

鹿児島県立博物館
考古資料館

耐震補強検討書

2024年2月

作成日

設計事務所

設計者

構造設計事務所

構造設計者

株式会社修復技術システム

一級建築士登録 大臣

株式会社佐藤建築設計一級建築士事務所

佐藤 英佑

一級建築士登録 大臣 336685

構造設計一級建築士 第 10220 号

目次
(耐震補強検討書)

1章 はじめに	
1-1 耐震補強の方針	.....1
1-2 補強計画	.....2
2章 一般事項	
2-1 建物概要	..... 16
2-2 構造設計方針	..... 17
2-3 設計上準拠した指針・規基準等	..... 18
2-4 使用する電算プログラム	..... 20
2-5 使用材料	..... 21
3章 仮定荷重	
3-1 固定荷重及び積載荷重	..... 27
3-2 地震荷重	..... 27
3-3 積雪荷重	..... 32
3-4 風荷重	..... 32
4章 準備計算	
4-1 準備計算	..... 35
5章 二次部材の検討	
5-1 二次部材の検討	..... 36
6章 一連計算結果	
6-1 一連計算結果	..... 52
7章 FEM解析による壁体の検討	
7-1 解析の目的	.....540
7-2 解析条件	.....540
7-3 FEM解析検討結果	.....541
8章 主架構に対する補足検討	
8-1 主架構に対する補足検討	.....553
9章 チェックリストおよび入力データ	
9-1 チェックリストおよび入力データ	.....581

別添資料については耐震診断報告書参照

- 1.壁面コア抜き調査、圧縮試験報告書
- 2.壁面非破壊調査報告書
- 3.壁面せん断試験報告書
- 4.土間コンクリート非破壊調査報告書

1章 はじめに

1-1 耐震補強の方針

現況の鹿児島県立博物館考古資料館は前述のように、耐震性能が不足しており、地震時に建物倒壊の危険性がある。そのため、本章では耐震補強の検討を行う。

組積造に関する法令は建築基準法施行令第51条から第62条にて定められている。考古資料館は軒の高さが9mを超えているため、現行法令においては第59条の2により、「高さ十三メートル又は軒の高さが九メートルを超える建築物にあつては、国土交通大臣が定める構造方法により、鉄筋、鉄骨又は鉄筋コンクリートによつて補強しなければならない。」と定められている。

考古資料館の耐震補強においてはこれらの法令をもとに、建物内部に補強の鉄骨フレームを設け、組積造部分に生じる地震力等の水平力を鉄骨フレームにて負担できるように設計する。組積造建築物の耐震性能は目地部の強度に依存する。耐震診断時に用いた考古資料館の目地強度については、コア抜き試験体の強度試験結果をもとに算定しているが、目地内部のダボのはし空きによる強度に近いと推定され、目地部の実強度や石材に対するダボ筋の位置による強度影響等は不明瞭な部分が多く、目地部の強度を正確に評価できていない可能性が高い。そのため、耐震補強においては目地部の強度に依存しない補強計画を採用することが必要となる。そのため、補強計画においては目地部分により地震力の一部を負担せず、補強架構のみですべての地震力を負担できる架構計画とする。耐震診断結果により、壁体目地部の強度のみで面内方向の耐震性能を満足するためにはX方向:0.71N/mm²、Y方向:1.41N/mm²（耐震診断報告書 p59を参照）となり、組積造指針等に示される目地部許容応力度の上限値 0.45N/mm² を大きく上回る。そのため、考古資料館においては目地部の強度が診断時の実験結果を上回る場合においても、目地部の損傷は発生する危険性が高いと判断される。

安全性確認方法は鉄骨フレームの規模に応じた、保有水平耐力計算を行う。目標とする耐震性能は建築物の耐震改修の促進に関する法律、建築物の耐震化の円滑な促進のための措置についても適合できるよう、現行法令同等の耐震性能を確保することを目標とする。

- ・設計上のクライテリアは鉄骨造設計の構造計算ルート3を満足することを確認する。
- ・建物の地震力はすべてを鉄骨架構で負担するものとし、壁面は自重のみを負担する。
- ・新設のスラブおよび屋根面については鉄骨架構にて荷重負担を行う（長期荷重、地震力とも）
- ・壁面の面外変形および石材の崩落防止措置として鉄骨間柱を設ける。
- ・面内応力の鉄骨架構への伝達についてはダボおよび崩落防止措置および新設鉄骨架構との接合部に設けるアンカーボルト（RF、2FLレベルに設ける貫通ボルトおよび間柱と壁体との間に設けるあと施工アンカーボルト）により伝達する。

