

小田原城天守閣コンクリート強度調査中間報告及び耐震補強工法について

●小田原城天守閣コンクリート強度調査中間報告

- 調査目的
 - ①平成元年調査結果と比較
 - ②目視による建物劣化調査
 - ③来年度耐震診断を考慮し、調査計画を作成

上記項目は、次年度以降に実施予定である本格的な耐震診断に資するための準備的な調査として位置づけ。

- 調査内容
 - (コア法) 5ヶ所
 - (反発度法) 8ヶ所 ※中性化深さ調査は、コア法試料において実施

○反発度法強度調査の結果概要

- ① 8ヶ所の調査結果を概観すると、全体的に結果は良好と思われる。3式を使用して推定強度を算出しているが、そのうち最も厳しい値の「東京都建築材料検査所」の推定式では、中4階において176 kg/cm² (17.3N/mm²) の数値が算出された。設計強度が180 kg/cm² (17.65N/mm²) であったため、0.35 N/mm² ほど下回ってしまう。ただし、日本材料学会式および日本建築学会式による推定強度においては、いずれも設計強度を上回る結果となる。
- ② 平成元年調査結果との比較では、今回5箇所における比較を実施している。2階梁、中4階柱、梁、4階柱、梁の5箇所となる。比較すると、5箇所すべてにおいて今回調査の数値が上回る結果となった。平成元年から23年経過後も反発度法の結果からは、コンクリート強度の低下は確認されない。

○コア法による強度調査

80φのコアを5箇所から採取した。そのうち3か所は平成元年調査時にも採取された階段踊り場の壁体からの供試体とした。採取した試験体の圧縮試験結果および中性化深さは次回委員会にて提示の予定。

○総合考察

- ① 反発度法による調査結果では、コンクリート強度の低下や極端なばらつきは確認されなかった。平成元年調査との比較では、5箇所全ての箇所で、今回調査での推定強度が上回る結果となった。
- ② 採取した試験体の圧縮強度試験結果を含め、コンクリート強度の総合的な性能評価を行う。
- ③ 電磁波レーダーによる簡易な鉄筋探査も試験体採取前に実施している。配筋の状態が把握できるため、本格的なコンクリート強度試験のための供試体を採取する際には有用であることが確認された。

●耐震補強工法について

耐震補強案は、耐震診断結果に基づく計画となるが、ここでは現在までの調査によって想定される補強工法を抽出してみる。補強のタイプとして大きく2種類（靱性型補強と強度型補強）に分類し、靱性型補強では柱への補強案を3案、強度型補強では柱間への壁や部レースの挿入案を選択し、それぞれを比較してみた。

(2) 天守閣の基礎的な耐震診断中間報告及び耐震補強工法について

【資料2-1】小田原城天守閣コンクリート強度調査中間報告

【参考資料①】平成元年強度調査結果

【参考資料②】配筋図（梁・柱・壁）

【資料2-2】耐震補強工法について

小田原城天守閣コンクリート強度調査中間報告

(1) 調査実施日時及び実施位置

- 実施日時
: 2011年12月7～8日
- 実施位置

平成元年の調査結果とデータ比較検討を行うため、同一位置を中心にコア抜き及び反発度調査を実施した。
今回調査箇所については、事前に現地にて目視調査を行い、来城者及び建物の内装に配慮した場所を特定し実施している。

今回の調査箇所および調査内容を以下表 1-1 に示す。表中の網掛け部は、平成元年時の調査において実施された箇所を示している。

表 1-1 調査箇所及び実施内容

部材		強度		中性化	実施内容
		コア法	反発度法		
4階	梁 G1		1ヶ所		反発度法：2ヶ所
	柱 C1A		1ヶ所		
中4階	梁 G3		1ヶ所		コア・中性化：1ヶ所 反発：2ヶ所
	柱 C1A		1ヶ所		
	壁 W20	1ヶ所		1ヶ所	
3階	壁 W20	1ヶ所		1ヶ所	コア・中性化：2ヶ所
2階	梁 G4		1ヶ所		コア・中性化：2ヶ所 反発度法：2ヶ所
	柱 C1		1ヶ所		
	壁 W20	1ヶ所		1ヶ所	
1階	柱 C2		1ヶ所		コア・中性化：1ヶ所 反発度法：2ヶ所
	壁 W12	1ヶ所		1ヶ所	
地下1階	梁 G5	1ヶ所	1ヶ所	1ヶ所	コア・中性化：2ヶ所 反発度法：2ヶ所
計		5ヶ所	8ヶ所	5ヶ所	コア・中性化：5ヶ所 反発度法：8ヶ所

： (網掛け部) : 平成元年調査実施箇所

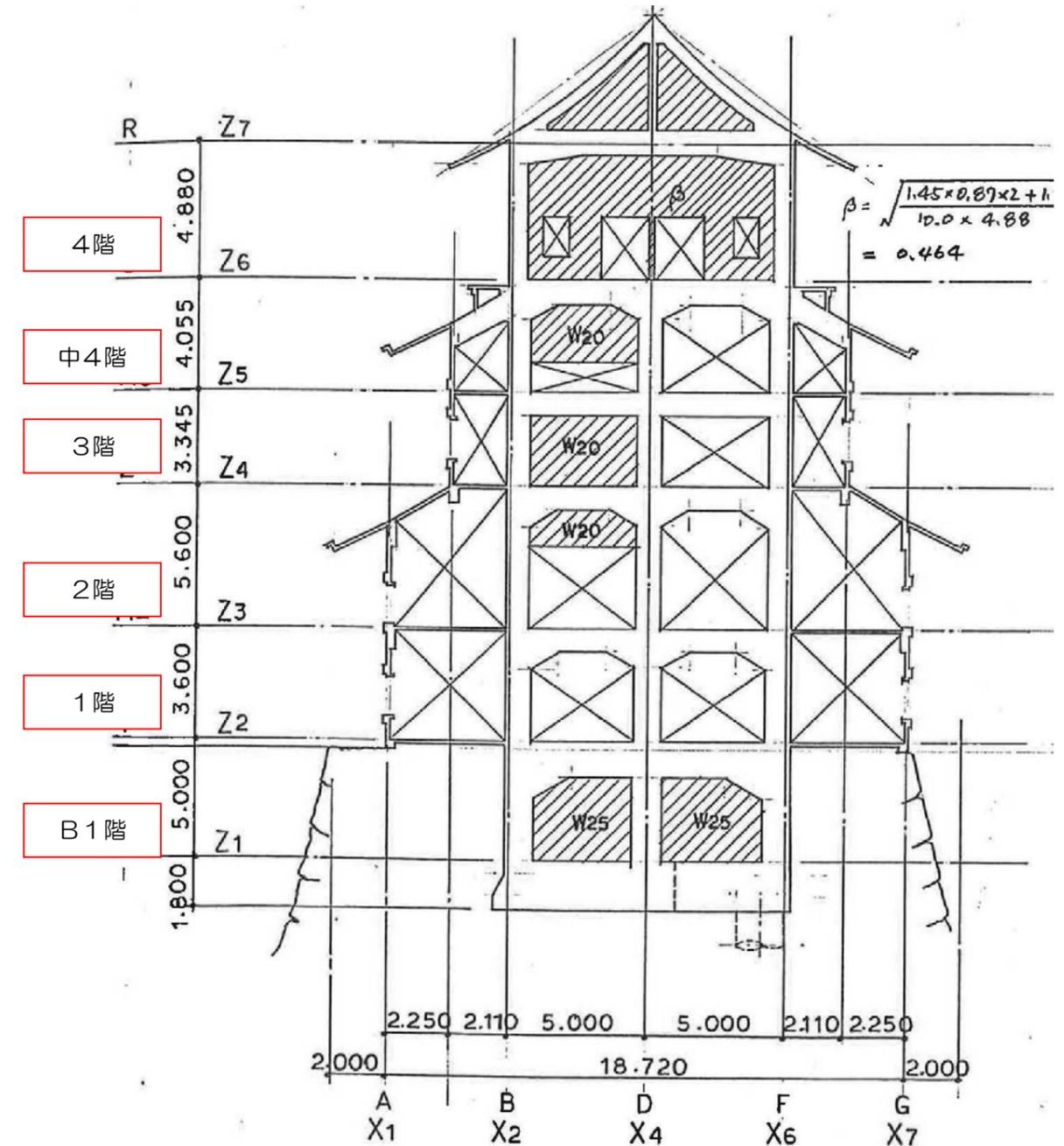


図 1-1 天守閣断面模式図 (階数表記)

(2) 調査解説

1) コア法

① 今年度調査におけるコア法による調査

平成元年調査結果との比較が調査目的の一つであるため、平成元年調査時と同じ壁体（2階、3階、中4階階段踊り場の壁）からコアを3本採取し、1階及び地下1階から1本ずつ採取、計5本を採取した。使用コア径は、80mmのものとした。

