

資料 4

現消防庁舎耐震結果 (一部抜粋)

令和 4 年 9 月

中城北中城消防組合

中城北中城消防組合庁舎耐震診断業務委託

中城北中城消防組合庁舎

報 告 書

平成29年 9月

沖縄県建築設計サポートセンター

目 次
中城北中城消防組合庁舎耐震診断業務委託報告書

§ 1.	一般事項	
§ 2.	現地調査	p. 1
2-1.	現地調査結果概要	p. 2
2-2.	コンクリート圧縮強度試験結果	p. 4
2-3.	中性化・かぶり厚測定結果	p. 5
2-4.	コンクリート含有塩分量測定結果	p. 6
§ 3.	耐震診断および判定結果	p. 7
§ 4.	耐震補強・改修	
4-1.	補強案および改修案	p. 9
4-2.	補強費用の概算	p. 11
§ 5.	考察	p. 13
§ 6.	図面	
§ 7.	補強費用概算 参考資料	

1.1 一般事項

(1) 一般概要

- ①委託件名 : 中城北中城消防組合庁舎耐震診断業務委託
②診断対象棟名 : 中城北中城消防組合庁舎
所在地 : 沖縄県北中城村字大城404番地
③担当事務所 : 特定非営利活動法人 沖縄県建築設計サポートセンター
診断者 : 福島 弘志
所在地 : 沖縄県浦添市安波茶1-32-56 TEL:098-879-1020
④申請年 : -
⑤建築年 : 昭和55年3月竣工（築37年）

⑥設計図書 : 意匠・構造図有（施工図有）

⑦計算書 : 無
⑧建物用途 : 消防庁舎

(2) 建物概要

- ①梁間×桁行 : 47.35m × 19.4m （全長）
②スパン数 : 長辺方向（X方向 7スパン）東西方向
短辺方向（Y方向 2スパン）南北方向
③構造種別 : 鉄筋コンクリート造
（X方向,Y方向共に壁付ラーメン構造）
④面 積 : 建築面積 1,089 m²
延べ床面積 1,871 m² 診断対象 1,871 m²
⑤階 数 : 地上2階建 ・ 地下無し ・ PH 1階
⑥高 さ : 軒高さ 9 m 階高 1F:5.0m, 2F:4.0m, PH:2.1m, 2.3m
⑦地形(敷地) : 平坦地
⑧基礎工法 : 直接基礎
⑨支持層 : 不明、島尻泥岩層と推定
⑩表層地盤種別 : 第2種地盤と仮定。
⑪構造耐震判定指標

$$I_{so} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.6 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.5 = 0.63$$

$$C_{TU} \cdot S_D = 0.30 \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.30 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.5 = 0.315$$

Z : 地震地域係数(Z)。 本建物の地域(沖縄)は、 $Z=0.70$ となる。

G : 地盤指標。ここでは、 $G=1.0$ とする。

U : 用途係数。ここでは、 $U=1.5$ とする。

(U は発注者の指示による。)

- ⑫診断使用ソフト : ユニオンシステム Super Build SS3/RC診断2001 ver.2.6(2014)
⑬建物経歴 : 用途変更及び火害等の被災経験は無い。
平成8年: 1階フレーム内CB壁を増築
平成11年: 2階フレーム内CB壁を増築

