

耐震改修実施設計の 進捗状況について

目次

1. 第1回検討委員会での設計に関する
主な委員ご意見
2. 地質調査結果
3. 実施設計における検討状況
4. 耐震改修修正検討案

1. 第1回検討委員会での設計に関する主な委員ご意見

ご意見

- ①掬月亭の見え方については、飛来峰からの眺望などいくつかの大変な視点場があり、そこからの眺めにおいて補強鉄骨柱がどう見えるのか、景観シミュレーションをして頂きたい。
- ②障子を構造合板による耐震壁に置換すると、そこだけ光を透過しないので、違和感が生じるのではないか。
- ③工事期間中も営業を含む建物利用をしたほうがいいのではないか。



いただいたご意見なども踏まえ、実施設計を進めている。
詳細については「3. 実施設計における検討状況」により説明。

2. 地質調査結果について

目的及び調査概要

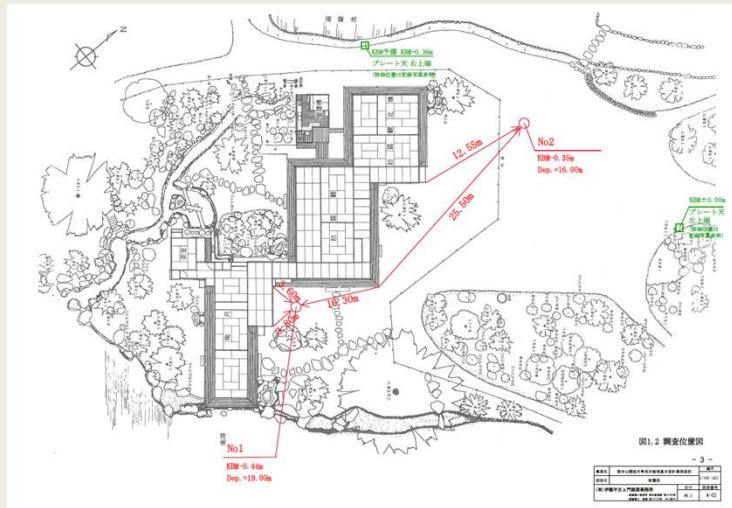
目的 探月亭保存修理に伴い、探月亭の耐震診断及び耐震補強設計を行う際の設計・施工に必要となる資料を得る。

概要 探月亭 近辺2箇所にて ボーリング調査 計35m
標準貫入試験（37回） PS検層 室内土質試験 を実施
調査期間 令和7年3月7日～令和7年7月18日

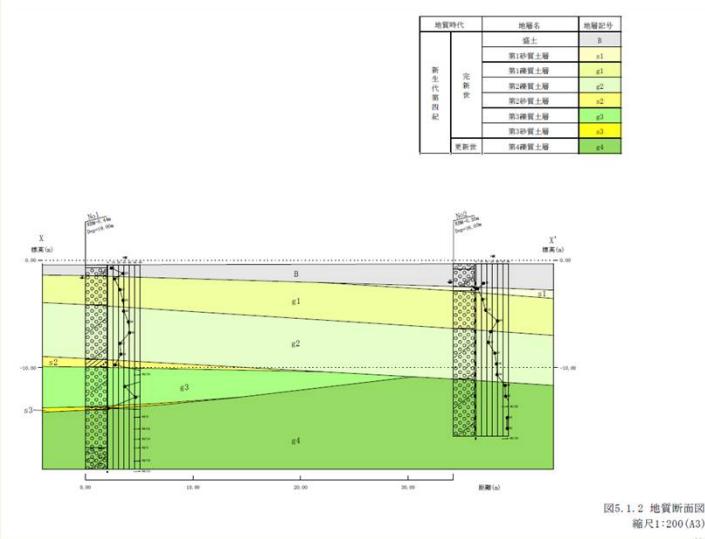
調査結果

- (1) 調査位置とN値
- (2) 地盤増幅率
- (3) 液状化判定

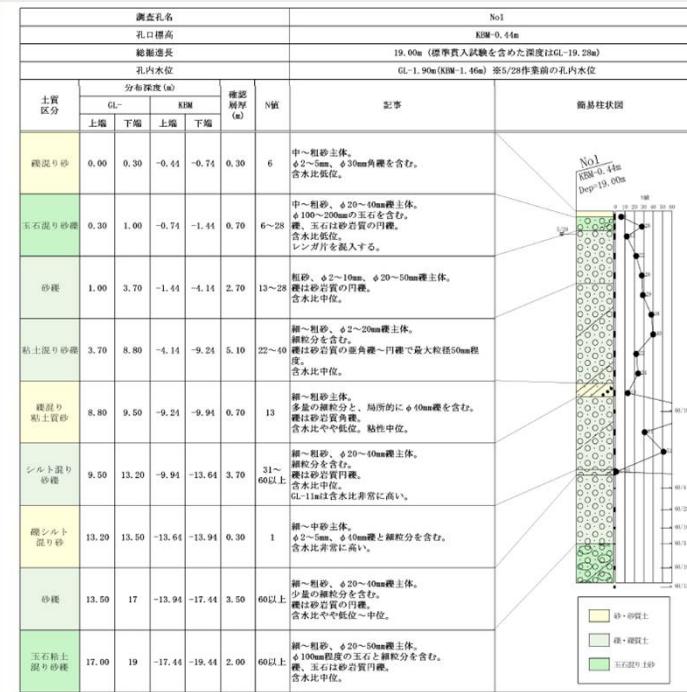
(1) 調査位置とN値



地質時代	地層名	地質記号
新生代第四紀	盛土	g
第四紀	第1砂質土層	g1
第四紀	第1砂質土層	g1'
第四紀	第2砂質土層	g2
第四紀	第2砂質土層	g2'
第四紀	第3砂質土層	g3
第四紀	第3砂質土層	g3'
更新世	第4砂質土層	g4



ボーリング調査を2か所で行った。



基礎形状：独立基礎、L=0.5m の正方形

基礎底面(根入れ深さ) : GL-0.5m

内部摩擦角 ϕ : 40°

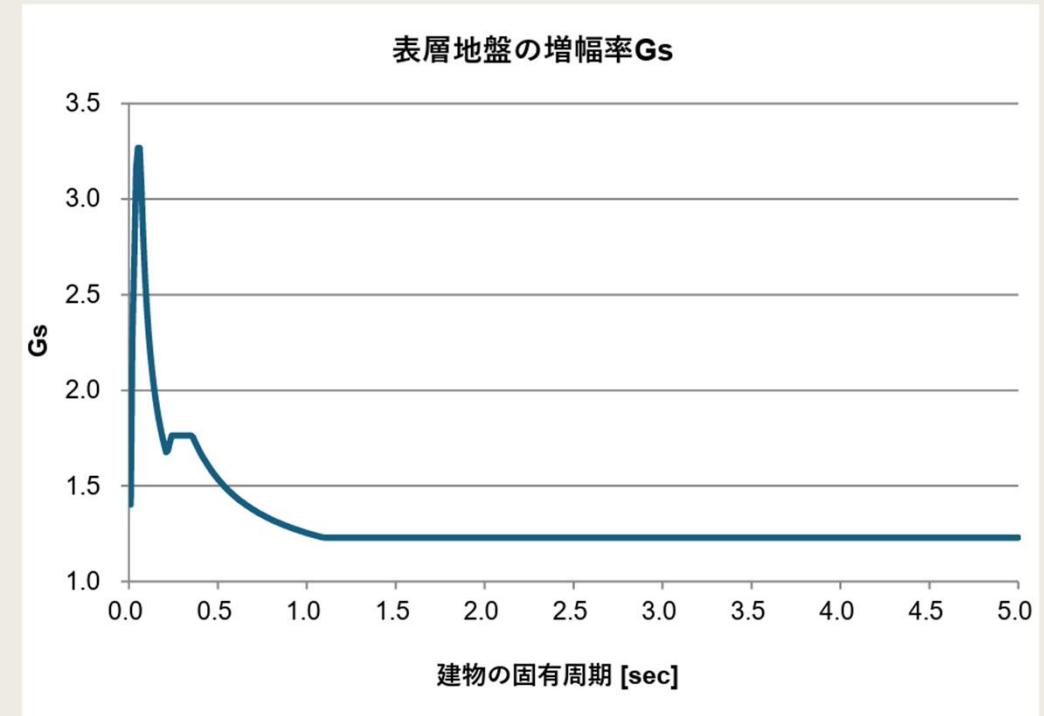
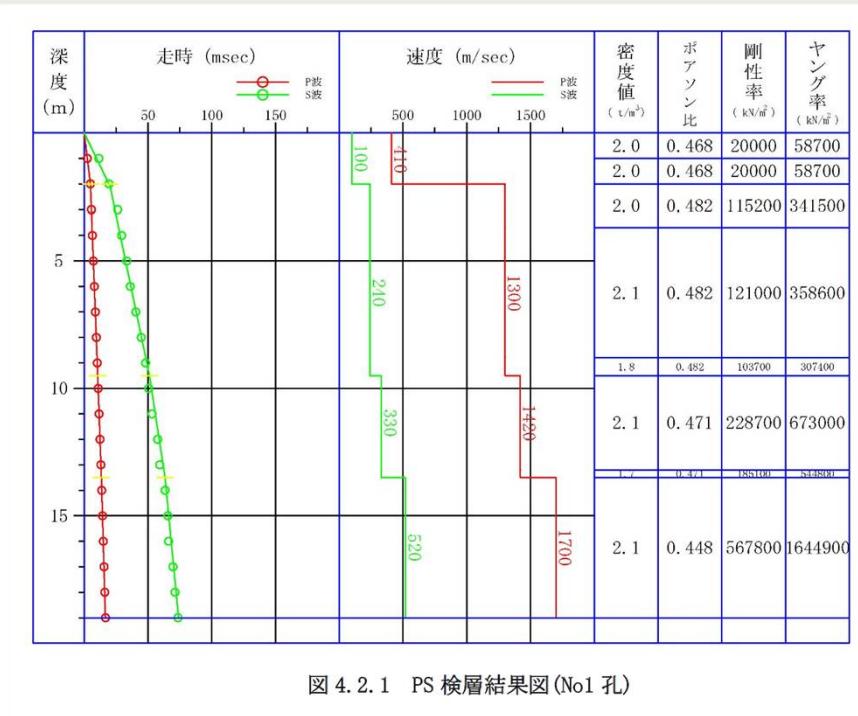
粘着力 c : 0kN/m²

支持地盤の単位体積重量 γ : 20kN/m²

根入れ部分の単位体積重量 γ : 20kN/m²

地盤調査より、礎石の支持される地盤の地耐力は20kN/m²相当であることが確認された。ただし、本建物は長期間にわたりこの場所に建ち続け、特に顕著な不同沈下などは生じていないことから、地耐力についての検討は省略する。

(2) 地盤増幅率



増幅率の計算結果

PS検層の結果より、表層地盤の増幅率Gsを精算法にて計算した。木造建築に大きな影響を与える固有周期1.0以上において、Gsは小さな値に抑えられている。限界耐力計算において、上記Gsを用いる。

(3) 液状化判定

表 5.3.2 PL 値による深度ごとの液状化判定結果(No1)

孔名	地層名	深度 (m)	N値	50%粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 Fc (%)	安全率PL			液状化の判定
						地表面加速度 (m/s ²)			
						1.5	2.0	3.5	
No1	B	0.3	6.0	—	0.00	地下水位以浅のため液状化判定対象外			液状化しない。
		0.8	28.0	—	0.00				
	g1	1.3	12.0	—	0.00	3.658	2.743	1.568	
		2.3	22.0	—	0.00	8.203	6.152	3.516	
		3.3	28.0	—	0.00	7.467	5.600	3.200	
		4.3	29.0	—	0.00	7.144	5.358	3.062	
	g2	5.3	38.0	—	0.00	6.999	5.249	3.000	
		6.3	40.0	—	0.00	6.936	5.202	2.973	
		7.3	22.0	1.2713	10.20	3.235	2.426	1.386	
		8.3	24.0	—	0.00	2.505	1.879	1.073	
		9.3	13.0	0.1722	36.30	細粒分含有率Fc ≥ 35%のため液状化判定対象外			
No2	g3	10.2	60.0	—	0.00	6.985	5.239	2.993	液状化しない。
		11.3	31.0	—	0.00	4.200	3.150	1.800	
	g4	12.3	51.0	—	0.00	7.153	5.365	3.065	
		13.3	1.0	0.1881	31.50	0.903	0.677	0.387	
		14.2	60.0	—	0.00	7.318	5.489	3.136	
		15.3	60.0	—	0.00	7.445	5.583	3.191	
		16.2	60.0	—	0.00	7.56	5.67	3.24	
		17.1	60.0	—	0.00	7.666	5.75	3.286	
		18.2	60.0	—	0.00	7.836	5.877	3.358	
		19.2	60.0	—	0.00	7.98	5.985	3.42	

表 5.3.3 PL 値による液状化危険度の評価結果(No1)

孔名	地表面加速度 (m/s ²)	PL値	危険度	
			1.5	2.0
No1	1.5	0.32	液状化危険度は低い	
	2.0	1.08		
	3.5	2.05		

建物から近いNo.1では、深い位置で液状化層が見られるものの、危険度は低い。

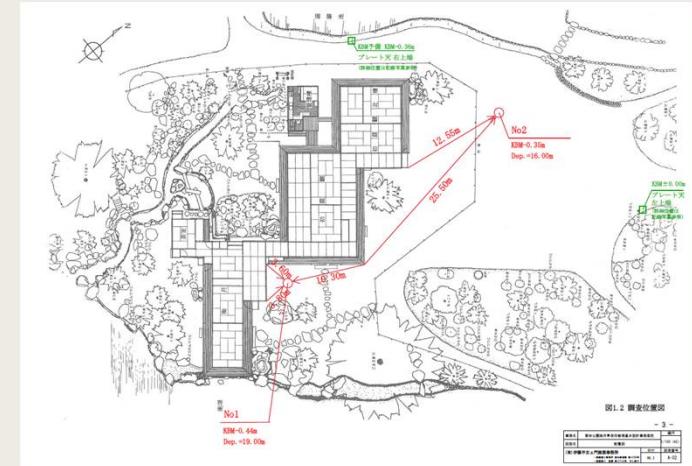
表 5.3.4 PL 値による深度ごとの液状化判定結果(No2)