上記の通り、建物に作用する地震力については鉄骨架構のみで負担する設計とし、壁体に作用する応力は面外応力、面内応力共に鉄骨架構との一体性の確保のみとする。鉄骨架構は組積造壁体に比べて剛性が低く、地震時においては目地部破損が生じるまでは壁体が抵抗するが、目地部強度を超え、鉄骨部分が地震力を負担する際には目地部の損傷が想定される。そのため、本補強計画においては地震時に損傷の恐れのある目地部分においては損傷を許容する。一方で、2Fレベル、RFレベル、各方立壁位置において横架材、間柱と石材を緊結することで目地部損傷後の石材の崩落を防止する計画とする。本検討においては、各方立壁位置に鉄骨間柱を配置する計画とするが、間柱設置個所および本数についてはダボ筋の設置個所および埋め込み長さを調査の上で実施設計時に決定する必要がある。（ダボについてはアンカーボルトとの近接を避けるため、位置等の特定は必要）

間柱と石材の固定のみですべての石材の落下防止を講じることが困難と判断される場合、壁体の崩落防止措置を検討する。最終的な仕様はいずれかの方法を実施設計時に決定する。報告書記載の内容からの

変更が生じる場合、必要に応じて評定の再取得または変更協議を行う。

補強鉄骨架構部分の保有水平耐力は重心変位 1/100 到達時と定義する。1/100 の変形角は壁体の上下で約 45mm 程度のずれを生じるものとなるが、壁体の厚さが 400mm または 500mm あることより、壁体の鉛直荷重の支持については支障ないと判断し、壁体と補強鉄骨架構との緊結については移行せん断力等の水平力に対しての耐力を確保する。

図 1.1 に耐震補強架構の概要を示す。補強計画においては耐震性能の確保と合わせて、登録文化財としての価値を損なわないよう、可能な限り外観上の意匠変更が発生しないような計画とする。そのため、補強要素の配置が困難となる、テラス部分（1 階正面のバルコニー部分の内、玄関ポーチ以外の個所）については意匠性を優先した計画とし、活用上は立ち入り禁止措置等を講じることにより部分的に復旧可能水準程度とする。バルコニー手摺等、エントランス部分に落下の恐れのある部分については補強箇所と緊結し、落下防止措置を講じる（活用計画、意匠面と合わせて実施設計時に検討を行う必要がある）。軒部分のパラペットについては後補によるもので、固定状況等が不明であるため、落下の恐れがあるため、撤去の上、復原を行う必要がある。パラペットの意匠については復元年代の設定等と合わせて実施設計時に最終仕様を決定する。バルコニー手摺についても実施設計時に意匠計画と合わせて落下防止措置等を検討する。

現状屋根部の木軸架構については第二次世界大戦後の復旧によるもので当時のものではなく、蟻害等の劣化が確認されるため本改修工事にて可能な限り当初の架構を復元する予定であるが、現状では当時の架構の推定に至っていないため、実施設計時に最終の仕様を決定する。

現況、北東部分で最大 34mm の不同沈下が確認される。現状では調査が不可能であるため、実施設計時に現況床撤去の上、基礎部分の詳細調査を行い、措置を検討する必要がある。

補強架構基礎に生じる支持力は鋼管杭を用いて支持する計画とする。用いる工法はアルファフォースパイル工法（国土交通大臣認定建築技術性能証明（一般財団法人日本建築総合試験所）：TACP-0240、認定を受けた社名：エイチ・ジー・サービス株式会社 有限会社天王重機）とする。

1-2 補強計画

以降に補強計画図を示す。

■補強架構の概要

主屋部分

新設補強フレームと既存壁体を
ボルトで緊結し、一体化を図ることにより
壁体に生じる地震力を補強フレームに伝達する

2FLおよびRFLレベルにて補強フレームと
一体化を図ることにより、壁体の面外変形を拘束し
壁の面外方向への崩壊を抑える
→ 上記でも面外拘束が不足するため
壁体内の鉄筋補強を行い、面外応力を抑える

