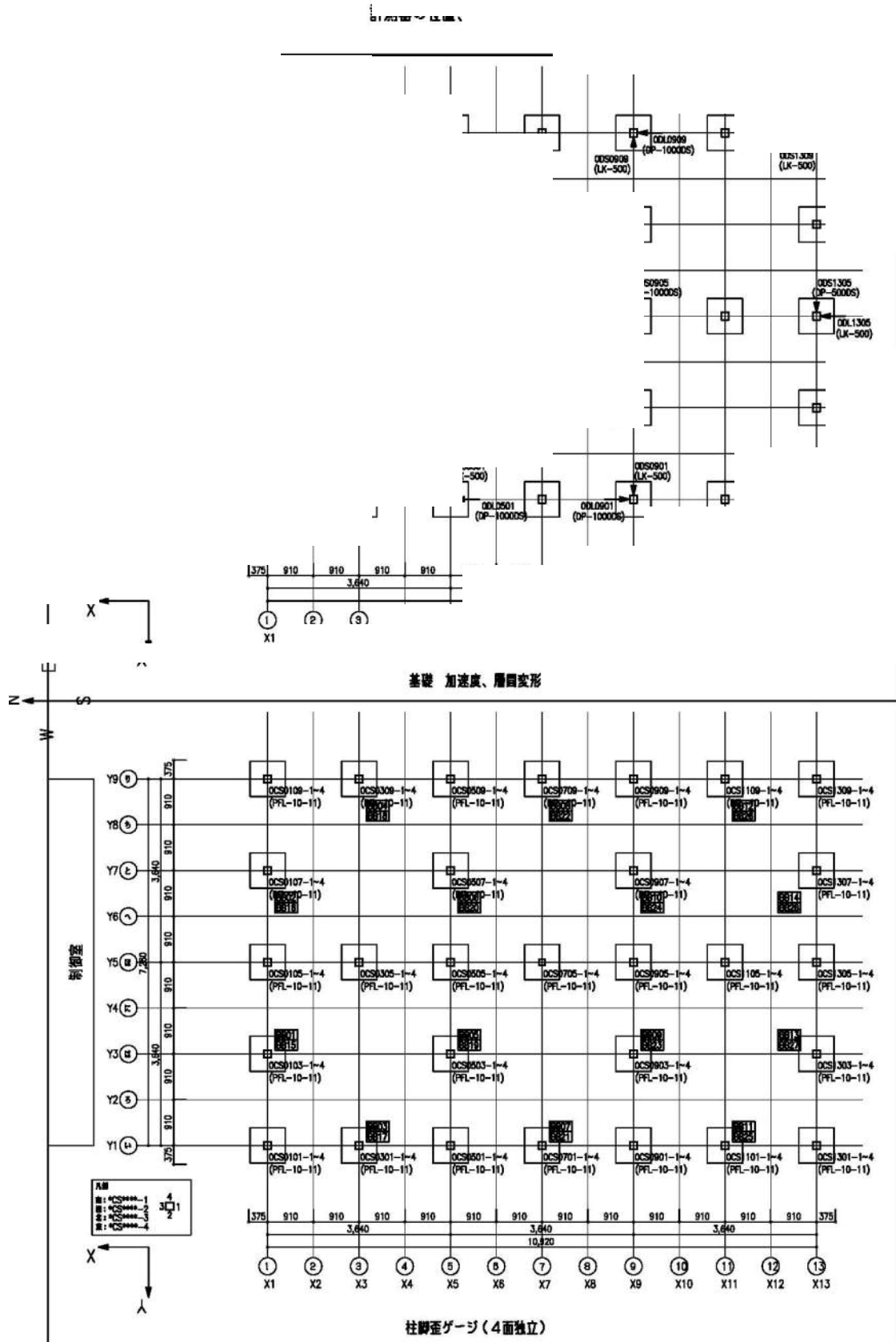


図 2.3.1 -2(1) 試験体 No.1 計測点(1)

No.1-2

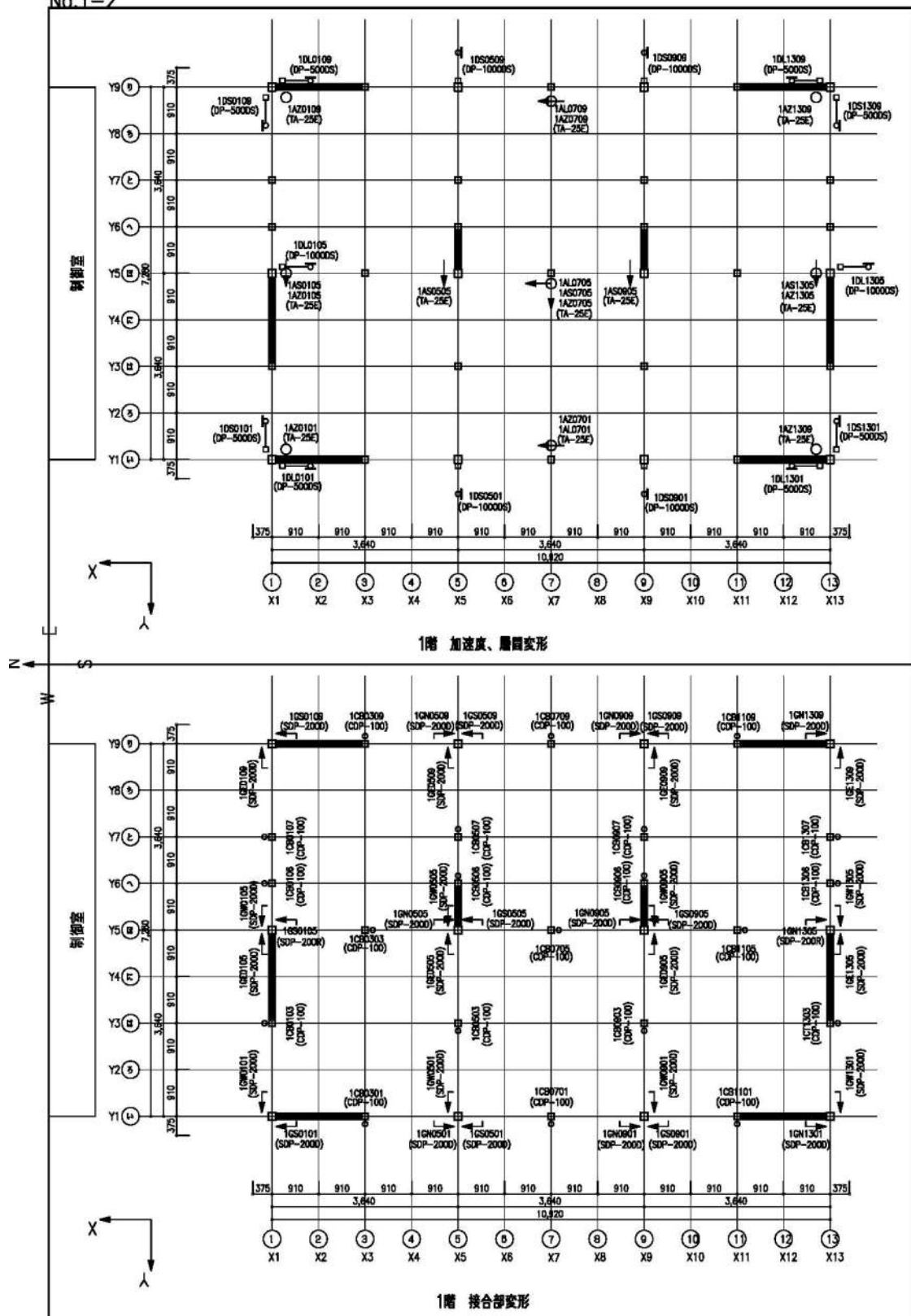


図 2.3.1 -2(2) 試験体 No.1 計測点(2)

No.1-3

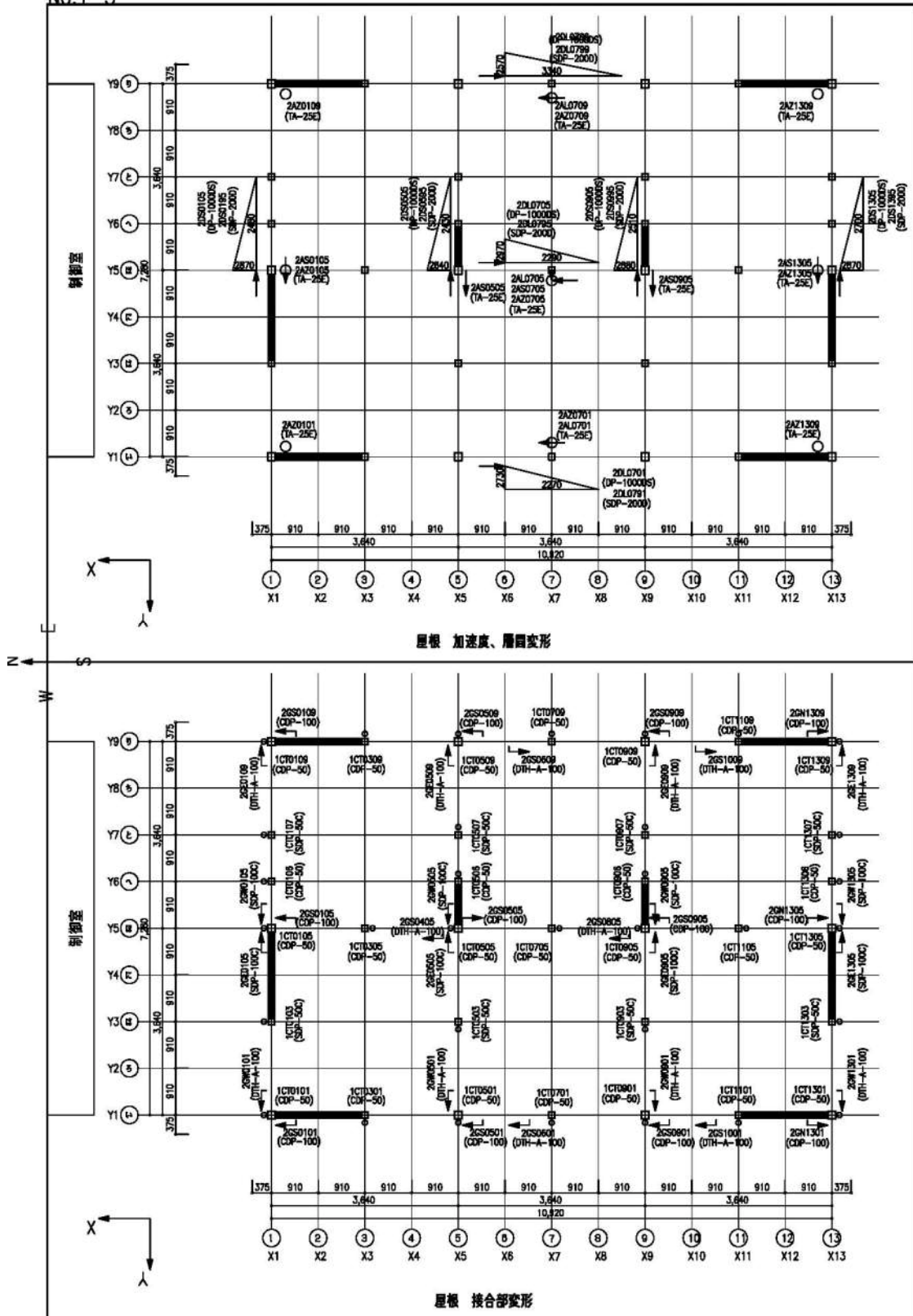


図 2.3.1 -2(3) 試験体 No.1 計測点(3)

No.1-4

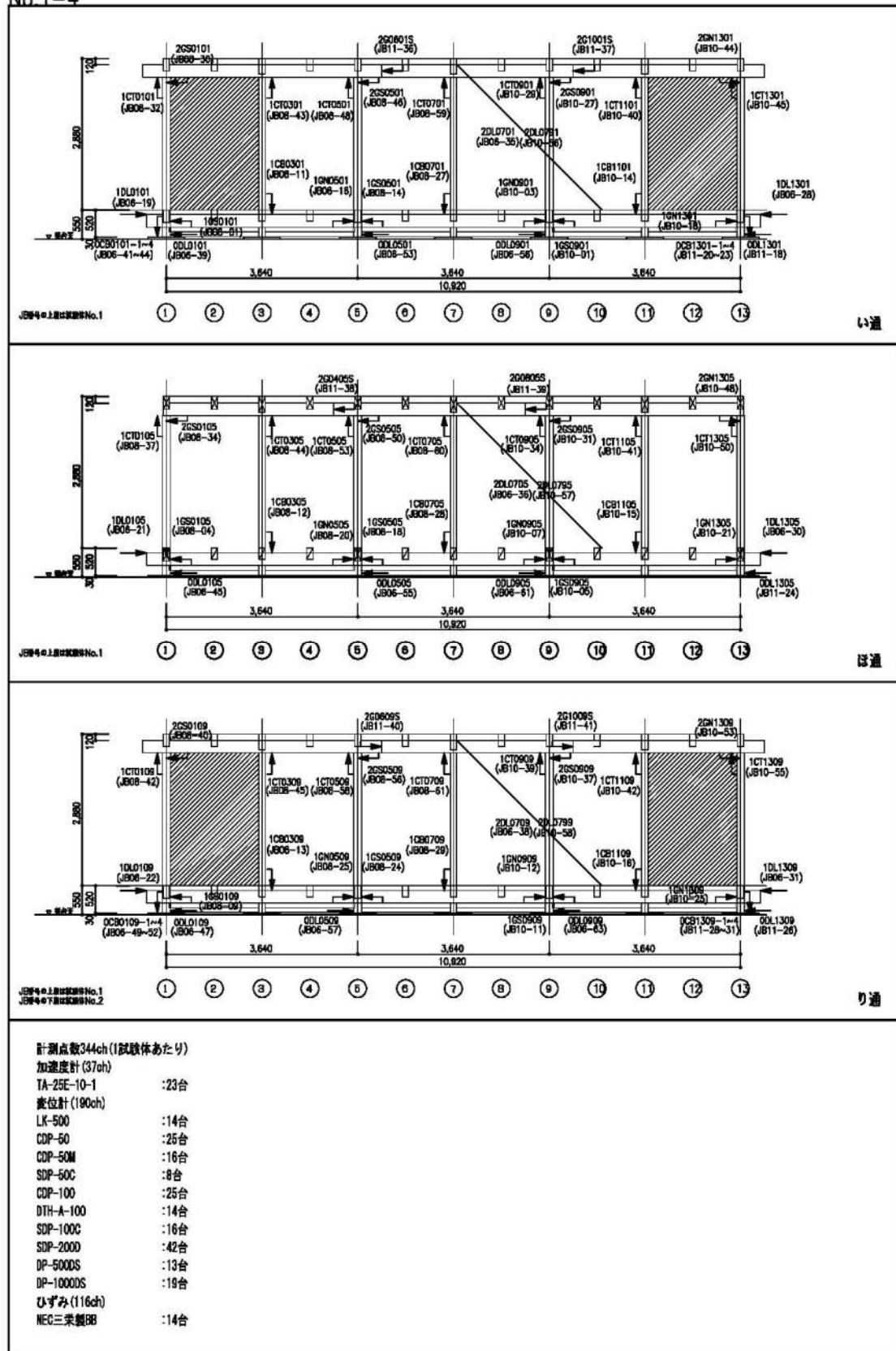


図 2.3.1 -2(4) 試験体 No.1 計測点(4)

No.1-5

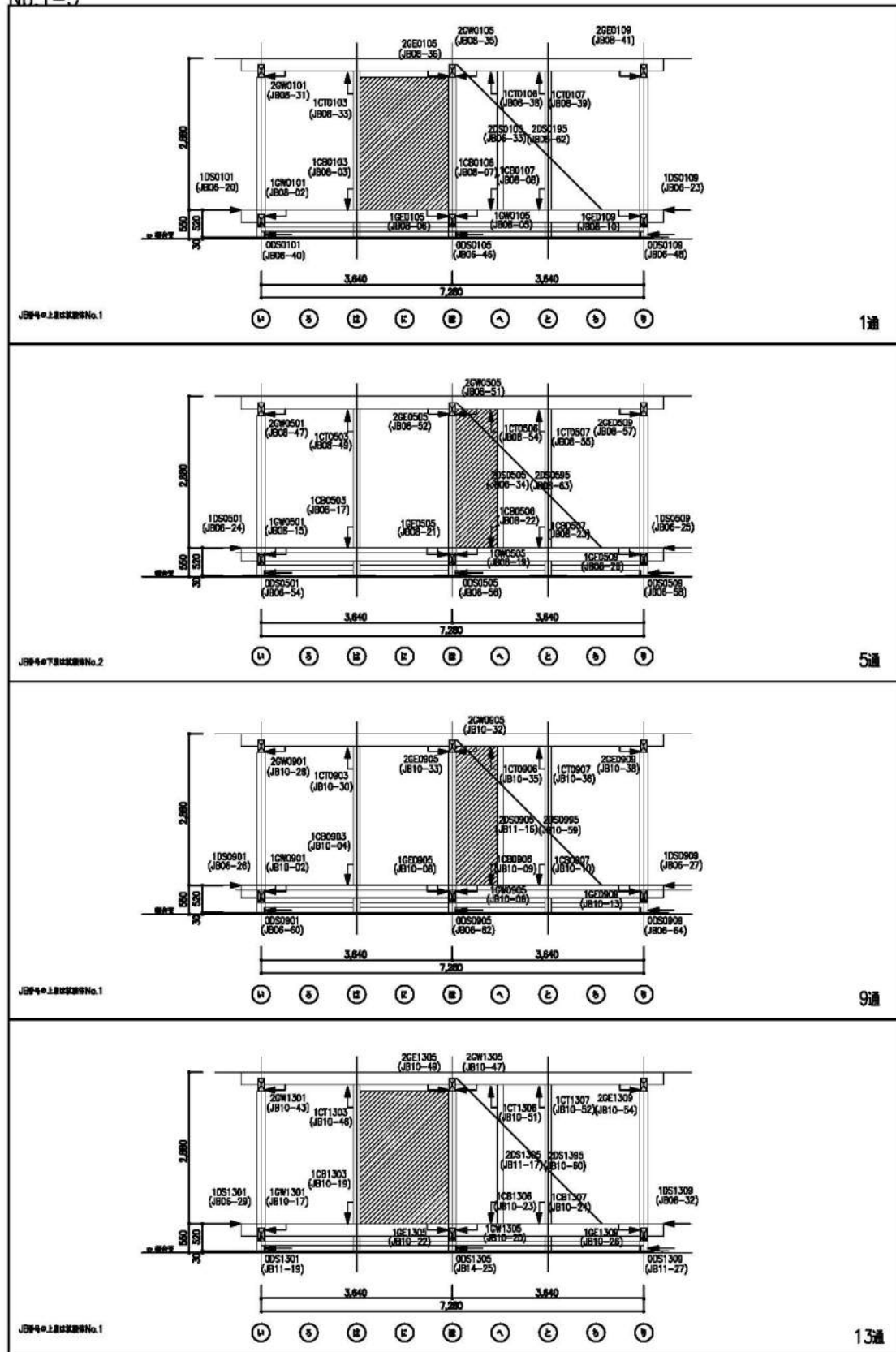


図 2.3.1 -2(5) 試験体 No.1 計測点(5)