孔名	地層名	深度 (m)	N値	50%粒径 D_{50} (mm)	細粒分含有率 Fc (%)	安全率PL			液状化の判定
						地表面加速度 (m/s ²)			
						1.5	2.0	3.5	
B		1.8	14.0	—	—	3.552	2.664	1.522	液状化しない。
s1	g1	2.3	3.0	0.9678	9.50	1.150	0.862	0.493	2.0m/s ² で液状化する。
		3.3	12.0	1.7382	12.90	1.919	1.439	0.822	3.5m/s ² で液状化する。
No2	g2	4.3	18.0	—	—	2.589	1.942	1.110	液状化しない。
		5.3	40.0	—	—	7.409	5.556	3.175	
	g2	6.3	27.0	—	—	7.255	5.441	3.109	
		7.3	23.0	—	—	2.689	2.016	1.152	
		7.3	35.0	—	—	7.182	5.386	3.078	
		9.3	38.0	—	—	7.199	5.399	3.085	
	g4	10.3	39.0	—	—	7.238	5.428	3.102	
		11.3	54.0	—	—	7.295	5.471	3.127	
		12.3	55.0	—	—	7.367	5.525	3.157	
		13.3	56.0	—	—	7.449	5.587	3.193	
		14.3	58.0	—	—	7.547	5.660	3.234	
		15.3	58.0	—	—	7.653	5.739	3.280	
		16.2	60.0	—	—	7.761	5.821	3.326	

表 5.3.5 PL 値による液状化危険度の評価結果(No2)

孔名	地表面加速度 (m/s ²)	PL値	危険度	
			1.5	2.0
No2	1.5	0.00	液状化危険度はかなり低い	
	2.0	1.22	液状化危険度は低い	
	3.5	5.97	液状化危険度は高い	

建物から離れたNo.2の方で350gal時の危険度は高い。



液状化の恐れがあるのは建物から離れた側の結果のみであり、液状化層もごく一部であるため、今回の検討においては液状化の影響は考慮しない。

3. 実施設計における検討状況

検討状況

- (1) 景観シミュレーション
- (2) 採光を遮る耐震壁（不透過障子）と鉄骨柱
補強の検討
- (3) 基本設計案修正検討の考え方
- (4) 仮設計画の検討

(1) 景観シュミレーション





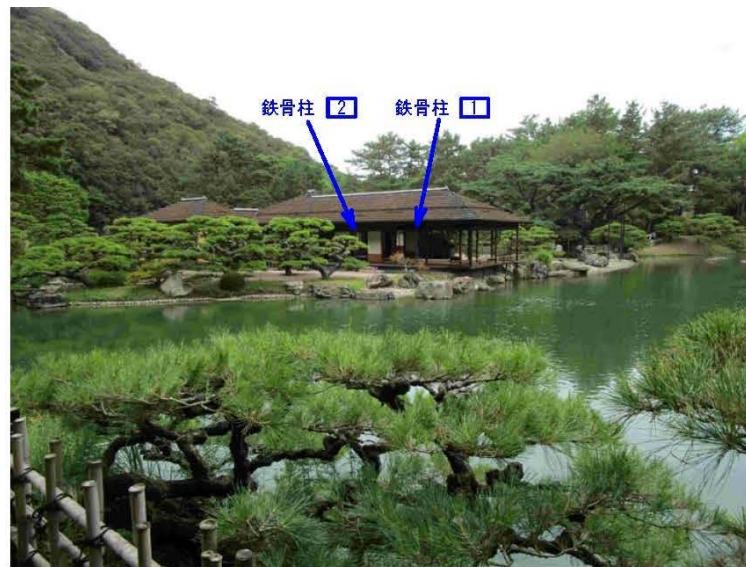
01



02



03



04



05



06



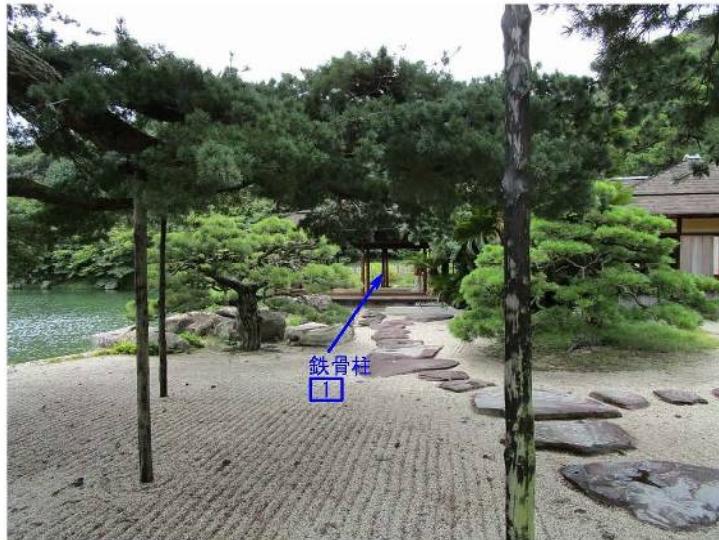
09



08



09



10



11



12



03 (拡大)



04 (拡大)



05 (拡大)



07 (拡大)



09 (拡大)



10 (拡大)



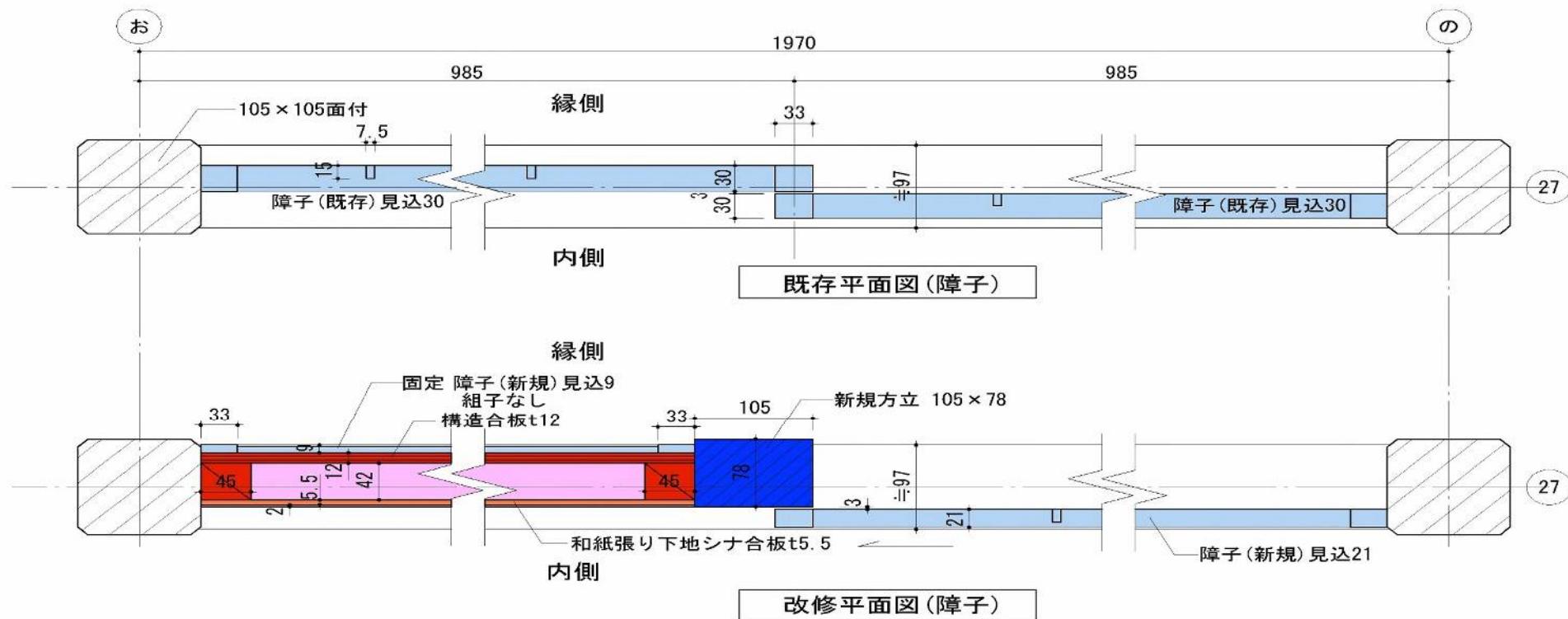
11 (拡大)

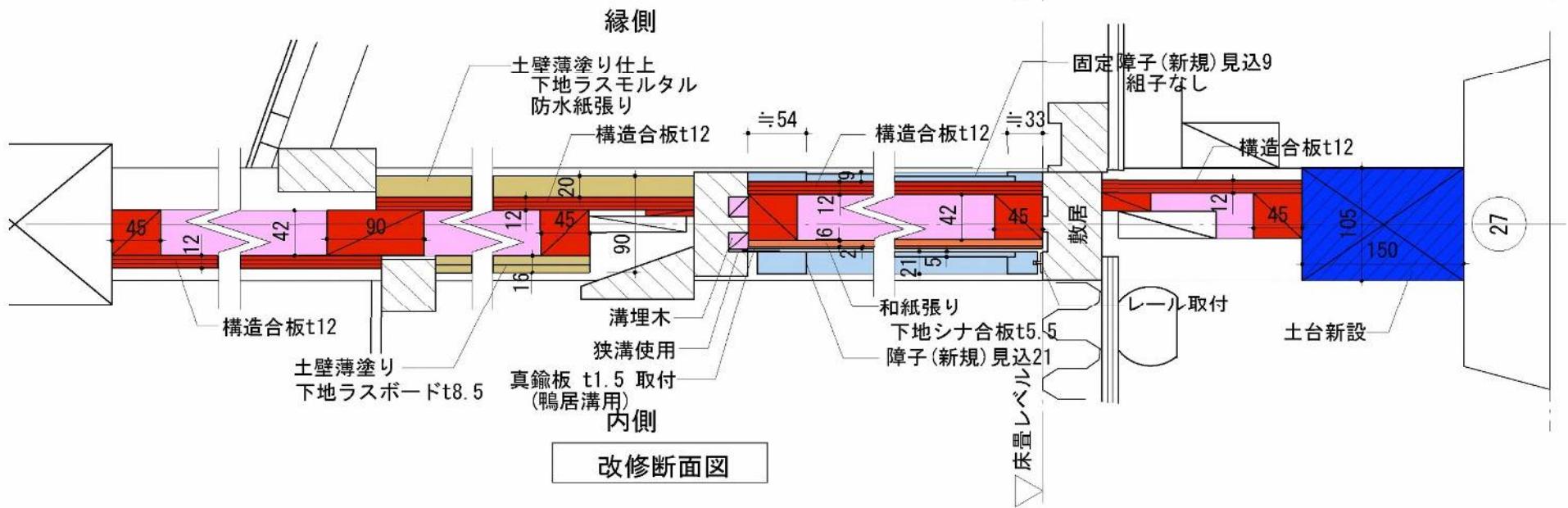
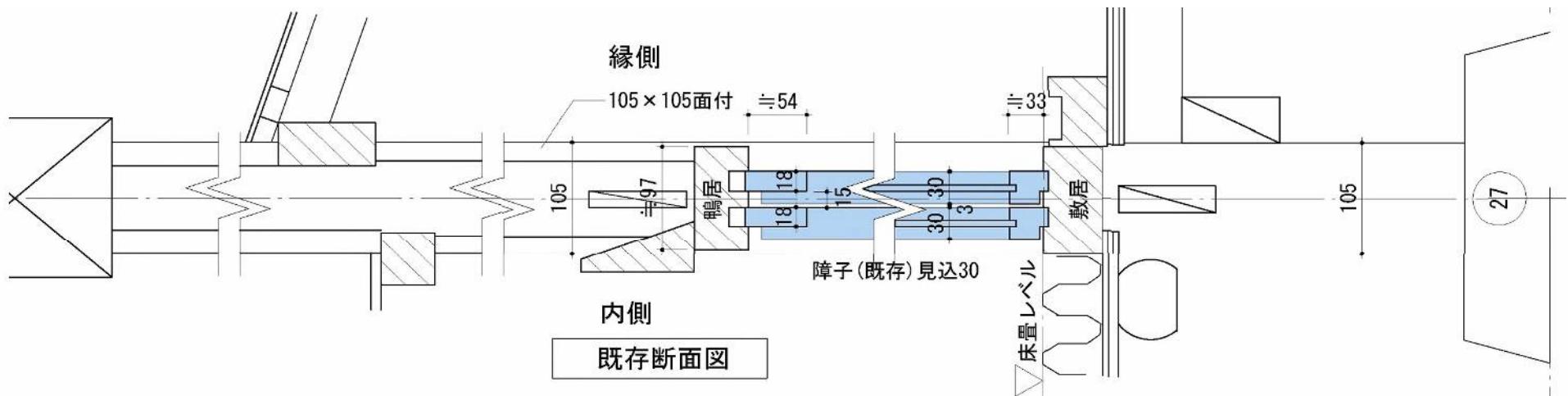


12 (拡大)