RFLレベルの水平構面はブレースで確保

2FLレベルの水平構面はコンクリートスラブで確保

柱は階段幅を確保し、内部に配置する

屋内に壁を抑える梁、
屋外にプレートを設置し壁の変形を拘束

壁体と補強フレームを
ボルトにて緊結し、一体化を図る
M16φ300

1F土間下に基礎梁を設ける

間柱を配置し壁の変形を抑える

先端羽根つき鋼管杭

屋根トラスは補強鉄骨フレーム上に配置

2FL、RFLレベルに補強フレームを構成する

1FLレベルに土間コンを設ける

鉄骨フレーム上部にスラブを設け、
石材の崩落防止とする

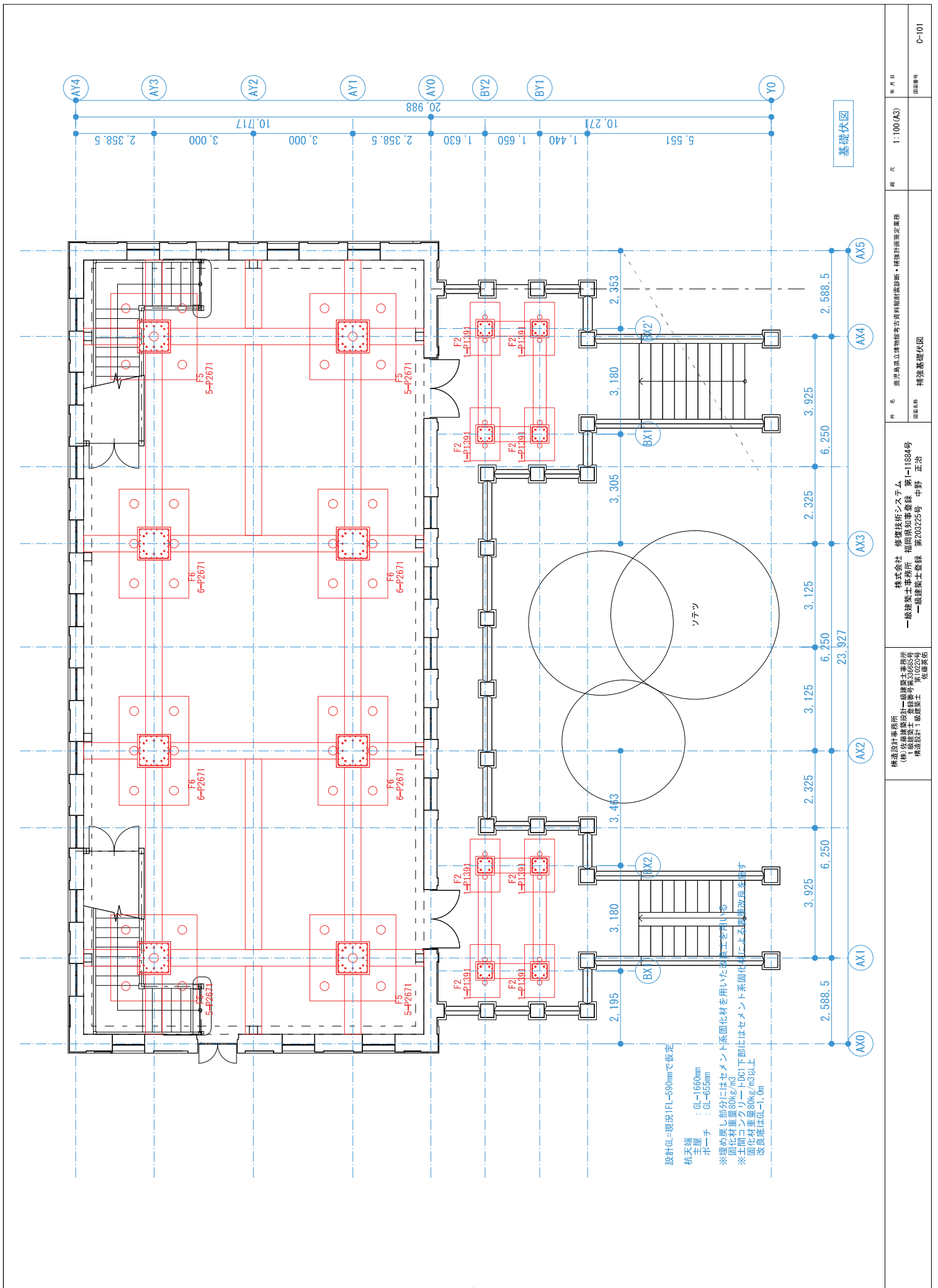
ポーチの補強フレームは
風除室部材を兼用する

ポーチ部分
新設補強フレームと既存バルコニーを
ボルトで緊結し一体化を図ることにより