平成22年度伝統木造建物実験 試験体No.2計測計画

計測器の位置、方向は平面図優先

No.2-1

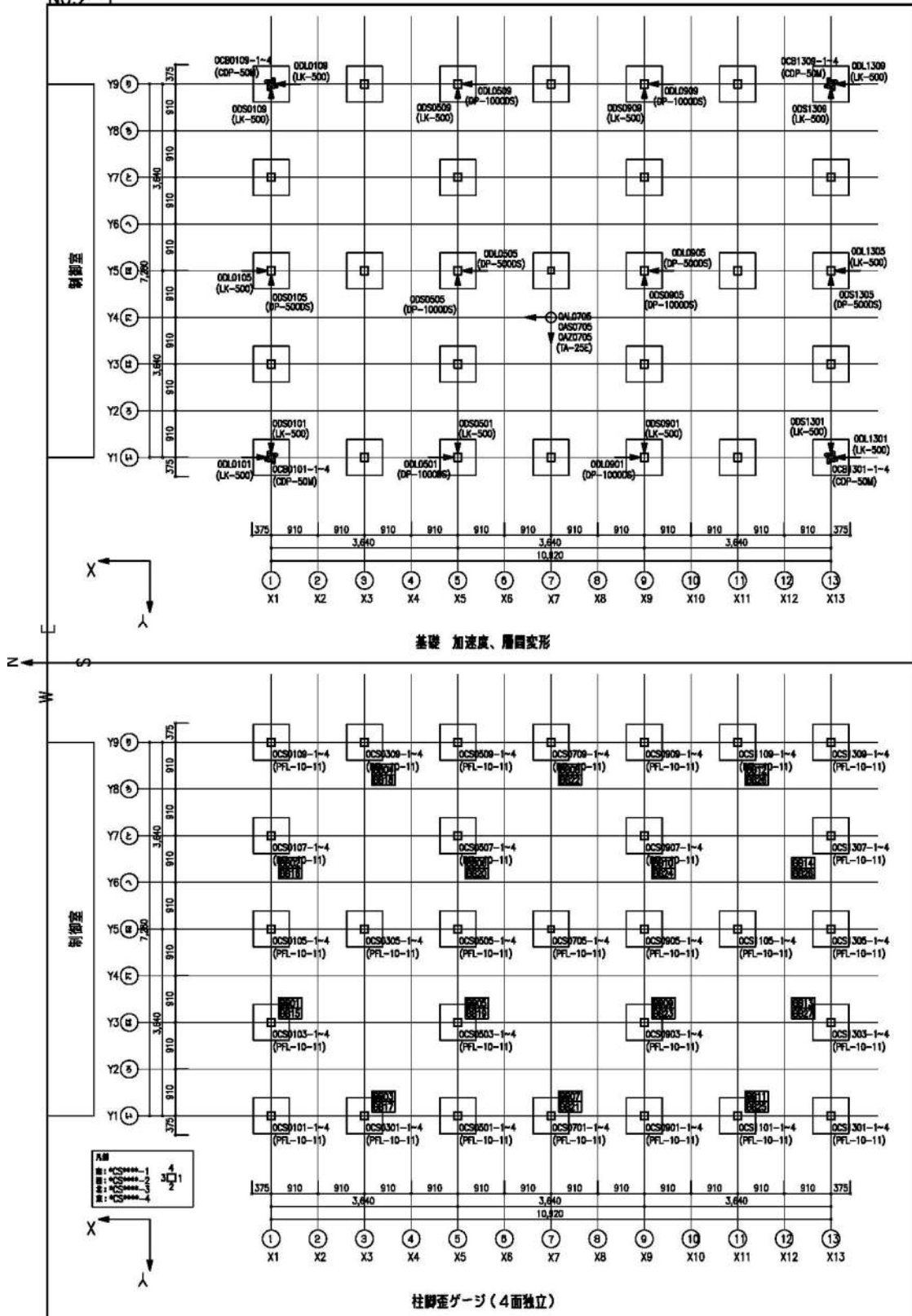


図 2.3.1 3(1) 試験体 No.2 計測点(1)

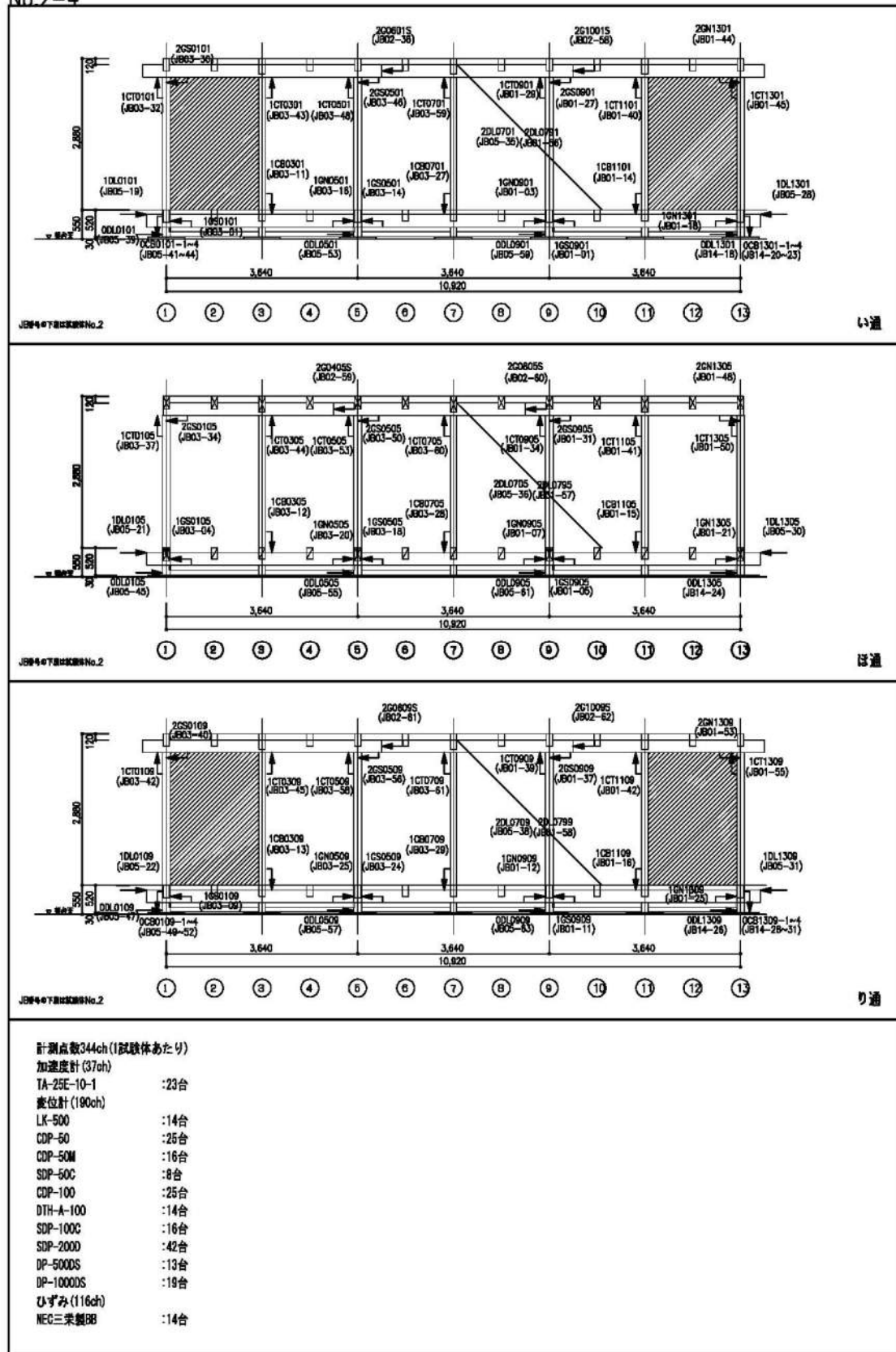


図 2.3.1 3(4) 試験体 No.1 計測点(4)

No.2-5

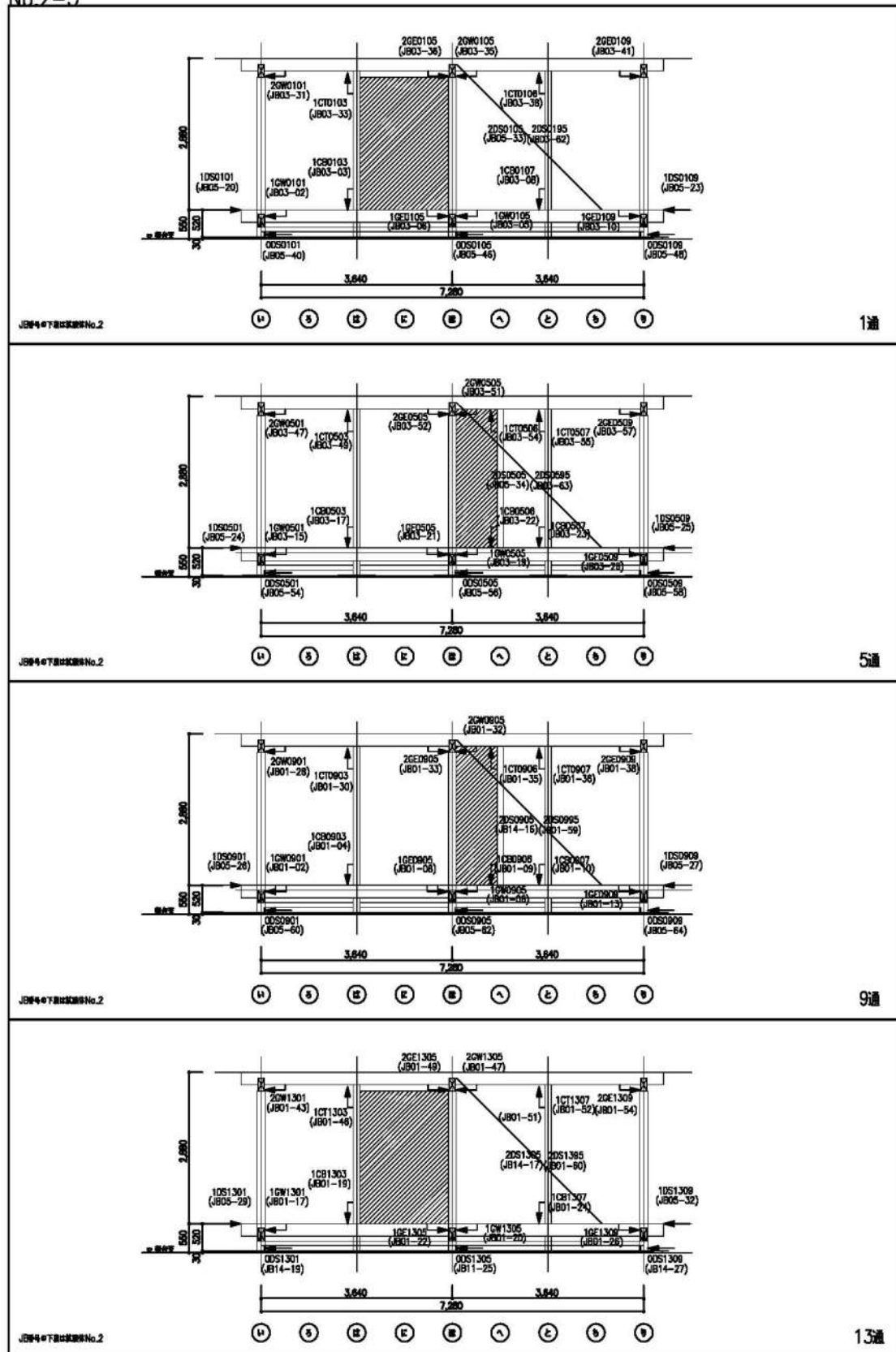


図 2.3.1 3(5) 試験体 No.2 計測点(5)

(a) カメラ

3次元画像変位計測は、図 2.3.1-4 のように、試験体 No.1, No.2 棟は 2 棟同時に振動実験を行ったため 8 台のカメラを使用した。

カメラのレンズは、

1月6, 7日

カメラ 1,2,4,5,6,7,8 : f16mm, カメラ 3 : f12.5mm を使用した。

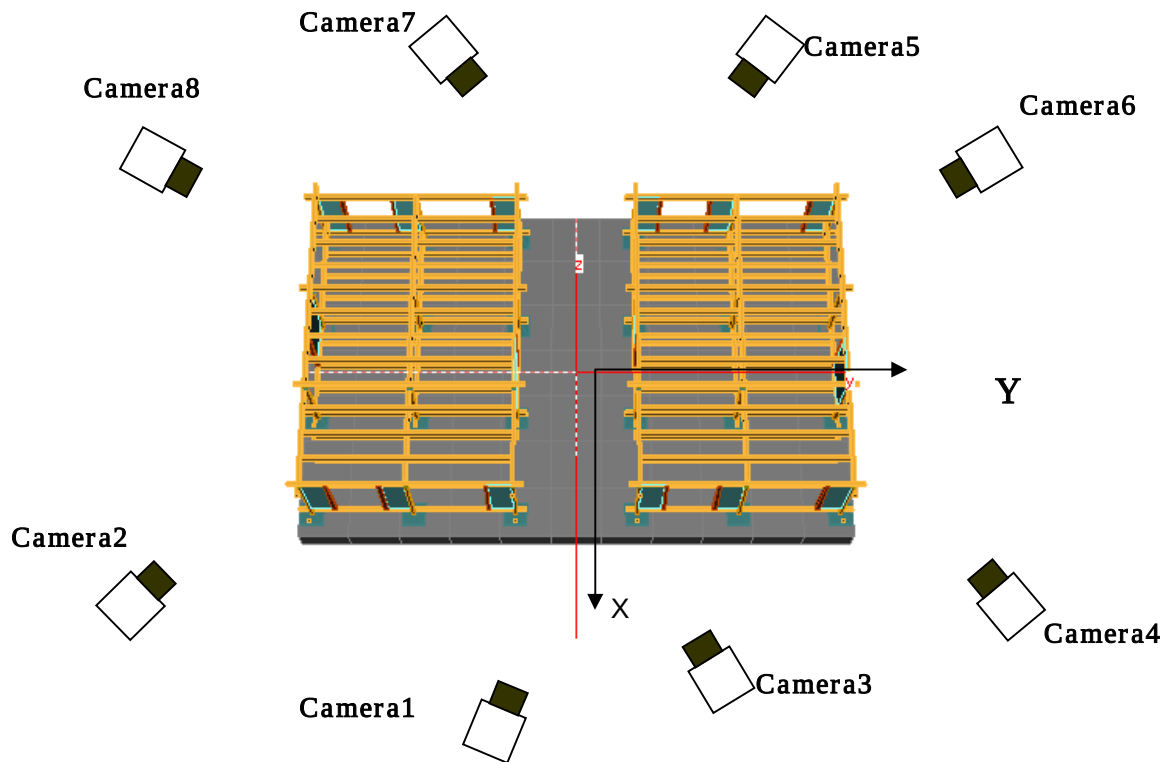
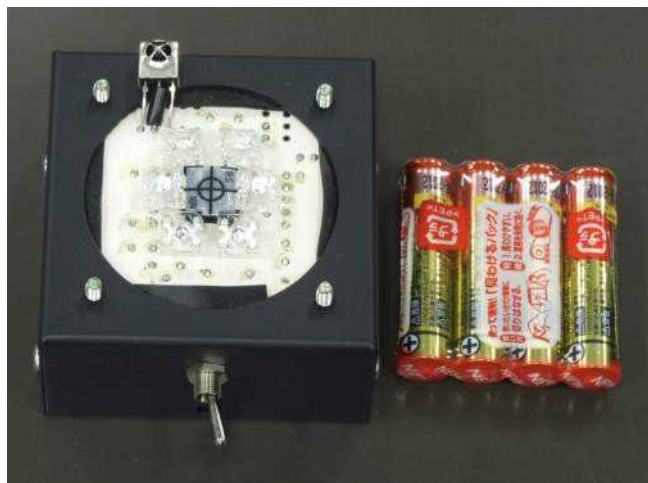


図 2.3.1 4 No.1、No.2 棟計測時のカメラ配置 (1月6、7日) (8台)



中型リモコンマーカ(アルミ製)

箱サイズ	: 60×60×31 mm
ランプ光点中心高さ	: 35mm+
	(両面テープ使用時: 1mm)
相当直径	: 約 25mm
ランプ数	: 6
重さ	: 115 g (単4電池4本内臓時)
測定可能分解能	: 0.5mm (最適条件時)

図 2.3.1 5 中型リモコン発光マーカ(60×60×35、120g)

(b) 測定用マーカー

測定用マーカーには、中型のリモコン式電池内臓の発光マーカーを使用した。図 2.3.1-6 に使用したマーカーの写真を示す。中型リモコンマーカーの大きさは W60mm, D60mm, H35mm アルミ製で 6 個の LED を搭載している。重さは約 120g である。裏面にはアルミ製の板が固定されており、裏面か側面を両面接着テープで固定した。赤外線リモコンで発光をコントロールすることができる。連続で 16 時間以上点灯させることができる。

図 2.3.1-6 にマーカー設置位置を示す。測定可能な点でかつ構造物の動きを捉えることができる点を No.1, No.2 については各棟 20 点ずつ設置し、さらにベースの土台に数点と振動台上に 4 点設置した。マーカーは赤と黄色の 2 色である。マーカー番号は、上から順に反時計回り (Z 軸方向) に割り振っている。

計測は次の手順で行い、3 次元データの計算処理は取得した画像データを用いて実験終了後に行った。

① マーカーの設置

足場があるときにあらかじめ設置、あるいは高所作業車で設置した。

② マーカー座標計測

3 次元測器 Set330RS を用いてマーカーの初期位置を測定した。

③ カメラ設置および同期ケーブル配線

カメラの設置、レンズの選択、装置の接続を行った。

④ 撮影および画像データ保存 (実験回数分)

同期した 7 台のカメラ映像を取得し保存した。

⑤ マーカー追跡処理および 3 次元データ取得

画像からマーカー位置を追跡し 3 次元座標を計算した。

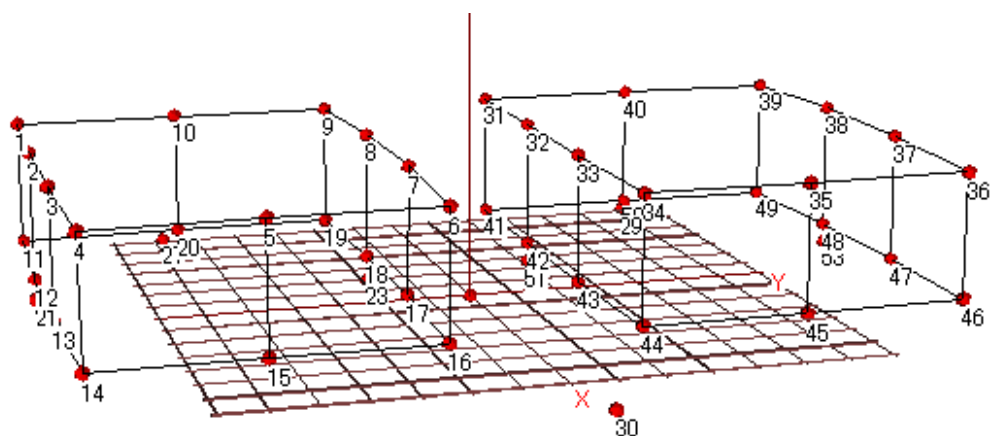
⑥ データ処理

計算した 3 次元座標データから振動台からの相対変位などを求めた。

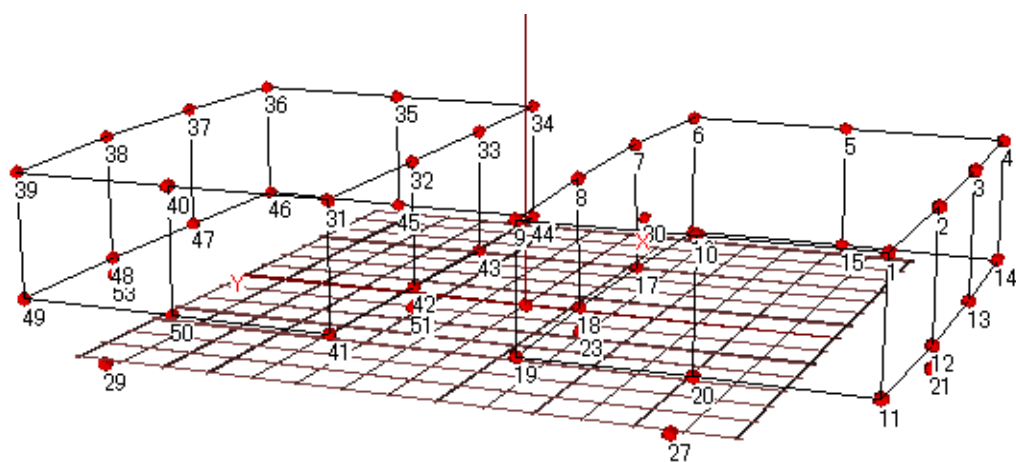
画像データと、ひずみ計測等の他の計測データとの同期は、画像計測のスタートトリガー信号を、他の計測システムの 1 チャンネル分 (15 系統 64 入力チャンネル NETPLUS 項目) に入力して行った。画像計測のスタートのタイミングは、NETPLUS 項目の値が、5V から 0V に変化した時点から 100 分の 1 秒後となる。ただし、 ± 100 分の 1 秒のタイミングの差が存在する。

なお、画像計測のスタートは手動により、実験スタートの合図から約 9 秒後に行った。(スタートボタンを押すことによりスタート)