② 通常のコア法（JISによる）

耐震診断に必要とされるコンクリート強度試験用の供試体は、各階ごと、各施工時期ごとに3本以上のコアを採取することとされている（「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」（財団法人日本建築防災協会発行））。

小田原城天守閣において、耐震診断を実施する際には、地下1階を除き、5層×3本=15本以上の採取が必要になる。

供試体は、骨材の3倍以上の径が必要なので、80φ程度以上の外径のコアドリルにより穿孔が必要である。柱では、3階、中4階の一部で配筋が粗な面があるため、採取の出来る可能性がある。ただし、機械の固定が出来ない場合には実施が困難である。

梁においては、梁せいが高いため図面上採取は出来ると判断されるが、天井裏での作業が困難であることが予想され、制限的である。

※梁や柱といった部材の断面欠損を懸念する場合にはコア採取は難しい。

③ 小径コア法

柱からは、仕上げ材等の問題はあがるが、概ね各階3本のサンプリングは可能である。

梁からも採取出来るが、前述の作業環境の問題に左右される。

2) 反発度法（シュミットハンマー法）

コンクリート面が露出していれば（モルタルも撤去する必要がある）どこでも実施可能である。

ただ、部材が薄い場所は精度が低いため、基本的には柱や梁で実施することが望ましい。

W20の壁は対象とする。

反発度法におけるコンクリート強度推定式は、日本建築学会式によるものに加えて、平成元年結果との比較のため、同推定式による結果を共に表1-2に示す。材齢係数は平成元年と同じ値（0.63）による。

表 1-2 コンクリート強度推定式

	推定式	単位	材齢係数 α (材齢による補正值)	
			材齢	α
日本建築学会式	$F_c=(0.716R+9.8)\times\alpha$	(N/mm ²)	300	0.7
	$F_c=(7.3R+100)\times\alpha$	(kg/cm ²)		
日本材料学会式 (平成元年)	$F_c=(1.27R-18)\times\alpha$	(N/mm ²)	500	0.67
	$F_c=(13R-184)\times\alpha$	(kg/cm ²)		
東京都建築材料検査所 (平成元年)	$F_c=(0.98R-10.8)\times\alpha$	(N/mm ²)	1000	0.65
	$F_c=(10R-110)\times\alpha$	(kg/cm ²)		
			3000	0.63

(3) 反発度法強度調査の結果

(当初設計におけるコンクリート設計基準強度：180 kg f/c m² (17.65N/mm²))

表 1-3 反発度法による強度推定比較

階	部材		平均 反発度 (R)	推定強度 Fc (日本建築学会式)		推定強度 Fc (日本材料学会式)		推定強度 Fc (東京都建築材料検査所)	
				(N/mm ²)	(kg/cm ²)	(N/mm ²)	(kg/cm ²)	(N/mm ²)	(kg/cm ²)
4階	梁 G1	H23	44	26	265	23.9	244	20.4	208
		H元 GS-8	39.3	23.9	244	20.1	206	17.5	178
	柱 C1A	H23	40	24.2	247	20.7	212	17.9	183
		H元 CS-10	38.7	23.6	241	19.6	201	17.1	175
中4階	梁 G3	H23	39	23.8	242	19.9	203	17.3	176
		H元 GS-5	37.7	23.2	236	18.8	193	16.5	168
	柱 C1A	H23	39	23.8	242	19.9	203	17.3	176
		H元 CS-6	34.6	21.8	222	16.3	167	14.6	149
2階	梁 G4	H23	44	26	265	23.9	244	20.4	208
		H元 GS-1 GS-2	37.3 30.1	23 19.8	235 201	18.5 12.7	190 131	16.2 11.8	166 120
	柱 C1	H23	40	24.2	247	20.7	212	17.9	183
1階	柱 C2	H23	42	25.1	256	22.3	228	19.1	195
地下1階	梁 G5	H23	41	24.7	252	21.5	220	18.5	189

(4) 強度調査の部位・箇所数の検討

来年度以降の耐震診断を考慮し、通常必要とされる各階3箇所コア採取の可能性を検討した。
 なお、データの信頼性を考慮し、今後の調査において、コア採取本数を増やすことも考慮する。
 以下、各階における調査完了及び今後計画位置内容、平成元年実施位置を示す。

: 今回調査において調査完了した箇所

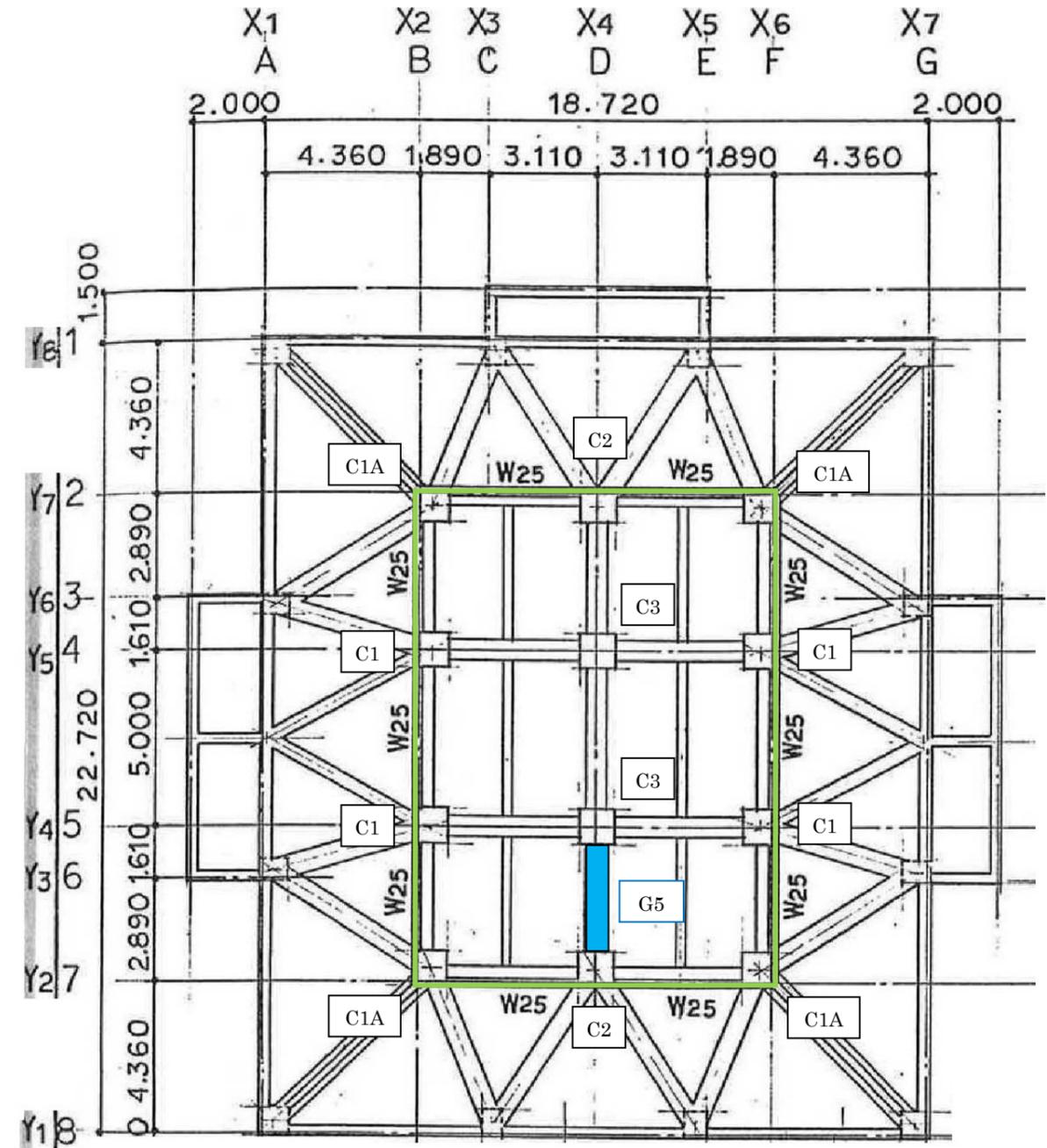
地下1階

表 1-4 地下1階

部材	記号	配筋・サイズ	圧縮強度				中性化		備考
			コア法		反発度法				
梁	G5 ■	せい 1200~2000	○	①	○	①	○	①	
柱 1000×1000 Hoop@250	C1A	36-25 φ	×		○				
	C2	44-25 φ	×		○				
	C3	36-25 φ	×		○				
壁	W25 ■	縦横@200	○	②	○		○	②	モルタル要撤去
数量				3		1		3	

検討内容：

- 1) 一般的には、耐震診断において地下階のコンクリート強度調査は行わない事が多い。
 今後の耐震診断において必要無い場合には除外する。
- 2) 今年度は、G5 の梁側面において反発度法及びコア採取を行った。
 両方の試験を実施することにより、データの比較検討を行う。
- 3) 中性化試験は、圧縮強度を行ったコアで実施する。
- 4) 来年度のコア採取は、G5 以外の梁は高所にあることから、周囲の W25 の壁で実施を計画する。



