6．5　改善工法検討のための構造実験の結果概要

(1) 概要

フィリピンのコンクリートブロック（以下，「CB」と略記）造建築物の地震や台風に対する弱さの最大の原因はCBの品質の悪さにあることが本プロジェクトの一連の調査等により明らかになってきた。ここでは，本プロジェクトにおいて提案を試みている，火山灰を使用し，かつ，現在フィリピンで使用されているCBよりも高品質なCBの試作と，試作したCBで構成された組積体の圧縮強度試験とせん断強度試験を実施したのでその概要を紹介する。

(2) 火山灰を使用したCBの材料特性

①　火山灰を使用したCBの試作計画

火山灰を使用したB種相当の圧縮強度（平均7N/mm²）を有するCBを成型することを目的とし，次の条件やパラメータを設置して試験成型の実施を検討した。設定したセメント量と火山灰の骨材割合との組み合わせは表6-5-1に掲げるとおりである。

- ・CB形状，種類　：空洞ブロック基本形，空洞ブロック横筋型，幅390mm，高さ190mm，厚さ150mm
- ・火山灰の骨材（容積）割合　：60%，50%，40%の3水準
- ・セメント量　：250，300，350kg/m³の3水準
- ・骨材合成粗粒率　：約3.3になるように砕石と砂の割合を調整
- ・練り（加水）　：クラック防止，確実に強度を発現させるため軟練り
- ・給材　：通常1回を2回反復，給材時間は3.7秒に固定

表6-5-1　セメント量と火山灰の割合の組み合わせ

Volcanic Ash (%)	Cement (kg/m³) 250	300	350
60	Type①	Type④	Type⑦
50	Type②	Type⑤	Type⑧
40	Type③	Type⑥	Type⑨

②　火山灰を使用したCBの試作

株式会社よねざわ工業にて，火山灰とセメントのそれぞれ第2水準同士の組み合わせとなる表6-5-1のType⑤から試作を始めた。試作したType⑤のCBは，空隙率と製品ひずみが共に予想より小さかった。この結果より，Type⑤よりも火山灰の使用率の高いType①，④，⑦を次の試作の

対象とした。各試作 CB の骨材容積割合等を表 6-5-2 に掲げる。Type⑤, ①, ④, ⑦の火山灰骨材ふるい分け･合成粗粒率は図 6-5-1 のとおりであった。製品性能を表 6-5-3, 4 に掲げる。これら結果より, 主に次の条件で全断面強度が B 種相当の火山灰 CB の製造が可能であることを確認できた。

･火山灰 60%, 普通骨材 40%, 骨材合成粗粒率 3.3 前後
･セメント量 330kg/m³, 水セメント比 43%, 空隙率 10%
･給材 2 回反復

また, Type④の結果が良好であったことから, Type④の配合で横筋型の CB も成型した。横筋型火山灰 CB の製品性能を表 6-5-5～7 に掲げる。本項で試作した各 CB の外観を写真 6-5-1 に示す。

表 6-5-2 試作 CB の骨材容積割合等: Type⑤, ①, ④, ⑦

Name	Aggregate volume ratio			Aggregate synthetic coarse grain ratio	Cement (%)	W/C (%)	Void (%)	Unit weight (kg/!)	Feeding time (sec)	Feeding Cycle (sec)
	Ash (%)	Crushed stone (%)	Fine aggregate (%)							
Type⑤	50	30	20	3.28	320	43	10	1.93	3.7	15.7 ～16.0
Type①					283	46	10	1.84	3.7	15.4 ～15.6
Type④	60	25	15	3.20	329	41	11	1.83		15.7 ～16.0
Type⑦					380	35	12	1.83		15.5 ～16.0