なおデータのサンプリング周波数は、100Hz としている。



制御室側から見た No.1、No.2 棟のマーカ番号



観客席側から見た No.1、No.2 棟のマーカ番号

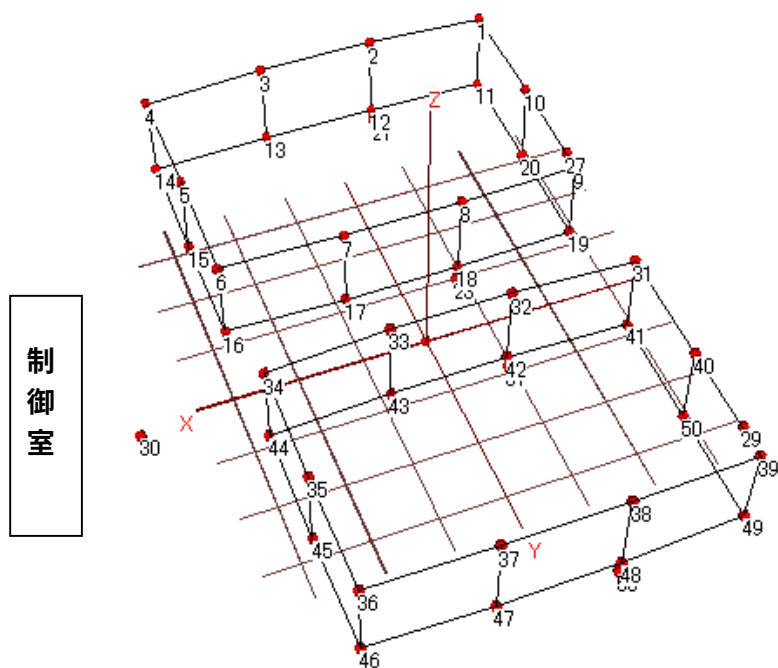


図 2.3.1-6 No.1、No.2 のマーカ設置位置と番号

2.3.2 試験体 No.3

(1) 試験体の概要

2 階建

柱脚仕様：柱脚固定・土台仕様（写真 2.3.2-1 参照）

壁：乾式土壁パネル片面貼り

延べ面積：4 間×6 間、158.99 m²

軒高：5.98m

最高の高さ：約 7.9m

最大幅：12.78m×9.28m

主な使用材料

屋根：日本瓦葺き 外壁・内壁：乾式土壁パネル 1 階床、2 階床：杉板 厚 30mm

柱：杉 150mm 角及び 120mm 角（天然乾燥材）梁：杉 120×240、120×300 他（天然乾燥材）

試験体 No.3（写真 2.3.2-2 参照）の平面形は、試験体 No.1 及び No.2 とほぼ同じ。



写真 2.3.2-1 土台仕様

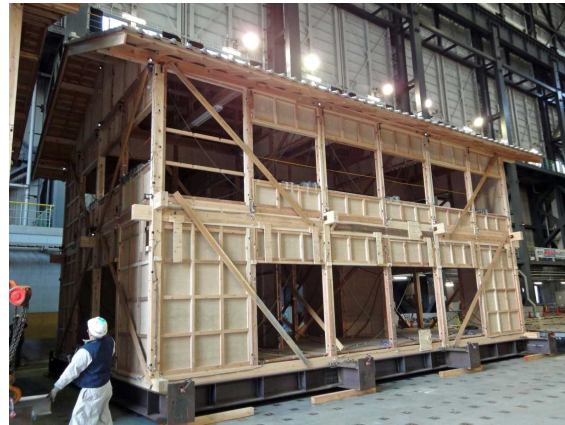


写真 2.3.2-2 実験棟内に仮置きされた試験体 No.3

(2) 試験体重量

試験体 No.3 の天井クレーンによる重量の計測値の電光掲示値は 58ton であった。この値は、試験体軸組（軸組＋壁＋床＋天井）＋吊り治具の重量の重量である。吊り治具は 18.5ton(電光掲示の値が 18-19ton でゆらいでいるため)とする。その他、吊り治具として 150H8 本(9m)が入るため、31.5kg/m×9m×8 本の 2.27ton である。従って、試験体（軸組＋壁＋床＋天井）の重量は、37.2ton となる。

(3) 実験日程

2011 年 1 月 13 日－14 日

(4) 実験の内容

- ① 1 階と 2 階の耐力バランスによって建築物の挙動にどのような影響を与えるか、1 階と 2 階の耐力バランスを変えて調べる
- ② 水平構面(2 階床)の変形と鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるか、偏心率を変えて調べる

1 階と 2 階の壁量や壁配置を変えてパラメトリックスタディが行なえるように、壁を乾式土壁パネル貼りとして加振実験ごとに壁を貼り替えて実験を行う。

(5) 試験体 No.3 の加振と壁配置

加振はA、B、C、Dとし、対応する壁配置をA、B、C、Dとする。

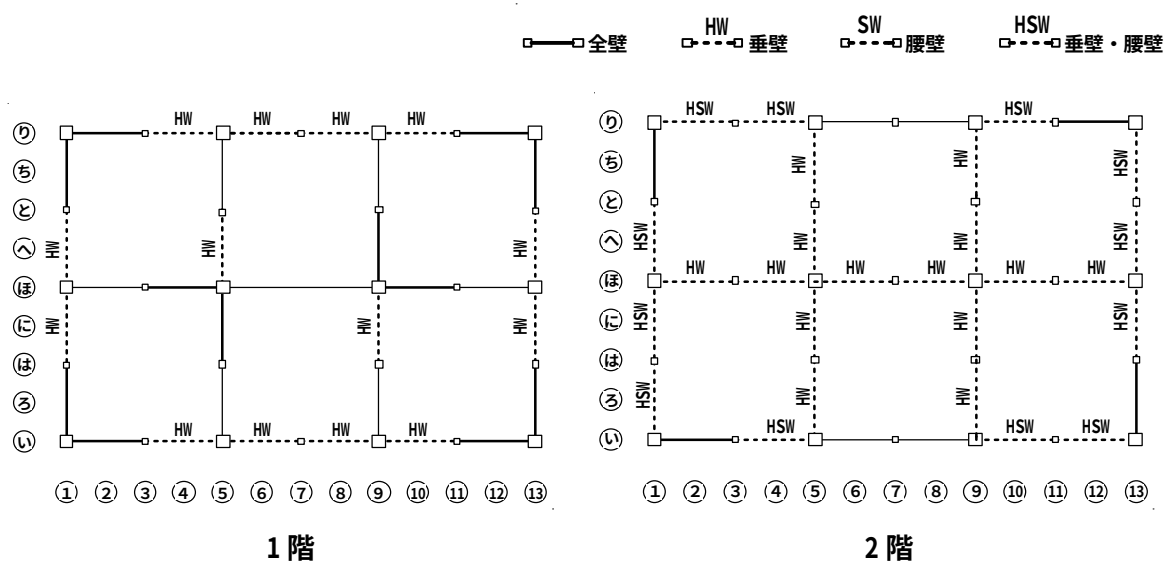
第1日 (1月13日)

1) 加振A

壁配置A：偏心なし、1 階と 2 階の耐力バランスは概ね良い

入力地震動：BCJ-L1、BCJ-L2 長辺方向および短辺方向

実験内容：壁配置Aを基本配置として、他の壁配置による応答の違いを見る。

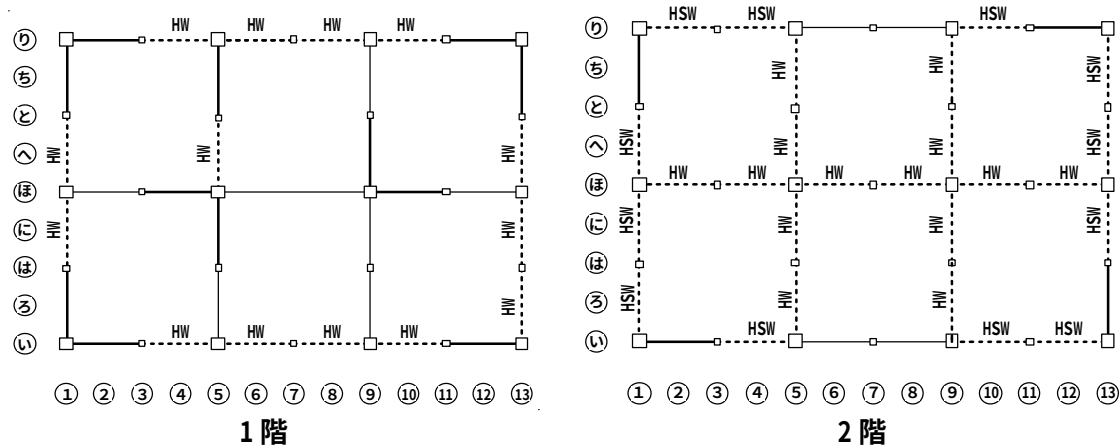


2) 加振B

壁配置B：偏心有り (1 階部分に偏心あり)、2 階は壁配置Aと同じ

入力地震動：BCJ-L2 長辺方向および短辺方向

実験内容：1 階部分の偏心により、地震時応答への影響を見る。



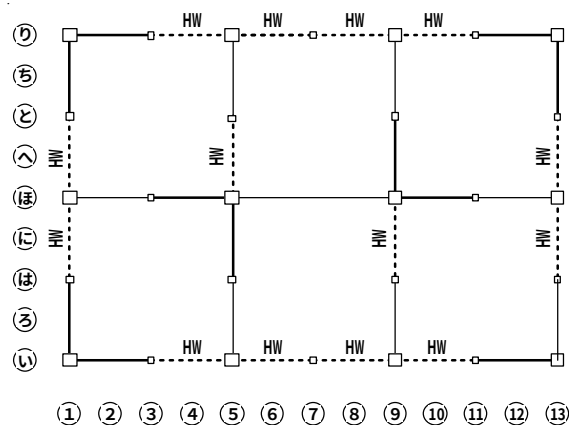
第2日（1月14日）

3) 加振C

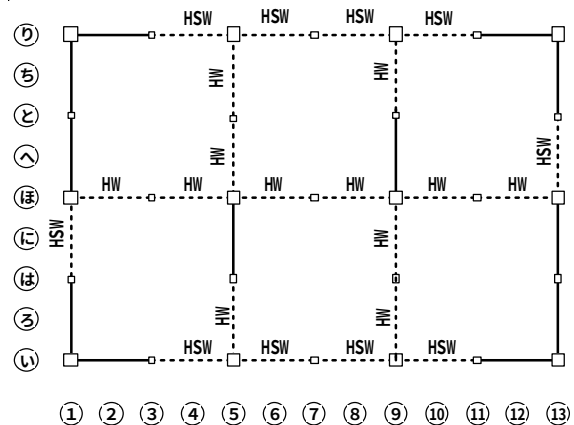
壁配置C：1階部分は壁配置Aと同じであるが、2階の耐力を高くして1階と2階の耐力バランスが悪い

入力地震動：BCJ-L1、BCJ-L2 長辺方向および短辺方向

実験内容：1階と2階の耐力バランスが悪い場合の応答を検証する



1階



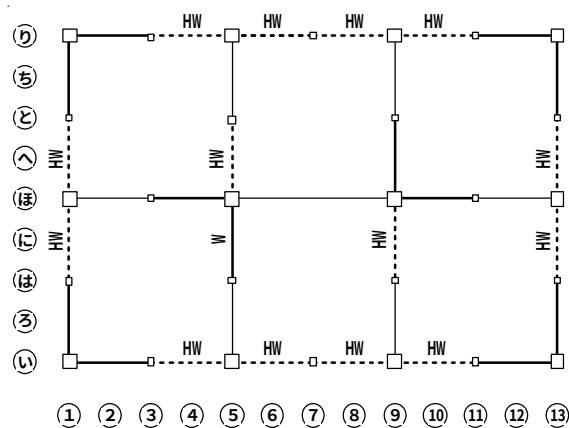
2階

4) 加振D

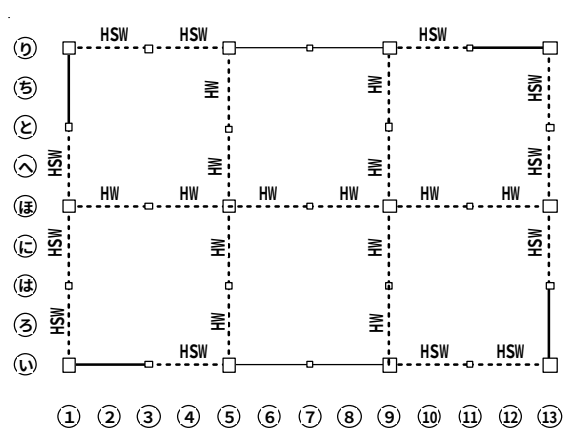
壁配置D：壁配置Aと同じ

入力地震動：JMA 神戸（3方向、NS：短辺方向、EW：長辺方向）

実験内容：巨大地震での応答を検証する

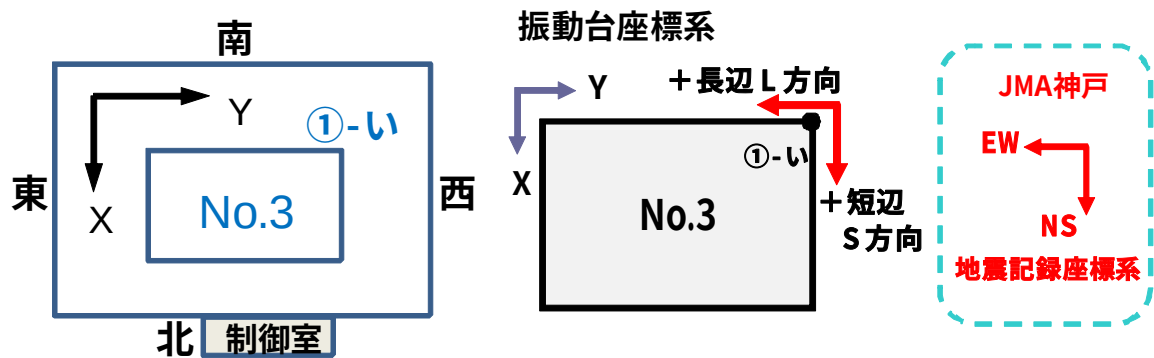


1階



2階

(6) 試験体 No.3 の設置方向と加振方向



試験体 No.3 の長辺 (L) 方向、短辺 (S) 方向のそれぞれ+方向を基準とする。

White noise 波

振動加振方向 X、Y 方向と同じ

BCL-L1、BCJ-L2 波

振動台 X 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : BCL-L1、BCJ-L2 波の+-は正

振動台 Y 方向加振 (試験体の長辺 (L) 方向) : BCL-L1、BCJ-L2 波の+-は逆

JMA 神戸波 (3 方向)

振動台 X 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : JMA 神戸波 NS の+-は正

振動台 Y 方向加振 (試験体の長辺 (L) 方向) : JMA 神戸波 EW の+-は逆

(7) 試験体 No.3 の加振スケジュール

1月13日

時刻	必要 時間	作業	加振・作業内容	計測 コード	損傷観察 コード	
9:00	25	全体ミーチング (大会議室)	スケジュールの説明と確認 損傷観察の説明		4A-PR-	
9:25	10	安全講習(大会議室)	未講習者のみ安全講習			
9:35	40	加振前損傷観察 その他チェック	損傷観察の手順確認と加振前損傷観察 加振前のチェック			
10:15	95	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)			
11:50	12	A－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3A-1WN2		
	12	A－2加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 Y方向加振 試験体長辺L方向	3A-2B1YL		
	12	A－3加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 X方向加振 試験体短辺S方向	3A-3B1XS		
	12	A－4加振・安全限界検証	・BCJ-L2 Y方向加振 試験体長辺L方向	3A-4B2YL		
12:38	20	震動台停止			3A-4B2YL-	
12:58	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	12	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)			
13:20	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)			
13:50	12	A－5加振・安全限界検証	・BCJ-L2 X方向加振 試験体短辺S方向	3A-5B2XS		
	12	A－6加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3A-6WN2		
14:14	20	震動台停止				3A-5B2XS-
14:34	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	14	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)			
	30	乾式土壁B配置換	パネル交換チーム			
15:30	30	震動台運転				
16:00	12	B－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3B-1WN2		
	12	B－2加振・安全限界検証	・BCJ-L2 Y方向加振 試験体長辺L方向	3B-2B2YL		
16:24	20	震動台停止				3B-2B2YL-
16:44	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	16	損傷観察・その他チェック	損傷観(損傷観察チーム)			
17:10	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)			
17:40	12	B－3加振・安全限界検証	・BCJ-L2 X方向加振 試験体短辺S方向	3B-3B2XS		
	12	B－4加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3B-4WN2		
18:04	0:00	震動台停止				3B-3B2XS-
18:24	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	36	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)			
	60	乾式土壁C配置換	パネル交換チーム			
20:10		その他、計測機器チェック				

1月14日

時刻	必要時間	作業	加振・作業内容	計測コード	損傷観察コード	
9:00	25	全体ミーティング (大会議室)	スケジュールの説明・確認 損傷観察の説明		3B-PR-	
9:25	10	安全講習(大会議室)	未講習者のみ安全講習			
9:35	40	加振前損傷観察 その他チェック	損傷観察の手順確認と加振前損傷観察 加振前のチェック			
10:15	75	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)			
11:30	12	C－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3C-1WN2	3C-4B2YL-	
	12	C－2加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 Y方向加振 試験体長辺L方向	3C-2B1YL		
	12	C－3加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 X方向加振 試験体短辺S方向	3C-3B1XS		
	12	C－4加振・安全限界検証	・BCJ-L2 Y方向加振 試験体長辺L方向	3C-4B2YL		
12:18	20	震動台停止				3C-4B2YL-
12:38	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	27	損傷観察・その他チェック	損傷観(損傷観察チーム)			
13:15	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)			
13:45	12	C－5加振・安全限界検証	・BCJ-L2 X方向加振 試験体短辺S方向	3C-5B2XS		3C-5B2XS-
	12	C－6加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3C-6WN2		
14:09	20	震動台停止			3D-1WN2	
15:05	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	31	損傷観察・その他チェック	損傷観(損傷観察チーム)			
	60	乾式土壁の交換	パネル交換チーム			
16:10	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		3D-2KO3	
16:40	12	D－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3D-1WN2	3D-3WN2	
	12	D－2加振・崩壊限界検証	・JMA神戸 3方向(NS:X, EW:Y) 加振	3D-2KO3		
	12	D－3加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向＆Y方向	3D-3WN2		
17:16	20	震動台停止			3D-2KO3-	
17:36	10	安全確認	試験体の安全確認(木村・大西・野村)			
	34	損傷観察	損傷観(損傷観察チーム)			
18:20		計測機器の撤去、その他				

(8) 計測方法

試験体の地震時挙動を把握するために、以下のように変位、加速度、歪を計測した。

1) 各層加速度

加速度計

2) 各層層間変位

高感度変位計 (CDP)、一般用変位計 (SDP)、巻込型変位計 (DP)

3) 柱 軸力

歪ゲージ

4) 柱 曲げ応力

歪ゲージ

5) 接合部変位

高感度変位計 (CDP)、一般用変位計 (SDP)、巻込型変位計 (DP)