地下1階 調査位置
 ※柱記号は各階共通

図 1-2 地下1階調査位置図

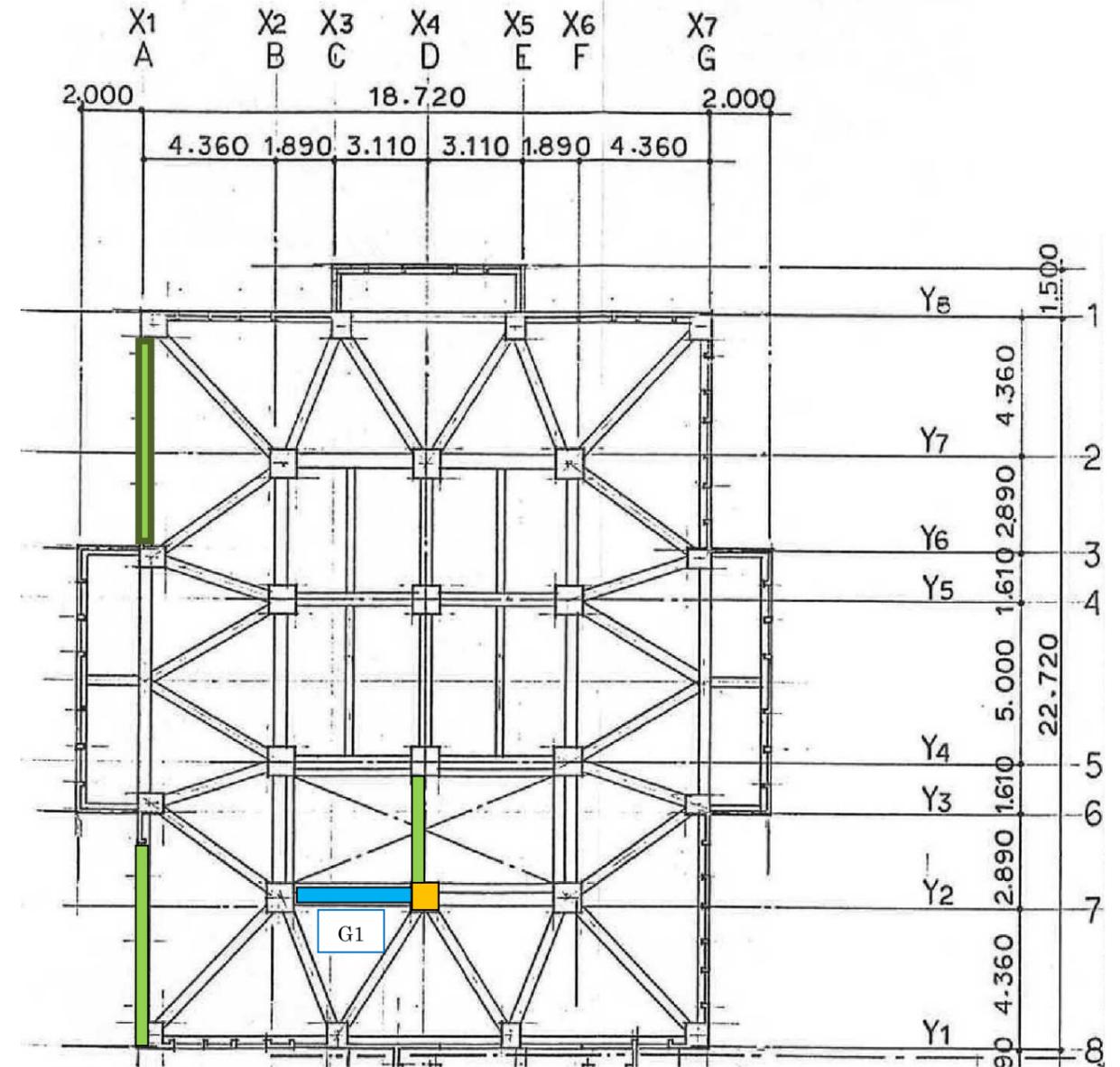
1階

表 1-5 1階

部材	記号	配筋・サイズ	圧縮強度				中性化		備考
			コア法		反発度法				
梁(M2)	G1	せい 800~1400	△	①	○		○	①	階段部分の要足場
柱(1) 900×900 Hoop@250	C1	38-25 φ	×		○				
	C1A	42-25 φ	×		○				
	C2	52-25 φ	×		○	①			
	C3	36-25 φ	×		○				
壁	W12	縦横@200	○	①	-		○	①	北側外壁
			○	①	-		○	①	便所
数量				3		1		3	

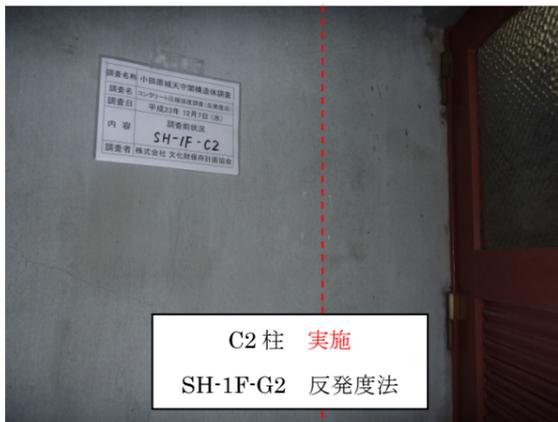
検討内容：

- 今年度は、反発度法は C2 の柱側面で行った。
モルタルの撤去が必要になり、飛散を伴うため、地下への階段のバックヤード部分で選定しました。
- コア採取は、天守閣北側の外部において、天守台上部から作業ができるため、外壁のコア採取を実施した。
- 中性化試験は、圧縮強度を行ったコアで実施可能である。
従来実施していない、外部側の中性化深さが確認できる。
- 来年度は、階段部分に足場が必要になるが、G1 の梁側面や階段室又は便所の W12 の壁が考えられる。