発生する地震力を補強フレームに伝達する

避難経路確保のため、バルコニー床材が崩落しないよう
スラブを設ける

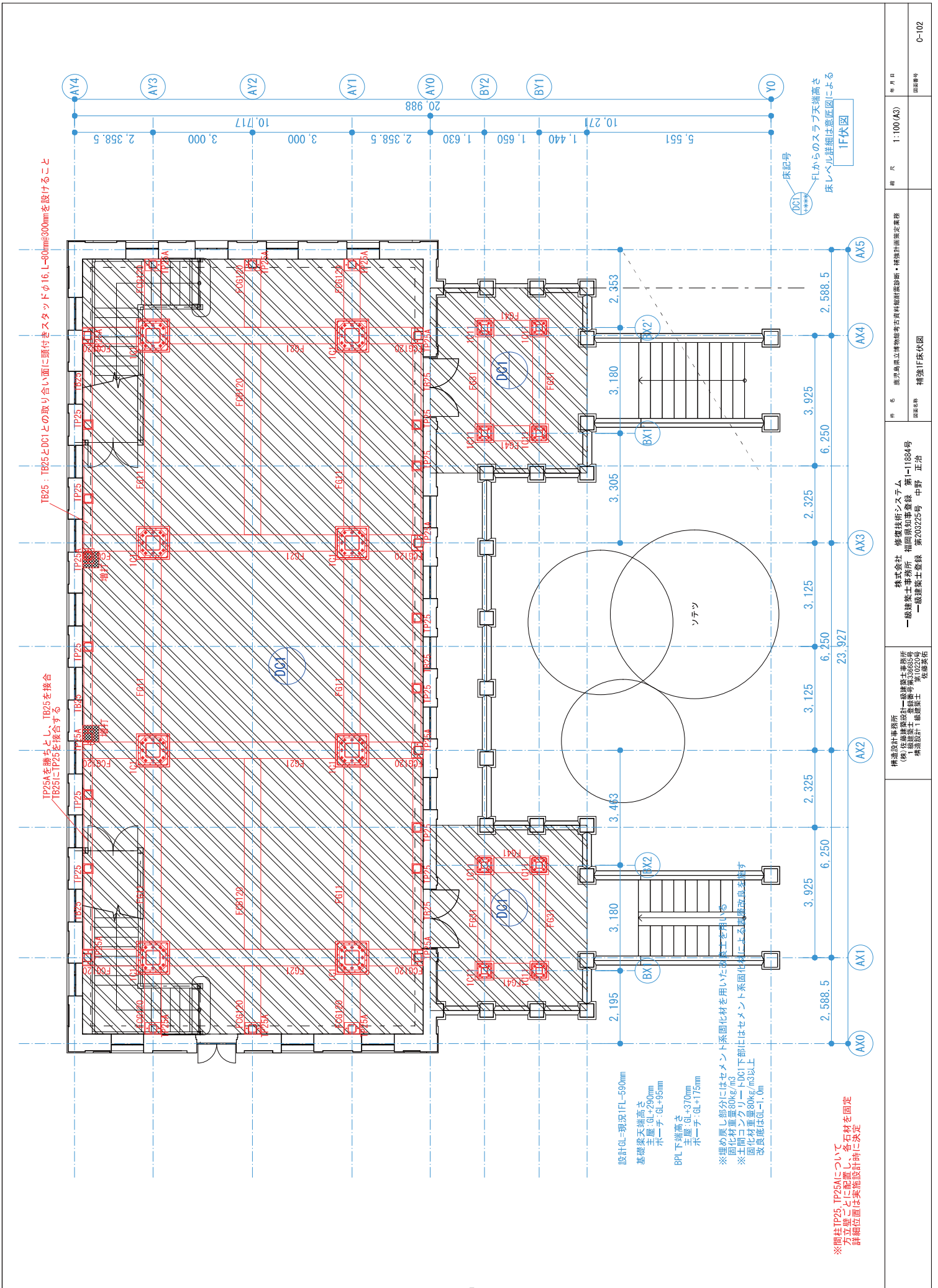
入口正面2箇所のみ補強を行い、外廊下部分は立ち入りの制限等
の対応で安全性を確保するとともに意匠性の継承を図る

図1.1 耐震補強架構の概要



基礎伏図

株式会社 建築技術システム 一般建築士事務所 福岡県知事登録 第1-1884号 一般建築士登録 第203225号 中野 正治	名称 鹿児島県立博物館増築五層新館増設断・構設計画決定業務 図面名称 構設基礎伏図	縮尺 1:100 (A3) 年月日 図面番号 C-101
--	--	---------------------------------