6) 振動台関係

試験体の計測点を図 2.3.2-1(1)～(12)に示す。

サンプリング周波数は、200Hz としている。

7) 3次元画像計測

併せて、試験体の3次元挙動を計測するためにカメラを用いた3次元画像計測を行った。

平成22年度伝統木造建物実験 試験体No.3計測計画

計測器の位置、方向は平面図優先

No.3-1

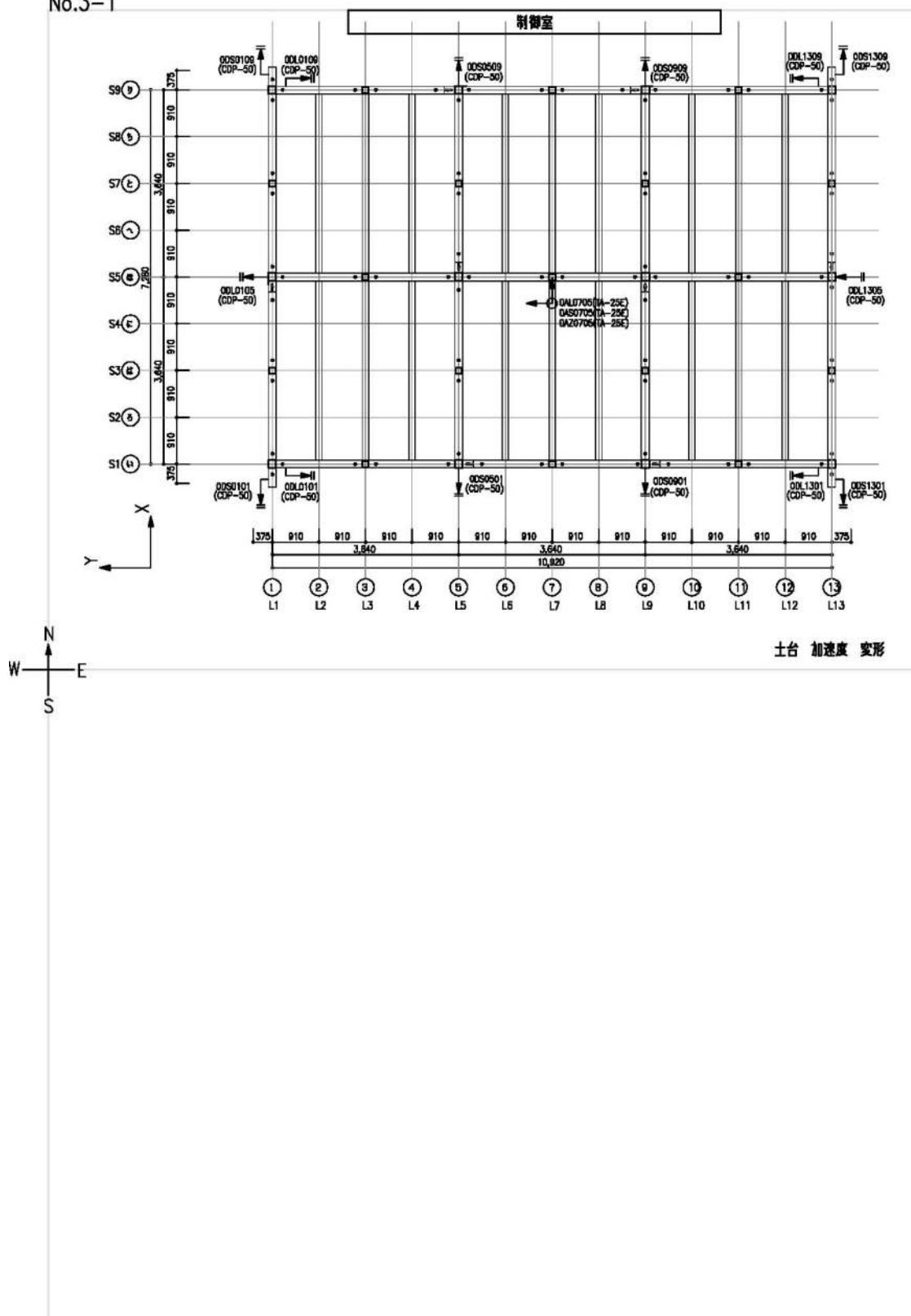


図 2.3.2 -1(1) 試験体 No.3 計測点(1)

No.3-2

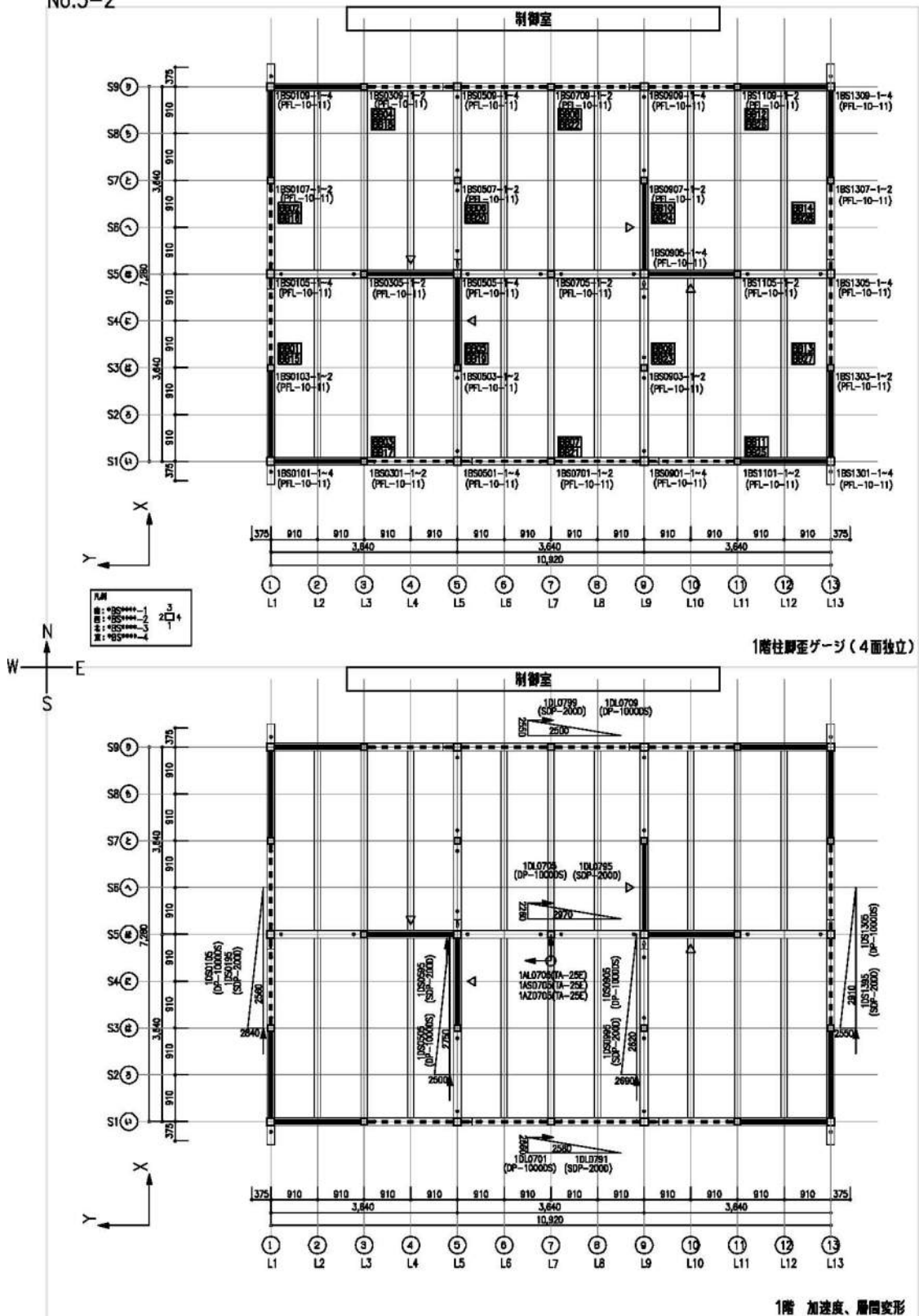


図 2.3.2 -1(2) 試験体 No.3 計測点(2)

No.3-3

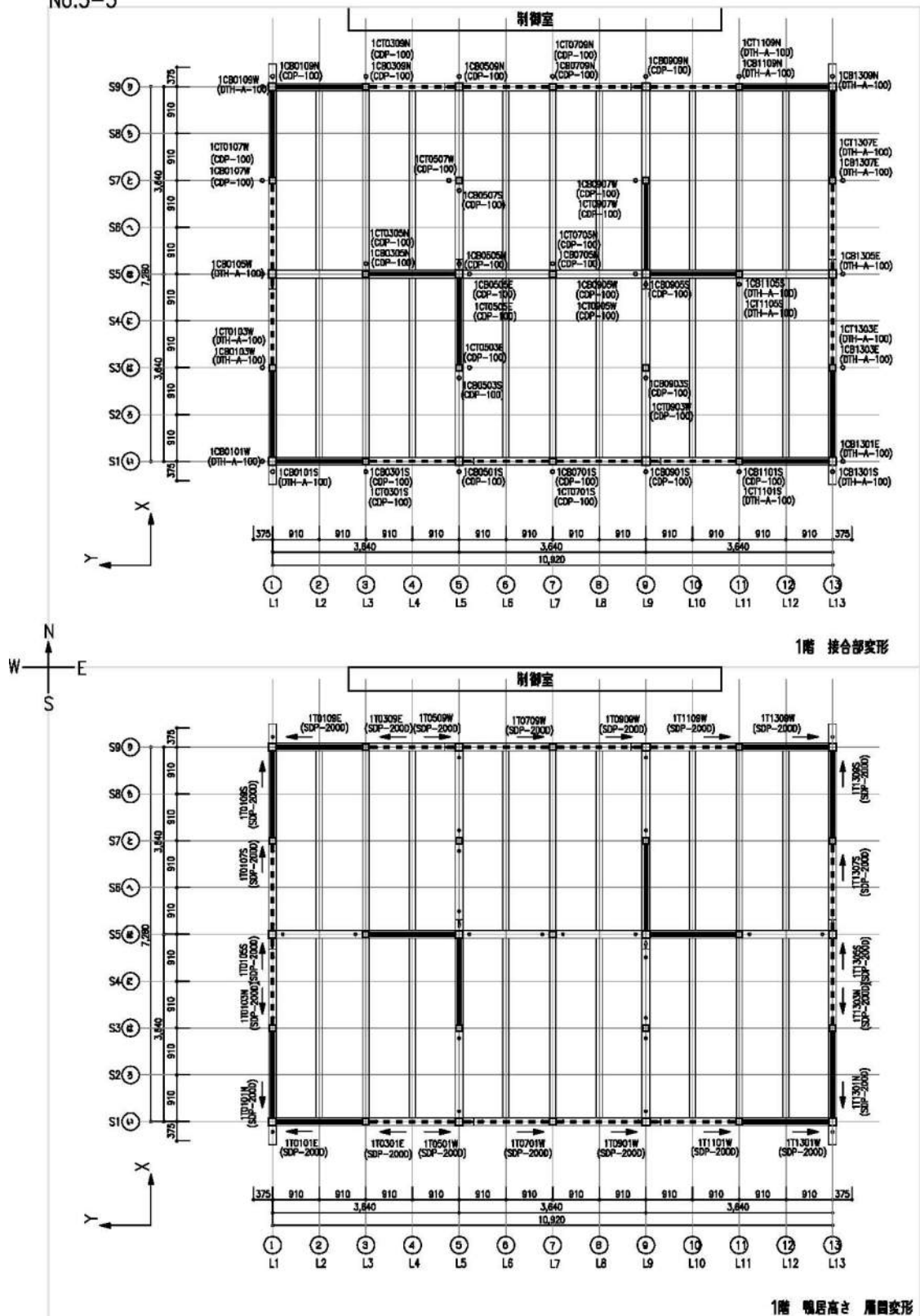
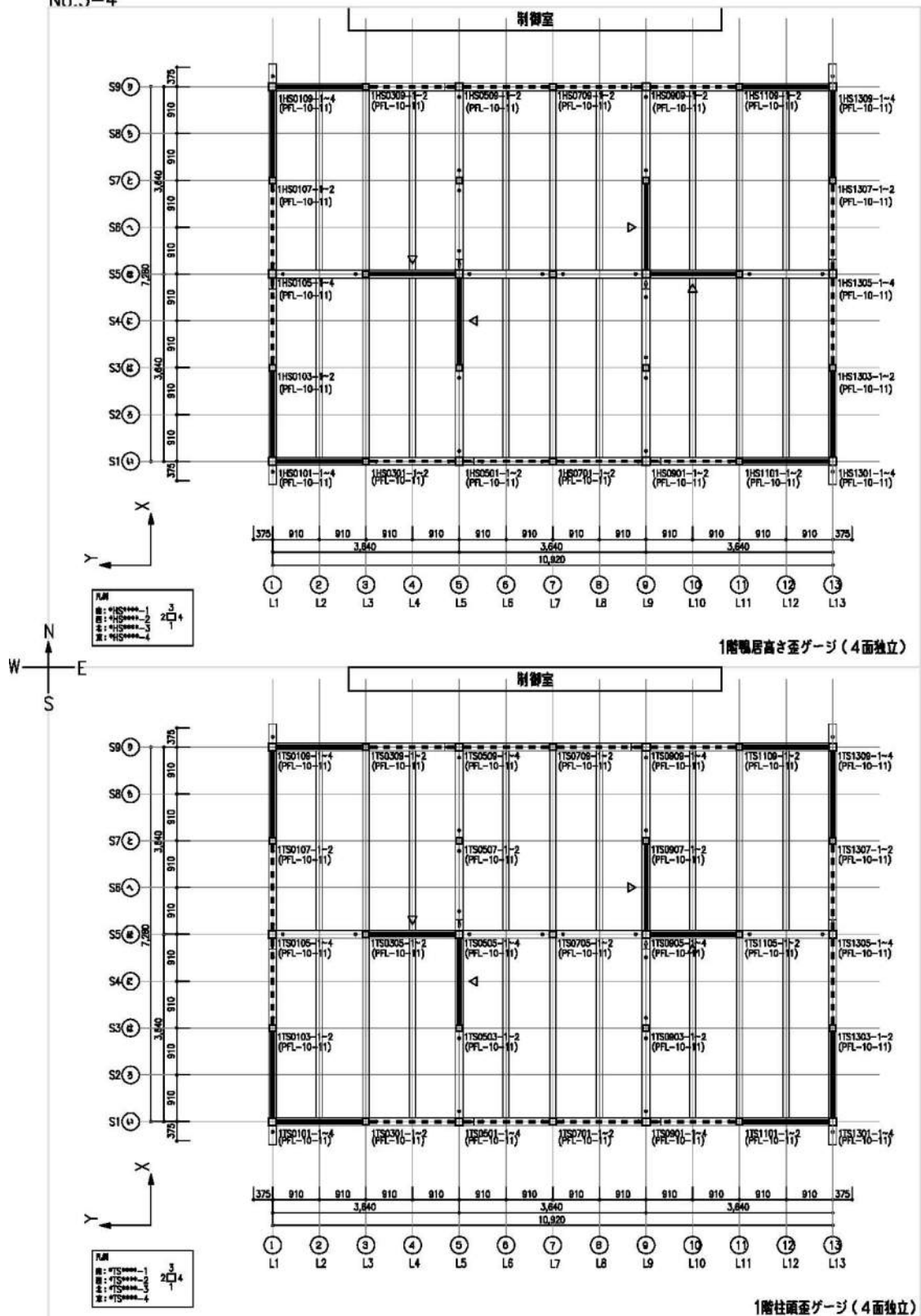


図 2.3.2 -1(3) 試験体 No.3 計測点(3)

No.3-4



No.3-5

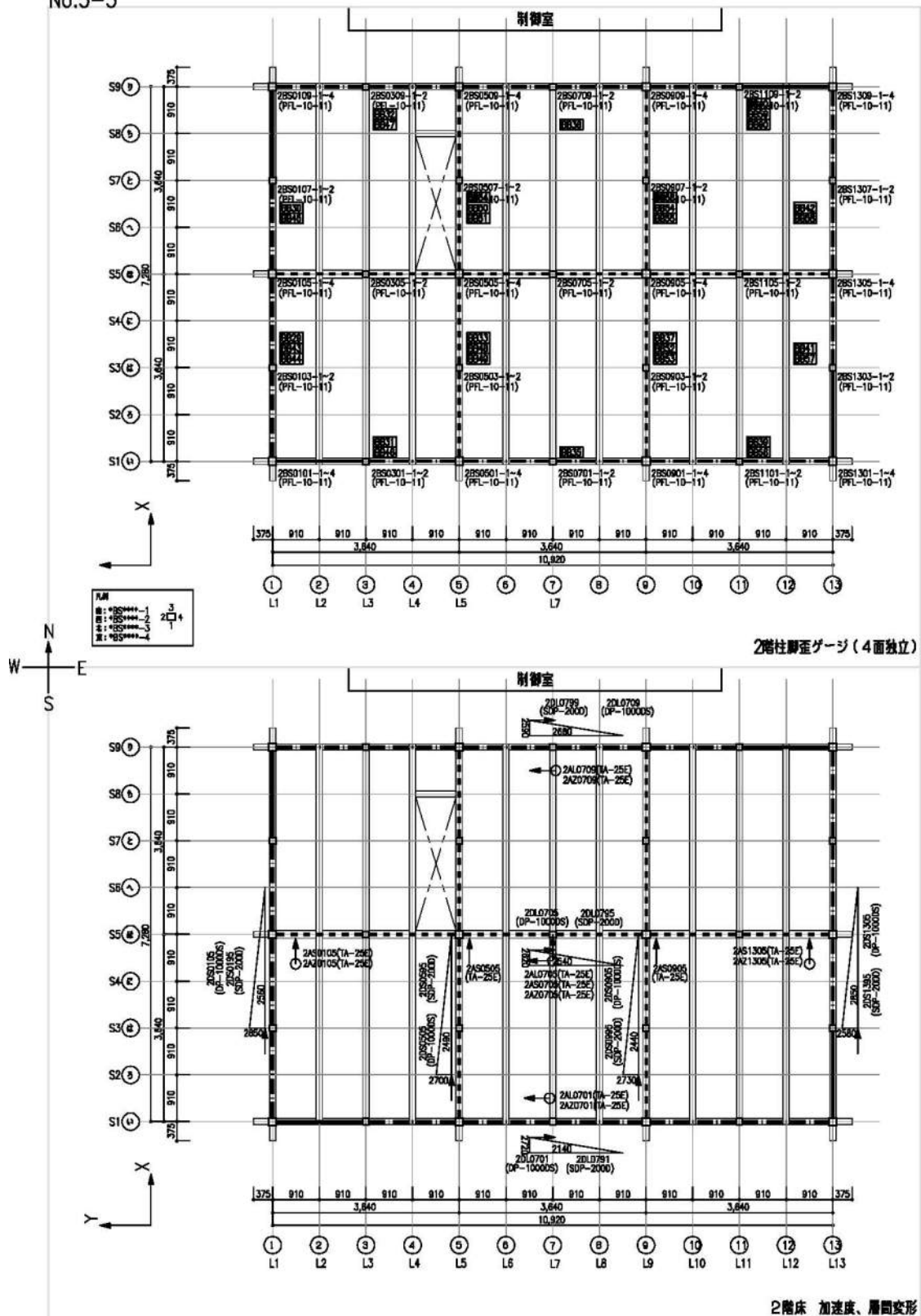


図 2.3.2 -1(5) 試験体 No.3 計測点(5)

No.3-6

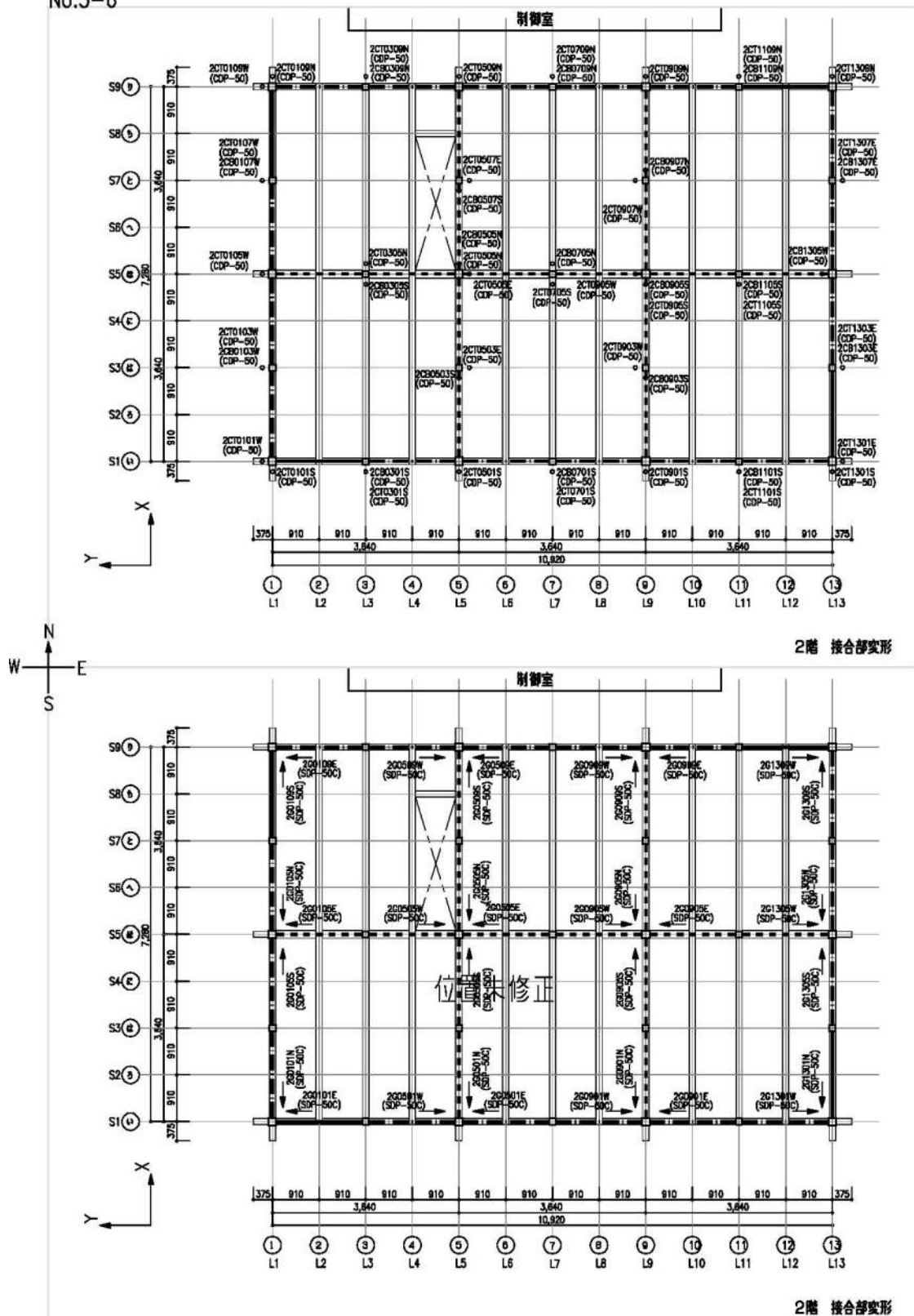


図 2.3.2 -1(6) 試験体 No.3 計測点(6)