(2) 採光を遮る耐震壁（不透過障子）と鉄骨柱補強の検討

① 不透過障子の詳細





② 不透過障子の下地

中之条町指定湯本家住宅構造用合板真壁補強実施例



耐力壁構造用合板受け材設置



構造用合板釘止の状況

③ 不透過障子のイメージ



障子の開放時



障子の閉鎖時

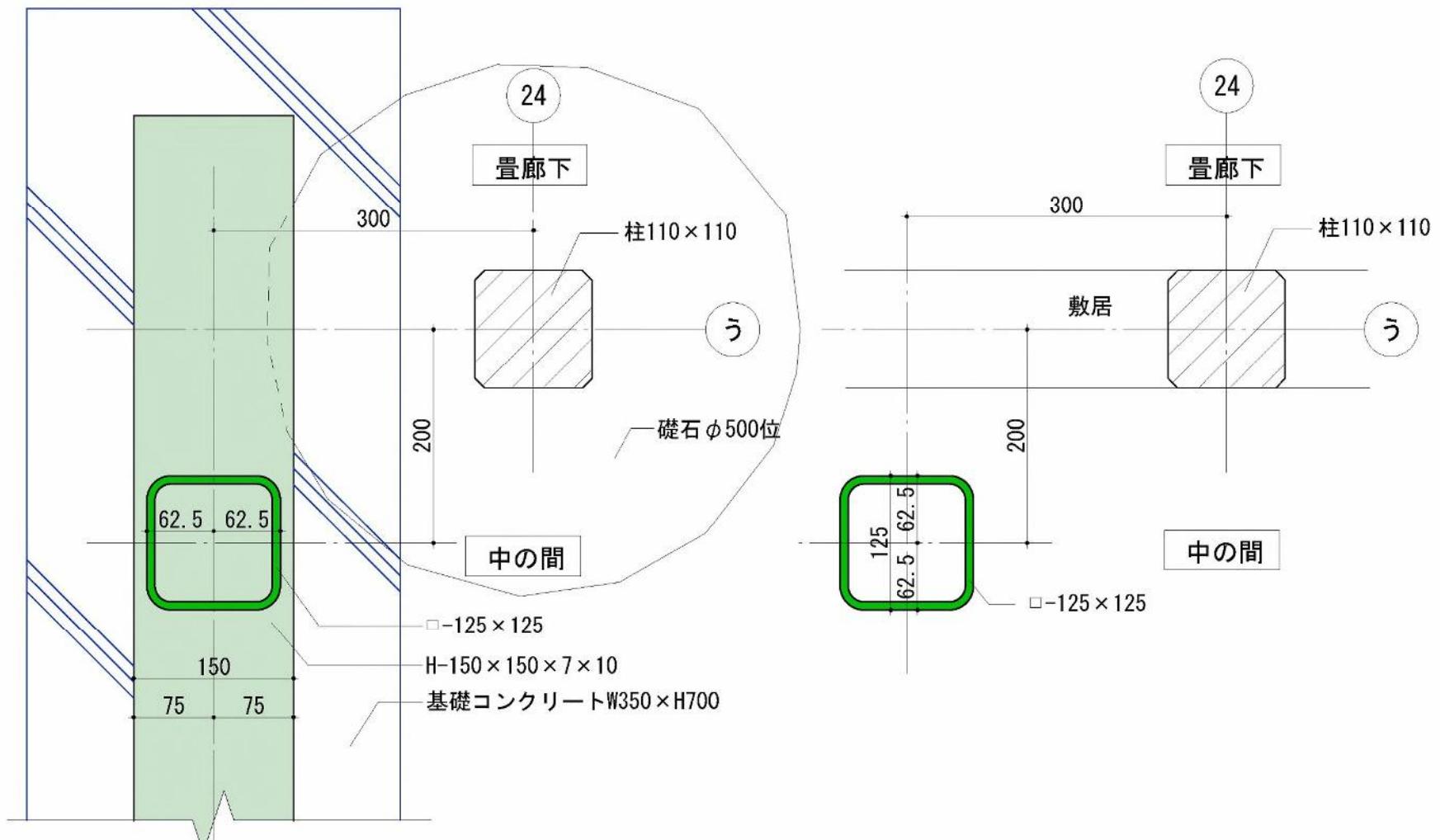
不透過障子の内観イメージ

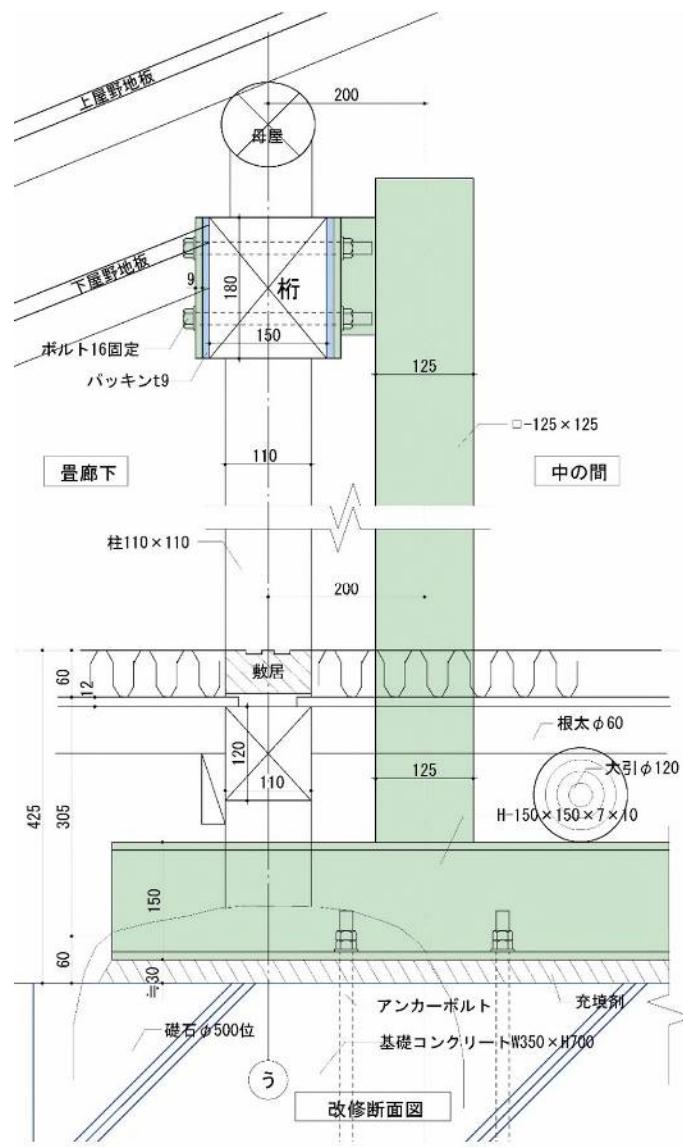
-17-

不透過障子の外観イメージ



④ 鉄骨柱の詳細





⑤ 鉄骨柱の納まり

偕楽園好文亭実施例



片持鉄骨柱を鉄骨土台で受ける



鉄骨基礎梁が既存柱の柱脚に固定し、建物自重
を反力とする

偕楽園好文亭実施例



片持鉄骨柱の上部は既存桁に固定する

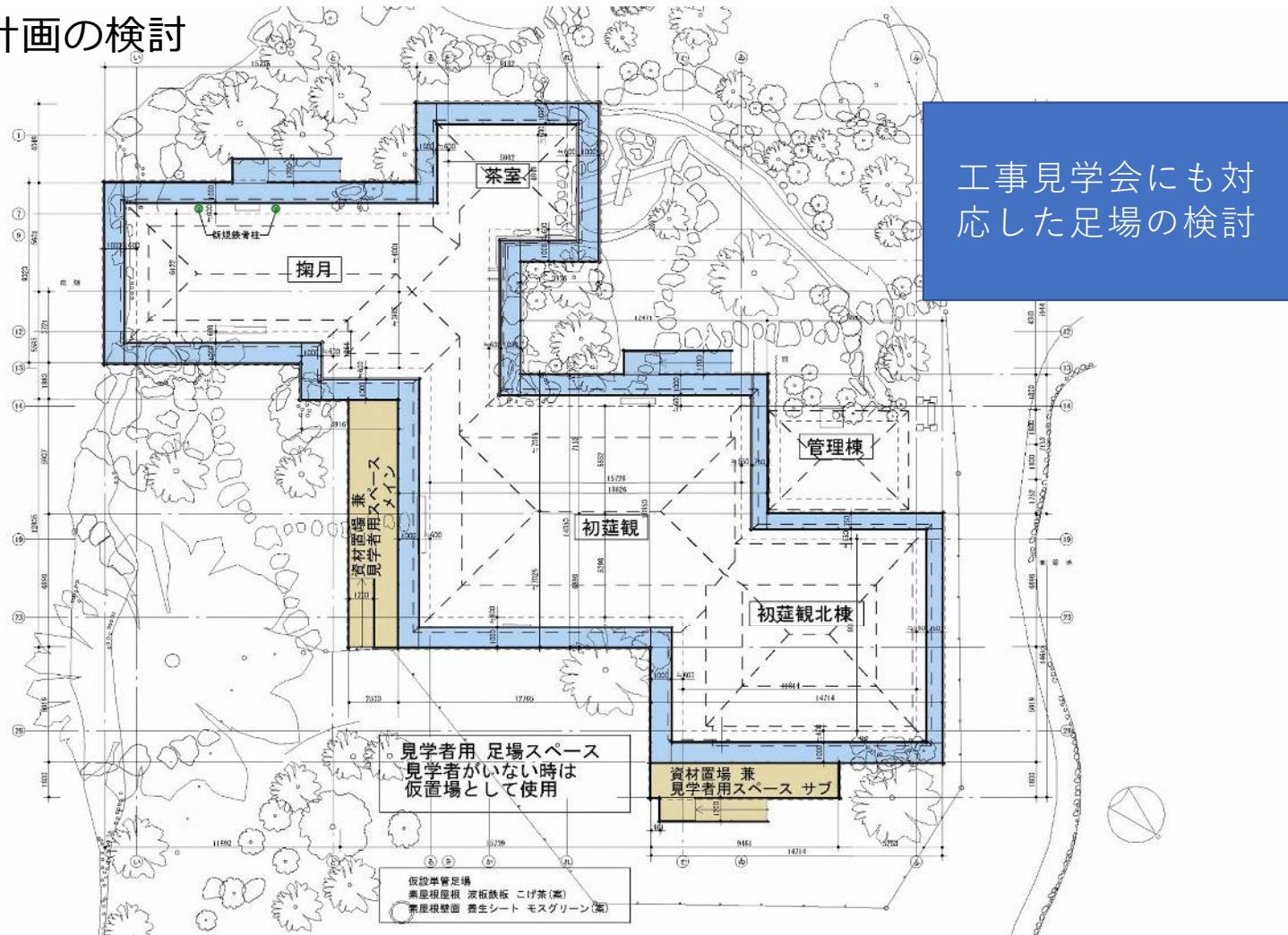
捻れが大きい場合、小屋内に水平ブレースを設
ける

(3) 基本設計案修正検討の考え方

基本設計では、施工性、経済性及び文化財的価値の維持の観点から、構造用合板等の耐力壁による補強を優先しており、耐力壁を設置する位置は景観・眺望・意匠へ及ぼす影響を考慮し、影響がない、あるいは少ない壁や襖を中心に、障子なども含め検討。

一方で、障子や間仕切りのない箇所については、耐力壁の設置が採光を遮ることになること等から、こうした観点を含めて、改めて、景観・眺望・意匠へ及ぼす影響を考慮し、代替案として、鉄骨柱による補強を検討。

(4) 仮設計画の検討



4. 耐震改修修正検討案

(1) 構造検討

- ① 構造計算の諸条件
- ② 建物重量の計算
- ③ 構造計算
- ④ 常時微動計測結果

(2) 耐震改修修正検討案

- ① 補強箇所の平面配置と内部写真
- ② 床下の補強
- ③ 小屋の補強

(1) 構造検討

① 構造計算の諸条件

(1) 検討方針

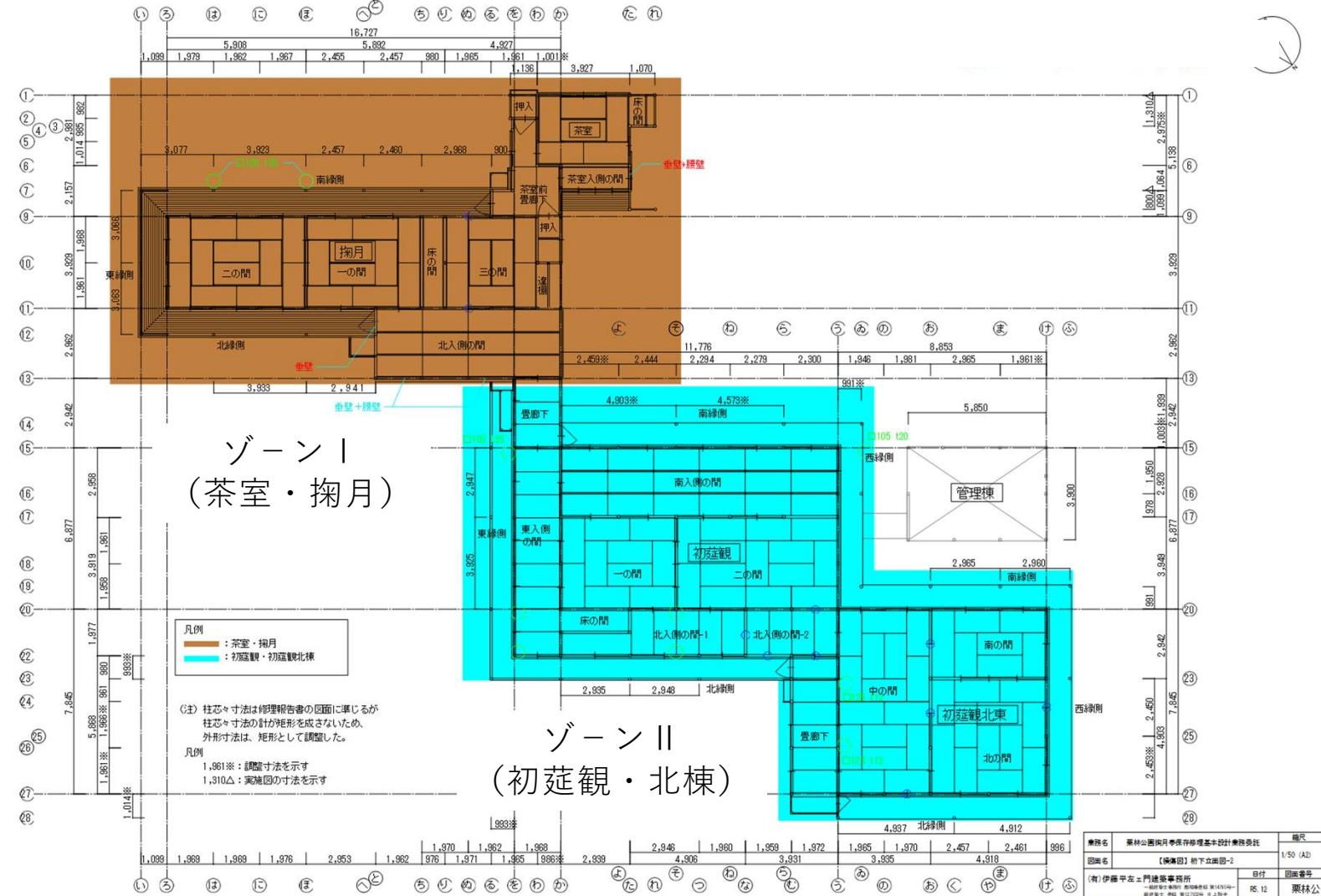
- ・建物の上部構造は建築基準法施行令85条の5に基づく限界耐力計算によって安全性を検証する。
- ・検討方法は茶室・掬月/初庭観・初庭観北棟の2つにゾーニングした際の足し合わせ計算による検討と、建物全体を一体で構築した立体解析モデルによる詳細検討とする。