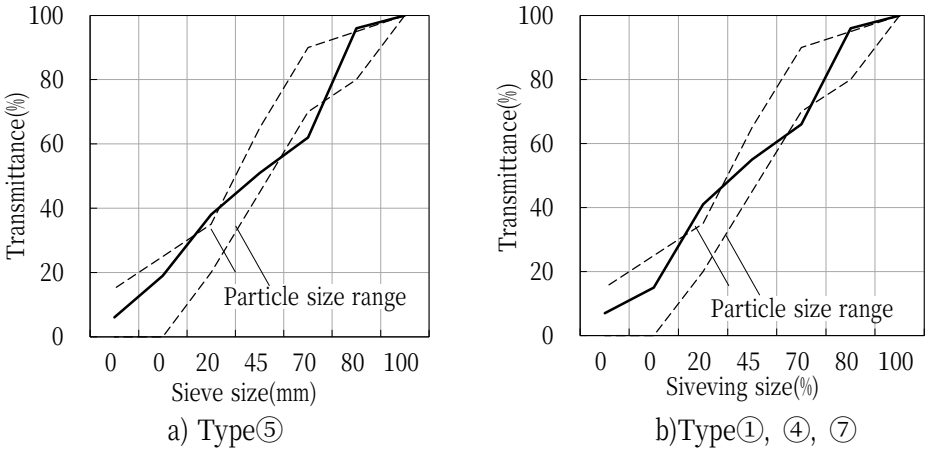


図 6-5-1 ふるい分け試験結果

表 6-5-3 試作 CB の寸法精度等: Type⑤, ①, ④, ⑦

Name	Material age (days)	mass (kg)	Length (mm)	Hight (mm)	Thickness (mm)	Compressive strength of all cross-sectional area (N/mm^2)
Type⑤	7	11.97	389.5	191.5	149.6	6.0
	29	12.05	389.5	191.5	149.5	7.4
Type①	7	11.59	389.6	191.0	149.8	6.7
	29	11.64	389.4	190.7	149.7	7.4
Type④	7	11.54	389.3	191.6	149.5	7.8
	29	11.59	389.2	191.2	149.3	7.8
Type⑦	7	11.44	389.3	191.3	149.1	7.5
	29	11.51	388.9	191.4	149	7.9

*Number of test specimens: 3 each

表 6-5-4 試作 CB の材令 9 日の吸水量等: Type⑤, ①, ④, ⑦

Name	Mass (kg)	Water absorption			Compressive strength of all cross-sectional area strength in absolutely dry condition (N/mm^2)
		Amount (kg/piece)	Rate (%)	Volume (g/cm^3)	
Type⑤	11.91	1.47	13.4	0.228	6.8
Type①	11.59	1.36	12.7	0.211	7.6
Type④	11.57	1.39	12.9	0.216	7.9
Type⑦	11.45	1.41	13.1	0.212	8.1

*Number of test specimens: 3 each

表 6-5-5 試作 CB の骨材容積割合等: Type④-横筋型

Name	Aggregate volume ratio			Aggregate synthetic coarse grain ratio	Cement (%)	W/C (%)	Void (%)	Unit weight (kg/!)	Feeding time (sec)	Feeding Cycle (sec)
	Ash (%)	Crushed stone (%)	Fine aggregate (%)							
Type④	60	25	15	3.20	330	45	10	1.86	4.2	16.1～16.3

表 6-5-6 試作 CB の寸法精度等: Type④-横筋型

Name	Material age (days)	mass (kg)	Length (mm)	Hight (mm)	Thickness (mm)	Compressive strength of all cross-sectional area (N/mm^2)
Type④	11.76	390.8	191.1	151.4	6.9	11.76
	11.68	390.8	191.4	151.4	7.1	11.68

*Number of test specimens: 3 each

表 6-5-7 試作 CB の材令 9 日の吸水量等: Type④-横筋型

Name	Mass (kg)	Water absorption			Compressive strength of all cross-sectional area strength in absolutely dry condition (N/mm^2)
		Amount (kg/piece)	Rate (%)	Volume (g/cm^3)	
Type④	11.71	1.31	12.3	0.203	7.1

*Number of test specimens: 3 each

(3) 実験計画と試験体の概要

前項で試作した CB (Type④) を使用して組積体を施工し，組積体の圧縮強度を把握するためのプリズム試験と，組積体のせん断強度を把握するためのダイアゴナル試験を実施した (施工：株式会社よねざわ工業，実験実施：北海学園大学)。