No.3-7

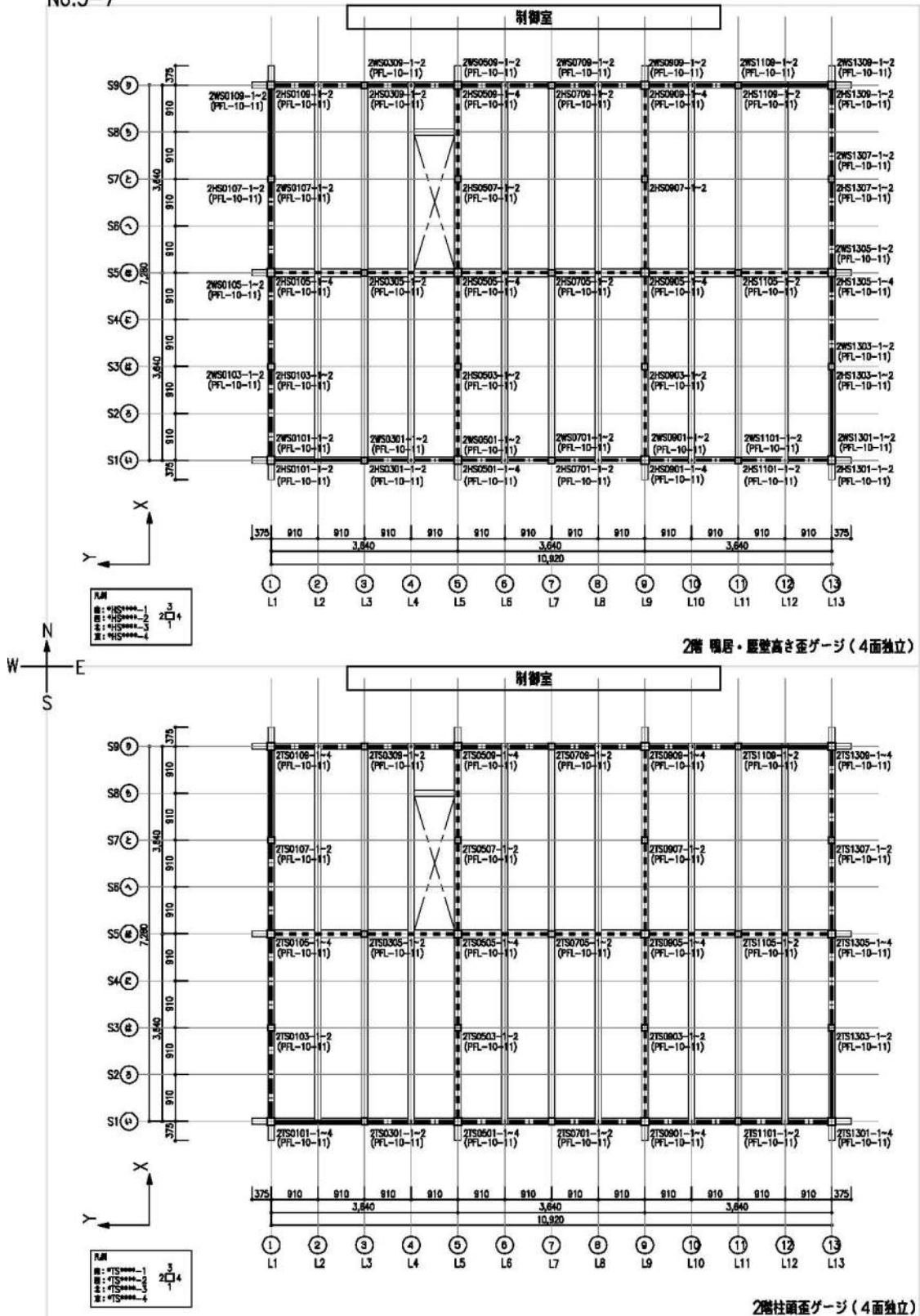
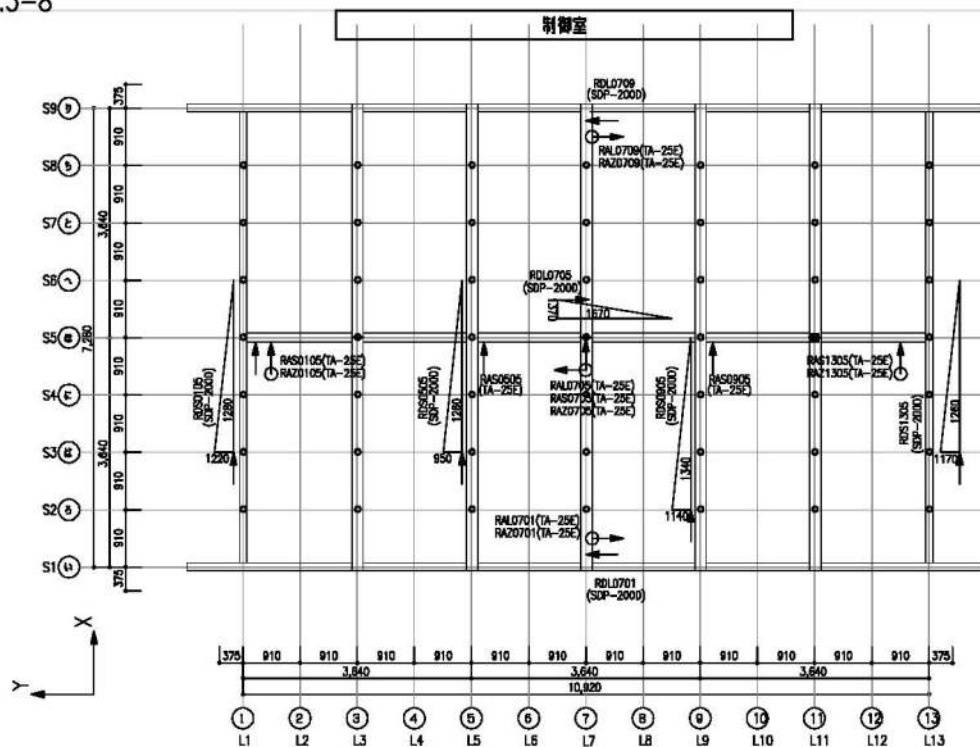
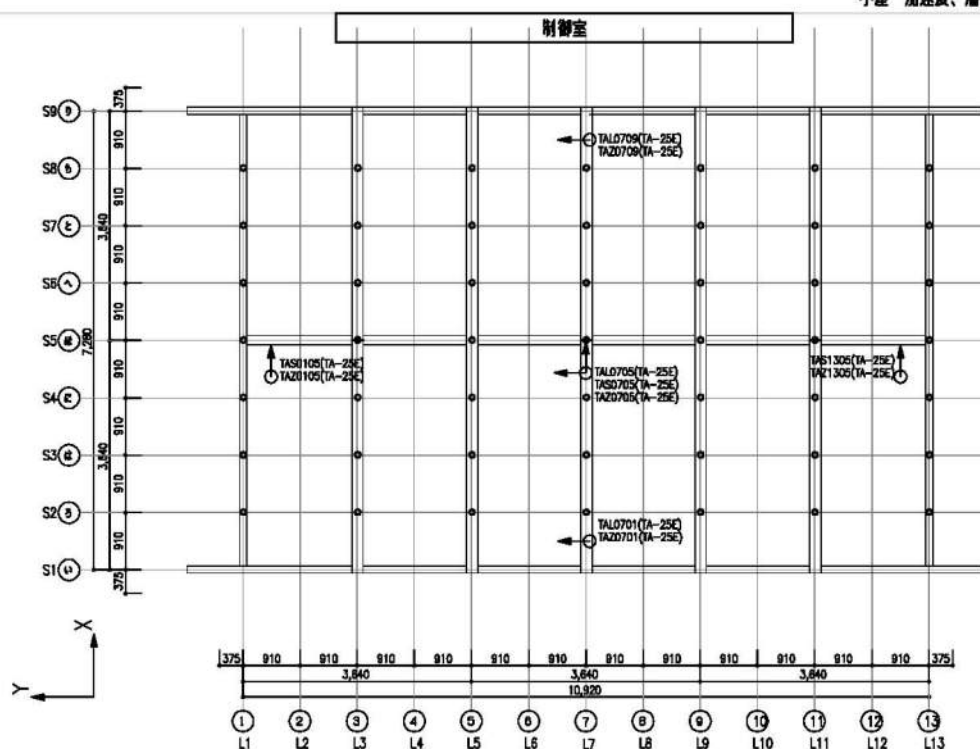


図 2.3.2 -1(7) 試験体 No.3 計測点(7)

No.3-8



小屋 加速度、層間変形

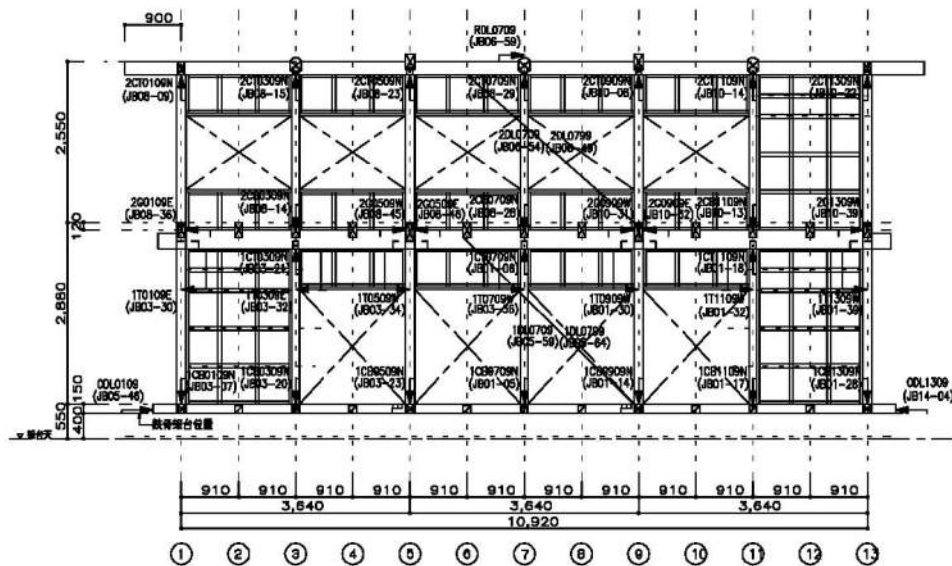


屋根 加速度

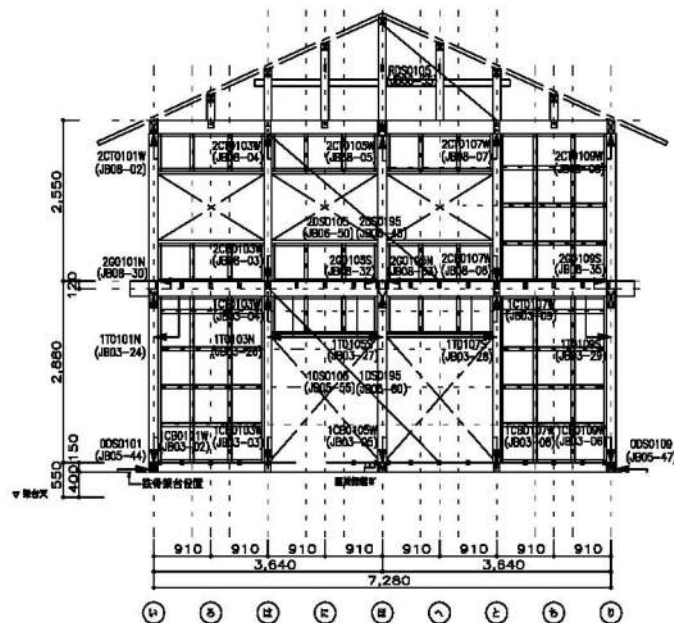
図 2.3.2 -1(8) 試験体 No.3 計測点(8)



図 2.3.2 -1(9) 試験体 No.3 計測点(9)



り通り

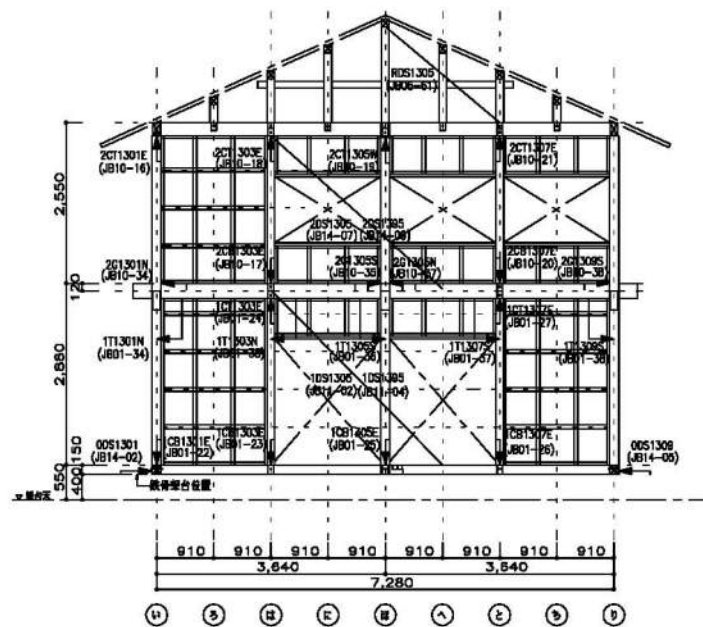


1通り

図 2.3.2 -1(10) 試験体 No.3 計測点(10)



図 2.3.2 -1(11) 試験体 No.3 計測点(11)



13通り

計測点数742ch	
加速度計(39ch)	
TA-25E-10-1	:17台
変位計(209ch)	
ODP-50	:51台
ODP-50M	:14台
SDP-50C	:34台
ODP-100	:51台
SDP-2000	:45台
DP-1000DS	:14台
ひずみ(494ch)	
NEC三菱製RB	:56台
共和電業製RB	:4台

図 2.3.2 -1(12) 試験体 No.3 計測点(12)

(a) カメラ

3次元画像変位計測は、図 2.3.2-2 のように、試験体 No.3 はカメラ 4 台で計測した。
カメラのレンズは、

1月13,14日 カメラ1：f12.5mm, カメラ2,3,4：f16mm を使用した。

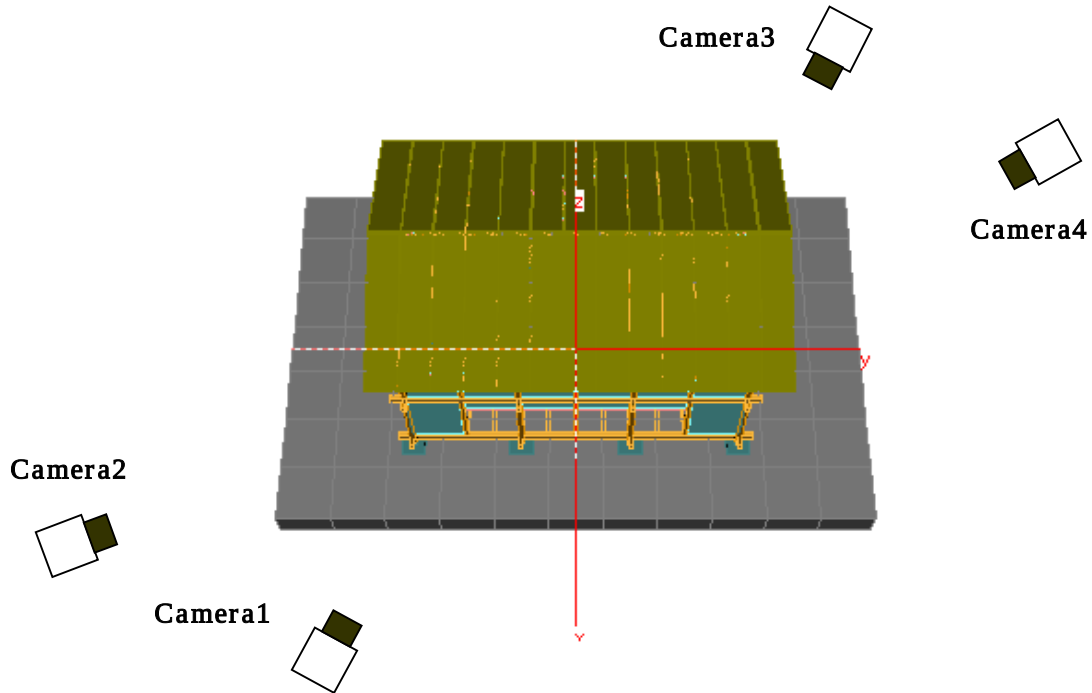
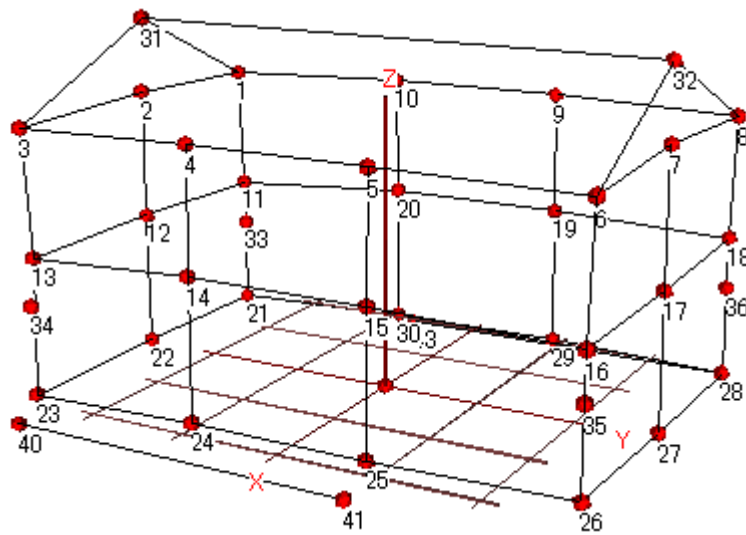


図 2.3.2-2 No.3 計測時のカメラ配置 (1月13,14日) (4台)

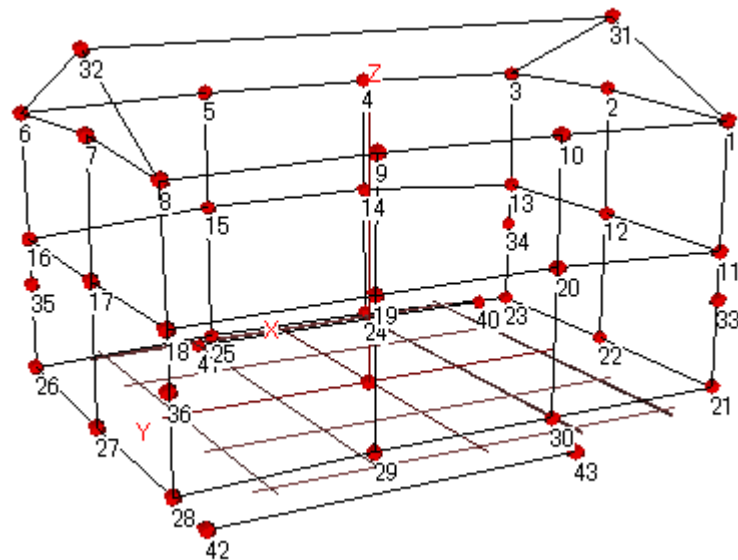
計測機器、計測方法は、図 2.3.1-1(8)と同様である。

図 2.3.2-3 にマーカー設置位置を示す。測定可能な点でかつ構造物の動きを捉えることができる点を No.3 では、32 点のマーカーを設置し、さらにベースの土台に 4～7 点を設置した。マーカー番号は、上から順に反時計回り (Z 軸方向) に割り振っている。