(2) クライテリアの設定

- ・検証用の地震は、極稀に起こる大地震動、稀に起こる中地震動とする。
- ・検証用の暴風は、極稀に起こる暴風、稀に起こる暴風である。（※基準風速 34 m/s、粗度区分Ⅲ）
- ・本建物の必要耐震性能は、建物を不特定多数の人が利用・滞在することを鑑み、文化庁の指針における「安全確保水準」とし、大地震時および極稀な暴風時に倒壊しないこととする。
- ・中地震時・稀な暴風時に損傷しないことは、参考検討として確認する。
- ・地震、暴風に対するクライテリアの限界変位は、伝統的な木造軸組構法であることを考慮し、以下のとおり設定する。

- ・安全限界変位 $1/20\text{rad}$ 以下 ※建物重心位置において
- ・損傷限界変位 $1/120\text{rad}$ 程度 ※参考検討

足し合わせ計算におけるゾーニング図



② 建物重量の計算

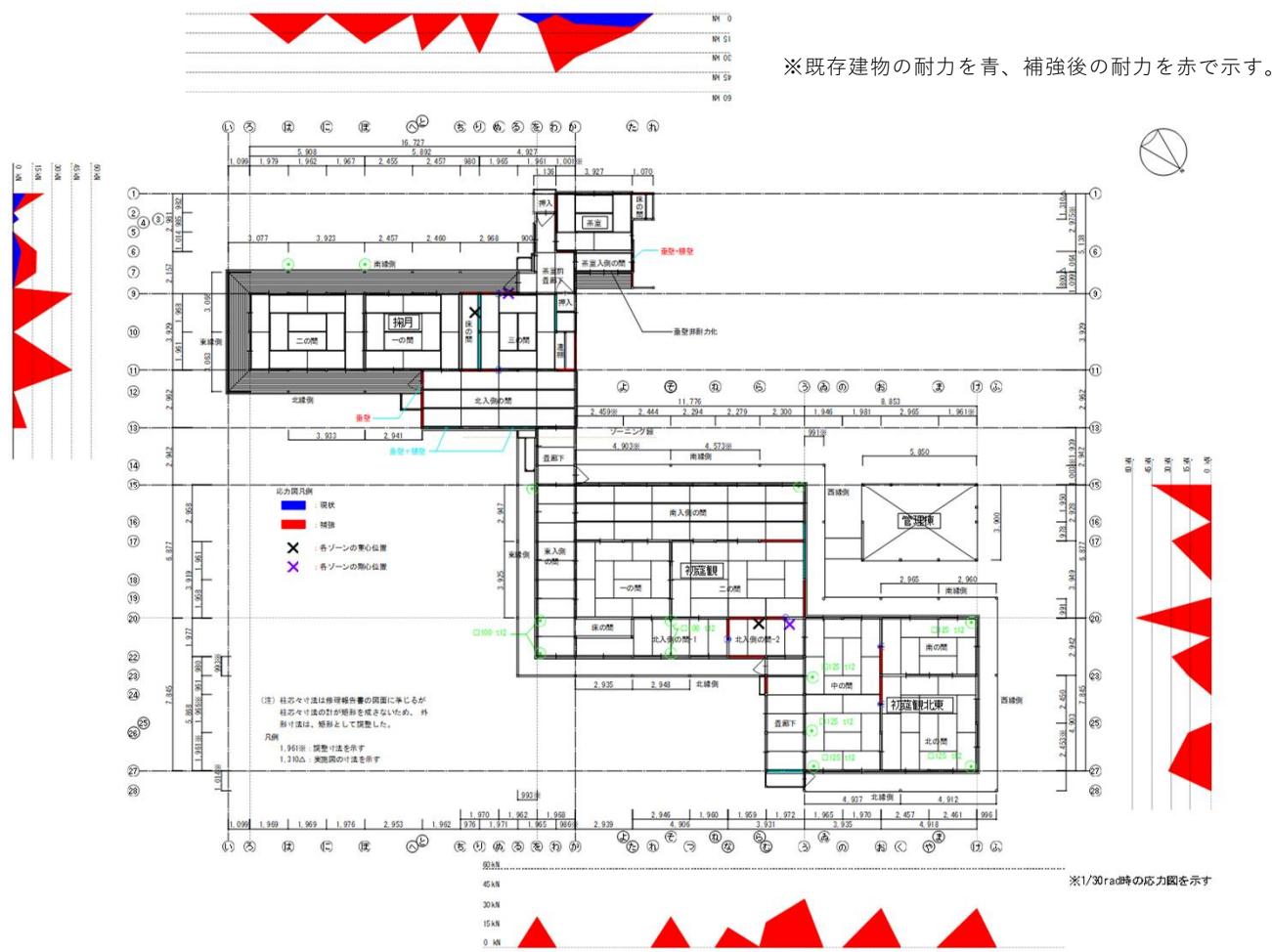
固定荷重

部位	固定荷重 [N/m ²]	備考
屋根	600	柿葺き 野地板(21×60@90), 野垂木 (60×60@493)
小屋組	-	小屋組の重量は別途詳細計算により算出
土壁	1050~1350	壁厚さ 45~70mm 厚さに応じて補正
内壁（紙貼）	400	-
天井(竿縁)	100	格天井の場合290N/m ² [kN]

	茶室	掬月	初筵観	初筵観北棟	全体
屋根+小屋組+天井	39.1	124.9	183.6	130.7	478.3
壁面（1階中央～）	45.9	49.5	50.3	38.6	184.3
壁面（～1階中央）+床	60.1	155.7	198.7	127.7	542.2
地震力算出用重量	85.0	174.4	233.9	169.3	662.6
建物総重量	145.1	330.1	432.6	297.0	1204.8

③ 構造計算

(1) 建物耐力の算出（足し合わせ計算）



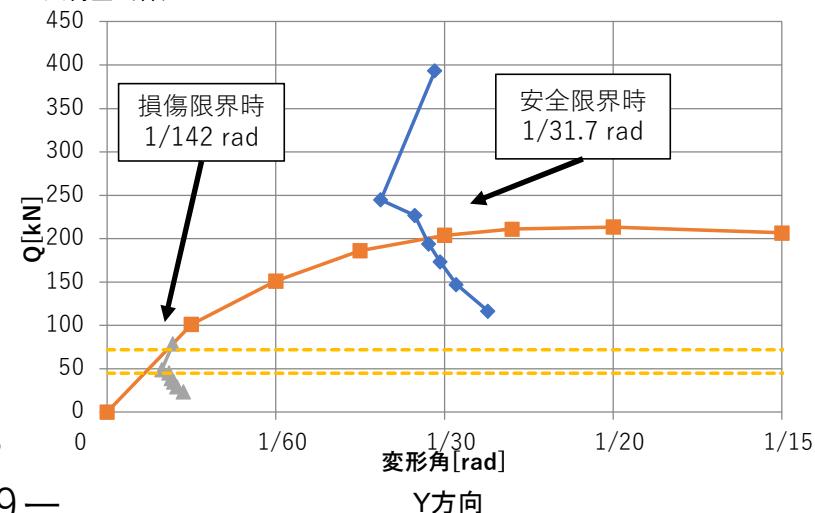
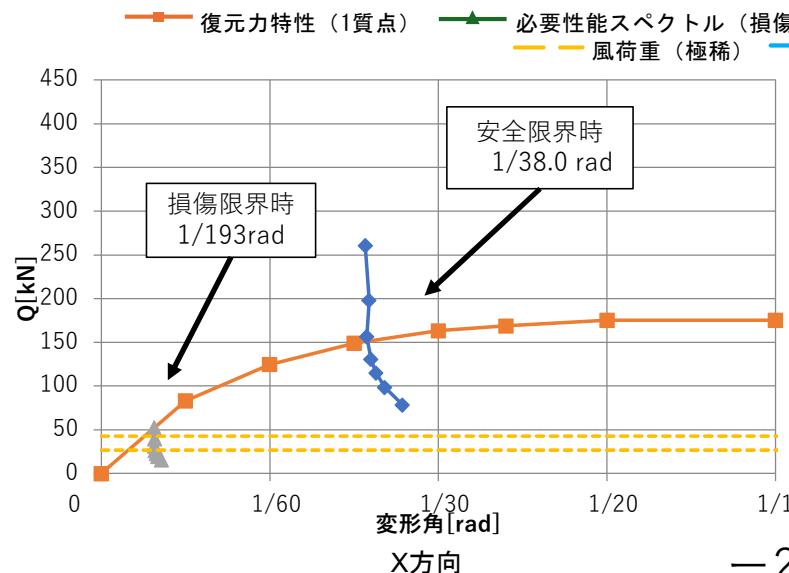
(2) 限界耐力計算による応答値の算出（足し合わせ計算）

■ゾーンI（茶室・掬月）

- 建物の構成より、掬月と茶室を1つのゾーンとして検討を行う。

	最大耐力時 C_B	重量 [kN]
X方向	0.68	
Y方向	0.82	230.1

層高さ : 2.888m

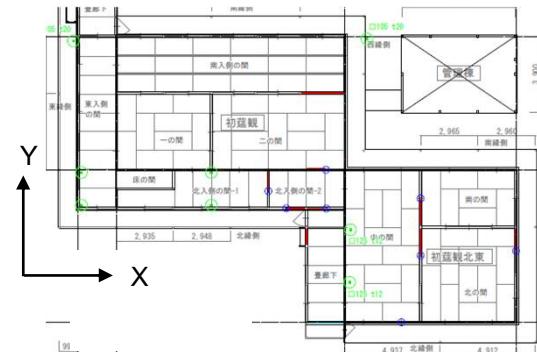


■ ゾーンⅡ（初蓮観・初蓮観北棟）

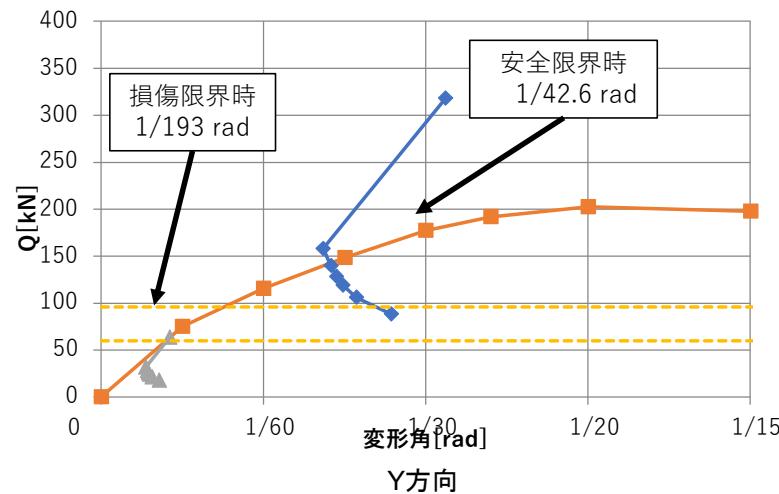
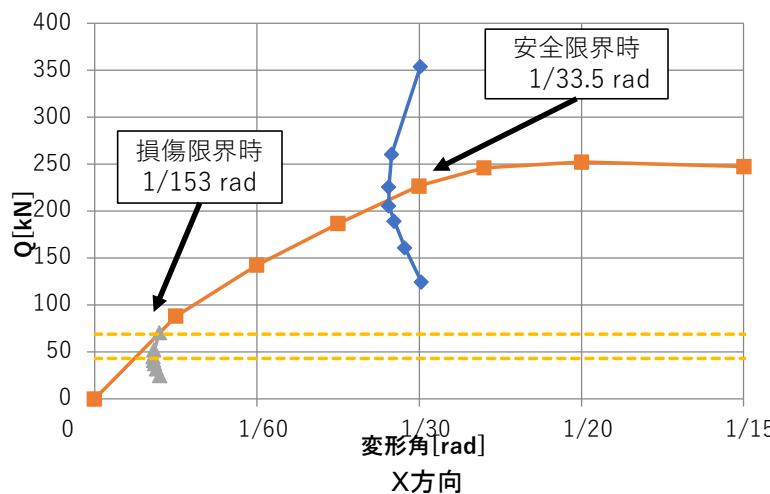
- 建物の構成より、初蓮観と初蓮観北棟のを1つのゾーンとして検討を行う。