1階 調査位置

図 1-3 1階調査位置図



C2 柱 実施
SH-1F-G2 反発度法



W12 壁 実施
C-1F-W コア法

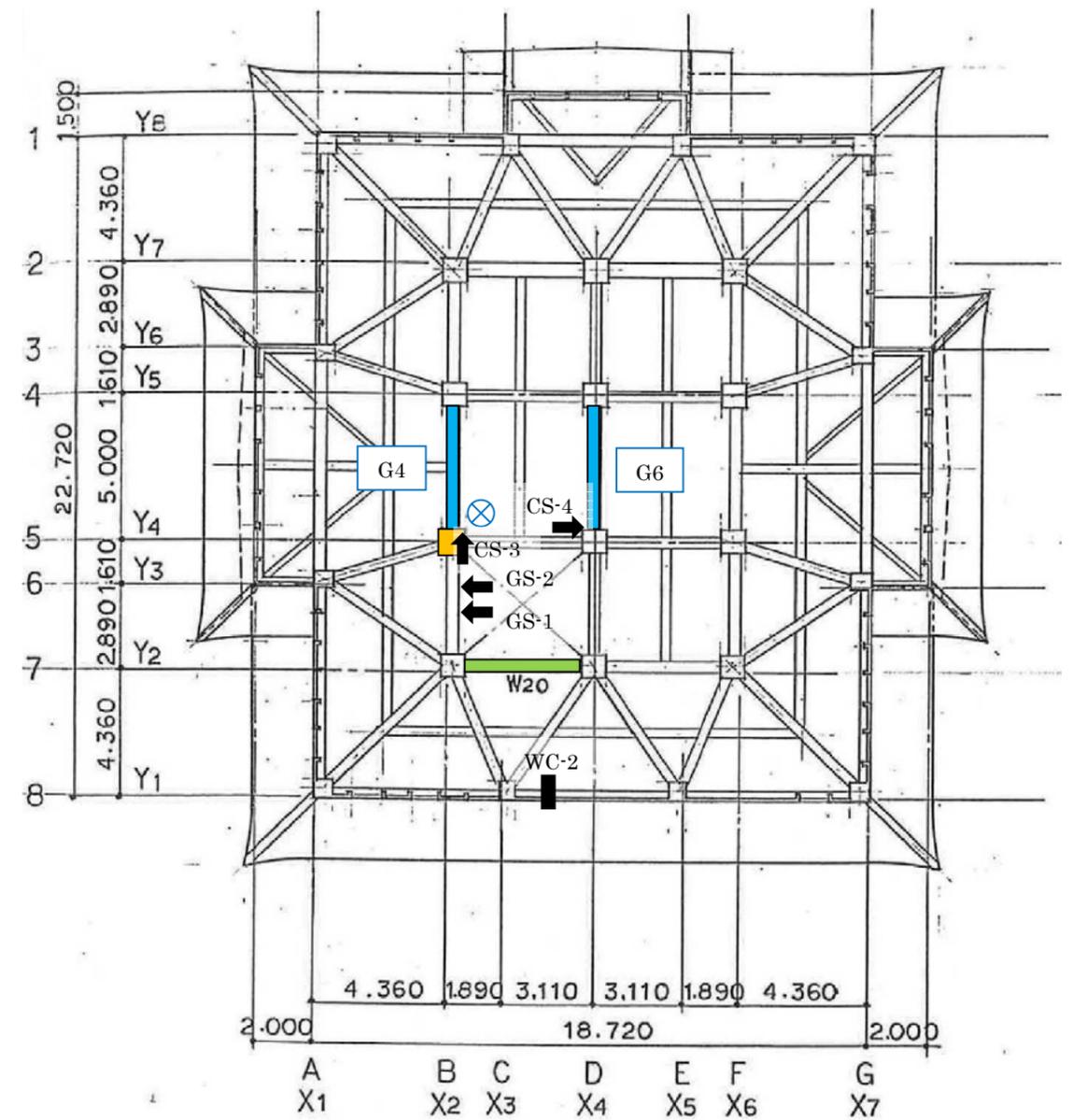
2階

表 1-6 2階

部材	記号	配筋・サイズ	圧縮強度				中性化		備考
			コア法		反発度法				
梁(2)	G4	せい 800~1300	○	①	○	①	○	①	H元(反発) GS-1 GS-2
	G6	せい 800~1300	○	①			○	①	点検口設置必要
柱(M2) 800×800 Hoop@250	C1	38-25φ	×		○	①			H元(反発) CS-3 今回実施したのは、隣の柱
	C1A	34-25φ	×		○				
	C2	40-25φ	×		○				
	C3	38-25φ	×		○				H元(反発) CS-4
壁	W20	縦横@200~250	○	①	—		○	①	H元(コア) WC-2
数量				3		2		3	

検討内容：

- 1) 今年度は、反発度法は、平成元年実施場所と同じの G4 の梁側面で行った。また、C1（平成元年実施位置の隣）においても実施した。
- 2) コア採取は、平成元年実施場所と同じ場所の階段室の W20 の壁で採取した。来年度のコア採取は、点検口がある G4 梁側面から採取可能である。G6 を実施する場合には、点検口の設置が必要。
- 3) 中性化試験は、圧縮強度を行ったコアで実施可能である。

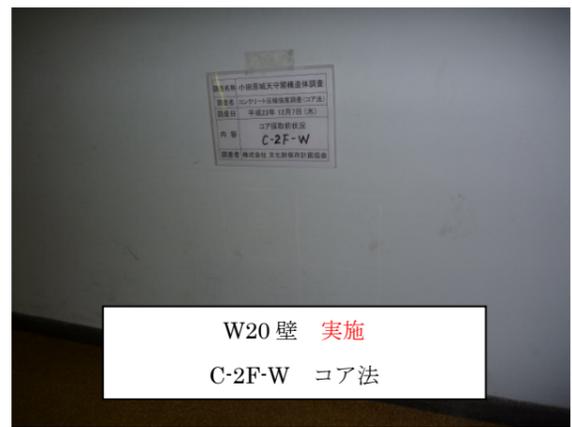


2階 調査位置

図 1-4 2階調査位置図



C1 柱・G4 梁 実施
SH-2F-C1 反発度法
SH-2F-G4 反発度法



W20 壁 実施
C-2F-W コア法

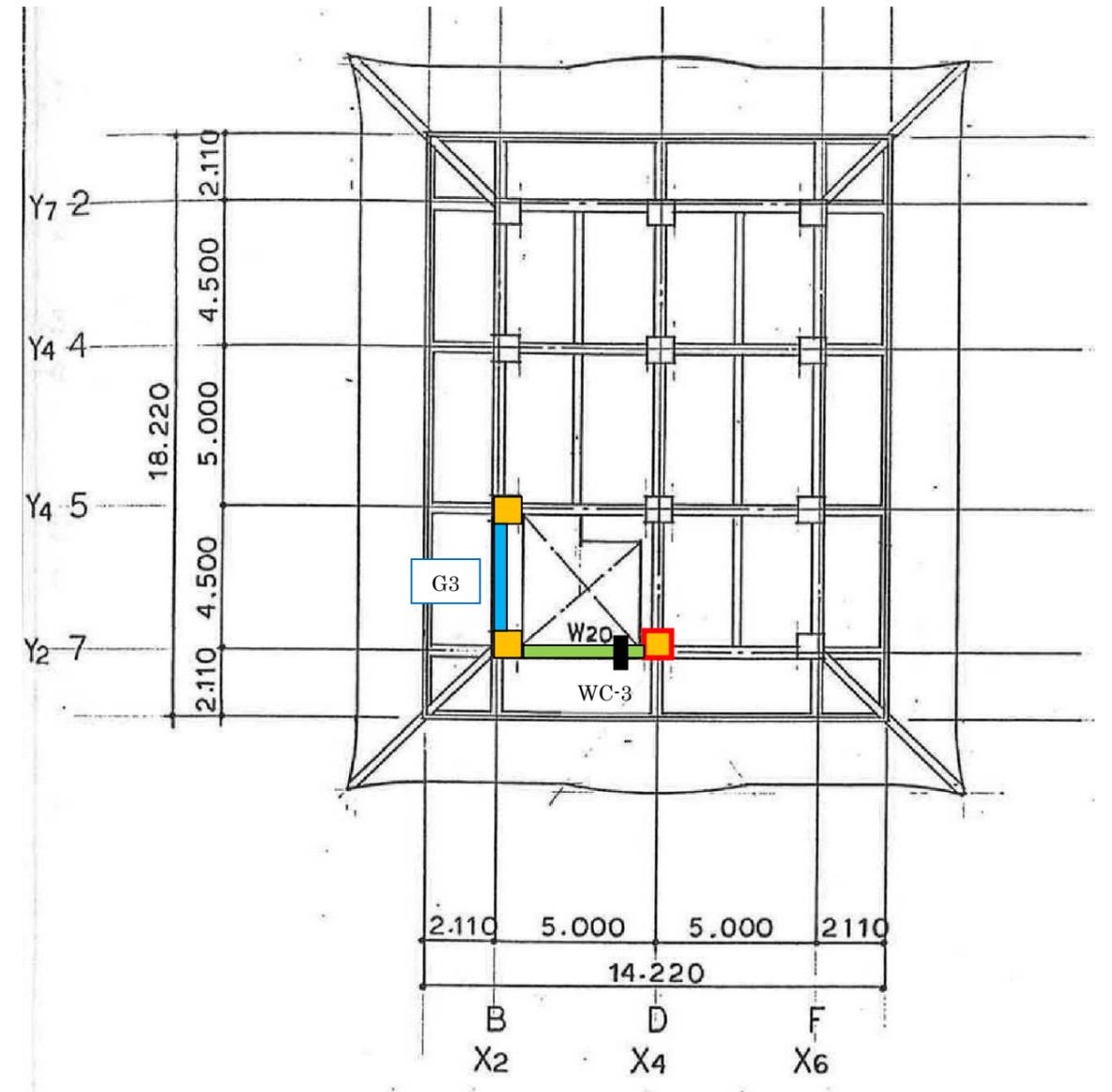
3階

表 1-7 3階

部材	記号	配筋・サイズ	圧縮強度				中性化	備考	
			コア法		反発度法				
梁(M3)	G3	せい 800	○	①	○		○	①	階段側または管理室
柱(2) 800×800 Hoop@250	C1	24-22φ	×		○				
	C1A	24-22φ	×		○				
	C2	20-22φ	△	①	○		△	①	Y軸方向筋側
	C3	28-22φ	×		○				
壁	W20	縦横@200~250	○	①	—		○	①	H元(コア) WC-3
数量				3				3	

検討内容：

- 1) 今年度は、コア採取は階段室の W20 の壁で行った。平成元年実施場所と同じ壁である。
- 2) 来年度は、G3 の梁は、側面から可能。(階段の踊り場、または管理員室側から実施)
C2 の柱は、Y 軸方向筋側の面で、主筋が粗になっているため、コア採取が実施出来る可能性がある。
※反発度法を実施する場合には、モルタル撤去が必要であるが、管理員室内で、C1 または C1A の柱で実施可能。
- 3) 中性化試験は、圧縮強度を行ったコアで実施する。



3階 調査位置



W20 壁 実施
C-3F-W コア法



C1 柱・G3 梁計画

G3 梁 (階段側) 計画

図 1-5 3階調査位置図

中4階

表 1-8 中4階

部材	記号	配筋・サイズ	圧縮強度		中性化	備考
			コア法	反発度法		
梁・小梁(3)	G3	せい 800~1200	○	○ ①		H元 GS-5
	CB2	せい 1000	○ ①		○ ①	四方の隅、どこでも
柱(M3) 800×800 Hoop@250	C1	24-22 φ	×	○		
	C1A	24-22 φ	×	○ ①		H元 CS-6
	C2	20-22 φ	△ ①	○	△ ①	H元 CS-7 Y軸方向筋側
	C3	28-22 φ	×	○		
壁	W20	縦@200 横@250	○ ①	-	○ ①	H元 WC-1
数量			3	2	3	