各試験体の概要を表 6-5-8，図 6-5-2，3 に，試験方法の概要を図 6-5-4～6 に示す。

P シリーズはプリズム試験用の試験体であり，CB 断面におけるモルタル目地の塗布・充填箇所を図 6-5-3 の(1)と(2)の 2 種類とした。その他の D シリーズはダイアゴナル試験用 [1]の試験体であり，モルタル目地の施工・充填箇所を図 6-5-3 に示す 3 種類とすると共に，CB の積み方 (芋目地，破れ目地) も実験パラメータに加え，横補強筋対応型の CB (写真 6-5-1 参照) で構成される組積体についても試験を実施した。試験体は各 3 体製作したが，D-B1-S の 2 体と D-A1-S の 1 体は運搬時に破損したため試験を実施できなかった。

プリズム試験においては，最上段と中段の CB のフェイスシェルの縦ひずみと横ひずみをひずみゲージにより計測した。ダイアゴナル試験においては，フェイスシェルの圧縮方向ひずみと横方向ひずみをひずみ変換型変位計のひずみ変換型変位計 (「DTK-A-30」，株式会共和電業製，定格出力

表 6-5-8 試験体の概要と試験体名

Block shape	Cement mortar			Name for Prism Test*1	Joint	Name for Diagonal Test*2
	on Face Shell	on Web	in Central Hollow			
Type A	○	—	—	P-A1	Straight	D-A1-S
	○	○	—	P-A2	Straight	D-A2-S
				—	Break	D-A2-B
						D-A2-Ba*3
	○	○	○	—	Straight	D-A3-S
Type B (for lateral rebar)	○	—	—	—	Straight	D-B1-S

※The number of specimens prepared is 3 bodies each, *1: Half-width and 3-stack, *2: 2-stack, *3: 4-stack