なおデータのサンプリング周波数は、100Hz としている。



制御室側から見た No.3 のマーカー番号



観客席側から見た No.3 のマーカー番号

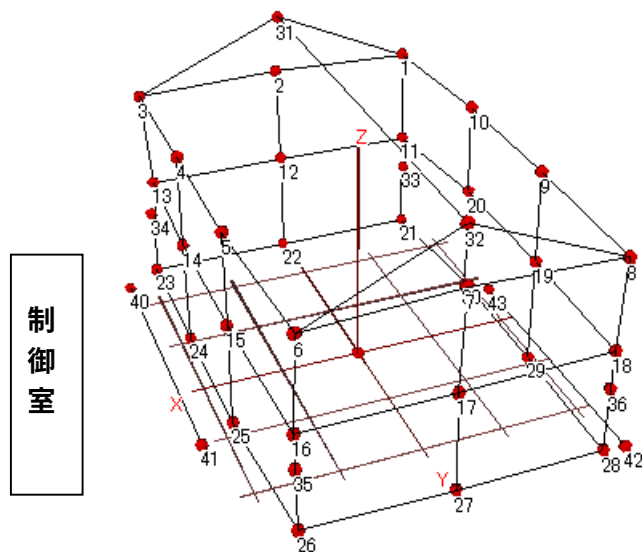


図 2.3.2 3 No.3 のマーカー設置位置と番号

2.3.3 試験体 No.4

(1) 試験体の概要

2 階建て

柱脚仕様：足固め仕様による石場建て構法

壁：伝統的な湿式土塗り壁

礎石：70cm×70cm びしゃん（細）仕上げ

延べ面積：4 間×6 間、158.99 m²

軒高：5.98m

最高の高さ：約 7.9m

最大幅：12.78m×9.28m

主な使用材料

屋根：日本瓦棧葺き

外壁・内壁：土塗り壁

床：杉板 厚 30mm

柱：杉 150mm 角及び 120mm 角

梁：杉 120×240、120×300 他



写真 2.3.3-1 実験棟に仮置きされた試験体 No.4

試験体 No.4（写真 2.3.3-1 参照）の平面形は、試験体 No.1 及び No.2 とほぼ同じ。

(2) 試験体重量

試験体 No.4 の天井クレーンによる重量の計測値の電光掲示値は 82ton であった。この値は、試験体軸組（軸組＋壁＋床＋天井）＋吊り治具の重量の重量である。吊り治具は 18.5ton(電光掲示の値が 18-19ton でゆらいでいるため)とする。その他、吊り治具として 150H8 本(9m)が入るため、31.5kg/m×9m×8 本の 2.27ton である。従って、試験体（軸組＋壁＋床＋天井）の重量は、61.2ton となる。

(3) 実験日程

2011 年 1 月 20 日－21 日 （1 月 20 日は公開実験）

(4) 実験の内容

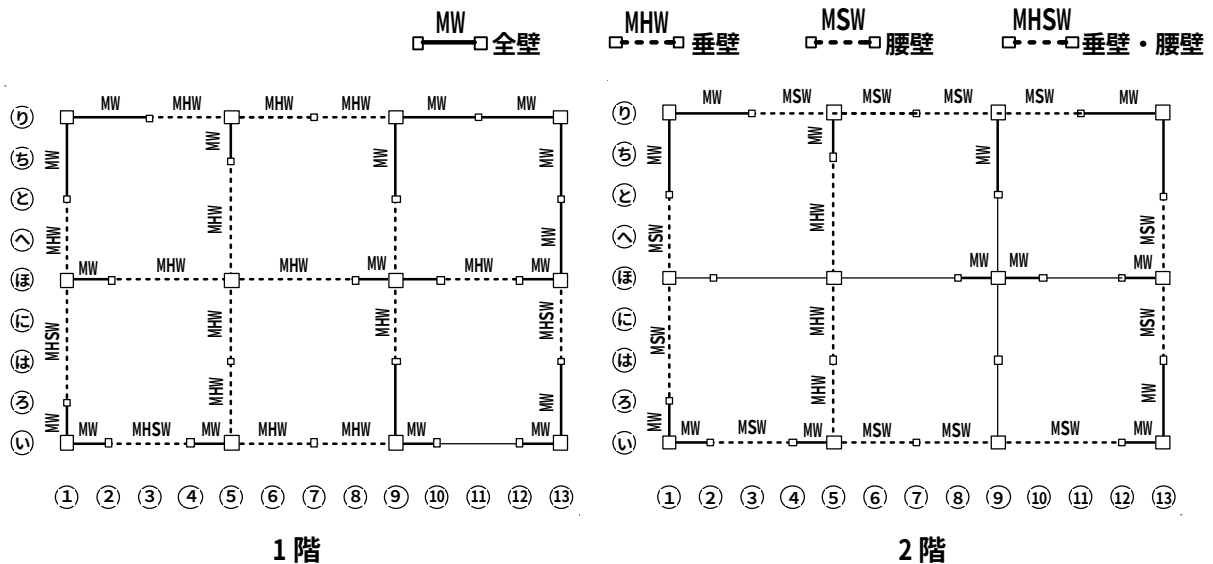
石場建て 2 階建てで柱脚の滑り発生や滑り量を検証する

- ① 石場建てによる柱脚の滑りが上部構造物の応答および安全性にどのような影響を与えるかを調べるとともに、
- ② 1 階と 2 階の耐力バランスによって建築物の挙動にどのような影響を与えるか
- ③ 水平構面(2 階床)の変形と鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるかを調べるために、試験体 No.4 は、偏心の有る壁配置となっている。

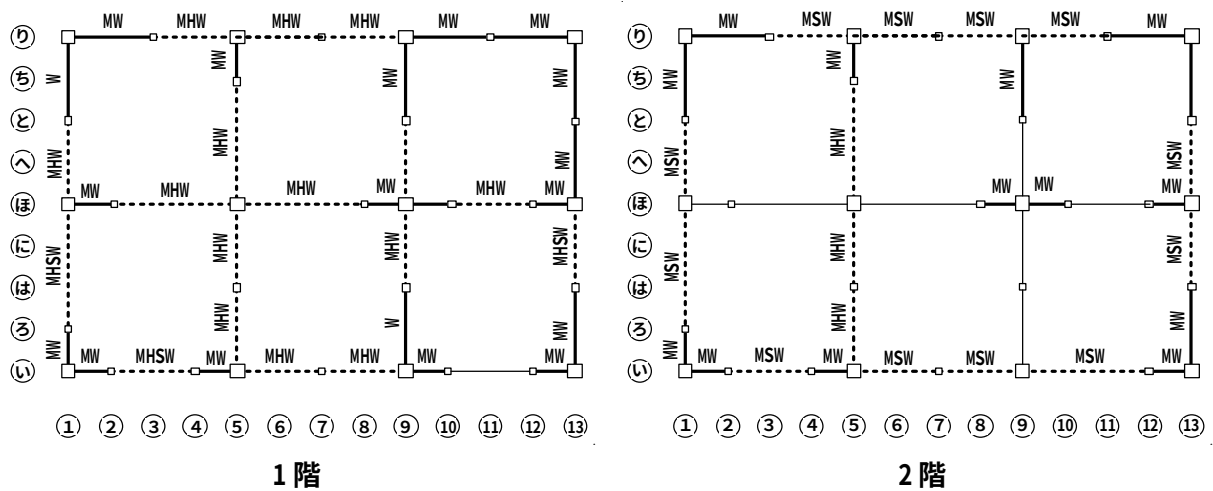
(5) 試験体 No.4 の壁配置

試験体 No.4 の試験体は、実験開始時には伝統的な湿式の土壁で構成されていたが、JMA 神戸波加振実験で損傷の著しい壁については、乾式土壁パネルで補修して、実験を継続した。
下図中のMは湿式土壁を表す。

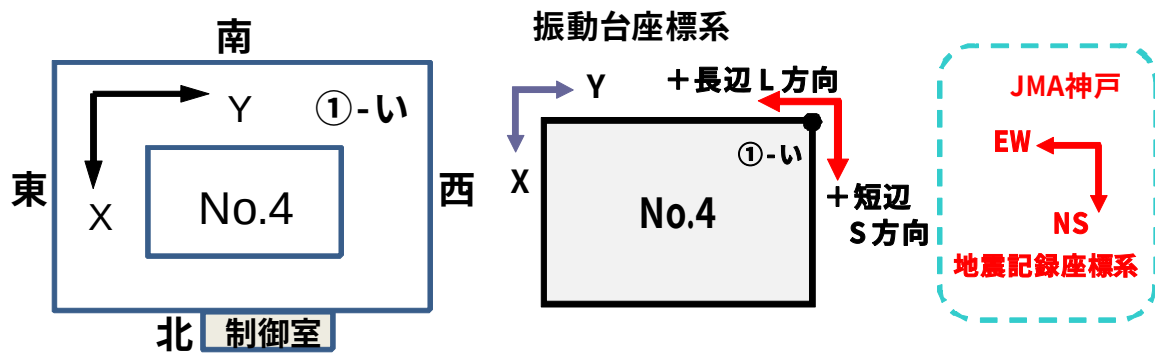
1) 加振A：湿式土壁で構成



2) 加振B：一部乾式土壁パネルで補修



(6) 試験体 No.4 の設置方向と加振方向



White noise 波

振動加振方向 X、Y 方向と同じ

BCL-L1、BCJ-L2 波

振動台 X 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : BCL-L1、BCJ-L2 波の+-は正

振動台 Y 方向加振 (試験体の長辺 (L) 方向) : BCL-L1、BCJ-L2 波の+-は逆

JMA 神戸波 (3 方向)

振動台 X 方向加振 (試験体の短辺 (S) 方向) : JMA 神戸波 NS の+-は正

振動台 Y 方向加振 (試験体の長辺 (L) 方向) : JMA 神戸波 EW の+-は逆

(7) 試験体 No.4 の加振スケジュール
1月20日(公開実験)

時刻	必要時間(分)	作業	加振・作業内容	計測コード	損傷観察コード
9:00	25	全体ミーティング (大会議室)	スケジュールの説明と確認 損傷観察の説明		
9:25	10	安全講習(大会議室)	未講習者のみ安全講習		
9:35	40	加振前損傷観察 その他チェック	損傷観察の手順確認と加振前損傷観察 加振前のチェック		4A-PR-
10:15	95	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
11:50	12	A-1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	4A-1WN2	
	12	A-2加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 Y方向加振 試験体長辺L方向	4A-2B1YL	
	12	A-3加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 X方向加振 試験体短辺S方向	4A-3B1XS	
12:26	20	震動台停止	結果の分析(解析チーム)		
12:45		プレスへの公開実験の説明	プレスへの公開実験の説明		
12:46	34	安全確認 損傷観察・その他	試験体の安全確認(木村・大西・野村) 損傷観察(損傷観察チーム)・その他チェック		4A-3B1XS-
13:20	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
13:40		公開実験の説明	公開実験と加振前の説明		
13:50	12	A-4加振・安全限界検証	・BCJ-L2 Y方向加振 試験体長辺L方向	4A-4B2YL	
14:02	20	震動台停止	結果の分析(解析チーム)		
14:10		実験結果概要の説明	結果概要の説明		
14:22	10 28 40	安全確認 損傷観察・その他 柱脚の移動の修正	試験体の安全確認(木村・大西・野村) 損傷観察(損傷観察チーム)・その他チェック 柱脚修正(野村・大西・大工チーム)		4A-4B2YL-
15:40		震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
16:00		実験結果と次の実験の説明	実験結果の説明、次の実験の説明		
16:10	12	A-5加振・安全限界検証	・BCJ-L2 X方向加振 試験体短辺S方向	4A-5B2XS	
	12	A-6加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	4A-6WN2	
16:34	20	震動台停止	結果の分析(解析チーム)		
16:50		実験結果概要の説明	結果概要の説明		
16:54	10 36	安全確認 損傷観察・その他	試験体の安全確認(木村・大西・野村) 損傷観察(損傷観察チーム)・その他チェック		4A-5B2XS-
17:40		実験結果の説明	実験結果の説明		
17:40	30	微動計測	加振後の振動特性の把握		
18:10	120	柱脚の移動の修正 補強等の検討・補強	柱脚修正(野村・大西・大工チーム) 足場設置・補強・足場撤去		
20:10	30	微動計測	補強後の振動特性の把握		
20:40		作業終了			

1月21日

時刻	必要時間(分)	作業	加振・作業内容	計測コード	損傷観察コード
7:30	30	微動計測	加振前の振動特性の把握 (川瀬チーム)		
9:00	25	全体ミーティング (大会議室)	スケジュールの説明・確認 損傷観察の説明		
9:25	10	安全講習 (大会議室)	未講習者のみ安全講習		
9:35	40	加振前損傷観察 その他チェック	損傷観察の手順確認と加振前損傷観察 加振前のチェック		4B-PR-
10:15	75	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
11:30	12	B－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	4B-1WN2	
	12	B－2加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 Y方向加振 試験体長辺L方向	4B-2B1YL	
	12	B－3加振・損傷限界検証	・BCJ-L1 X方向加振 試験体短辺S方向	4B-3B1XS	
	12	B－4加振・崩壊限界検証	・JMA神戸 3方向(NS:X, EW:Y) 加振	4B-4KO3	
	12	B－5加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	4B-5WN2	
12:30	20	震動台停止	結果の分析 (解析チーム)		
12:50	10	安全確認	試験体の安全確認 (木村・大西・野村)		
	35	損傷観察	損傷観察 (損傷観察チーム)		4B-4KO3-
	15	微動計測	加振後の振動特性の把握 (川瀬チーム)		
	30	1階錘の撤去	錘の撤去 (野村・大西・大工チーム)		
60	柱脚の移動の修正	柱脚修正 (野村・大西・大工チーム)			
15:20	30	震動台運転	(震動台立ち入り禁止)		
15:50	12	C－1加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	4C-1WN2	
	12	C－2加振・崩壊限界検証	・JMA神戸 3方向(NS:X, EW:Y) 加振	4C-2KO3	
	12	C－3加振・振動特性	・ホワイトノイズ波25Gal X方向&Y方向	4C-3WN2	
16:26	20	震動台停止	結果の分析 (解析チーム)		
16:46	10	安全確認	試験体の安全確認 (木村・大西・野村)		
	34	損傷観察	損傷観察 (損傷観察チーム)		4C-2KO3-
	15	微動計測	加振後の振動特性の把握 (川瀬チーム)		
17:45		計測機器の撤去、その他			

(8) 計測方法

試験体の地震時挙動を把握するために、以下のように変位、加速度、歪を計測した。

- 1) 各層加速度
加速度計
- 2) 各層層間変位
高感度変位計 (CDP)、一般用変位計 (SDP)、巻込型変位計 (DP)
- 3) 柱脚移動量
巻込型変位計 (DP)、レーザー変位計 (LK)
- 4) 柱 軸力
歪ゲージ
- 5) 柱 曲げ応力
歪ゲージ
- 6) 接合部変位
高感度変位計 (CDP)、一般用変位計 (SDP)、巻込型変位計 (DP)
- 7) 振動台関係

試験体の計測点を図 2.3.3-1(1)～(12)に示す。

サンプリング周波数は、200Hz としている。

8) 3次元画像計測

併せて、試験体の3次元挙動を計測するためにカメラを用いた3次元画像計測を行った。

平成22年度伝統木造建物実験 試験体No.4計測計画

No.4-1

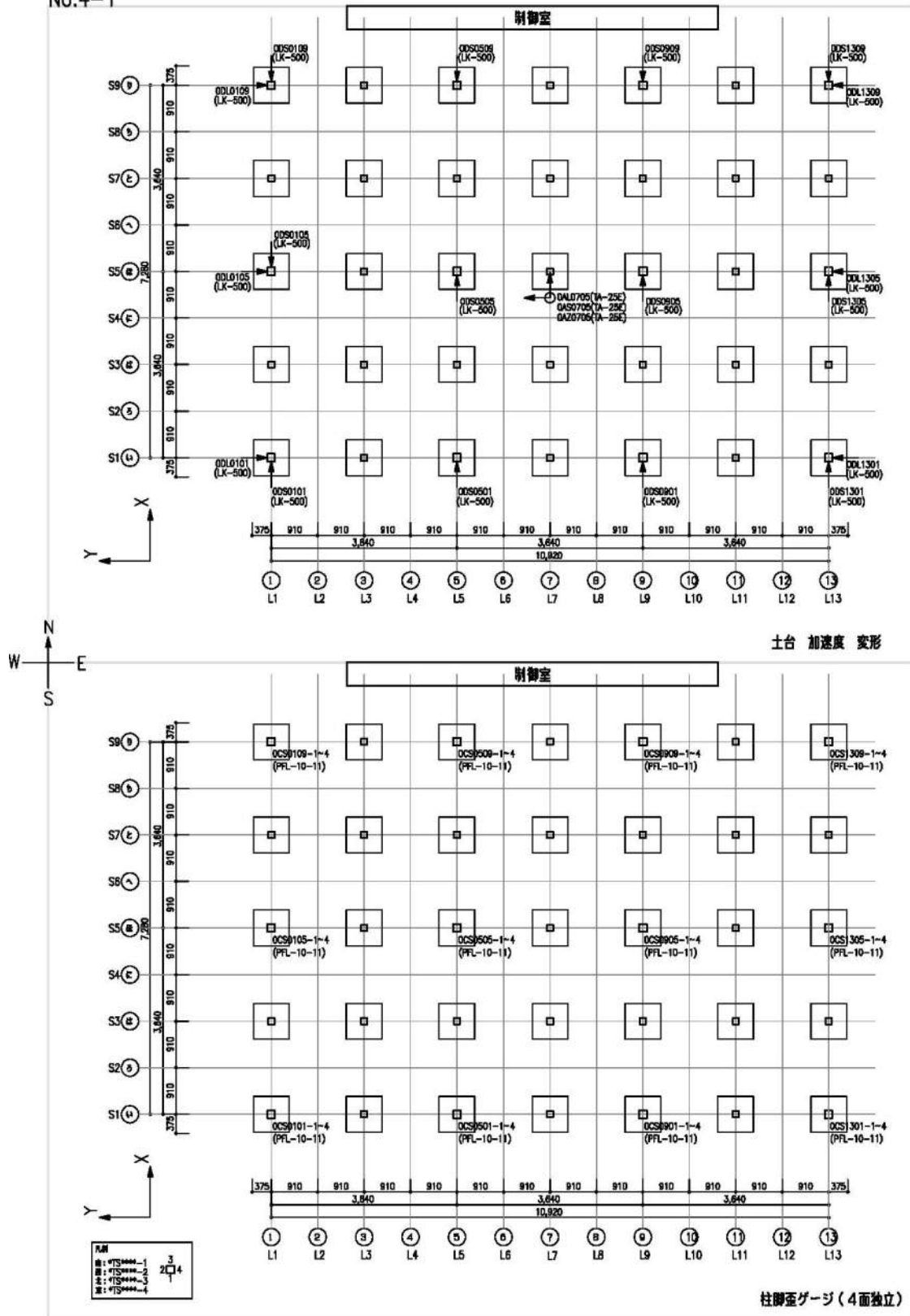


図 2.3.3 -1(1) 試験体 No.4 計測点(1)