検討内容：

- 1) 今年度は、反発度法は点検口から C1A の柱、G3 の梁側面で行った。平成元年実施場所である。
- 2) コア採取は、階段室の W20 の壁は、平成元年実施場所と同じ壁で、コア採取済み。
- 3) 来年度コア採取は、C2 の柱で Y 軸方向筋側の面で主筋が粗になっているためコア採取の可能性はある。
小梁の CB2 は、側面から可能。(回廊の四方の隅の小梁、どこでも実施可能と判断)
- 4) 中性化試験は、圧縮強度を行ったコアで実施。

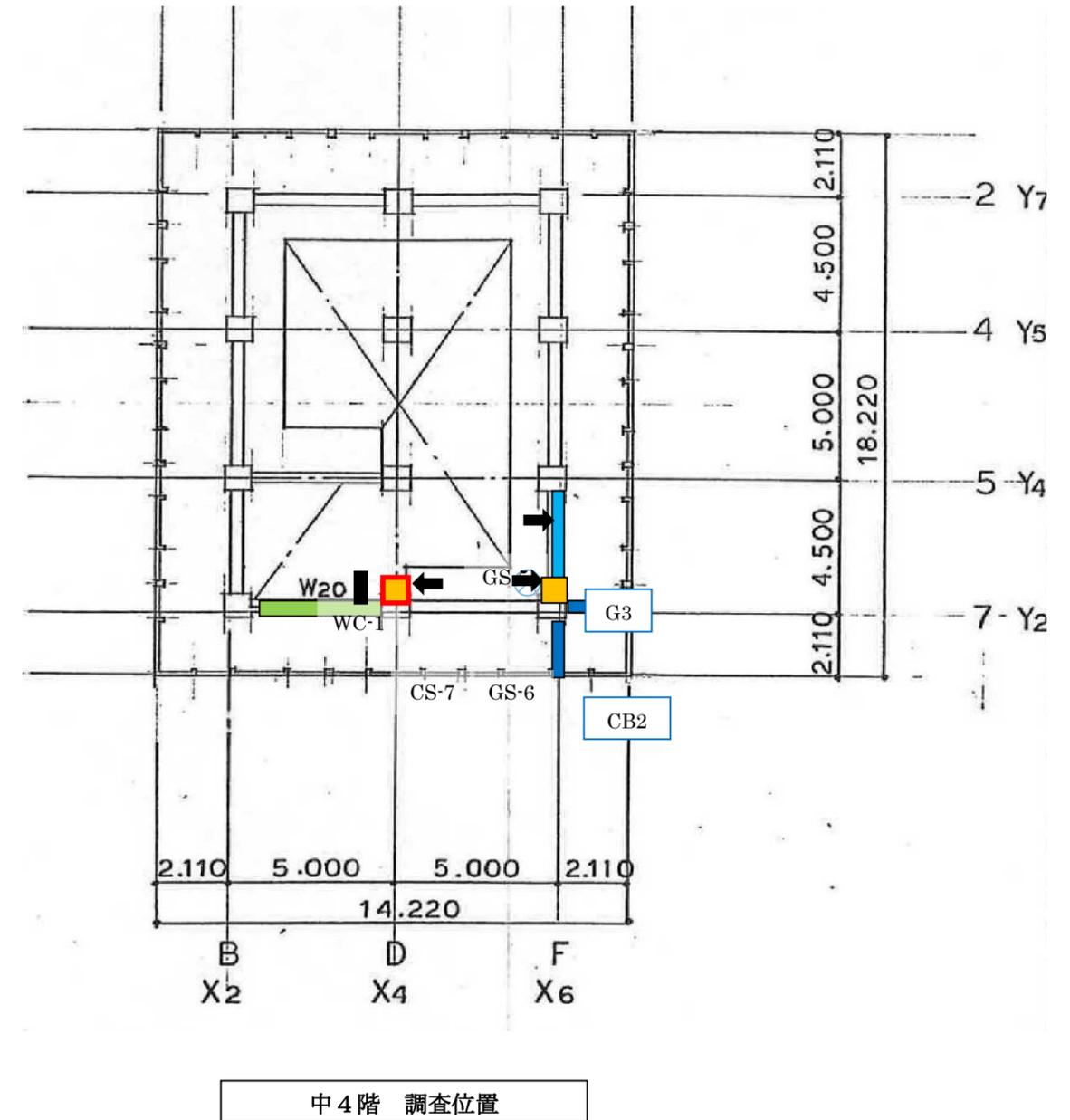


図 1-6 中4階調査位置図



C1A 柱・G3 梁 実施
SH・中 4F-C1A 反発度法
SH・中 4F-G3 反発度法



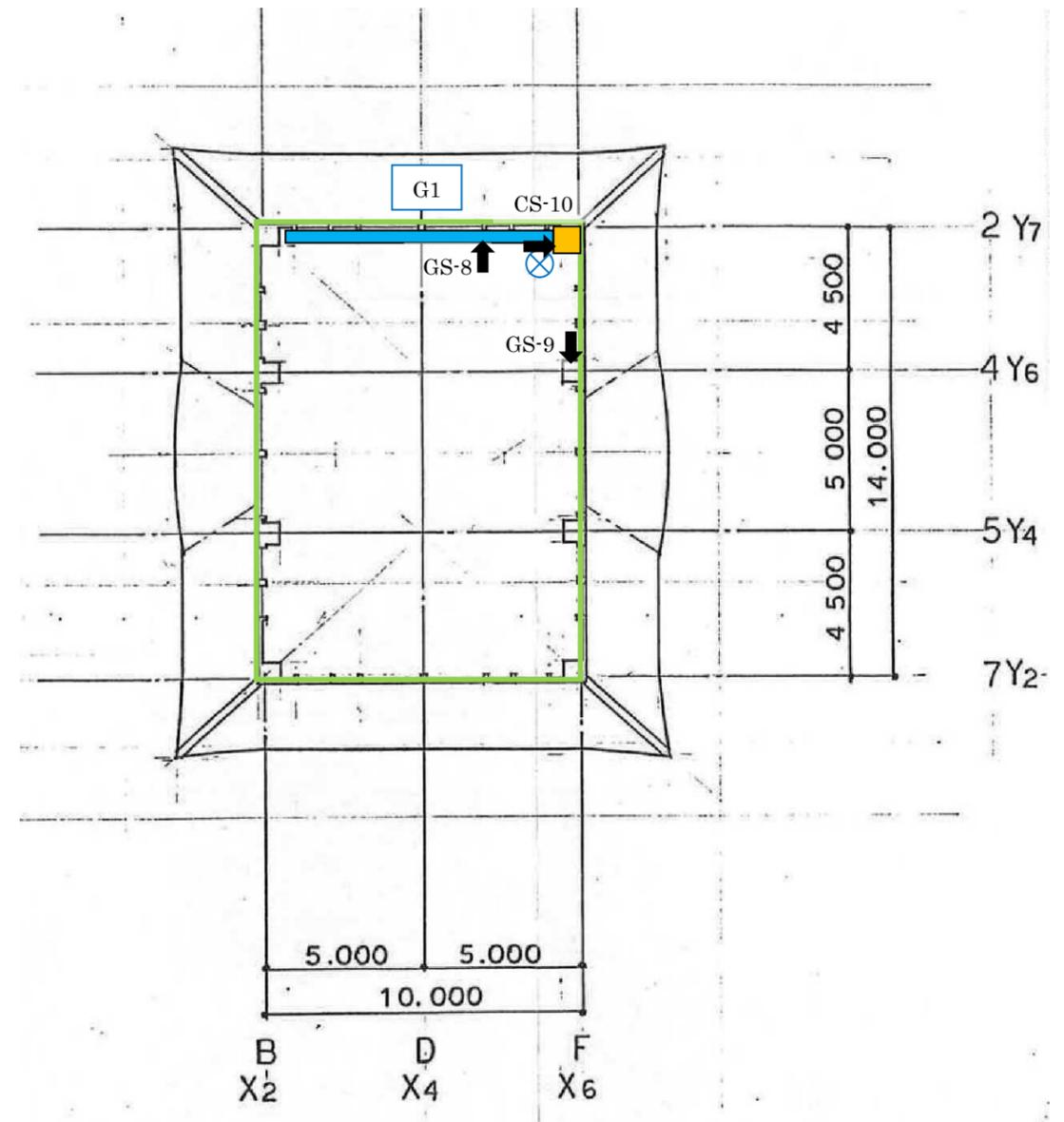
4階

表 1-9 4階

部材	記号	配筋・サイズ	圧縮強度				中性化	備考 (コア法は径 60 以上)
			コア法	反発度法				
梁(R)	G1	せい 900~1200		○	①		H元 GS-8	
柱(3) 700×700 Hoop@250	C1	22-22 φ	×				H元 CS-9	
	C1A	22-22 φ	×	○	①		H元 CS-10	
壁	W12	縦横@200	○	③	—	○	③ 外部からの中性化	
数量				3	2	3		