TP25Aを勝ちとし、TB25を採合
TB25にTP25を採合する

TB25 : TB25とDC1との取り合い面に頭付きスタッドφ16、L=80mm@300mmを設けること

床レベル詳細は意匠図による

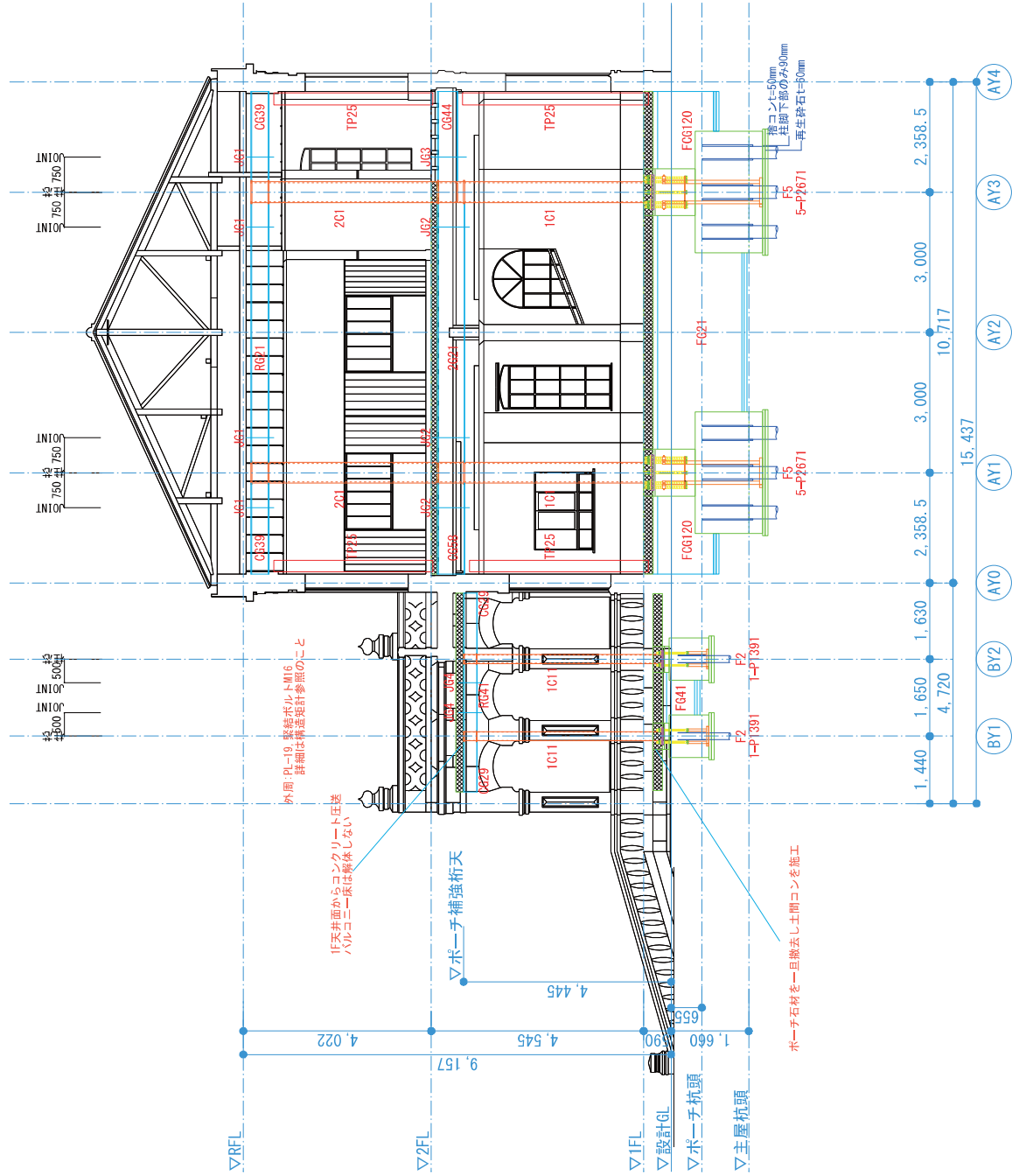
IF伏図

設計GL=現況FL-590mm
基礎梁天端高さ
主塵:GL+290mm
ボーチ:GL+95mm
BPL下端高さ
主塵:GL+370mm
ボーチ:GL+175mm

※埋め戻し部分にはセメント系固材を用いた補修工を行う
※固化材比重20kg/m³以上
※土間コンクリートD01下部にはセメント系固材による基礎改良を要す
※固化材比重80kg/m³以上
改良厚は6~1.0m