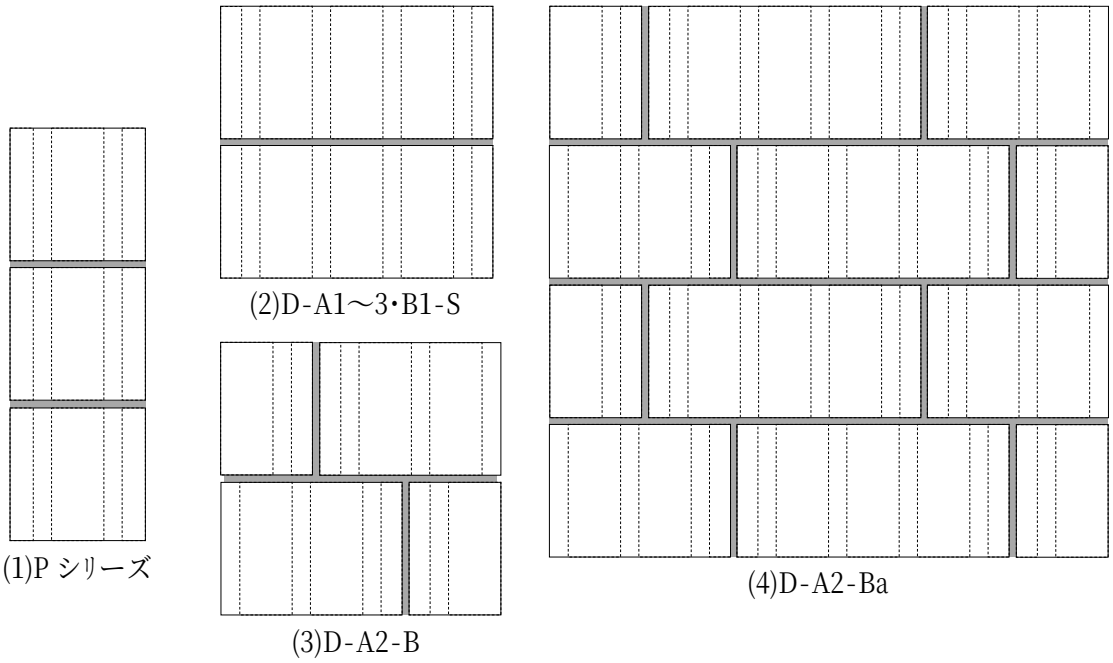


図 6-5-2 試験体の概要－積み方－

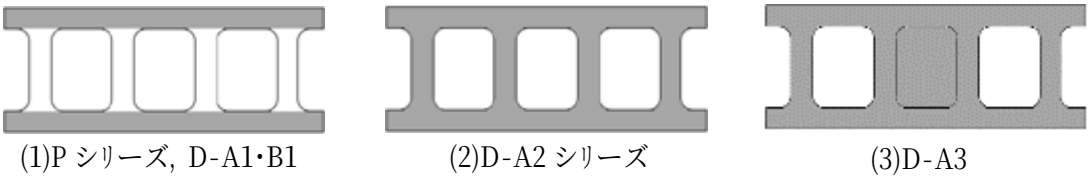


図 6-5-3 試験体の概要－モルタルの塗布･充填箇所－

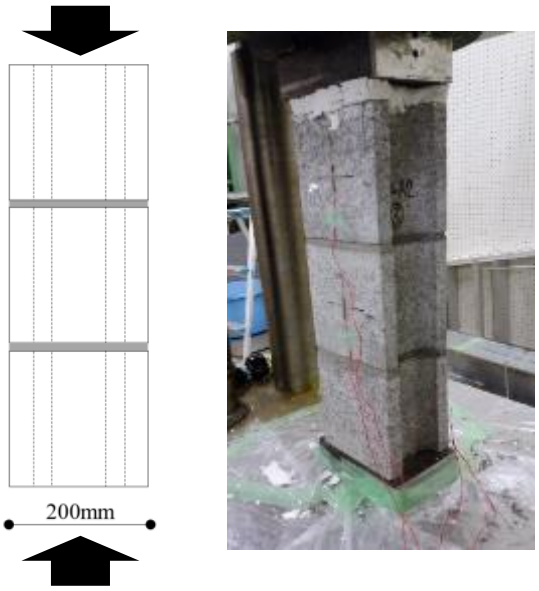


図 6-5-4　プリズム試験：半裁試験体

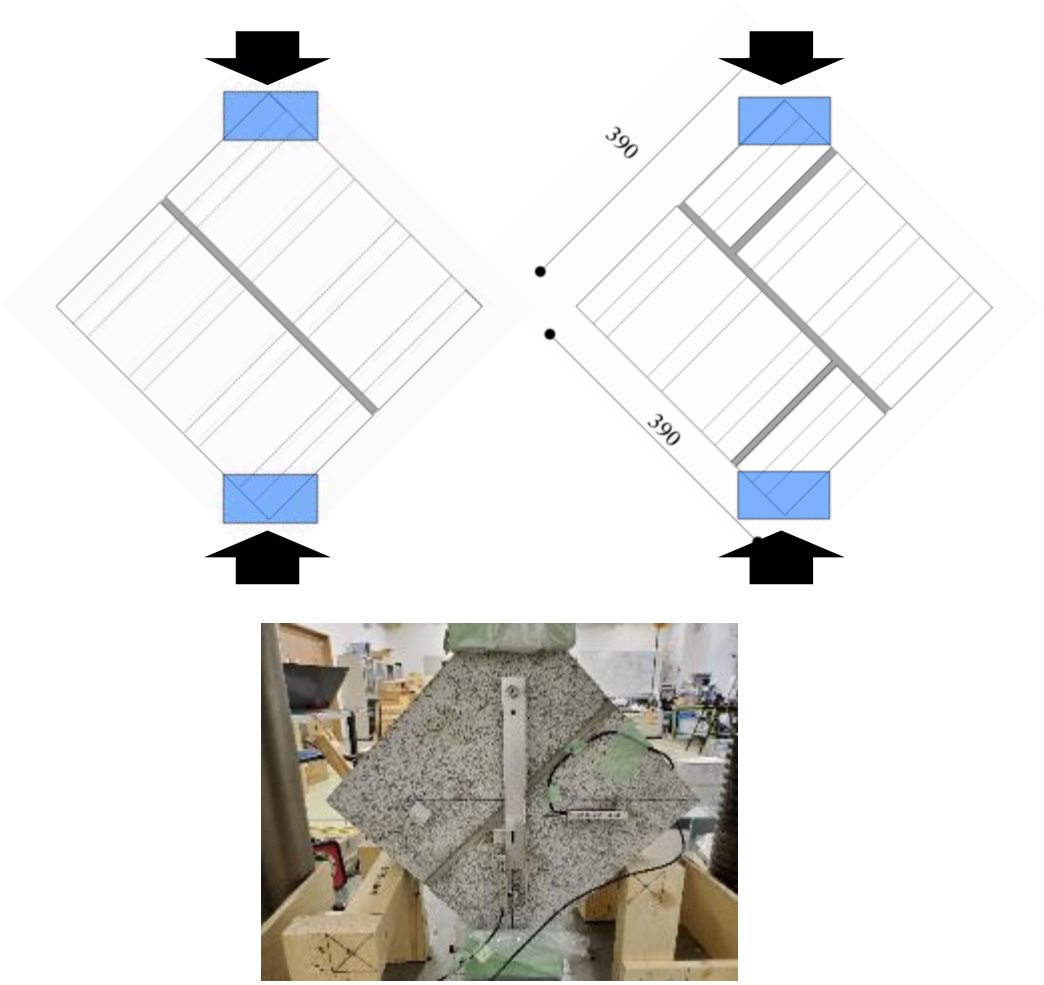