	最大耐力時 C_B	重量 [kN]
X方向	0.63	403.0
Y方向	0.50	

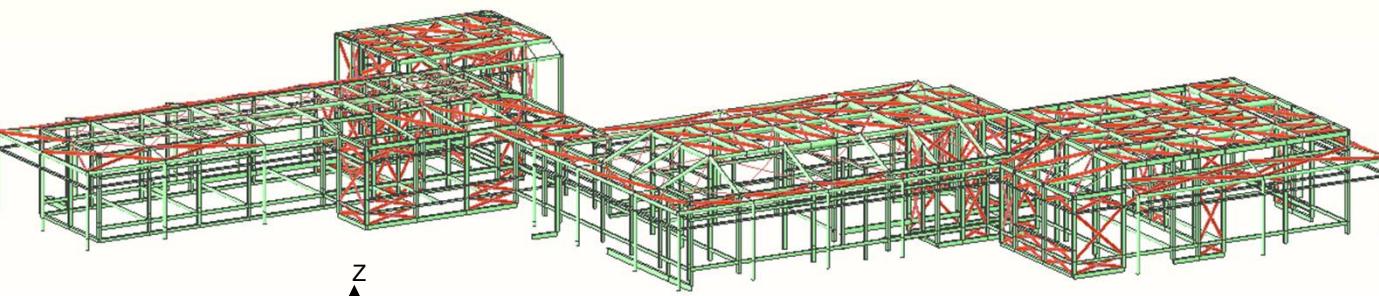
層高さ : 2.897m



復元力特性（1質点） 必要性能スペクトル（損傷限界時） 必要性能スペクトル（安全限界時）
 風荷重（極稀） 風荷重（稀）

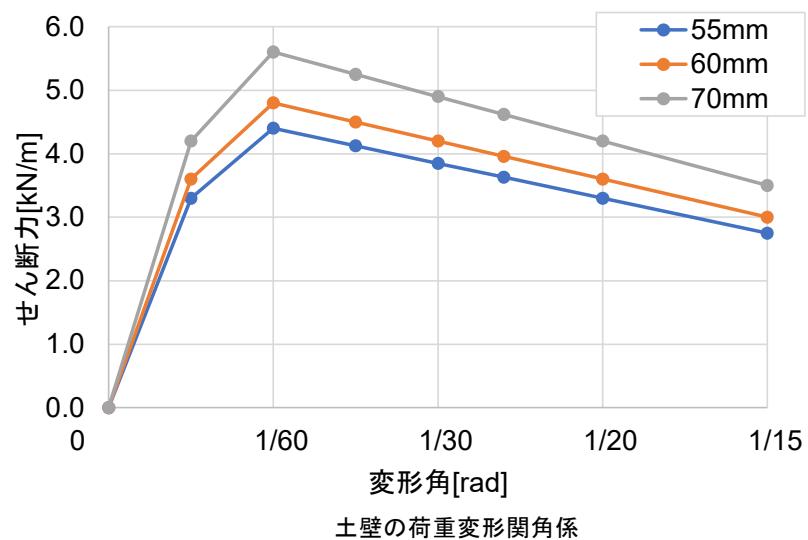


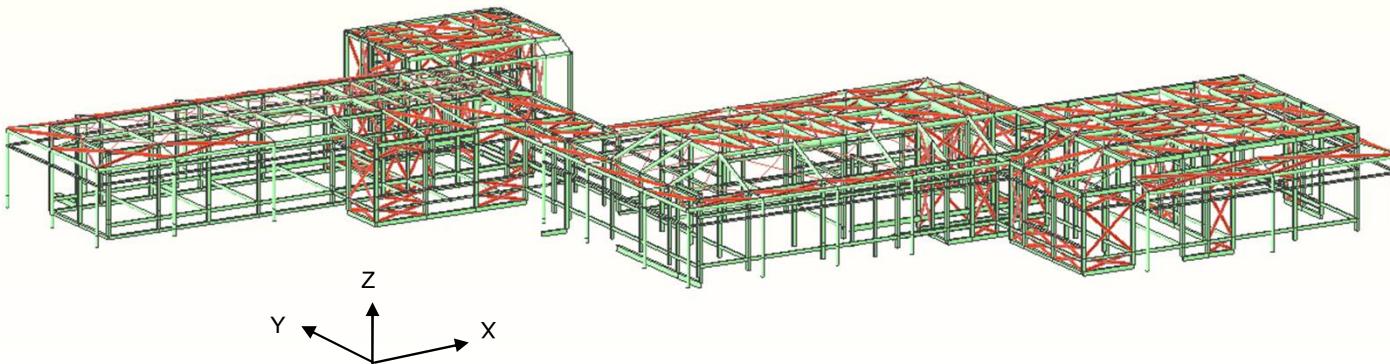
(3) 耐力要素の設定、解析モデルの概要



既存部のモデル化

- 柱はスギ、梁は小屋梁はマツ、その他はスギとする。
- 既存耐震要素は有効厚さ55mm～の土壁のみとし文化庁式に基づく。
- ブレース補強しない水平構面は床倍率0.5程度の剛性・耐力を与えた。

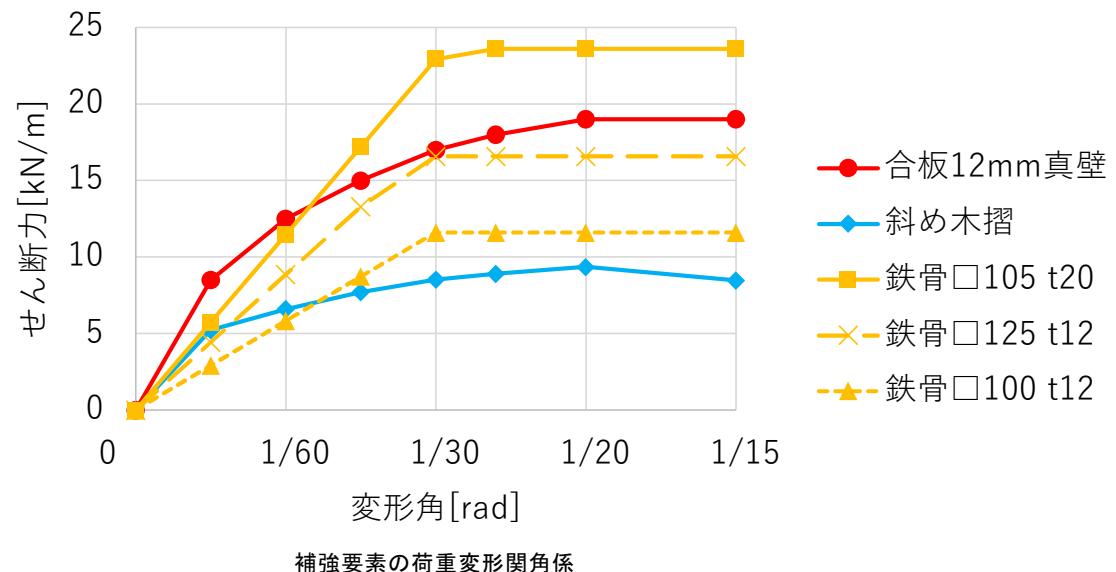




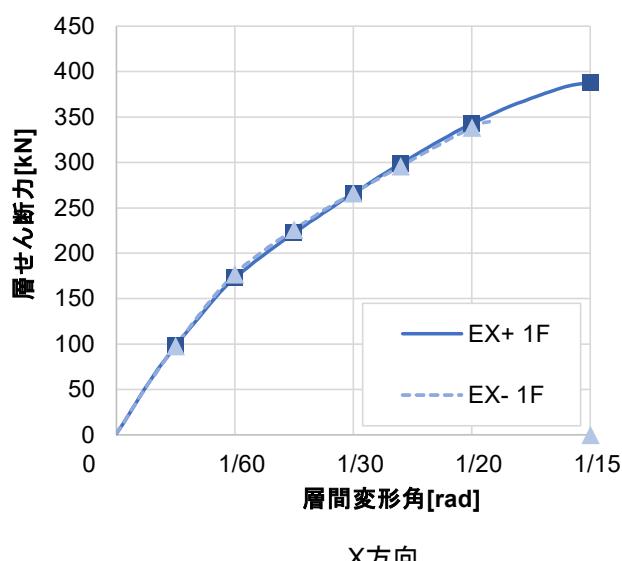
補強耐力要素のモデル化

構造用合板12mm、斜め木摺(片面)、鉄骨柱（片持ち）

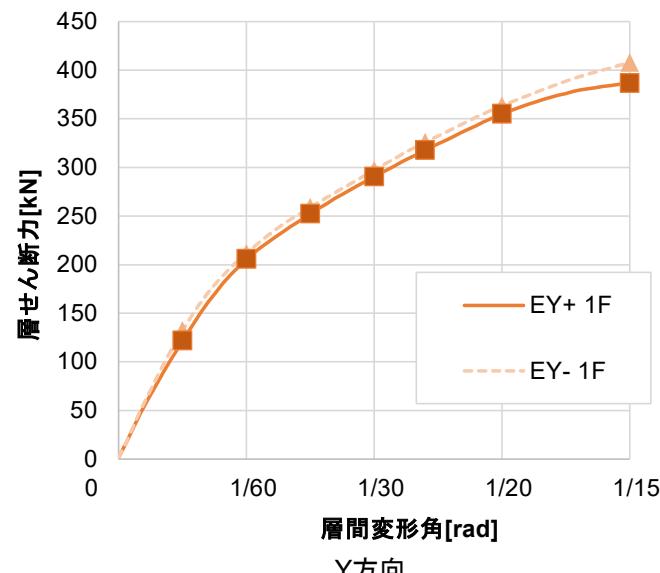
※右図の鉄骨柱の復元力特性は代表高さで換算



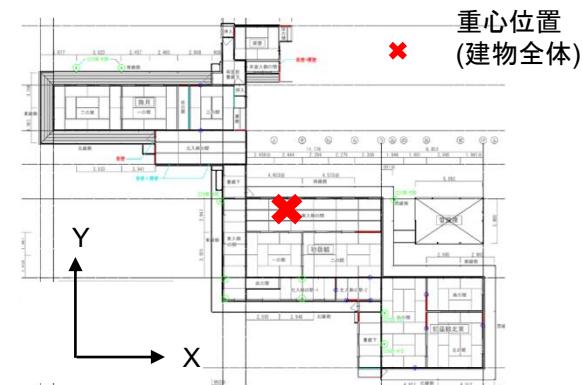
(4) 増分解析結果



最大耐力時の $CB = 0.58$



最大耐力時の $CB = 0.58$

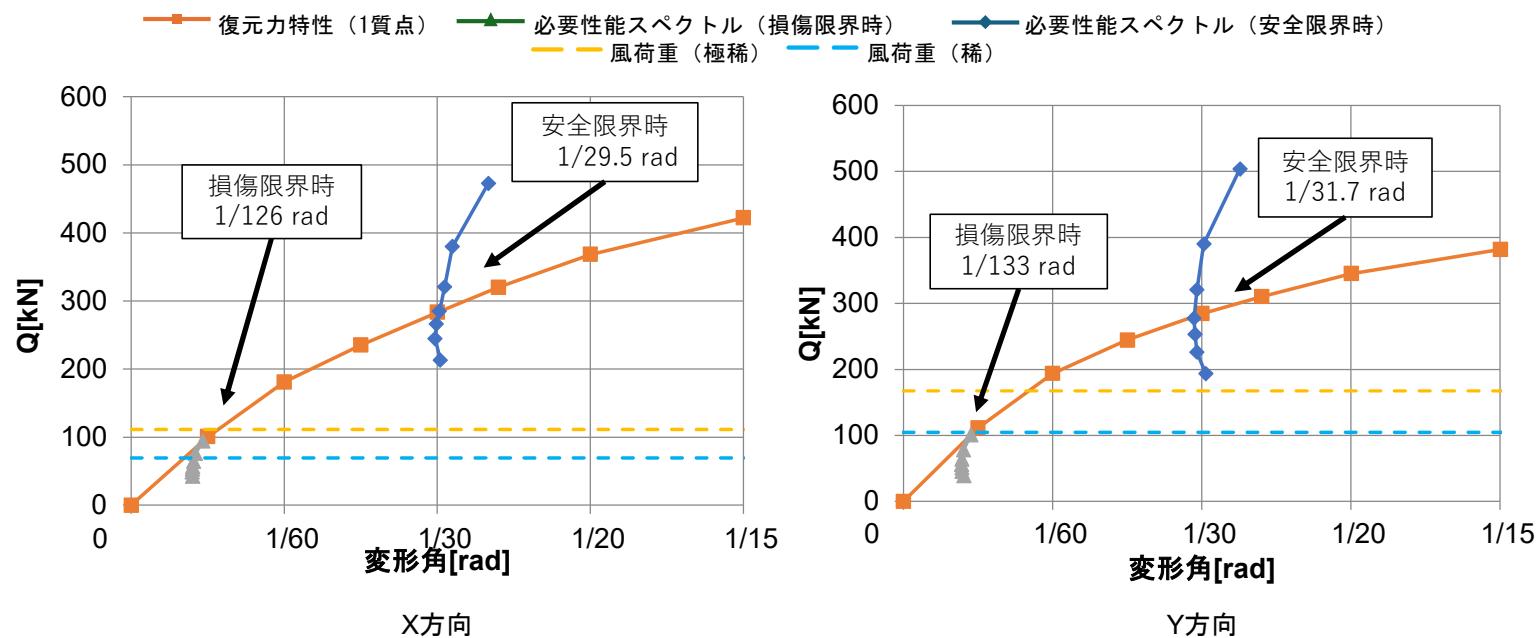
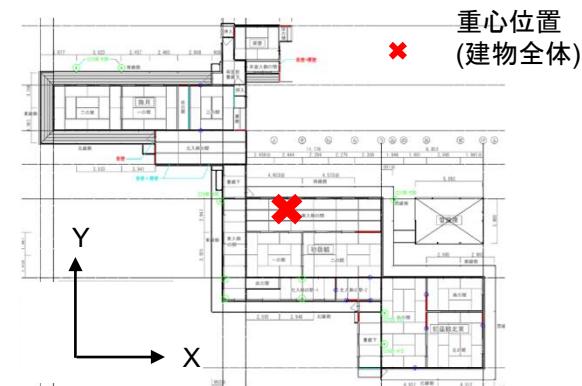