※間柱TP25、TP25Aについて
方立壁ごとに対応し、各石材を固定
詳細位置は実施設計時に決定

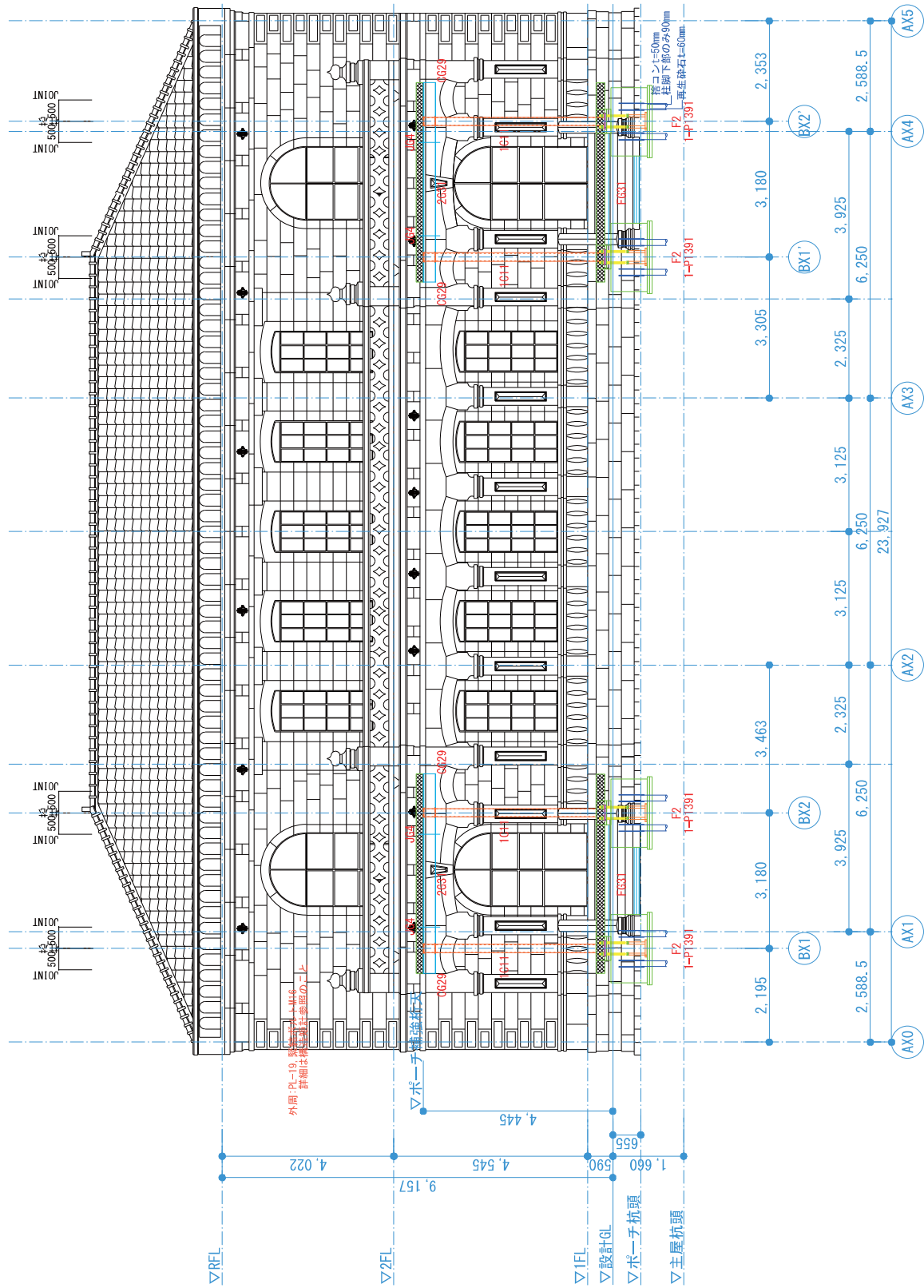
株式会社 修繕技術システム 一級建築士事務所 福岡県知事登録 第1-1884号 一級建築士登録 第203225号 中野 正治	株式会社 福岡県立博物館考古資料館施設診断・補修計画調査業務 調査業務 補修計画	年月日 1:100 (A3) 0-102
--	---	----------------------------