図 6-5-5　ダイアゴナル試験：2 段積み試験体

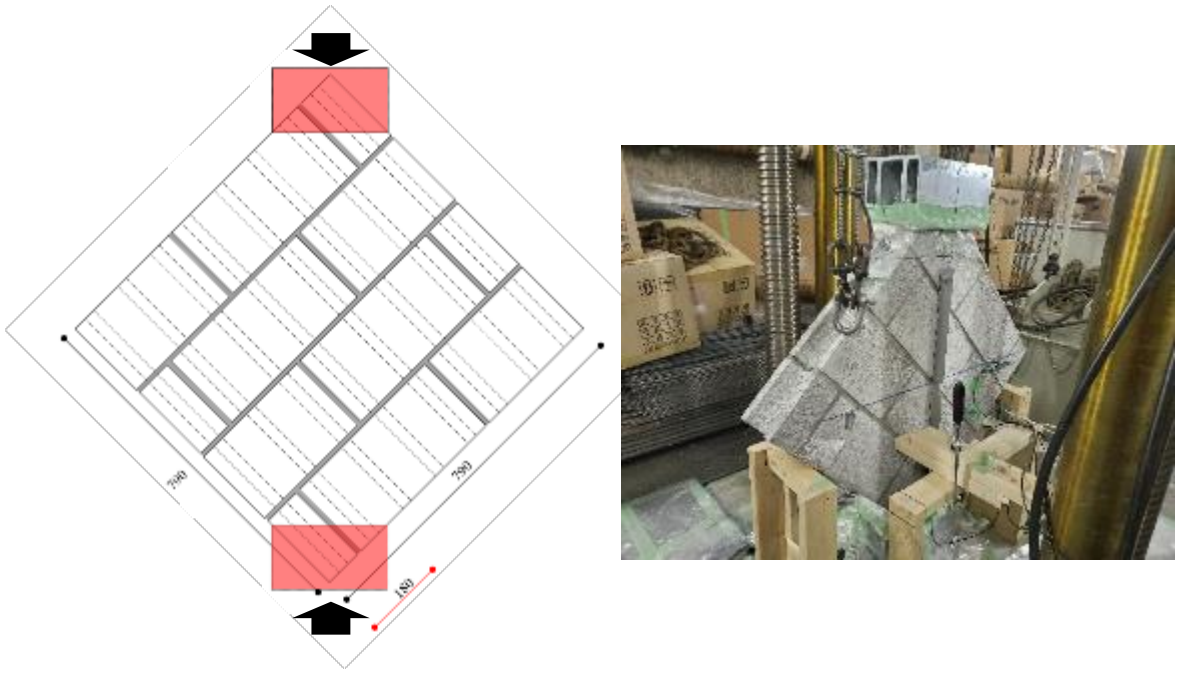


図 6-5-6　ダイアゴナル試験：4 段積み試験体

(4) 実験結果

①　プリズム試験

荷重－変形曲線から得られた圧縮剛性，ひずみゲージ測定値より把握することのできた圧縮ヤング係数，及び全断面圧縮強度を表 6-5-8 に一括して掲げる。圧縮ヤング係数と全断面圧縮強度とを図 6-5-6 に示す。各試験体の最終破壊状況は写真 6-5-2 に示すとおりであった。