(5) 限界耐力計算による応答値の算出

建物全体（解析モデル結果）

	応答時 C_B	重量 [kN]
X方向	0.41	662.6
Y方向	0.43	

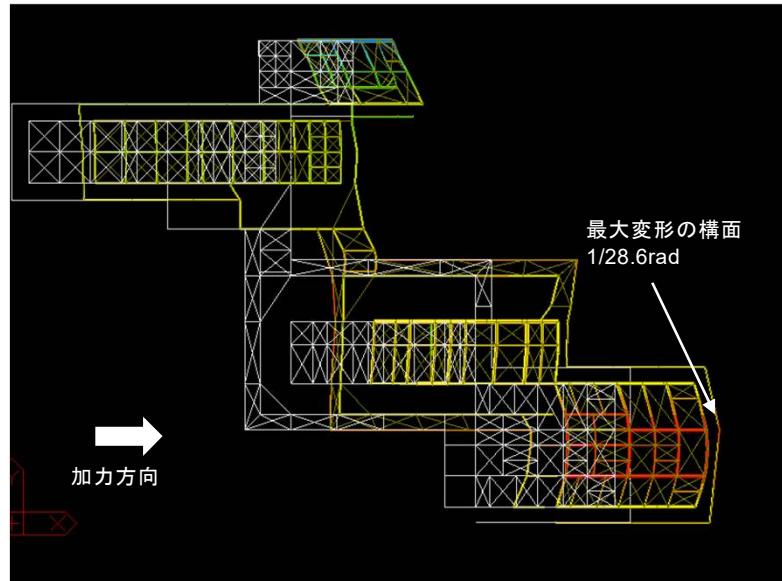
階高 : 2.779m



(6) 応答時の変形状態

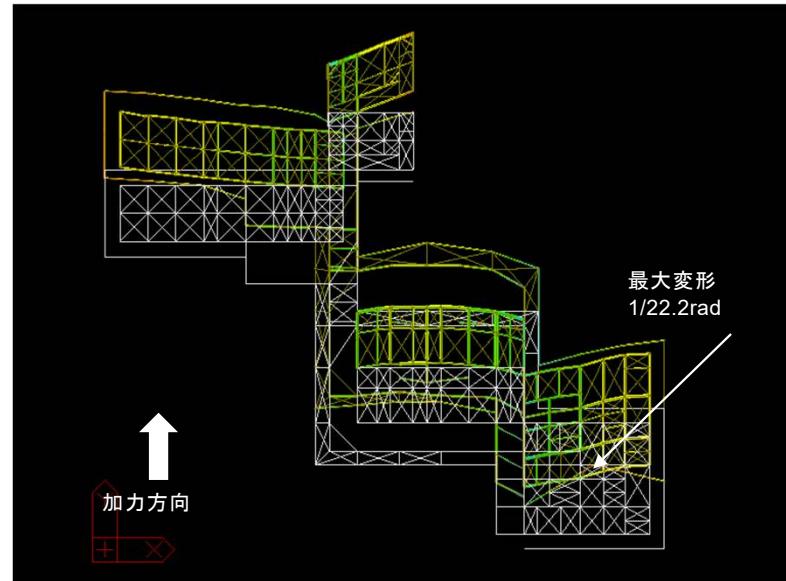
正方向

応答ステップ時のRFLにおける変形図（変形図倍率 3倍）



X+方向

初庭観北棟ふ通りの下屋部分が最大変形となった。

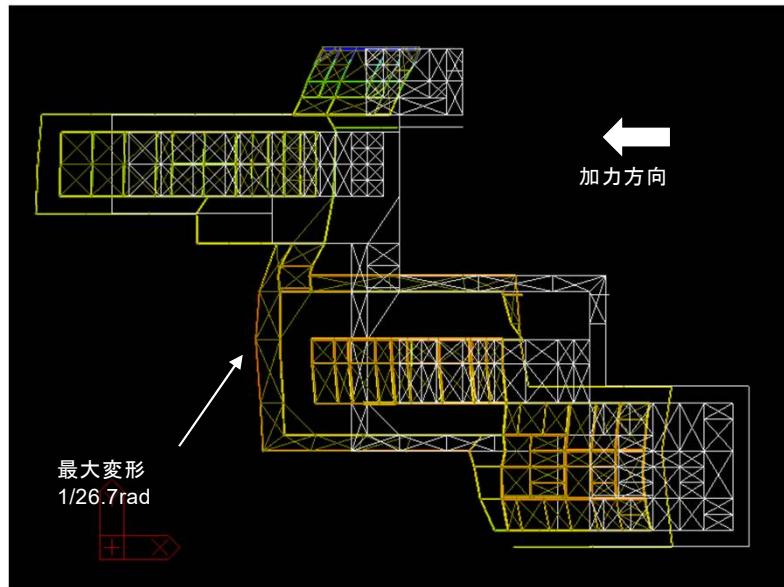


Y+方向

建物形状が雁行のため、Y方向の変形性状は複雑となるが、各部において水平構面の変形角が $1/120\text{rad}$ 以下に収まっていることを確認した。

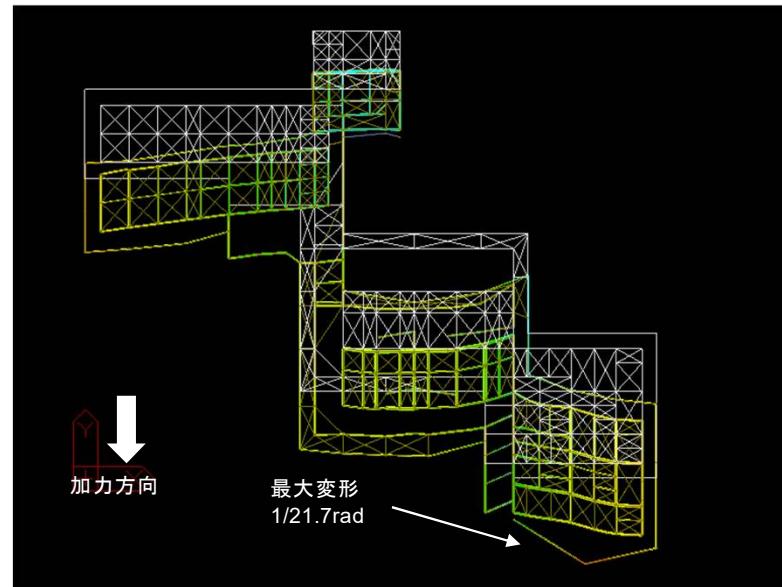
負方向

応答ステップ時のRFLにおける変形図（変形図倍率 3倍）



X-方向

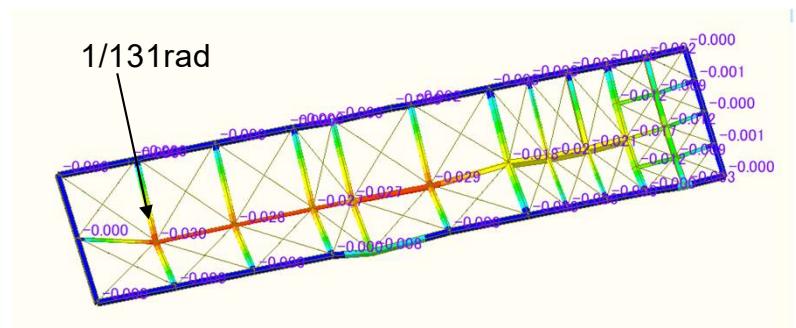
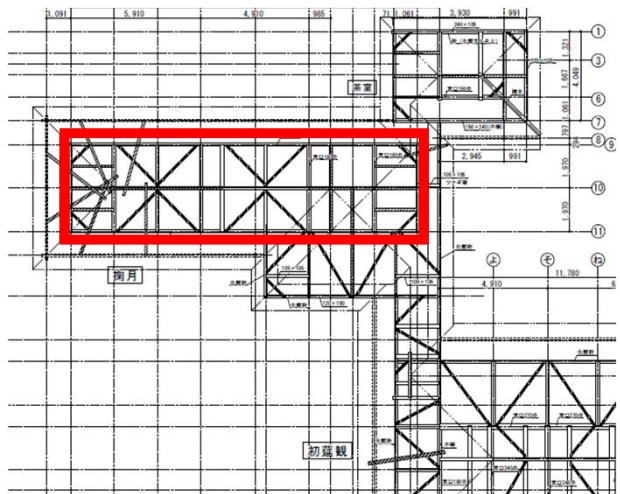
初庭観る通りの下屋部分が最大変形となった。



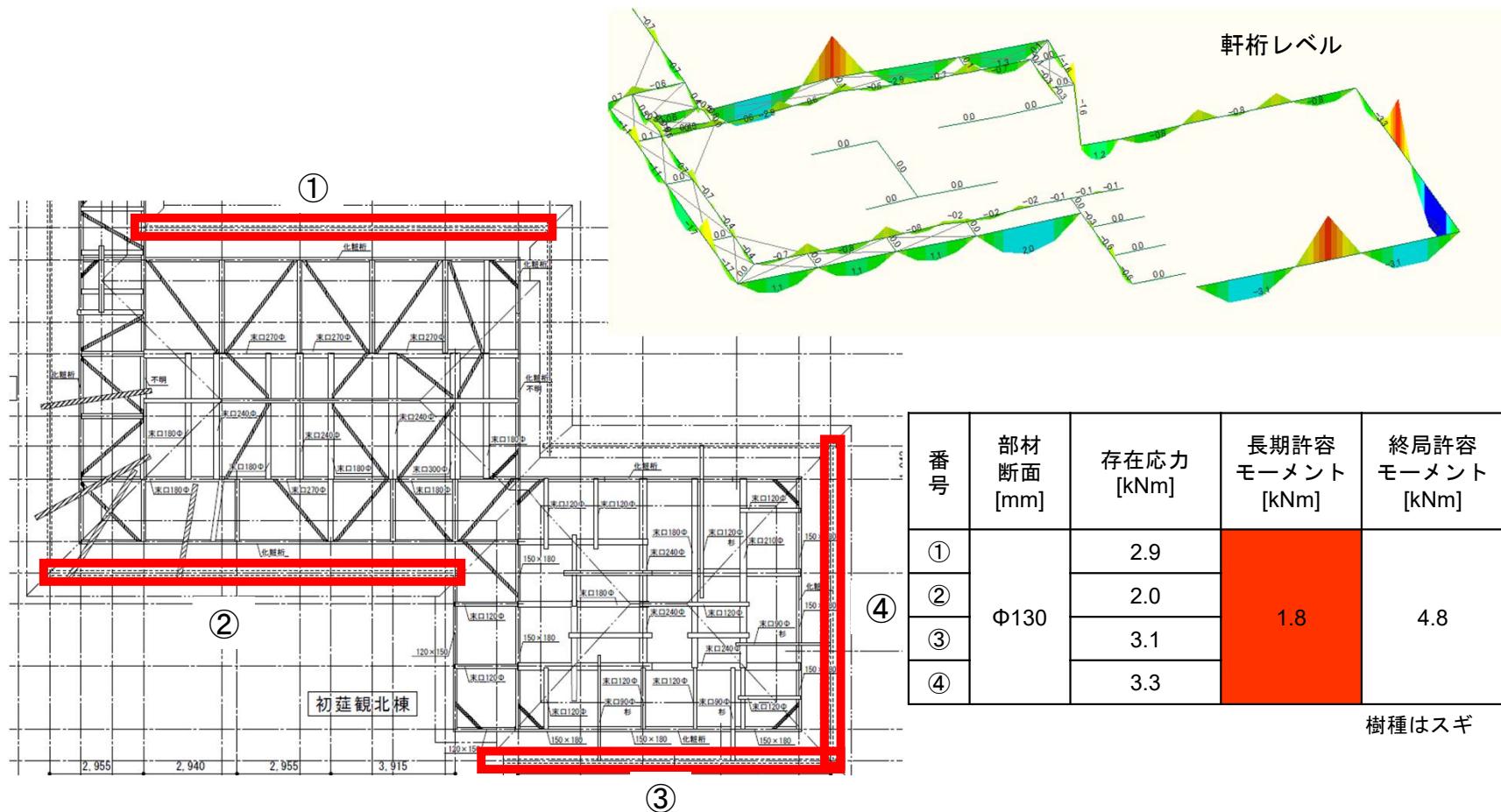
Y-方向

初庭観北棟28通りや掬月い通りは下屋部分であり、大きく変形しても上屋の倒壊にあまり影響しないことから、垂木と垂木掛けの接合個所に外れ止めを設ける。

(7) 長期荷重に関する検討



既存小屋組みを和小屋として計算した場合、図面の梁断面（梁成120mmを想定）では解析より変形が過大に生じる結果となった。ただし、現状では大きな不具合は出ていない。おそらく、密に設置された雲筋交いがトラスとして機能しているためと思われる。今回の修理では特にこの長期荷重に対しての補修は行わないものとする。