主屋
AX1, AX4通軸組図

ポーチ
BX1, BX2通軸組図

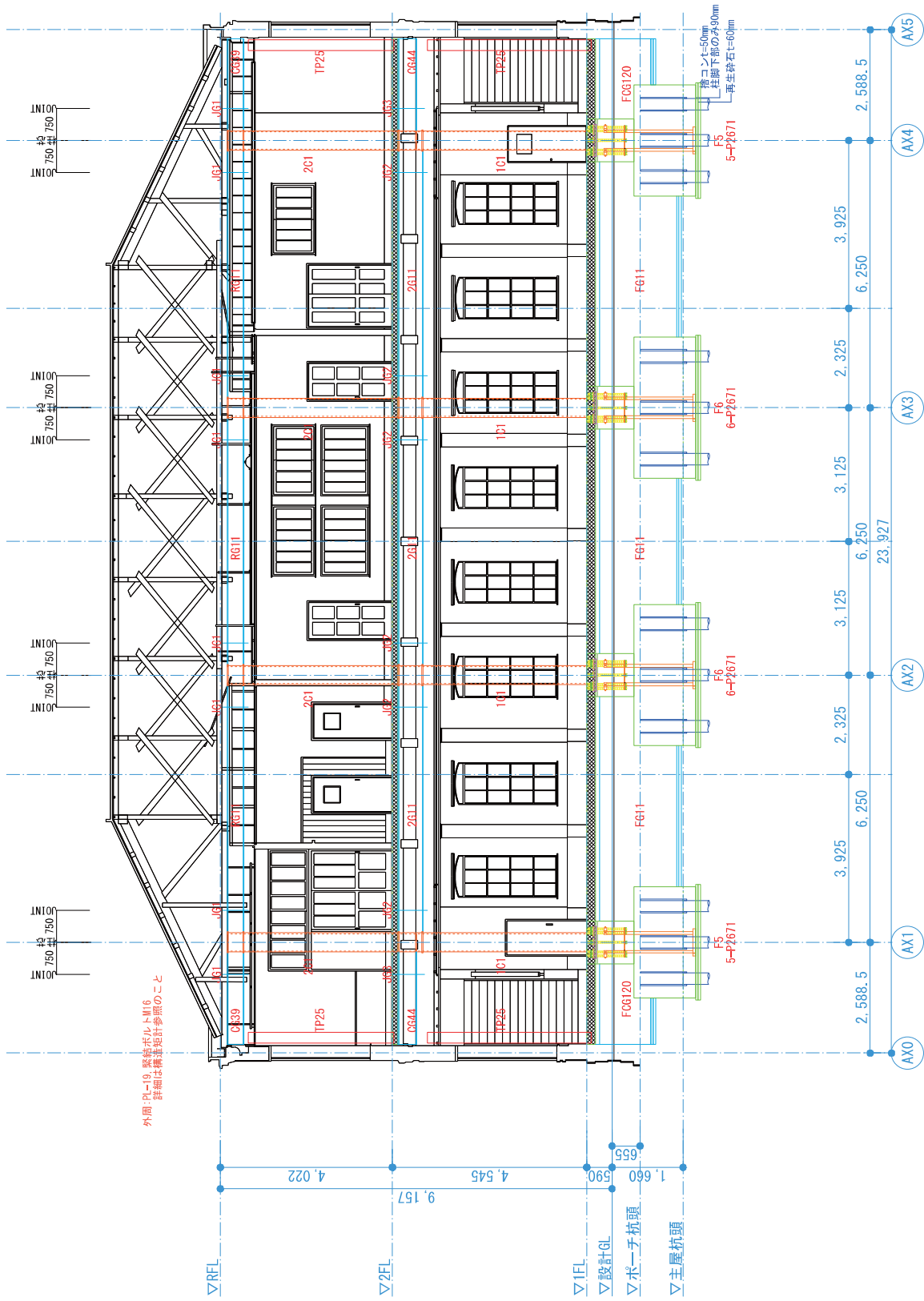
株式会社 修繕技術システム 一般建築士事務所 福岡県知事登録 第1-11884号 一般建築士登録 第203225号 中野 正治	名称 県立博物館五重塔修復監修・構架計画実務 図面名称 補強軸組図1	縮尺 1:100 (A3)	年月日
	構造設計事務所 (株) 修繕技術システム 福岡県知事登録 第10220号 一般建築士登録 第203225号 佐藤 武祐	縮尺 1:100 (A3)	年月日	図面番号 C-105



ボート

BY1, BY2通組図

株式会社 修繕技術システム 一般建築士事務所 福岡県知事登録 第1-11884号 一般建築士登録 第203225号 中野 正治	名称 鹿児島県立博物館考古資料館増設断・棟梁計画実務 図面名称 補強組図3	縮尺 1:100 (A3)	年月日
	構造設計事務所 (株) 一般建築士事務所 福岡県知事登録 第10220号 一般建築士登録 第203225号 佐藤 武祐	図面番号 補強組図3	縮尺 1:100 (A3)	年月日
		縮尺 1:100 (A3)	年月日
		縮尺 1:100 (A3)	年月日



主屋
AY3通軸組図

株式会社 修繕技術システム 一級建築士事務所 福岡県知事登録 第1-1884号 一級建築士登録 第203225号 中野 正治	株式会社 福岡県立博物館考古資料館施設部 建築設計 一級建築士 佐藤 武祐	名称 県立博物館考古資料館施設部 図面名称 AY3通軸組図5 縮尺 1:100 (A3) 年月日 2024.07.09 図面番号 0-109
--	--	--