No.4-2

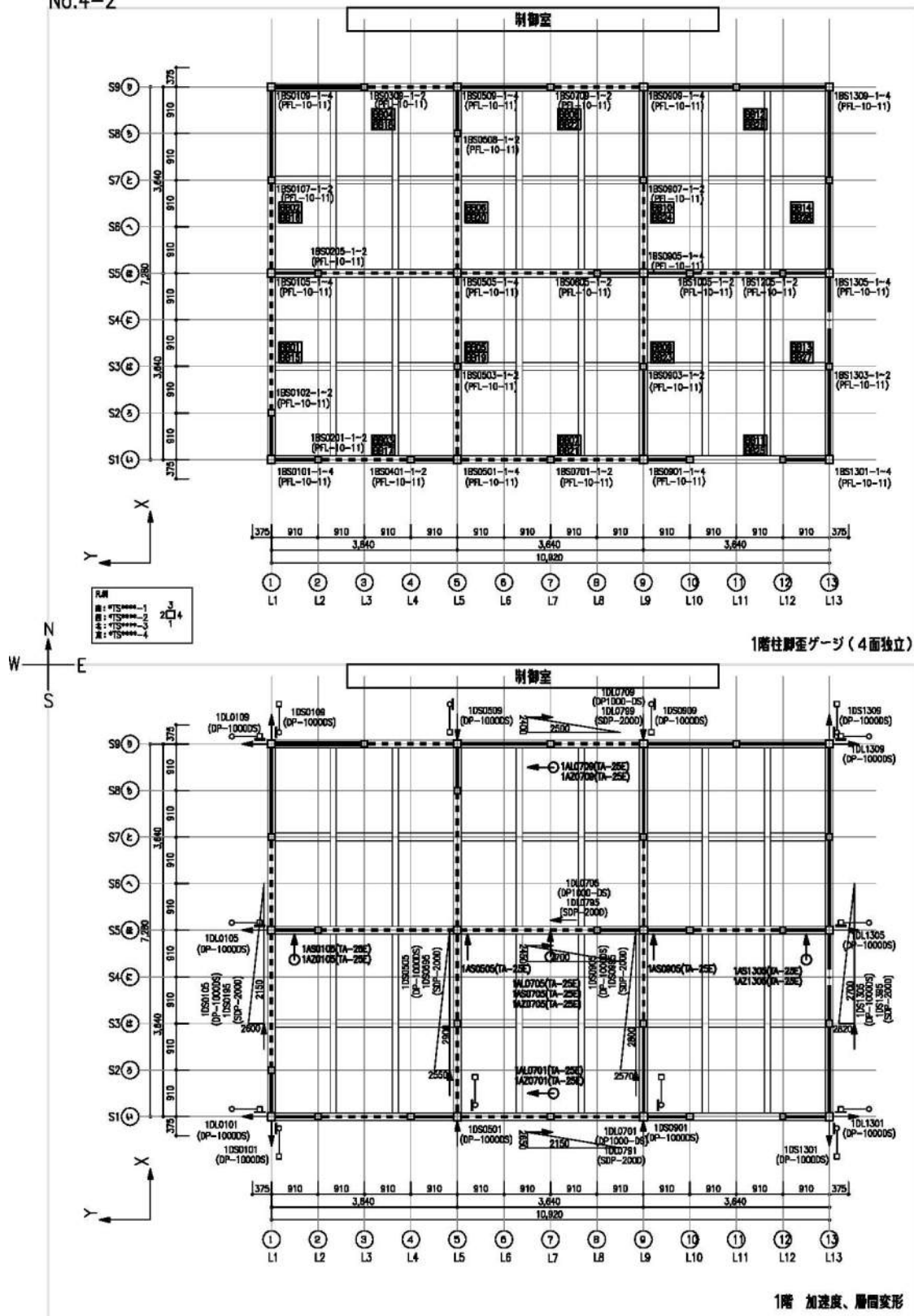


図 2.3.3 -1(2) 試験体 No.4 計測点(2)

No.4-3

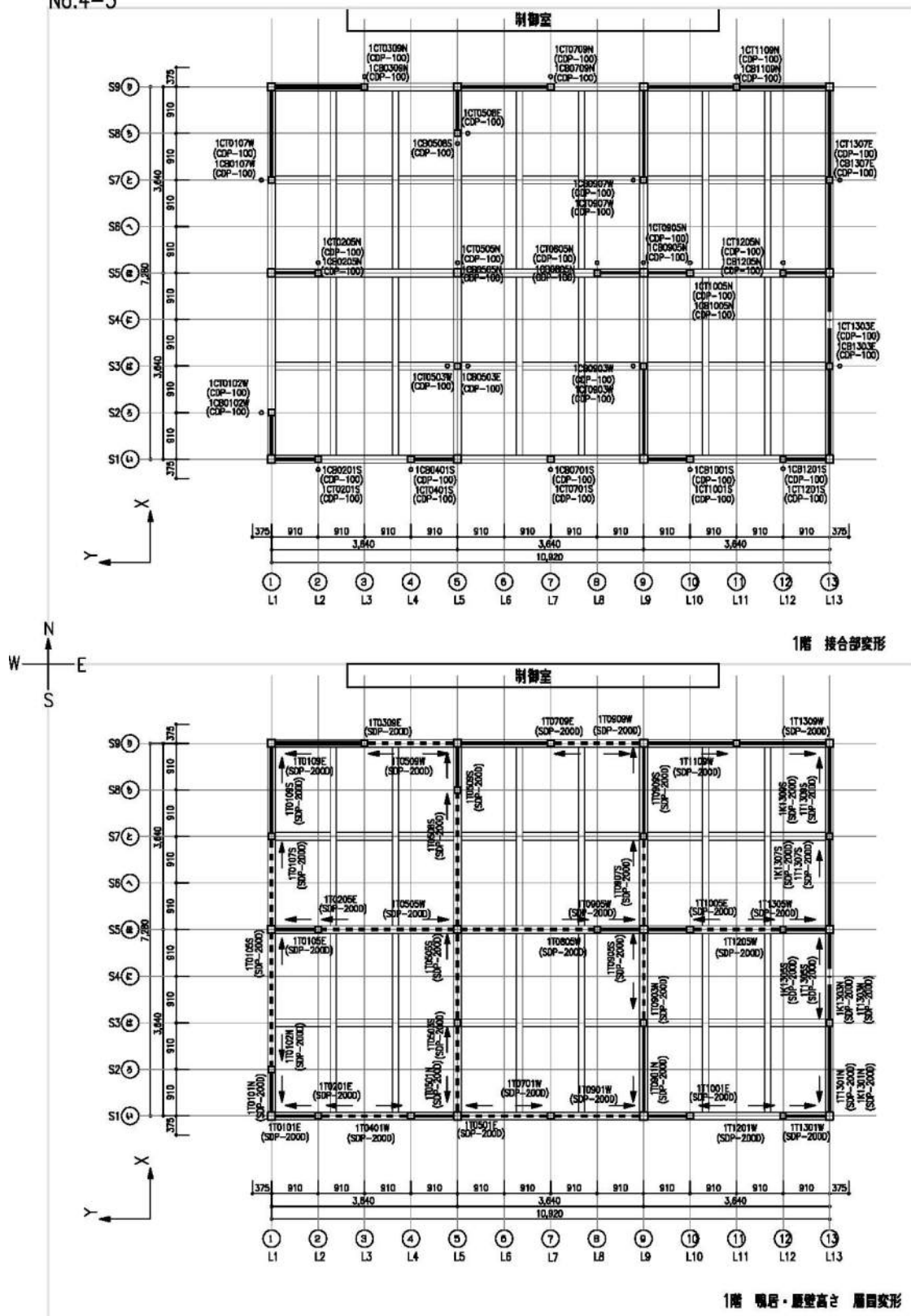


図 2.3.3 -1(3) 試験体 No.4 計測点(3)

No.4-5

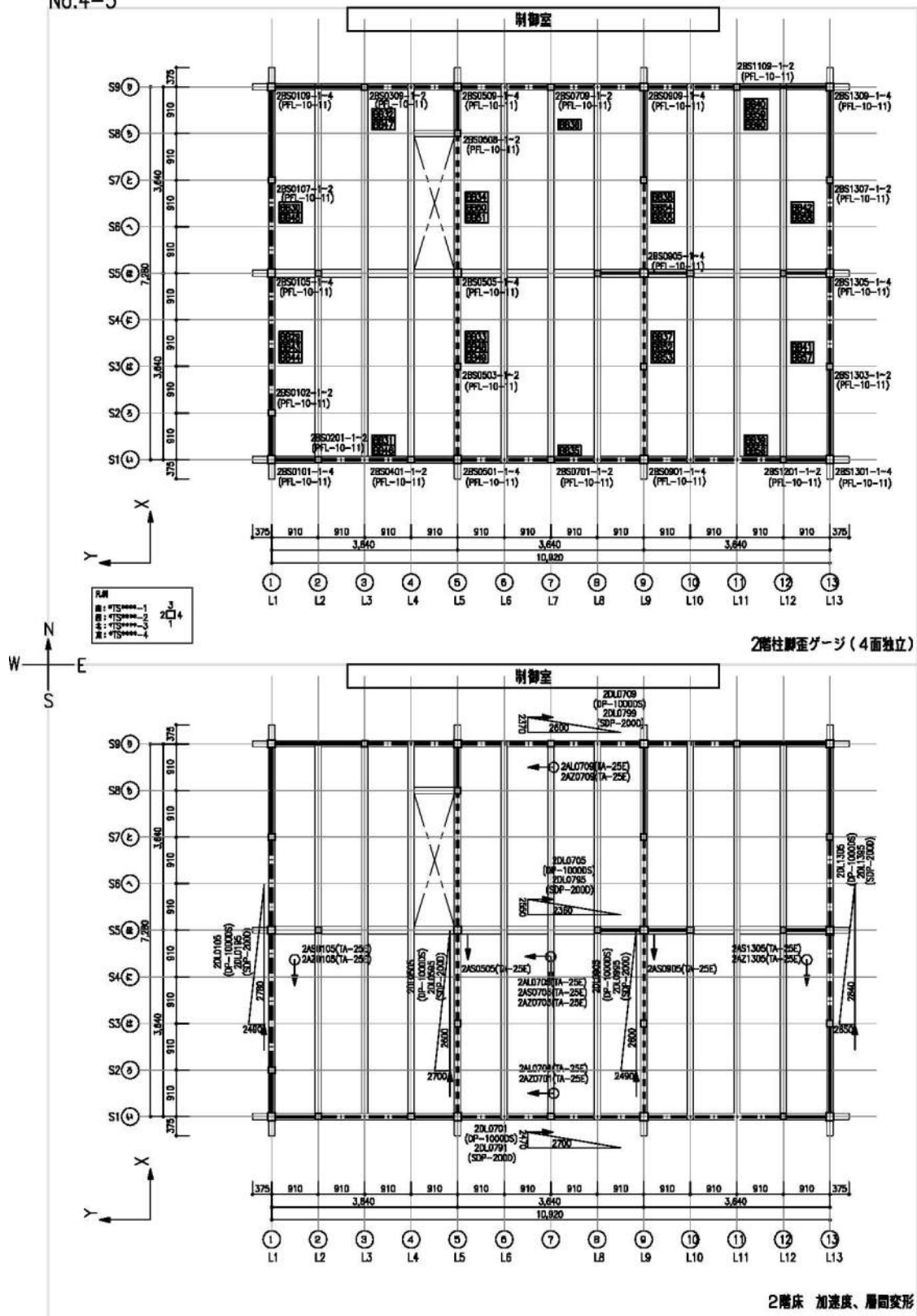


図 2.3.3 -1(5) 試験体 No.4 計測点(5)

No.4-6

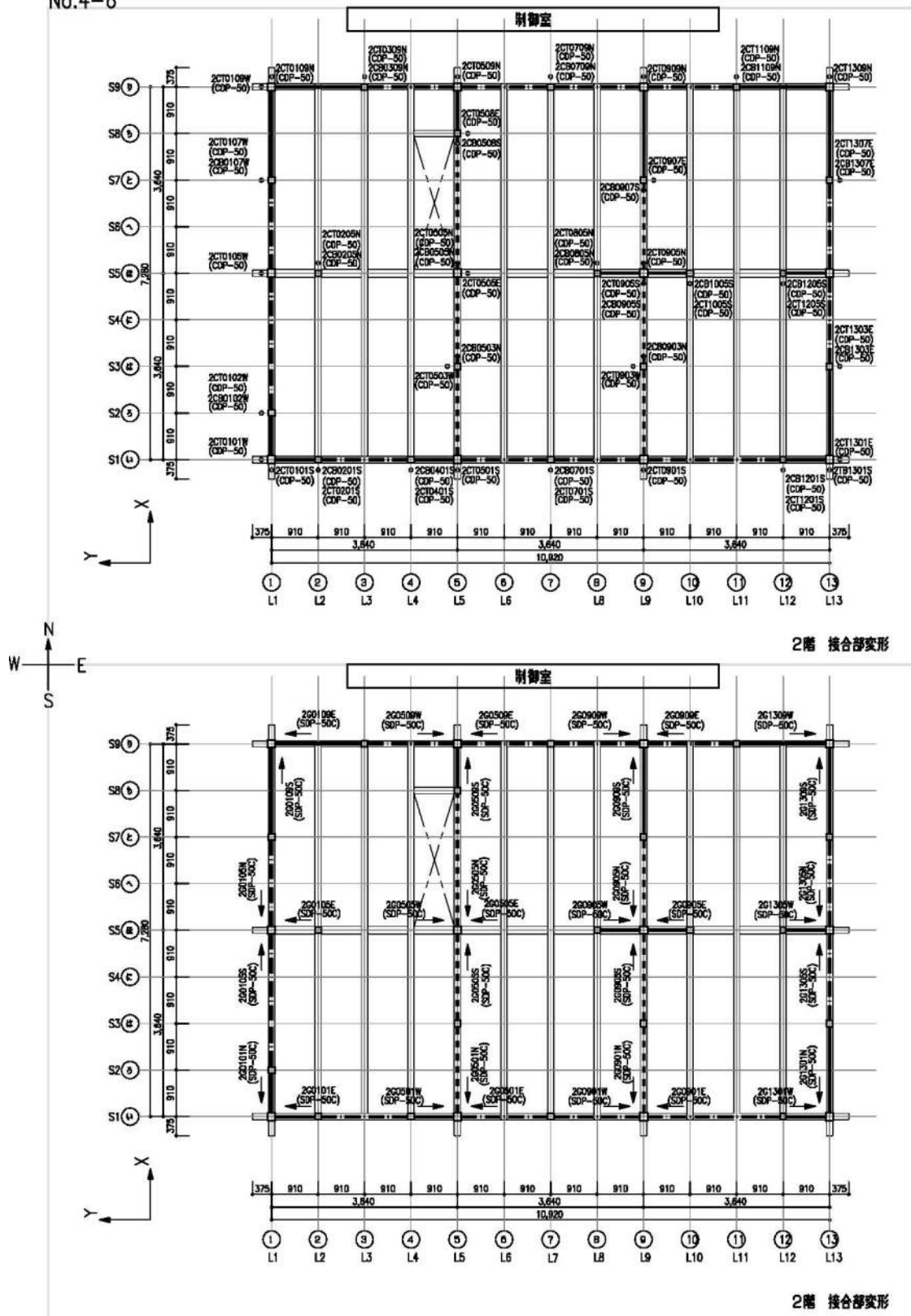


図 2.3.3 -1(6) 試験体 No.4 計測点(6)

No.4-7

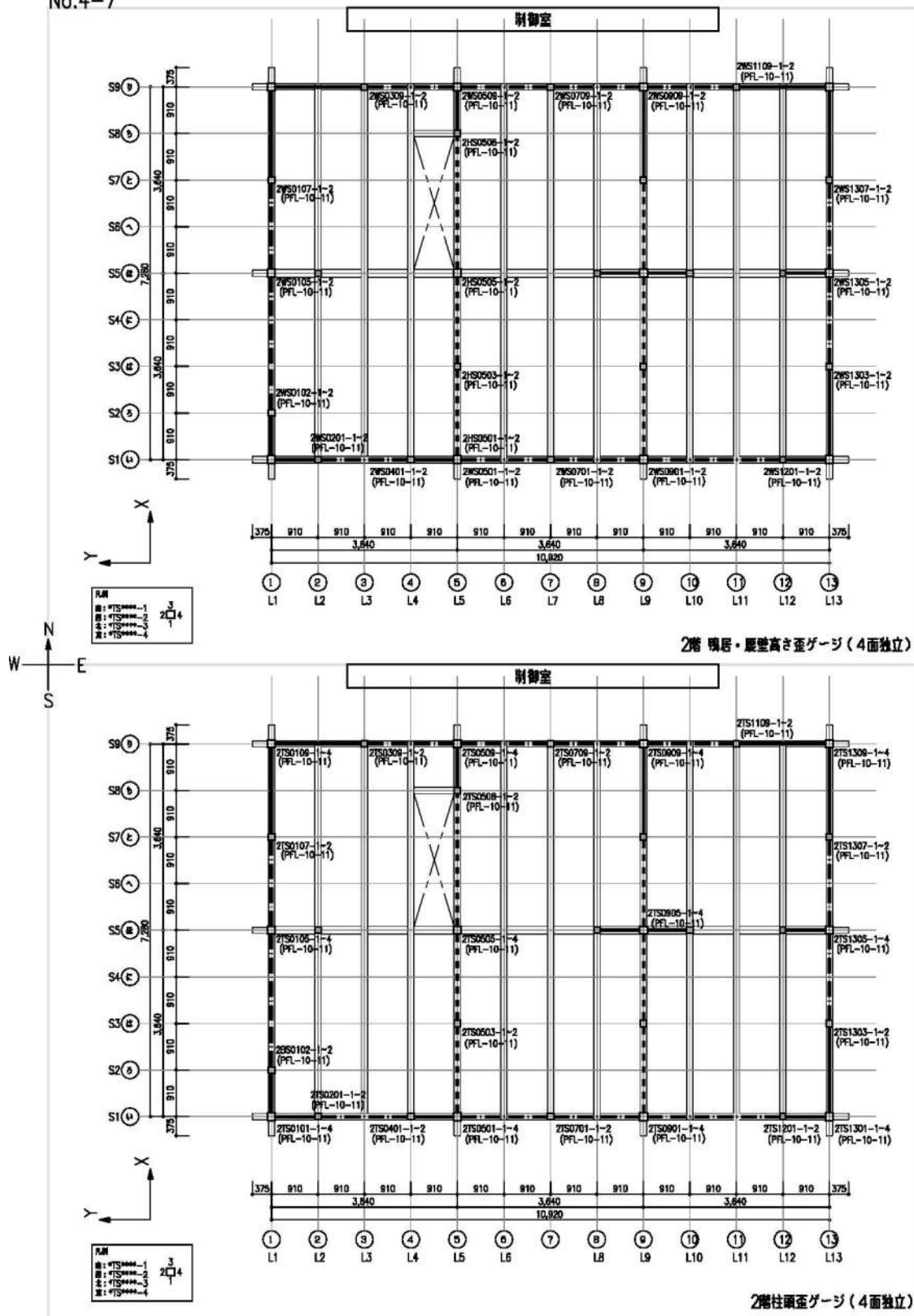
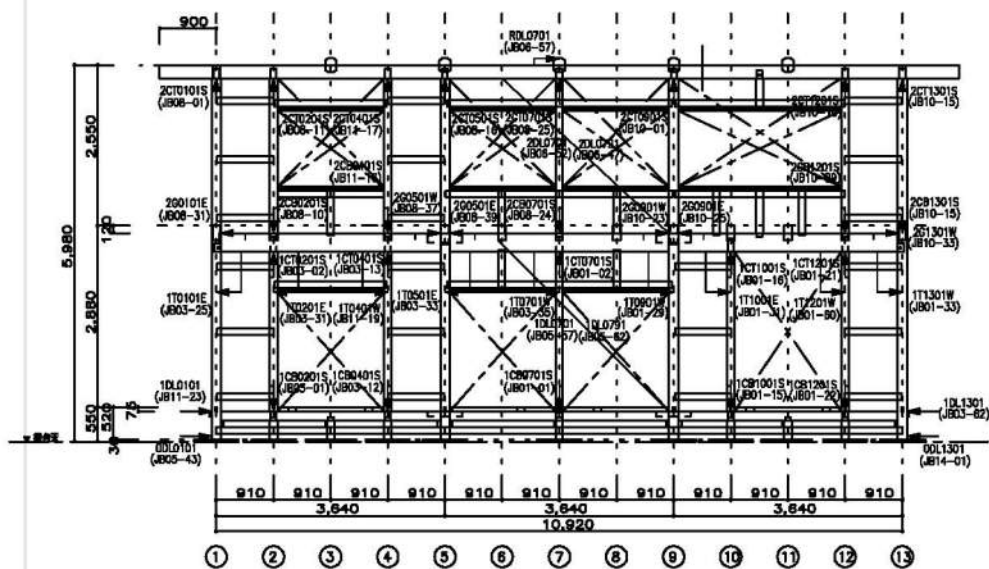
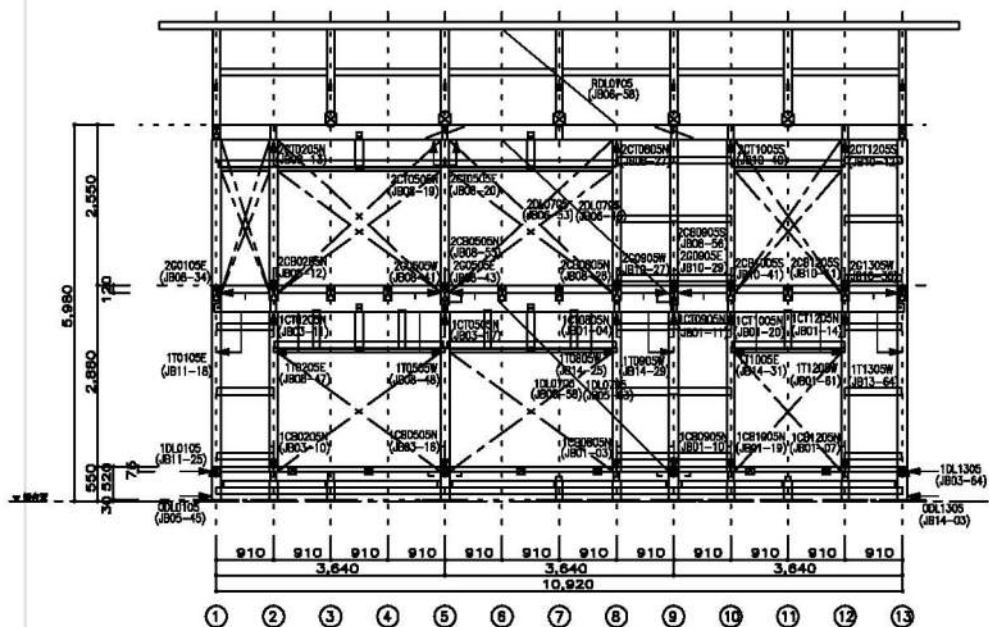