2.1 現地調査概要

(1) 現地調査結果

劣化・老朽化状況

対象建物について、目視により調査を行った。全体的にひび割れ、剥落等の現象が多く見られた。

具体的には

- ・ 柱、梁、壁、床のひび割れ
- ・ 柱、梁、壁の剥離・剥落（補修跡あり）
- ・ 塗膜の劣化
- ・ パラペット笠置モルタルのひび割れ、剥落

などである。

ただし、補修跡で再度ひび割れが発生している箇所もあった。（2階訓練塔の梁など）

また、荷重による構造的な劣化状況も確認した。

具体的には、

- ・ 面積の大きいスラブのたわみ（水たまり形状・測定の結果から）
- ・ 梁の中央部に見られるひび割れ

である。

設備・非構造材等の状況

・高架水槽

足元のボルトが設置用のもので細いことから、地震時に転倒の恐れがある。

・鉄塔

ワイヤーにかなりの腐食が発生しているので、交換等の対策を必要とする。

・花ブロック

ブロック目地にひび割れ、錆汁は見られないが、周囲のコンクリートに剥離が見られるので、対策が必要である。

・訓練用器具

丸環が交換されているが、未交換の既存プレートの材料が鉄のため、その部分の錆がひどい状況である。交換後はステンレスが使用されているが、撤去すべき既存プレートが残存しているので、錆により既存部の板厚が薄くなった場合はぐらつくことが想定される。

訓練塔の吊り下げ器具のコンクリート躯体への固定用ボルトが2重ナットでないことから、戻り止めが有効とならない。この状態では、繰り返しの振動によりゆるむ可能性があるため、座金部分を溶接するなど、固定する対策をとる必要がある。

(2) コンクリートコア圧縮強度

建物の設計時点の強度は $F_c=210\text{kgf/cm}^2$ で現行のSI単位系に換算すると 20.6N/mm^2 となる。

1、2階で直径約80mmのコアを各階3本採取し、強度試験を行った。異常値がないこと確認の上、RC診断基準に従い推定強度求めた結果、上限となる設計強度の1.25倍の 25.7N/mm^2 を診断の採用強度とした。

また、ペントハウスについては、それぞれ1箇所ずつコアを採取し、試験を行った。いずれも設計強度以上であることを確認したため、設計強度の 20.6N/mm^2 をペントハウスの診断用強度とした。

どの箇所の試験結果も設計強度を大きく上回っていることから、コンクリート強度については問題ないと判断する。

(3) コンクリート中性化

中性化深さの測定は各階1箇所、柱は1箇所および採取したコアで実施した。中性化の範囲は0.7～3.4cmであった。

中性化の予測深さを岸谷式を用いて算出し、測定結果と比較する。経過年数が37年、水セメント比が60%の場合、予測深さは2.26cmであり、実測した中性化深さは予測を超える部分がある。

中性化予測深さを超える箇所が、10箇所中6箇所と過半であることから、中性化については通常より進行していると判断する。

(4) 鉄筋の腐食

柱は1箇所、鉄筋の腐食状況の確認とかぶり厚さの測定を行った。かぶり厚さは、各階で27、28mmであり、最小かぶり厚さの30mmをわずかに下回っている。鉄筋の腐食状況は、この部位で中性化が進行していないこともあり、帯筋の表面に錆がある程度であり、断面欠損は生じていない。

ただし、かぶり厚さが薄く、剥離・剥落が発生している部分は鉄筋腐食による膨張が原因であることから、かなりの腐食が剥離・剥落の部位で起きていると判断される。

(5) コンクリート含有塩分量

コンクリート中の塩化物量を1階と2階のコアを用い測定した。試験は表面から0～2cm、5～7cm、10cm～の3つの深さ箇所のサンプルをスライスカットにより採取して行った。

試験結果では、腐食発生限界塩化物イオン量とされる $1.2(\text{Cl}^- \cdot \text{kg}/\text{m}^3)$ を超える値を確認した。確認できた部分は1、2階の5～7cm位置の1.696と2.167($\text{Cl}^- \cdot \text{kg}/\text{m}^3$)および、2階の10cm以深の1.426($\text{Cl}^- \cdot \text{kg}/\text{m}^3$)である。

コンクリート内部で、非常に高い塩分量が見られることから、建設時の使用骨材によるものと推測される。鉄筋の腐食発生限界量を超えていることから、鉄筋周囲に水分と空気がある場合、鉄筋腐食がより進行する環境にある。剥落部の再劣化も補修部との境界で塩分が残ることや、外部から水や空気を完全に遮断できないため起きたと思われる。