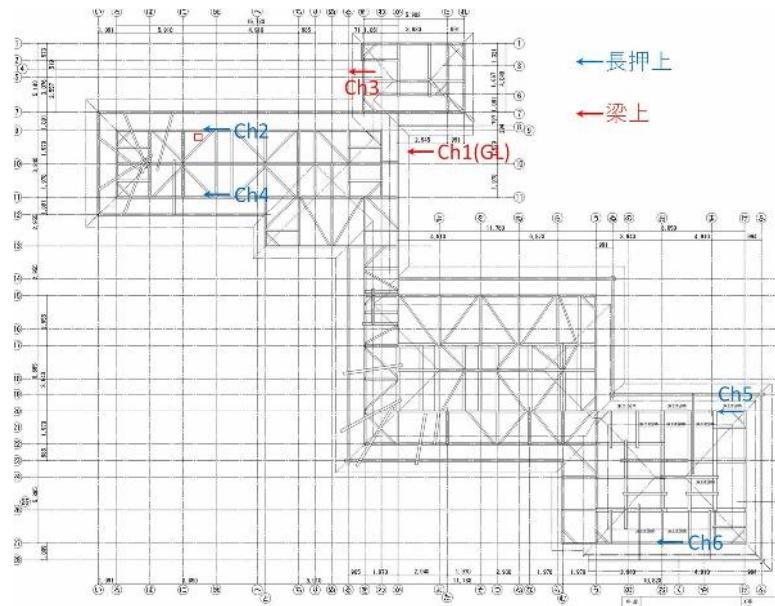
④ 常時微動計測結果

高感度振動計(SPC52)、サーボ型速度計(VSE-15D)×6台を用いて常時微動計測を行った。

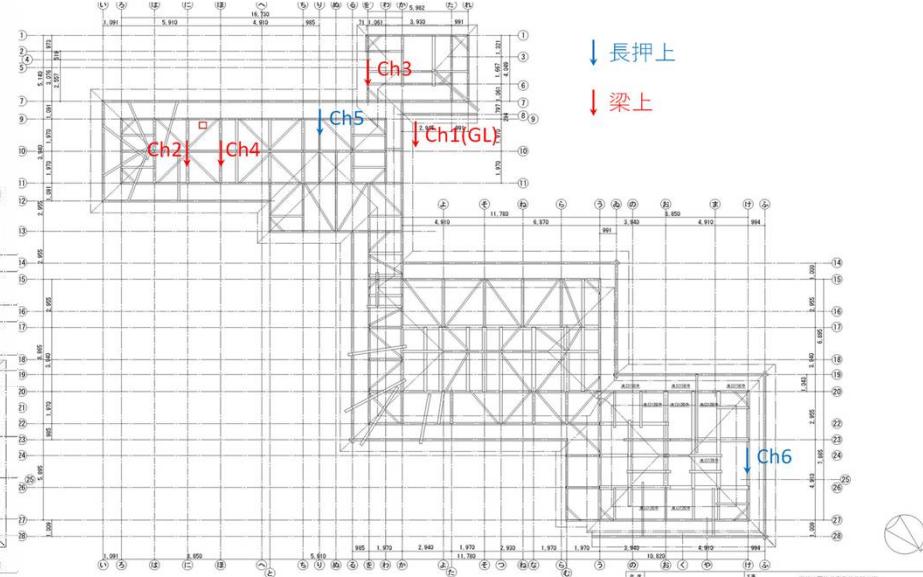
以下は、各方向の代表的なケースを示す。



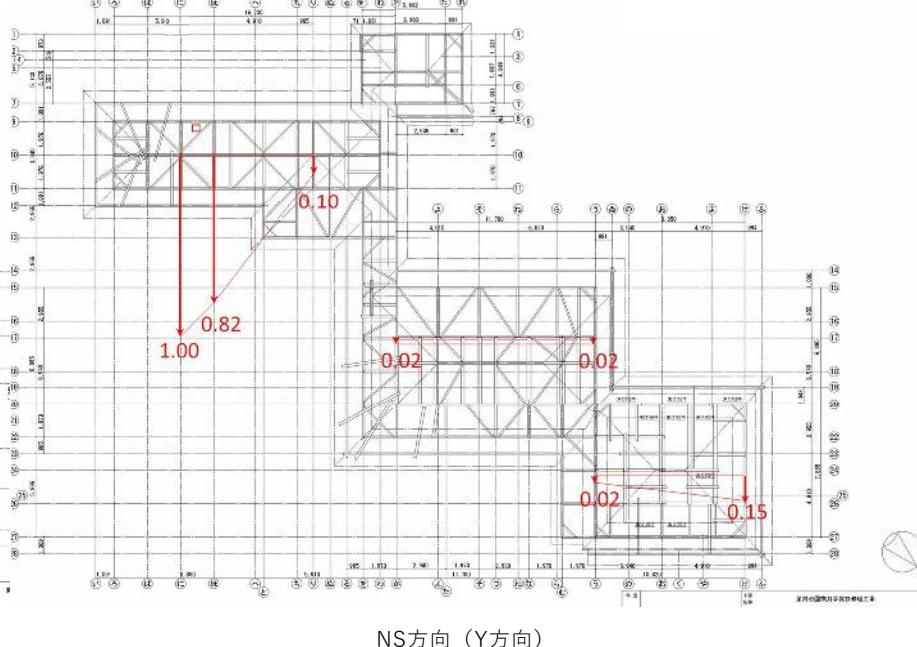
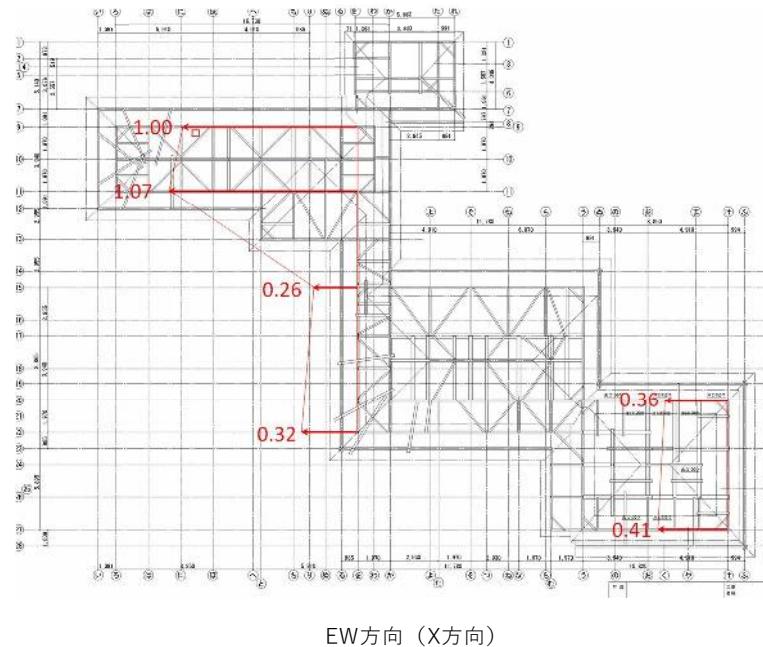
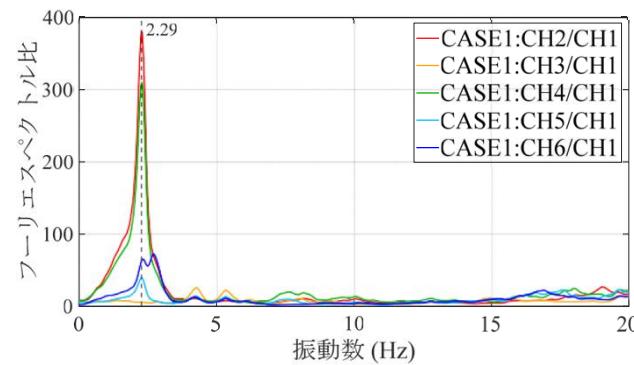
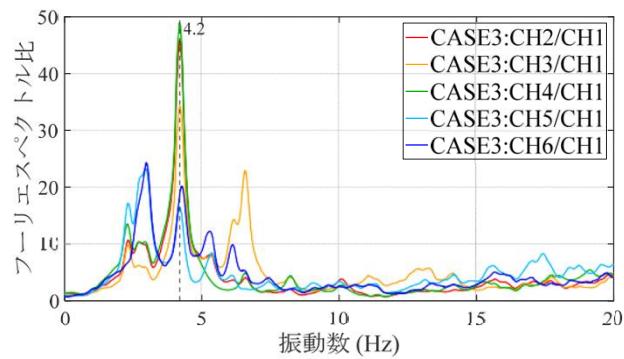
サーボ型速度計



EW(X)方向 (CASE-3)

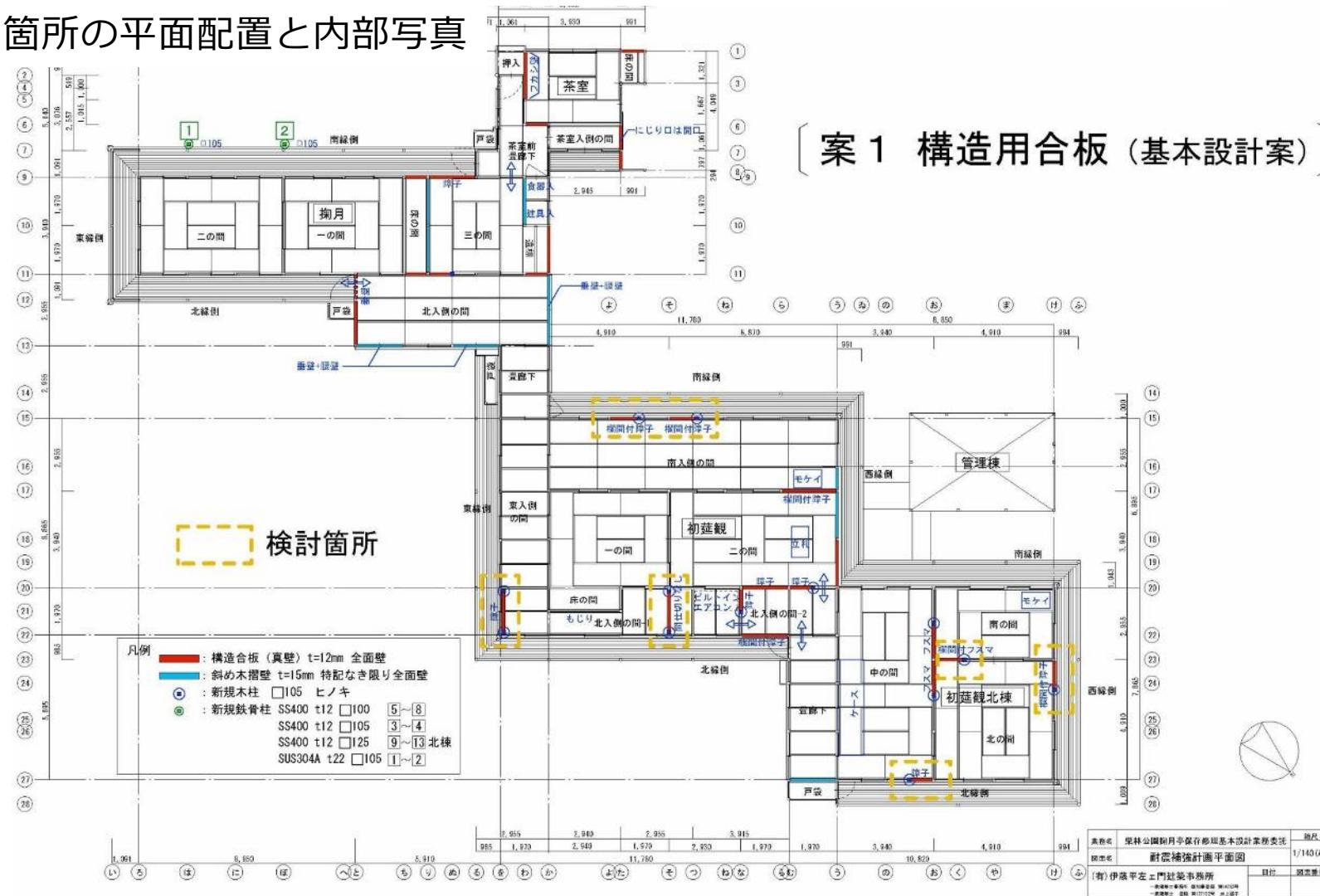


NS(Y)方向 (CASE-1)

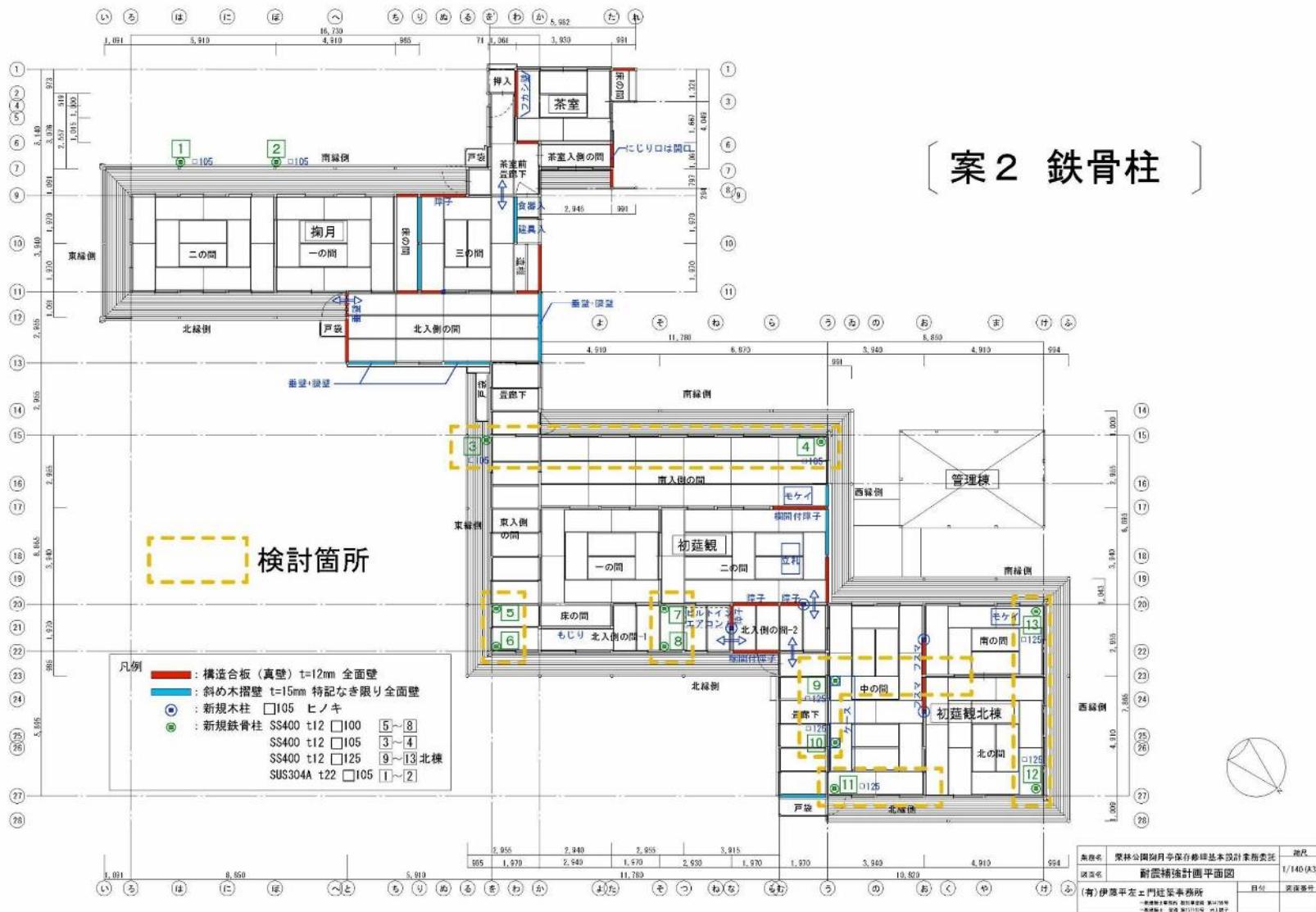


(2) 耐震改修修正検討案

① 補強箇所の平面配置と内部写真



案2 鉄骨柱



掬月 内部写真



掬月 南縁側 外部鉄骨柱 1、2



掬月 一の間 外部鉄骨柱 1、2



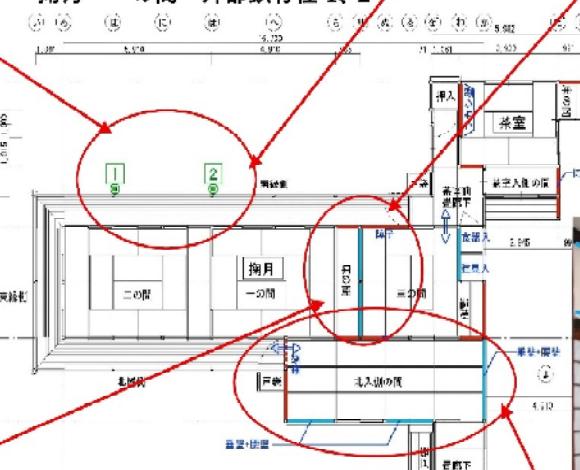
掬月 南縁側 三の間 9通り 構造用合板

凡例

- 構造色合(真壁) t=12mm 全面壁
- 前柱木垣壁 t=15mm 特記なき裏し塗面壁
- 外観外壁 □105 ピネキ
- 若狭板柱 SL330/A □130 t=12
- 140/t=95 北壁 □添