検討内容：

- 1) 今年度は、反発度法は点検口から C1A の柱、G1 の梁側面で行った。平成元年実施場所である。
- 2) 来年度コア採取は、W12 の外周から採取を計画した。
(平成元年の調査では、外部側の中性化は実施していない)



4階 調査地位

図 1-7 4階調査位置図



C1A 柱・G1 梁 **実施**
SH-4F-C1A 反発度法
SH-中 4F-G1 反発度法



【参考資料①】平成元年調査結果

コンクリート圧縮強度試験成績書
コンクリートから切りとったコアの強度試験

受付年月日	受付番号 建築検
H.1.7.7	第 012432 号

株式会社 構造計画研究所 殿

社団法人 建築研究振興協会

会長 白山和久

試験結果は下記のとおりです。

件名	小田原城天守閣建物診断調査委託業務		
供試体番号	WC-1	WC-2	WC-3
設計基準強度	— kgf/cm ²	— kgf/cm ²	— kgf/cm ²
供試体の切り取り位置	壁	壁	壁
供試体の切り取り方法	ダイヤモンドコアドリル	ダイヤモンドコアドリル	ダイヤモンドコアドリル
コンクリートの打ち込み方向と載荷方向の関係	垂直・平行	垂直・平行	垂直・平行
打込年月日	—	—	—

試験年月日	H 1 年 7 月 18 日			
材令	— H	— H	— H	
直径 (d)	9.98 cm	9.97 cm	9.98 cm	
高さ	キャッピング前	14.24 cm	14.07 cm	14.23 cm
	キャッピング後(h)	15.02 cm	14.83 cm	14.87 cm
質量	2686 g	2611 g	2551 g	
高さとの直径の比 (h/d)	1.51	1.49	1.49	
補正係数	0.960	0.958	0.958	
最大荷重	12.6 ton	25.3 ton	14.9 ton	
補正圧縮強度	155 kgf/cm ²	310 kgf/cm ²	182 kgf/cm ²	

立会者 高田

※試験方法は、JIS A1107による。
※本枠以外は、依頼者の申告による。

上小田原材料検査所 TEL0428-45-7275
八王子試験所 萩野谷 潔

コンクリート圧縮強度試験成績書 (NR型) 測定結果表

No. 32

建物名		試験年月日 平成1年7月4日															
測定箇所	No	部材 梁 GS-1				部材 梁 GS-2				部材 柱 CS-3				部材 柱 CS-4			
		R	f	f/R		R	f	f/R		R	f	f/R		R	f	f/R	
30	1	30	20	20	30	20	20	30	20	20	30	20	20	30	20	20	
1	2	62	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	
2	3	6	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	
3	4	6	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	
4	5	105	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
5	6	72	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
6	7	22	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
7	8	152	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
8	9	39	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
9	40	150	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
1	1	41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	2	62	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3	3	43	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4	4	44	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
5	5	92	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
6	6	37	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
7	7	37	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
8	8	39	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
9	9	50	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Σf		27	27	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Σf/R		1006	813	813	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	
R=ΣfR/Σf		37.3	30.1	30.1	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	
ΔR		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ro=R+ΔR		37.3	30.1	30.1	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	
F1=13Ro-184		300.9 暫	207.3 暫	207.3 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	229.4 暫	
F2=10Ro-110		263.0 暫	191.0 暫	191.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	208.0 暫	
αn		0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	
F1=αn・F1		189.6 暫	130.6 暫	130.6 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	144.5 暫	
F2=αn・F2		165.7 暫	120.3 暫	120.3 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	131.0 暫	

f: 試験回数 F1: 日本材料学会強度判定委員会による強度計算式
R: 反発数 F2: 東京都建築材料検査所の判定式
ΔR: 補正係数 αn: 経年係数

シロミットハンマー (NR型) 測定結果表

No. 33

建物名		試験年月日 平成1年7月4日															
測定箇所		GS-5 部材 梁				CS-6 部材 柱				CS-7 部材 柱				GS-8 部材 梁			
R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R
30	T	2	60	20					30			30					
1		1	31	1					1		1	31	1				
2	T	2	64	2					2		1	32	2		1	32	
3				3					3			3					
4		1	34	4					4	F	3	102	4	T	2	68	
5	F	3	105	5					5	F	5	175	5				
6	T	2	72	6					6	F	9	324	6		1	36	
7	F	4	148	7					7	F	3	111	7	F	4	148	
8			38	8		1	28		8	T	2	76	8	F	3	114	
9		1	39	9					9	F	4	156	9	F	3	117	
40	F	4	160	30					40	T	2	80	40	F	4	160	
1		1	41	1	T	2	64	1		1	41	1	F	4	164		
2		1	42	2	F	3	96	2		2	F	4	168				
3	T	2	86	3	F	4	132	3		3		3					
4				4	T	2	68	4		4	F	3	132				
5		1	45	5	F	5	175	5		5		5					
6				6	F	4	144	6		6		6					
7		1	47	7	T	7	259	7		7		7					
8				8		1	38	8		8		8					
9		1	49	9				9		9		9		1	49		
50																	
1				1				1		1		1					
2		1	52	2				2		2		2					
3				3				3		3		3					
4				4				4		4		4					
5				5				5		5		5					
6				6				6		6		6					
7				7				7		7		7					
8				8				8		8		8					
9				9				9		9		9					
Σf		24				29				31				29			
$\Sigma f/R$		905				1004				1128				1139			
$R \cdot \Sigma f/R / \Sigma f$		37.7				34.6				36.4				39.3			
ΔR		0				0				0				0			
$R_0 = R + \Delta R$		37.7				34.6				36.4				39.3			
$F_1 = 1.13 R_0 - 18.4$		306.1 暫				265.8 暫				289.2 暫				326.9 暫			
$F_2 = 1.10 R_0 - 11.0$		267.0 暫				236.0 暫				254.0 暫				283.0 暫			
αn		0.63				0.63				0.63				0.63			
$F_1 = \alpha n \cdot F_1$		192.8 暫				167.5 暫				182.2 暫				205.9 暫			
$F_2 = \alpha n \cdot F_2$		168.2 暫				148.7 暫				160.0 暫				178.3 暫			

f : 試験回数 F₁ : 日本材料学会強度判定委員会による強度計算式
 R : 反発数 F₂ : 東京都建築材料検査所の判定式
 ΔR : 補正係数 αn : 経年係数

コクヨ コピ - 450 (52×36)

シロミットハンマー (NR型) 測定結果表

No. 34

建物名		試験年月日 平成1年7月4日															
測定箇所		CS-9 部材 柱				CS-10 部材 柱				部材				部材			
R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R	R	f	f/R
30		1	30	30					30								
1				1					1			1					
2				2					2			2					
3				3					3			3					
4		1	34	4					4		1	34	4				
5		1	35	5	T	2	70	5				5					
6				6	T	2	72	6				6					
7	T	2	74	7	F	3	111	7				7					
8		1	38	8	F	4	152	8				8					
9		1	39	9	F	6	234	9				9					
40	F	3	120	40	F	4	160					40					
1				1	T	2	82	1				1					
2	F	3	126	2	F	3	126	2				2					
3		1	43	3		1	43	3				3					
4		1	44	4				4				4					
5	F	6	270	5				5				5					
6	F	4	184	6				6				6					
7	F	3	141	7				7				7					
8	T	2	96	8				8				8					
9				9				9				9					
50		1	50	50		1	50										
1				1				1				1					
2				2				2				2					
3				3				3				3					
4				4				4				4					
5				5				5				5					
6				6				6				6					
7				7				7				7					
8				8				8				8					
9				9				9				9					
Σf		29				28											
$\Sigma f/R$		1260				1084											
$R \cdot \Sigma f/R / \Sigma f$		43.4				38.7											
ΔR		0				0											
$R_0 = R + \Delta R$		43.4				38.7											
$F_1 = 1.13 R_0 - 18.4$		380.2 暫				319.1 暫											
$F_2 = 1.10 R_0 - 11.0$		324.0 暫				277.0 暫											
αn		0.63				0.63											
$F_1 = \alpha n \cdot F_1$		239.5 暫				201.0 暫											
$F_2 = \alpha n \cdot F_2$		204.1 暫				174.5 暫											

f : 試験回数 F₁ : 日本材料学会強度判定委員会による強度計算式
 R : 反発数 F₂ : 東京都建築材料検査所の判定式
 ΔR : 補正係数 αn : 経年係数

コクヨ コピ - 450 (52×36)