梁仕口溶接スカラップはノンスカラップとする
溶融垂鉛メッキ部材接合部はリン酸処理とする

備考 ※柱脚アンカーボルトにおいては二重ナットとする。(緩み止め措置)

部材	記号	形状寸法	鋼種	備考	鋼種	溶接箇所
柱	1C1, 2C1	□450x450x22	BCR295	ベースバック : 45-22R	溶接箇所:すべて完全溶込溶接	
	1C11	□200x200x12	BCR295	ベースバック : 20-12V	溶接箇所:すべて完全溶込溶接 ※溶融垂鉛メッキ処理	
	1P25, 1P25A	□250x250x16	BCR295		溶接箇所:すべて完全溶込溶接	
大梁	RG11, RG21	H390 × 300 × 10 × 16	SM400B		仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=8mm (両側)	
	2G11, 2G21	H588 × 300 × 12 × 20	SM400B		仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=9mm (両側)	
	2G31, 2G41	H294 × 200 × 8 × 12	SM490B	※溶融垂鉛メッキ処理	仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=6mm (両側)	
片持梁	CG29	H294 × 200 × 8 × 12	SM490B	※溶融垂鉛メッキ処理	仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=6mm (両側)	
	CG39	H390 × 300 × 10 × 16	SM400B		仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=8mm (両側)	
	CG44	H440 × 300 × 11 × 18	SM400B		仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=8mm (両側)	
小梁	CG58	H588 × 300 × 12 × 20	SM400B		仕口部 フランジ : 完全溶け込み溶接 ウェブ : すみ肉溶接S=9mm (両側)	
	B58, GB58	H588 × 300 × 12 × 20	SS400	※GB58は両端剛接合		
	B39, GB39	H390 × 300 × 10 × 16	SS400	※GB39は両端剛接合		
耐風梁	B30	H300 × 150 × 6.5 × 9	SS400			
	TB25, TB25A	□250x250x12	BCR295	※TB25A:溶融垂鉛メッキ処理	接合部 3-M20	GPL-16, TPL-25
水平 ブレース	TB30	□300x300x16	BCR295		接合部 4-M20	GPL-16, TPL-25
	SB30	M30 JIS A 5540	SNR400相当			ターンバックルブレース

スラブリスト

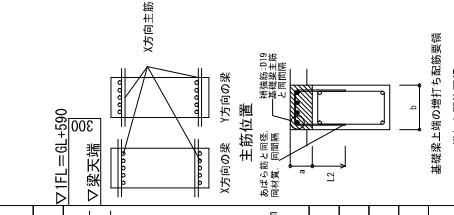
スラブ記号	スラブ厚	位置	短辺方向 (主筋)	長辺方向 (配力筋)	備考
DC1	200 Fc24	上端筋	D13-φ200	D10, D13-φ200	土間コンクリート 主塵、ボーチ共通
		下端筋	D10, D13-φ200	D10-φ200	
S21 デッキ床	デッキ上80mm Fc24	上端筋	D10-φ200	D10-φ200	2F床
		下端筋	D13-φ200	D13-φ200	
S2	165 Fc24	上端筋	D13-φ200	D13-φ200	2Fボーチ上部床
		下端筋	D10, D13-φ200	D10-φ200	

※埋め戻し部分にはセメント系固結材を用いた改良土
を用いる
固結材重量80kg/m³
※土間コンクリート下部にはセメント系固結材による
土質改良を施す 固結材重量80kg/m³
改良底はGL-1.0m

S21
QL-99-50-12(連続梁として用いる)
頭付きスタッド : φ16 L=80mm @300 (1列) X, Yとも
焼き置き溶接 向き長径溶接 向き長径溶接 向き長径溶接 向き長径溶接
低水素系炭素アーク溶接棒(JIS Z3211 E4316, E4916)
電流値:190-230A
アーク長:100-220mm
※電流値は190-230A
※アーク長は100-220mm
※電流値 : 18mm以上

基礎梁リスト1/50 Fc24

記号	全断面	全断面	全断面	全断面	全断面
F611, F621	500x1800(Fc24)	4/4-D25	4/4-D25	□D13φ200	6-D13
FG6120, FB120	500x1200(Fc24)	4-D25	4-D25	□D13φ200	6-D13
FG61	400x600(Fc24)	3-D22	3-D22	□D13φ100	2-D13
F641	450x600(Fc24)	3-D19	3-D19	□D13φ100	2-D13



中止の筋 : D10-φ1000とする