(6) 不同沈下の調査

屋上で不同沈下量の測定を行ったところ、1/400の相対沈下量を桁行き方向で確認した。そのため、追加で下階の梁下端で確認したところ、平行する隣接スパンで相対沈下がないことや、ひび割れに不同沈下によるものが見られないことから、構造的に問題ないとし、施工誤差と判断した。

2.2 コンクリート圧縮強度試験結果

設計時の強度は、現行表記で $F_c=20.6\text{N/mm}^2$ としている。現地採取コアによる強度試験結果より、1,2階ともばらつきを考慮した推定強度が上限値を超えたため、耐震診断に用いるコンクリート強度は 25.7N/mm^2 を採用する。ペントハウスについては、いずれの採取位置の試験結果が設計基準強度を超えたことから設計強度の 20.6N/mm^2 を採用する。

□コンクリート圧縮強度試験結果

コア採取位置			コア寸法 (mm) φ × B	補正係数	圧縮強度 X i N/mm ²	平均値 Xmean N/mm ²	標準偏差 σ N/mm ²	推定強度 σ B N/mm ²	採用値 σ BD N/mm ²
階	位置	通り							
PH1 階段室	壁	Y3通り X2～X3	φ 81.6×H148.1	0.98	37.5	—	—	—	20.6
PH2 訓練部	梁	X1通り Y6～Y7	φ 81.5×H135.6	0.97	36.6	—	—	—	
2F	梁 梁 梁	Y0通り X2～X3	φ 81.6×H154.4	1.00	32.1	35.6	3.50	32.1	25.7
		X0通り Y4～Y5	φ 81.5×H154.2	1.00	39.1				
		Y7通り X2～X3	φ 81.5×H155.8	1.00	35.7				
1F	梁 梁 梁	X3通り Y0～Y1	φ 81.8×H147.8	0.98	36.4	35.8	1.46 (2.5)	33.3	
		X3通り Y5～Y6	φ 81.6×H147.6	0.98	34.1				
		Y7通り X0～X1	φ 81.7×H154.6	1.00	36.8				
設計基準強度Fc=20.6N/mm ² コンクリート種別：普通コンクリート 設計基準強度の上限 Fc = 20.6 × 1.25 = 25.75N/mm ² かつ 30N/mm ² 以下									

コンクリートの推定圧縮強度

$$X_{\text{mean}} = \sum x_i / n$$

$$\sigma = \sqrt{(\sum (X_i - X_{\text{mean}})^2 / (n-1))}$$

$$\sigma_{B1} = X_{\text{mean}} - \sigma / 2$$

$$\sigma_{B2} = X_{\text{mean}} - \sigma$$

$F_c \leq \sigma_{B2}$ の場合

$\sigma_{B2} < F_c \leq \sigma_{B1}$ の場合

$\sigma_{B1} < F_c$ の場合

$$\sigma_B = \sigma_{B2}$$

$$\sigma_B = F_c$$

$$\sigma_B = \sigma_{B1}$$

X_{mean} : 平均値

σ : 標準偏差(下限値2.5)

n : 供試体の本数

σ_B : 推定強度

階	F_c	σ_{B1}	σ_{B2}	σ_B
PH1	20.6	—	—	—
PH2	20.6	—	—	—
2	20.6	33.9	32.1	32.1
1	20.6	34.5	33.3	33.3

2.3 中性化・かぶり厚 測定結果

□コンクリートはつり

位置	通り	発錆	かぶり厚	中性化深さ	備考 (仕上げモルタル)
2階 柱	Y0通りX3	表面に錆あり	2.8 c m	2.0 c m	-
1階 柱	Y7通りX3	表面に錆あり	2.7 c m	2.0 c m	-