大梁・小梁断面表

大梁断面表 (2) 1:50										小梁断面表 1:50																															
符号	G11			G11A		G11B		G11C		G12			B1	B2		B3			B7	CB1		CB2	CB3																		
	位置	外端	中央	内端	(B)端	(A)端	(2)端	(1)端	(B)端	(A)端	外端	中央		内端	端部	中央	端部	中央		内端	全断面			端部	中央	全断面	全断面														
R	/															/		/		/		/																			
b x D											250 x 600		250 x 600		250 x 800 ~ 600 ~ 600									250 x 800																	
上端筋											3-19φ	2-19φ	2-16φ	2-16φ	4-19φ									2-19φ	4-19φ	4-19φ	4-19φ	4-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	4-19φ	4-19φ								
下端筋	2-19φ	4-19φ	2-16φ	2-16φ	2-19φ	4-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	4-19φ	4-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ																		
あばら筋	□ 9φ @ 200																																								
3	/												/						/		/																				
b x D											250 x 500					250 x 600		250 x 600					350 x 1,000																		
上端筋											3-19φ	2-19φ				3-19φ		4-19φ					6-19φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ	6-25φ									
下端筋	2-19φ	3-19φ	3-19φ		3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ																		
あばら筋	□ 19φ @ 200																																								
M3	/										/																														
b x D																																									
上端筋																																									
下端筋																																									
あばら筋																																									
2		/																																							
b x D	300 x 700 ~ 800 ~ 1,000											350 x 1,000			250 x 500		300 x 500		300 x 600			200 x 200		250 x 600		300 x 500		300 x 500													
上端筋	2-22φ											2-19φ	3-22φ	3-22φ	3-22φ	3-22φ	4-22φ	3-22φ	5-22φ	3-19φ	2-19φ	3-16φ	3-16φ	3-16φ	2-16φ	4-19φ	6-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	2-16φ	2-16φ									
下端筋	3-22φ	3-22φ	3-22φ				3-22φ	3-22φ	3-22φ	2-19φ	3-19φ	3-16φ	3-16φ	3-16φ	2-16φ	2-19φ	3-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-16φ	2-16φ																		
あばら筋																																									
M2		/										/																													
b x D	300 x 700																					350 x 1,000			300 x 500		300 x 500		300 x 600			200 x 200		250 x 600		300 x 500		300 x 500			
上端筋	4-22φ																					2-22φ	6-22φ				4-22φ	3-22φ	5-22φ	3-16φ	3-16φ	3-16φ	3-16φ	2-16φ	4-19φ	6-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ
下端筋	3-22φ	3-22φ	4-22φ				4-22φ	3-22φ	4-22φ	3-16φ	3-16φ	3-16φ	3-16φ	2-16φ	2-19φ	3-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-19φ	2-16φ	2-16φ																		
あばら筋																																									
1	/										/																														
b x D																					600 x 2,000 ~ 1,200			600 x 2,000 ~ 1,200		400 x 800 ~ 1,000		350 x 350		350 x 350		350 x 350			350 x 350		350 x 350		350 x 350		
上端筋																					21-25φ	12-25φ	21-25φ	12-25φ	5-25φ	5-25φ	10-26φ	2-19φ	10-25φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ
下端筋	12-25φ	8-25φ	12-25φ	8-25φ	3-25φ	3-25φ	8-25φ	6-22φ	8-25φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ	3-19φ																		
あばら筋	□ 13φ @ 150			□ 13φ @ 150		□ 13φ @ 150		□ 13φ @ 150		□ 13φ @ 150			□ 13φ @ 150		□ 13φ @ 150			□ 13φ @ 150		□ 13φ @ 150		□ 13φ @ 150																			

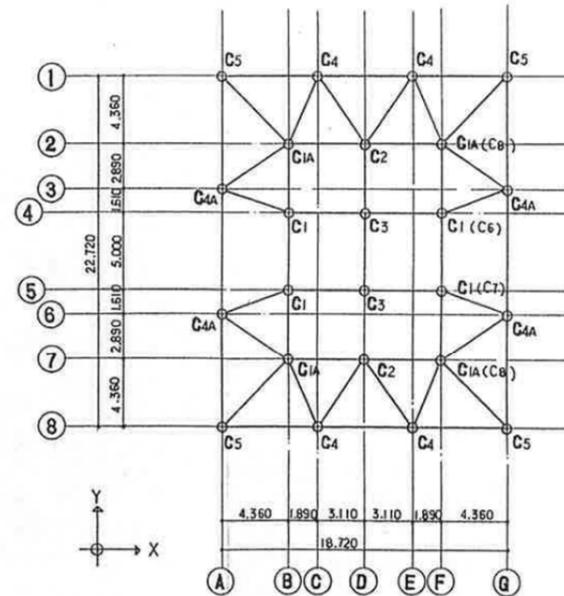
柱断面表

柱断面表 1:50							
符号	C1	C1A	C2	C3	C4	C4A	C5
3階							
b x D	700 x 700	700 x 700					
筋	22 - 22φ	22 - 22φ					
帯筋							
M3階							
b x D	800 x 800	800 x 800	800 x 800	800 x 800			
筋	24 - 22φ	24 - 22φ	20 - 22φ	28 - 22φ			
帯筋							
2階	同上	同上	同上	同上			
b x D							
筋							
帯筋							
M2階							
b x D	800 x 800	800 x 800	800 x 800	800 x 800	550 x 700	700 x 550	700 x 700
筋	38 - 25φ	34 - 25φ	40 - 25φ	38 - 25φ	○10 - 22φ・4 - 19φ	○10 - 22φ・4 - 19φ	○4 - 22φ・8 - 19φ
帯筋							
1階							
b x D	900 x 900	900 x 900	900 x 900	900 x 900	600 x 800	800 x 600	800 x 800
筋	38 - 25φ	42 - 25φ	52 - 25φ	36 - 25φ	○10 - 22φ・4 - 19φ	○10 - 22φ・4 - 19φ	16 - 22φ
帯筋		柱筋: 9φ @ 125					
B階							
b x D	1,000 x 1,000	1,000 x 1,000	1,000 x 1,000	1,000 x 1,000			
筋	36 - 25φ	36 - 25φ	44 - 25φ	36 - 25φ			
帯筋		○13φ @ 250					