図 2.3.3 -1(7) 試験体 No.4 計測点(7)

No.4-9



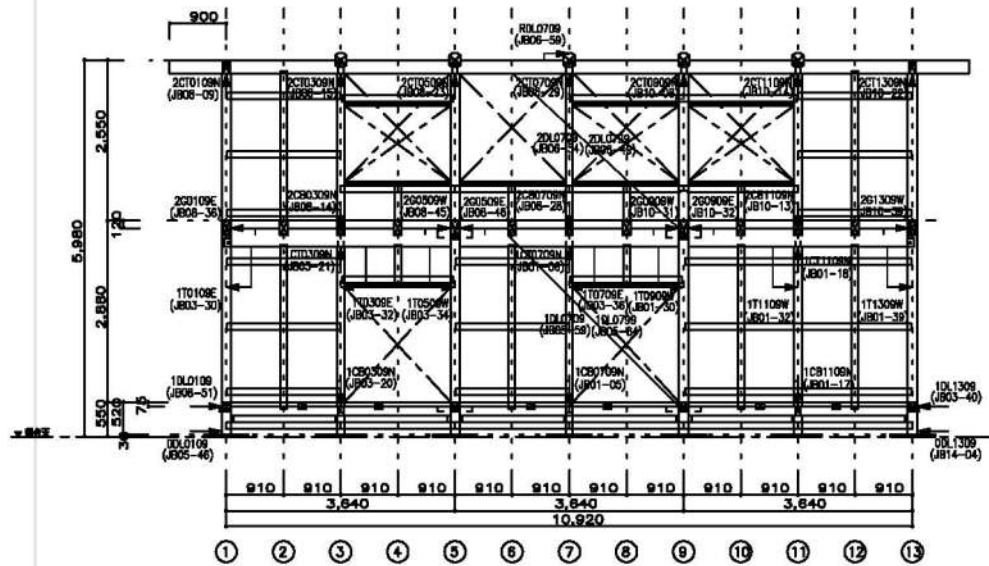
い通り



ほ通り

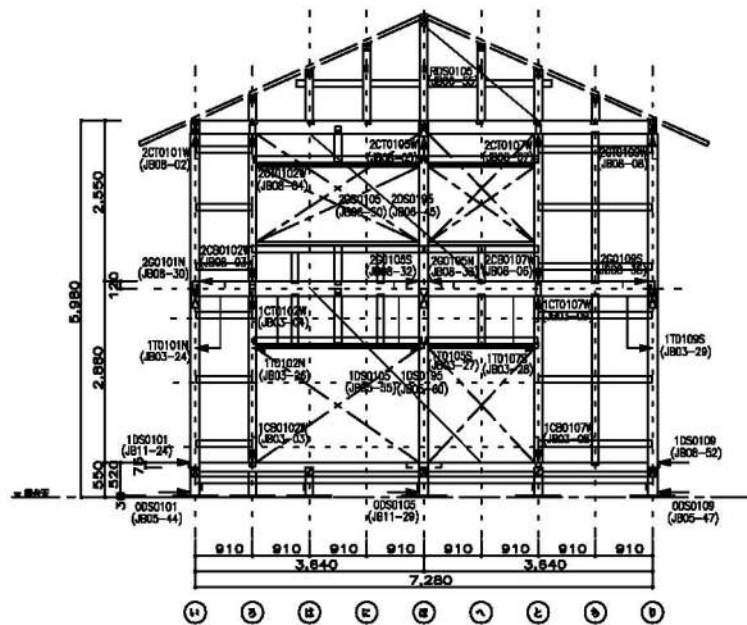
図 2.3.3 -1(9) 試験体 No.4 計測点(9)

No.4-10

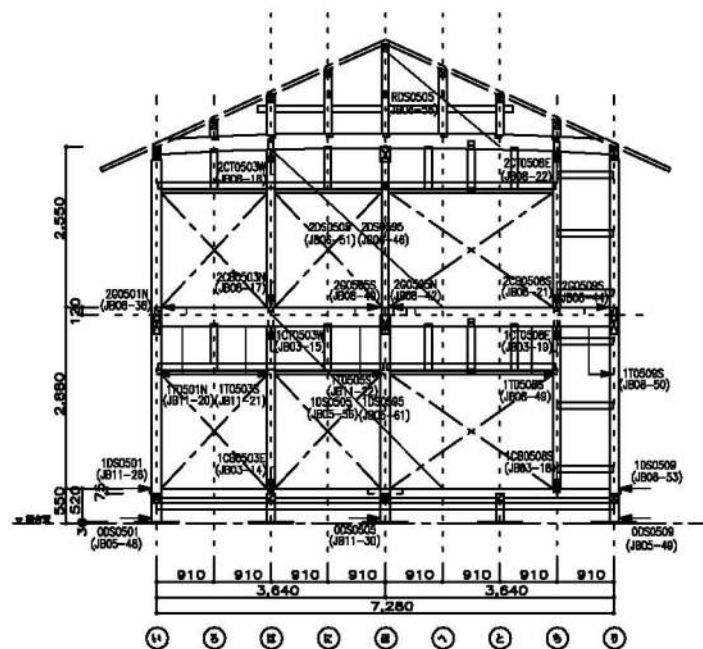


計測点数786ch
 加速度計(57ch)
 TA-25E-10-1 :27台
 変位計(251ch)
 LK-500 :18台
 COP-50 :55台
 SDP-500 :34台
 COP-100 :45台
 SDP-2000 :71台
 DP-10000S :28台
 ひずみ(478ch)
 NEC三菱製BB :56台
 共和電業製BB :4台

図 2.3.3 -1(10) 試験体 No.4 計測点(10)

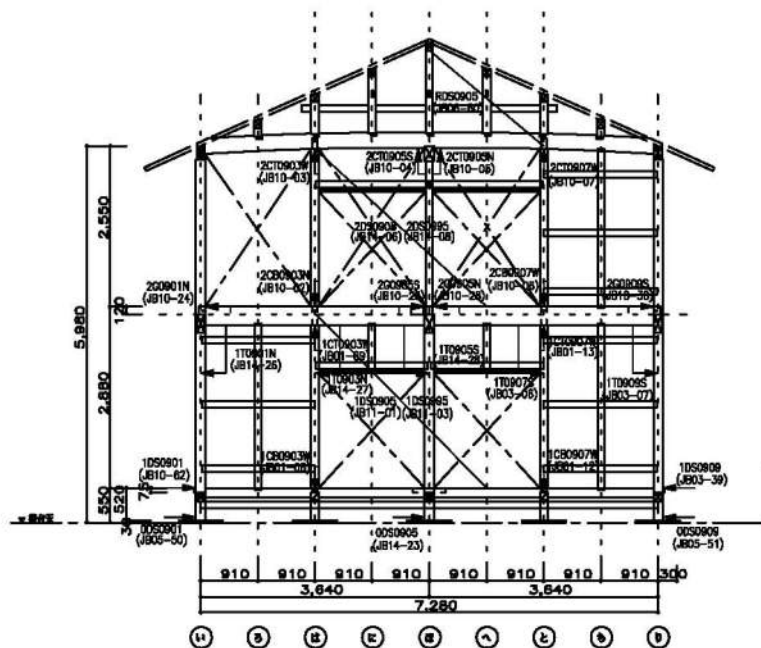


1通り

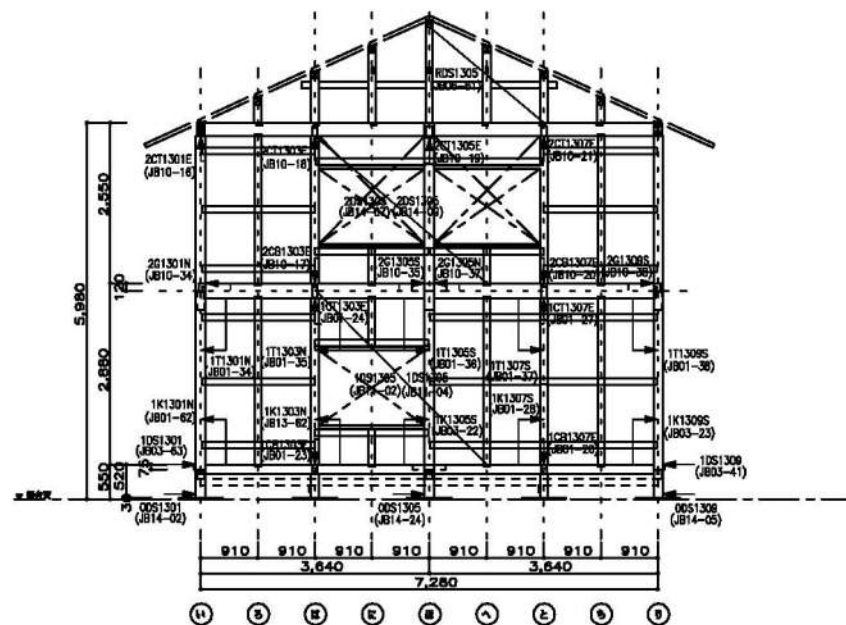


5通り

図 2.3.3 -1(11) 試験体 No.4 計測点(11)



9通り



13通り

図 2.3.3 -1(12) 試験体 No.4 計測点(12)

(a) カメラ

3次元画像変位計測は、図 2.3.3-2 のように、試験体 No.4 はカメラ 4 台で計測した。
カメラのレンズは、
1 月 20,21 日 カメラ 1：f12.5mm, カメラ 2,3,4：f16mm
を使用した。

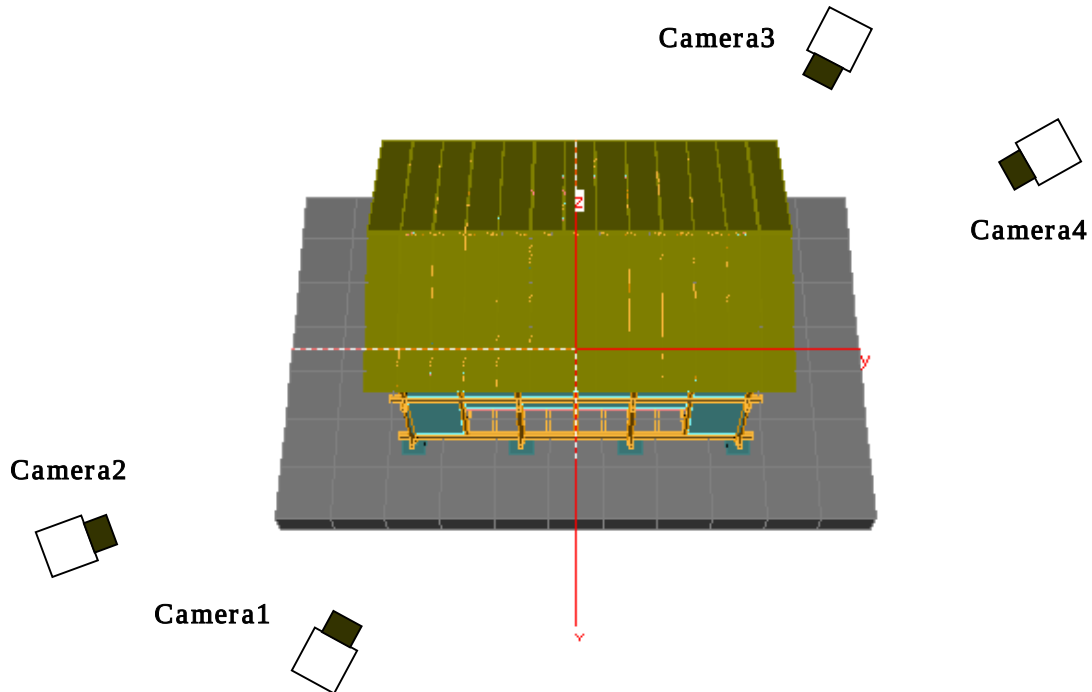
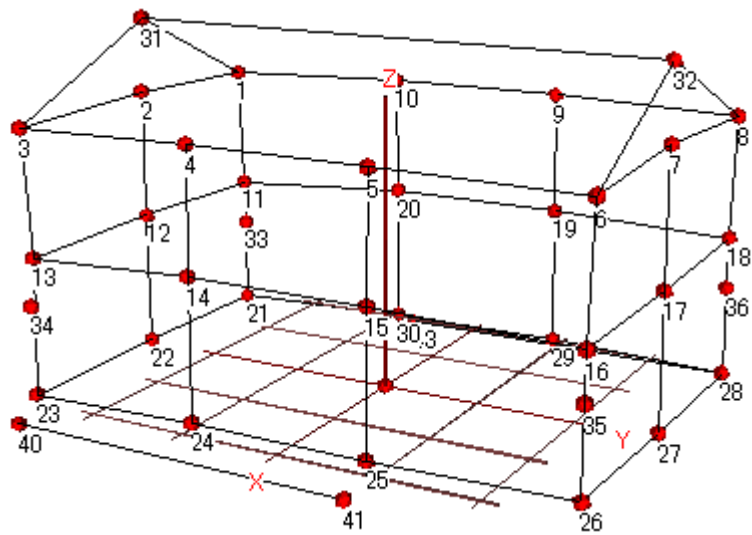


図 2.3.3-2 No.4 計測時のカメラ配置 (1 月 20,21 日) (4 台)

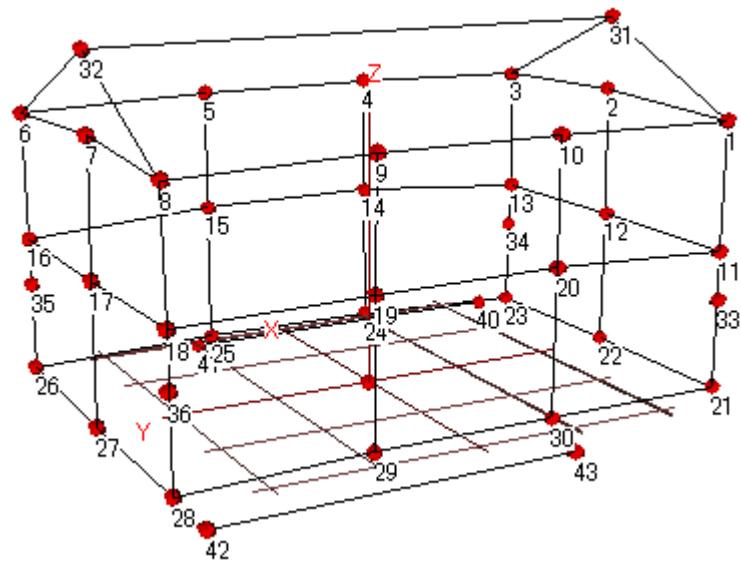
計測機器、計測方法は、2.3.1(8)と同様である。

図 2.3.3-3 にマーカー設置位置を示す。測定可能な点でかつ構造物の動きを捉えることができる点を No.3 では、32 点のマーカーを設置し、さらにベースの土台に 4～7 点を設置した。マーカー番号は、上から順に反時計回り（Z 軸方向）に割り振っている。

なおデータのサンプリング周波数は、100Hz としている。



制御室側から見た No.4 のマーカー番号



観客席側から見た No.4 のマーカー番号

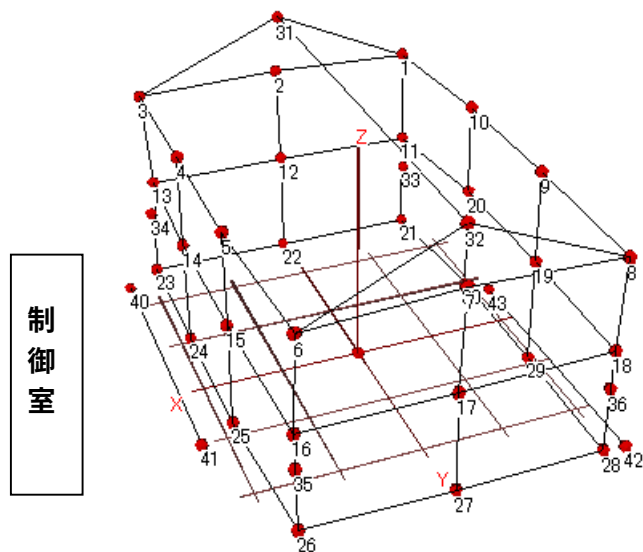
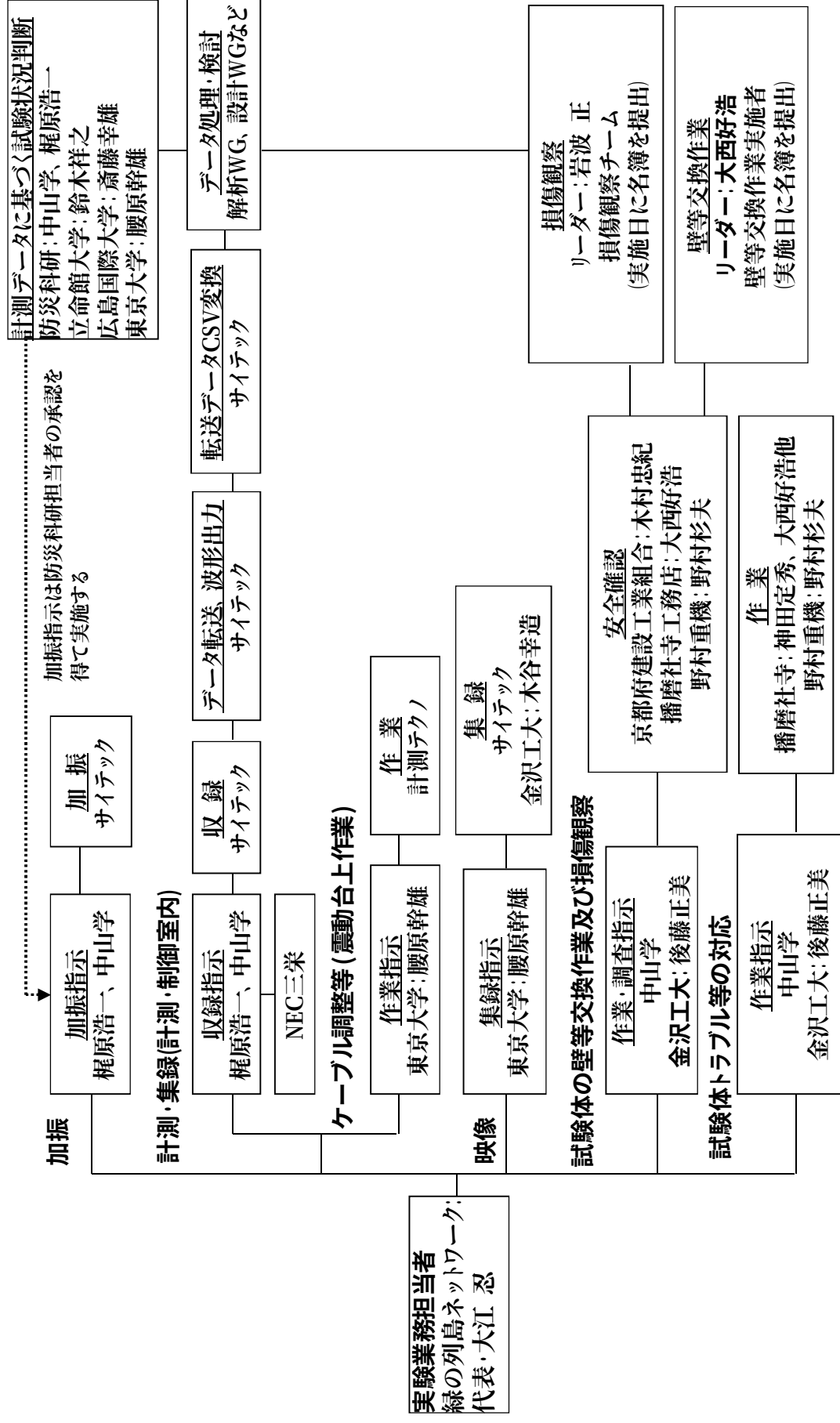


図 2.3.3 3 No.4 のマーカー設置位置と番号

2. 4 実験実施体制

実施の体制を以下に示す。



・緊急時連絡体制