□コンクリートコア

位置	通り	中性化深さ		備考	
PH階 圧①	No. 1 : Y7通りX0～X1	筒元	3.0 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		
PH階 圧②	No. 2 : Y0通りX2～X3	筒元	1.3 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		
2階 圧①	No. 3 : Y0通りX2～X3	筒元	2.3 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		
2階 圧②	No. 4 : X0通りY4～Y5	筒元	0.7 c m	(仕上げモルタル)	1.4 c m
		筒先	-		
2階 圧③	No. 5 : Y7通りX2～X3	筒元	3.1 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		
1階 圧①	No. 6 : X3通りY0～Y1	筒元	3.1 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		
1階 圧②	No. 7 : X3通りY5～Y6	筒元	2.9 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		
1階 圧③	No. 8 : Y7通りX0～X1	筒元	3.4 c m	(仕上げモルタル)	0.0 c m
		筒先	-		

・コンクリート中性化深さ 0.7 c m ～ 3.4 c m (モルタル含深さ 1.3 ～ 3.4 c m)

岸谷式による中性化予測式

水セメント比 X = 60%

中性化率 R = 1.0

経過期間 Y = 37 (1980～2017年)

$$R (X-0.25) \sqrt{\frac{Y}{0.3 (1.15 + 3X)}}$$

$$1.0 (0.60-0.25) \sqrt{\frac{37}{0.3 (1.15 + 3 \times 0.60)}} = \boxed{2.26}$$

65%の場合
2.52 c m

2.4 コンクリート含有塩分量測定結果

【 測定方法 】

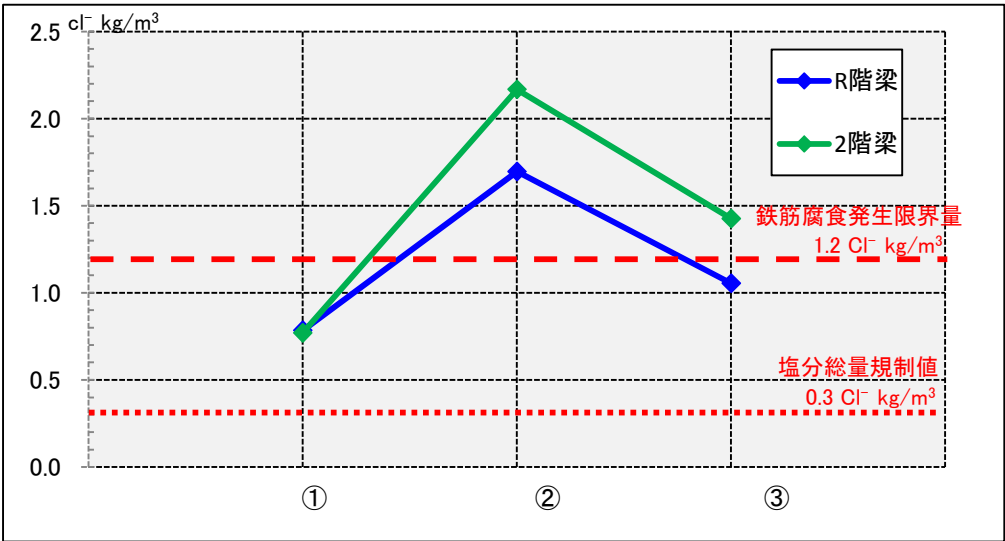
当該建築物の任意の位置において、コンクリートコアを採取し沖縄県建設技術センターで測定した。
試験方法は、コンクリートをスライスカットし、コンクリート構造物の腐食、防食に関する試験方法並びに基準（コンクリート工学協会）の硬化コンクリート中に含まれる全塩分量の簡易分析方法に準拠した。