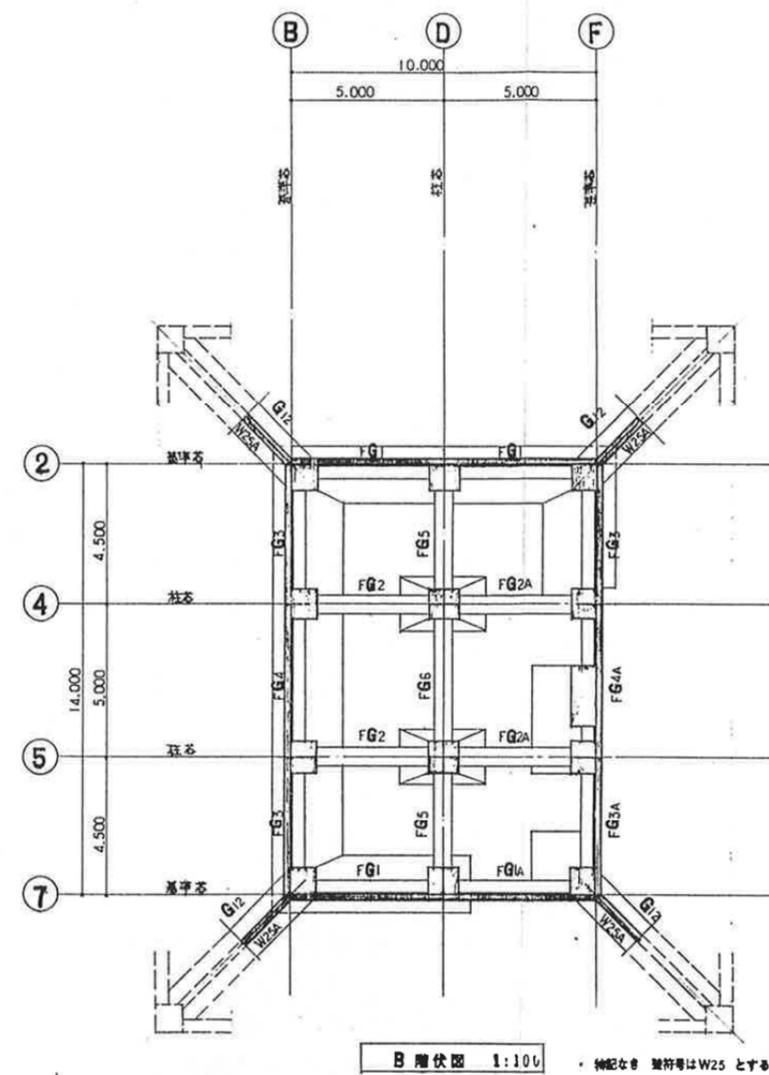
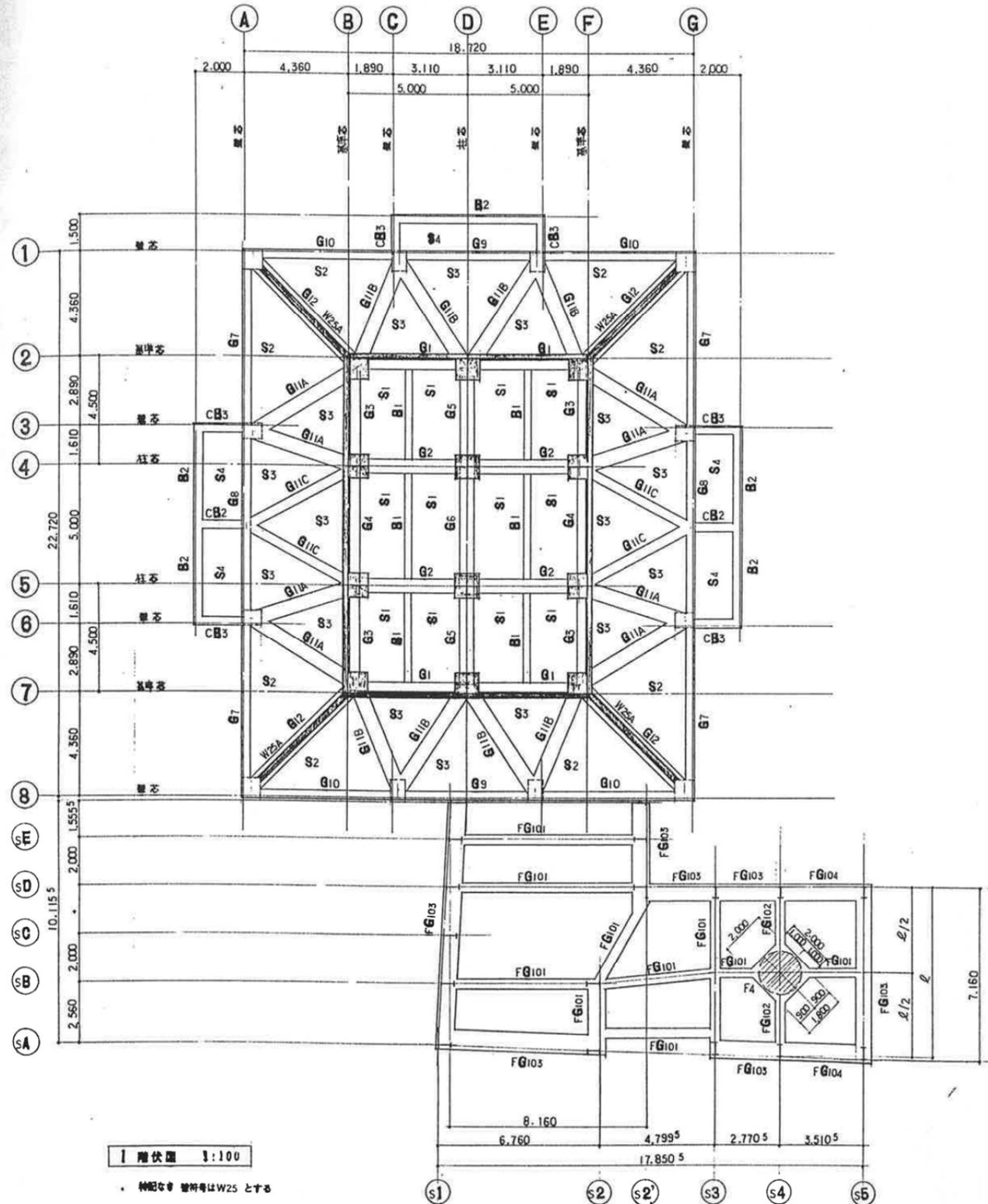
共通事項

- b x D
- 帯筋 □ 9φ @ 250
- 補脚帯筋 9φ @ 750
- 寄せ筋の表示

ブレース付 柱断面表 1:50			
符号	C6	C7	C8
B階			
b x D	1,000 x 1,000	1,000 x 1,000	1,000 x 1,000
筋	36 - 25φ	25 - 25φ	38 - 25φ
帯筋			



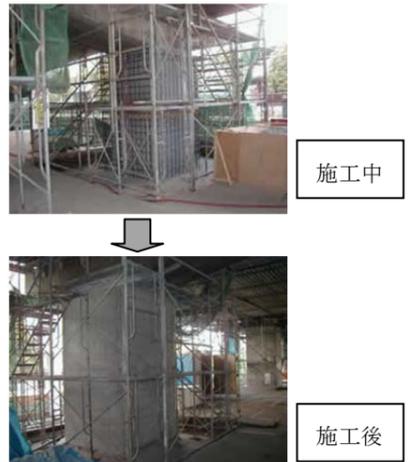
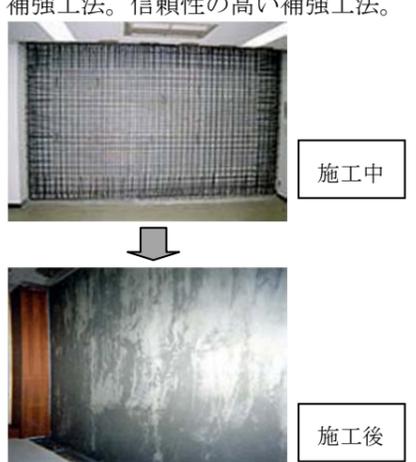
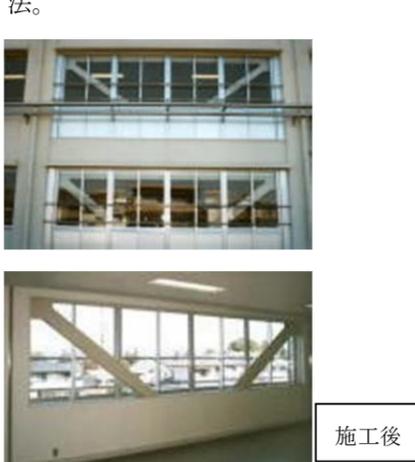
壁断面表



壁配筋表 1:50		共通事項		
符号	W12	W20	W25A	W25
断面				
縦筋	9φ @ 200 S.	13φ @ 200 D.	9φ @ 200 D.	9φ @ 200 D.
横筋	9φ @ 200 S.	9φ @ 250 D.	9φ @ 200 D.	9φ @ 200 D.
開口部補強筋	1-13φ+1-9φ	2-13φ		
縦筋	1-13φ+1-9φ			
横筋	1-13φ+1-9φ			

共通事項
 1. 斜め筋長さは 80d とす
 2. 図中 S: シンクル配筋, D: タワル配筋 とす

耐震補強計工法について

補強タイプ		靱性型補強			強度型補強					
補強工法		連続繊維補強	鋼板補強		RC 巻立て補強		RC 壁増設		鉄骨ブレース	
概要図		<平面図> <立面図>	<平面図> <立面図>		<平面図> <立面図>		<立面図> <断面図>	<立面図> <断面図>		
工法概要		軽量かつ高強度で耐久性に優れた繊維を樹脂により柱周囲に巻きつける	鋼板 (t4.5~9 程度) を周囲に巻き立て内部にモルタルを充填		柱周囲を厚さ 100~150mm 程度の鉄筋コンクリートで巻き立てる		鉄筋コンクリート構造震壁 (180~200mm) を増設		枠付き鉄骨ブレース (250mm) を増設	
改善点		柱のせん断体力の増大 (耐久性) 変形能力の向上	柱のせん断体力の増大 変形能力の向上		柱のせん断体力の増大 変形能力の向上		保有水平体力の向上		保有水平体力の向上	
評価	構造的合理性	○	○		○		△		△	
	建物機能	○	△ (柱サイズ UP)		△ (柱サイズ UP)		× (空間の細分化、建物機能に支障)		× (空間の細分化、建物機能に支障)	
	施工性	○	△		△		×		△	
	コスト	高	高		中		低		中	
	総合評価	○	△		△		×		×	
特記		樹脂使用のため防火仕上げが必要	現場での溶接作業がともなう 鋼板の搬入・運搬についての検討要		重量増		重量増 既存骨組み降伏や基礎回転等も検討要		搬入や建物内部での運搬・揚重の検討要	
事例		<p>大阪城天守閣で採用: 炭素繊維に接着剤を含浸させながら補強部位に炭素繊維強化プラスチック補強を採用</p>  <p>施工中</p> <p>施工後</p>	<p>高架下の柱に使用した例</p>  <p>施工前</p> <p>施工後</p>		<p>RC 橋脚に鉄筋とコンクリートを巻き立てることによって、橋脚の地震時保有水平耐力と靱性能を向上。</p>  <p>施工中</p> <p>施工後</p>		<p>岡崎城天守閣で採用</p> <p>既存骨組内に新しい耐震壁を設け、主として建物の水平耐力を増大させる補強工法。信頼性の高い補強工法。</p>  <p>施工中</p> <p>施工後</p>		<p>鉄骨ブレースの周辺に鉄骨枠を配した上で既存の梁、柱と一体化する補強工法。最も良く使われている補強方法。</p>  <p>施工後</p>	