一の間 9、11通り 構造用合板 り通り 斜め木垣壁



北入側の間 と、11通り 構造用合板 か、13通り 斜め木垣壁

茶室 内部写真



茶室 わ通り 構造用合板



茶室 1通り た'通り 構造用合板

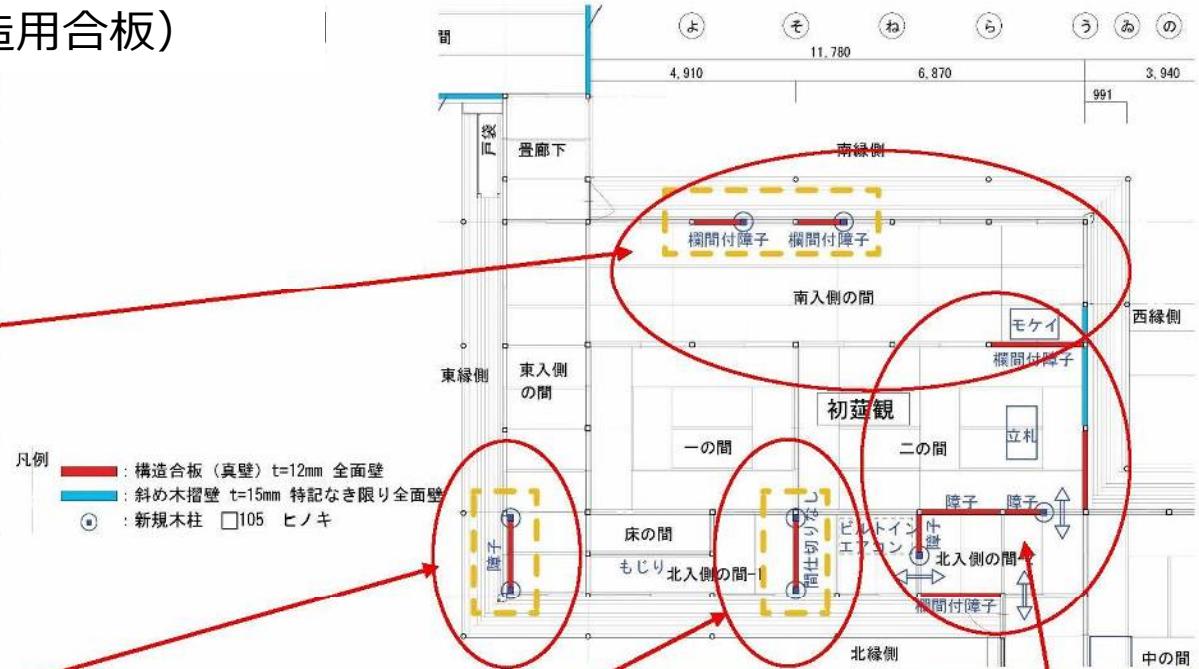


茶室 た'通り 構造用合板

初廻観 内部写真（案1 構造用合板）



初筵観 南入側の間 15 通り 構造用合板



初筵観 東入側の間 を通り 構造用合板



北入側の間-1 そ通り 構造用合板



二の間・北入側の間・2 構造用合板、斜め木摺壁

初蓮觀 内部写真 (案2 鉄骨柱)



初蓮觀 東縁側 鉄骨柱 3

凡例

- : 構造合板 (裏壁) t=12mm 全面壁
- : 斜め木摺壁 L=15mm 特記なき限り全面壁
- : 新規木柱 □105 ヒノキ
- : 新規鋼量柱 SS400 t12 □100 5~[8]
SS400 t12 □105 3~4
SS400 t12 □125 9~13 北棟
SUS304L t22 □105 1~2



初蓮觀 南入側の間 鉄骨柱 4、斜め木摺壁



初蓮觀 東入側の間 鉄骨柱 5、6



北入側の間-2 鉄骨柱 7、8



二の間・北入側の間-2 構造用合板、斜め木摺壁

初蓮観北棟 内部写真（案1 構造用合板）



初蓮観北棟 中の間 お通り 構造用合板

凡例

- 構造用合板（真壁）t=12mm 全面壁
- 斜め木摺壁 t=15mm 特記なき限り全面壁
- 新規木柱 □105 ヒノキ



初蓮観北棟 北の間 23通り 構造用合板



初蓮観北棟 豊廊下 27通り 斜め木摺壁



初蓮観北棟 中の間 27通り 構造用合板



初蓮観北棟 北の間 け通り 構造用合板

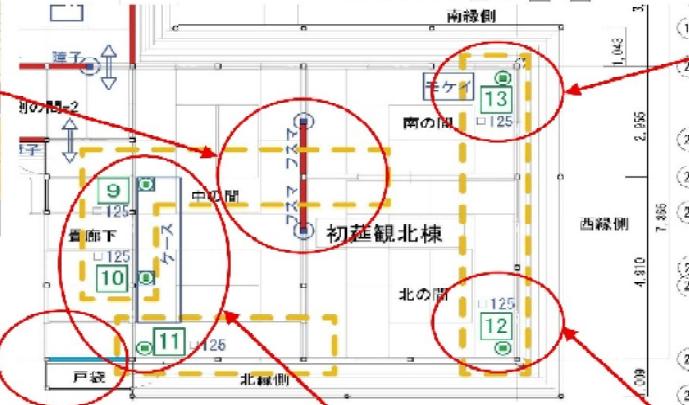
初蓮観北棟 内部写真（案2 鉄骨柱）



初蓮観北棟 中の間 お通り 構造用合板

凡例

- : 構造合板 (真壁) t=12mm 全面壁
- : 斜め木摺壁 t=15mm 特記なき限り全面壁
- : 新規木柱 □105 ヒノキ
- : 新規鉄骨柱 SS400 t12 □100 5~8
SS400 t12 □105 3~4
SS400 t12 □125 9~13 北棟
SUS304A t22 □105 1~2



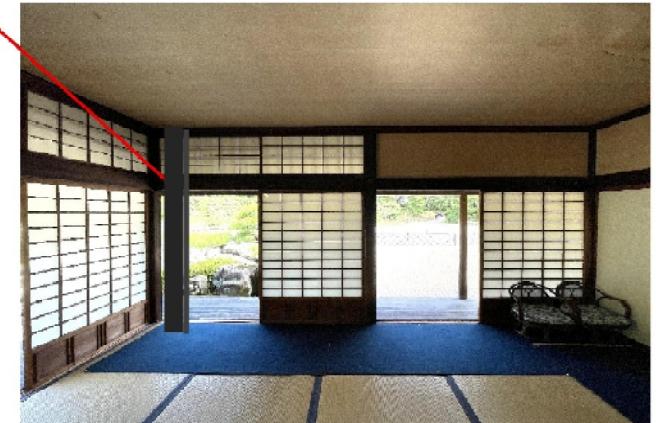
初蓮観北棟 南の間 鉄骨柱 13



初蓮観北棟 畳廊下 27通り 斜め木摺壁



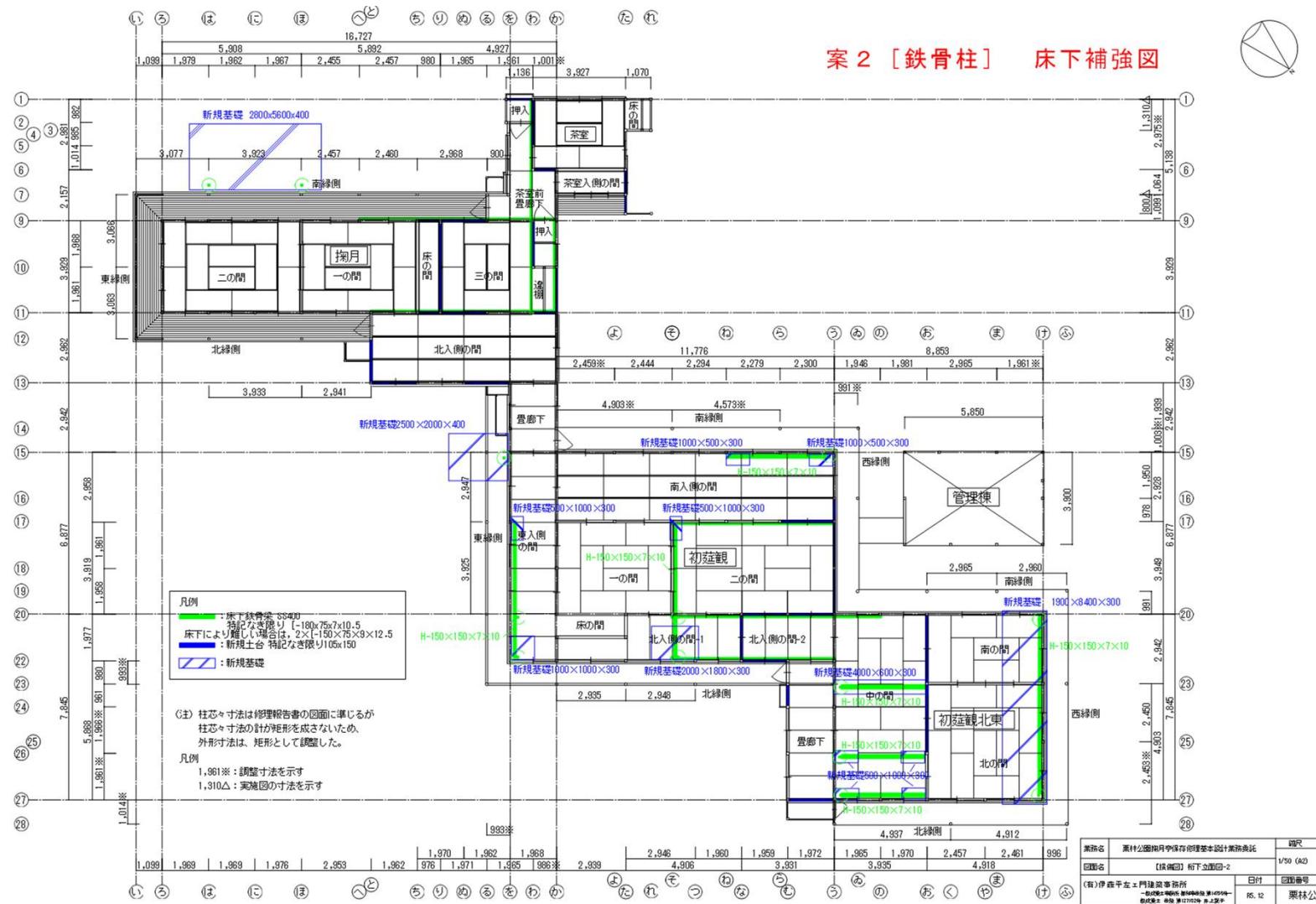
初蓮観北棟 中の間 鉄骨柱 9、10、11



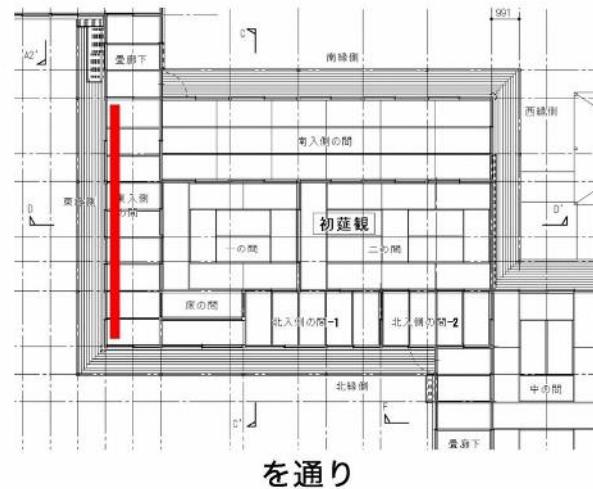
初蓮観北棟 北の間 鉄骨柱 12

② 床下の補強

※床下の補強に関しては変更の可能性があります。



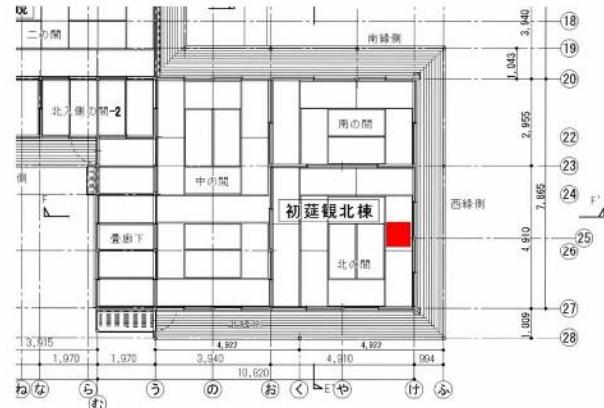
床下の現状（初筵観）



を通り



床下の現状（初庭観北棟）



25-け通り

平頭圖



③ 小屋の補強

案2 [鉄骨柱] 梁補強図