【測定結果一覧】

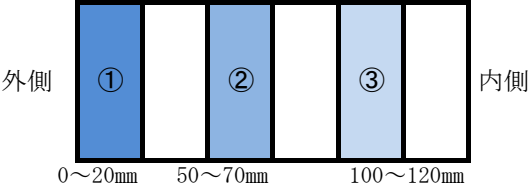
		塩分濃度 NaCl %		塩化物イオン濃度 Cl ⁻ ・kg/m ³			
コア採取位置			①	②	③		②-③
階	位置		(0～20)	(50～70)	(100～)		
R	梁 Y0～X2-X3	NaCl (%)	(0.055)	(0.119)	(0.074)		
		Cl ⁻ (kg/m ³)	0.784	1.696	1.055		0.64
2	梁 Y7-X0～X1	NaCl (%)	(0.054)	(0.152)	(0.100)		
		Cl ⁻ (kg/m ³)	0.770	2.167	1.426		0.74

※1 換算式 試験結果 (%) × 2,350 (kg/m³) × 0.6066

【測定結果グラフ】



試験体154～161mm



3. 耐震診断および判定結果

1) 準拠基準

2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説：一般財団法人日本建築防災協会 発行（以降、RC診断基準と略）に準ずる。

2) 診断次数

第2次診断とする。

3) 耐震性の判定

RC診断基準(37)式および(39)式により判定する。

$$I_s \geq I_{so} \quad (37) \text{式}$$

$$C_{TU} \cdot SD \geq 0.3Z \cdot G \cdot U \quad (39) \text{式}$$

ここに、

I_s : 構造耐震指標

I_{so} : 構造耐震判定指標

C_{TU} : 構造物の終局限界における累積強度指標

SD : 形状指標

Z : 地域指標で0.7とする。

G : 地盤指標で1.0とする。

U : 用途指標であり、発注者指示により1.5とする。

判定に必要な構造耐震判定指標 I_{so} はRC診断基準(38)式により求める。

$$I_{so} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U \quad (38) \text{式}$$

ここに、

E_s : 耐震判定基本指標 であり、第2次診断用として0.6とする

以上から、判定に必要な指標を計算すると、

$$\begin{aligned} I_{so} &= E_s \cdot Z \cdot G \cdot U \\ &= 0.6 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.5 = \underline{0.63} \end{aligned}$$

$$0.3Z \cdot G \cdot U = 0.3 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.5 = \underline{0.315}$$

となり、(37)、(39)の判定の条件式として、

$$I_s \geq 0.63 \quad \text{判定①}$$

$$C_{TU} \cdot SD \geq 0.315 \quad \text{判定②}$$

が得られる。判定条件①、②をどちらも満たせば、想定する地震動に対して所要の耐震性を確保しているとする。

4) 判定結果

・X（建物長辺）方向の判定

階	形状 指標SD	経年 指標 T	性能 Is	必要 Iso	判定①	性能 CtuSD	必要 0.3ZGU	判定②	総合 判定
2	1.00	0.824	0.403	0.63	NG	0.48	0.315	OK	NG
1	0.90		0.248		NG	0.30		NG	NG

1、2階とも判定条件を満たさないため、耐震性が不足する判定となる。

・Y（建物短辺）方向の判定

階	形状 指標SD	経年 指標 T	性能 Is	必要 Iso	判定①	性能 CtuSD	必要 0.3ZGU	判定②	総合 判定
2	1.00	0.824	0.739	0.63	OK	0.54	0.315	OK	OK
1	1.00		0.542		NG	0.65		OK	NG

1階で判定条件を満たさないため、耐震性が不足する判定となる。

建物本体以外で地震時に注意を必要とする箇所について、以下に示す。

- ・車庫出入口口側にある片持ち梁が、地震時の鉛直震度により垂れ下がり、残留変形を生じる可能性がある。

- ・バルコニー先端の柱が地震時の変形により、かなりの損傷が予測される結果となり、コンクリート剥落などが起きると想定される。

- ・ブロック壁の高さが、建築学会の規準を超えていることから、地震時に面外方向に崩壊する可能性がある。

- ・高架水槽のボルトが貧弱で錆も見られることから、地震時に倒れる可能性がある。

- ・鉄塔のワイヤーが腐食しているので、地震時に破断する可能性がある。