ア　圧縮強度，ヤング係数

(一社)日本建築学会の「壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編）（2016）」における「補強コンクリートブロック造設計規準・解説」[2)]（以下，「AIJ 規準」と略記）では，4 週圧縮強度が 18N/mm² 以上となる目地モルタルで組積された組積試験体の全断面圧縮強度　$_m$ はブロック単体の圧縮強度の 0.7～0.8 倍程度となるとし，単体強度に対する組積体強度の比を「組積係数」としてその値は 0.7（下限値）を想定している。本実験で使用したブロック単体の全断面圧縮強度を 7.8N/mm²（前項 Type④）とすると，石膏による試験体加圧部のキャッピングに不具合の生じた試験体 P-A1_1 では組積係数が 0.65 であるが，フェイスシェル上にのみ目地モルタルを施したその他の P-A1 試験体の組積係数は 0.91 であった。フェイスシェル上とウェブ上に目地モルタルを施した P-A2 試験体における組積係数の最小値は 0.84（試験体 P-A2_3）であり，その他においては低減がなかった。

AIJ 規準では，組積体の圧縮試験を実施しない場合，安全側に想定した組積体の強度を「標準強度 F_m'」と呼び，A 種，B 種，C 種ブロック造のそれぞれの標準強度 F_m'を 2.8，4.2，5.6N/mm² と設定し（この時の組積係数は 0.7），これらの値の 2/3 をそれぞれのブロック造組積体の短期許容圧縮応力度としている（B 種ブロック造組積体の短期許容圧縮応力度は 2.8N/mm²）。本節で実施

した組積試験体の圧縮強度の 2/3 を短期許容圧縮応力度とすると，P-A1 シリーズでは 3.4～4.7N/mm², P-A2 シリーズでは 4.4～5.8N/mm² となる。

組積体のヤング係数 E_m（平均値）については，AIJ 規準では組積試験体の圧縮強度 $_m$ を用いて「E_m ＝ 500 $_m$」で得られることを示している。同式で得られる本試験体のヤング係数は P-A1 シリーズでは 2.5～3.5kN/mm², P-A2 シリーズでは 3.3～4.5N/mm² 程度の評価にとどまるが，実験値は P-A1 シリーズでは 4.7～5.2kN/mm², P-A2 シリーズでは 5.5～8.0N/mm² であった。

イ　目地モルタルの塗布･充填範囲の影響

フェイスシェル上とウェブ上の両方に目地モルタルを塗布した試験体 P-A2 シリーズの組積体圧縮強度の最大値及び下限値は，いずれもフェイスシェル上にのみモルタルを塗布した試験体 P-A1 シリーズの組積体圧縮強度の同値よりも大きくなる傾向が把握できた。組積体の圧縮ヤング係数においても P-A2 シリーズの下限値は P-A1 シリーズの上限値を上回っていたが，ばらつきが大きかった。

表 6-5-9　プリズム試験結果

Name	Stiffness coefficient (N/mm)	Young's modulus (kN/mm²)	Compressive strength (N/mm²)
P-A1_1	63.8	—*	5.06
P-A1_2	126	4.65	7.06
P-A1_3	112	5.16	7.04
P-A2_1	107	5.57	8.37
P-A2_2	119	7.98	8.66
P-A2_3	70.9	5.49	6.55

*Missing value

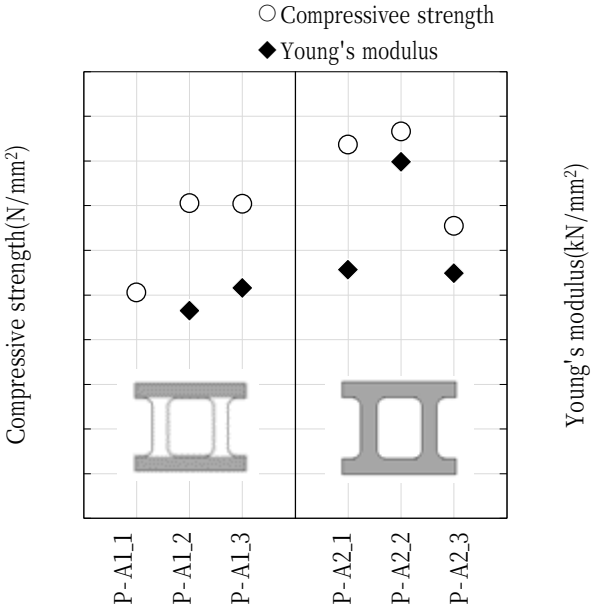
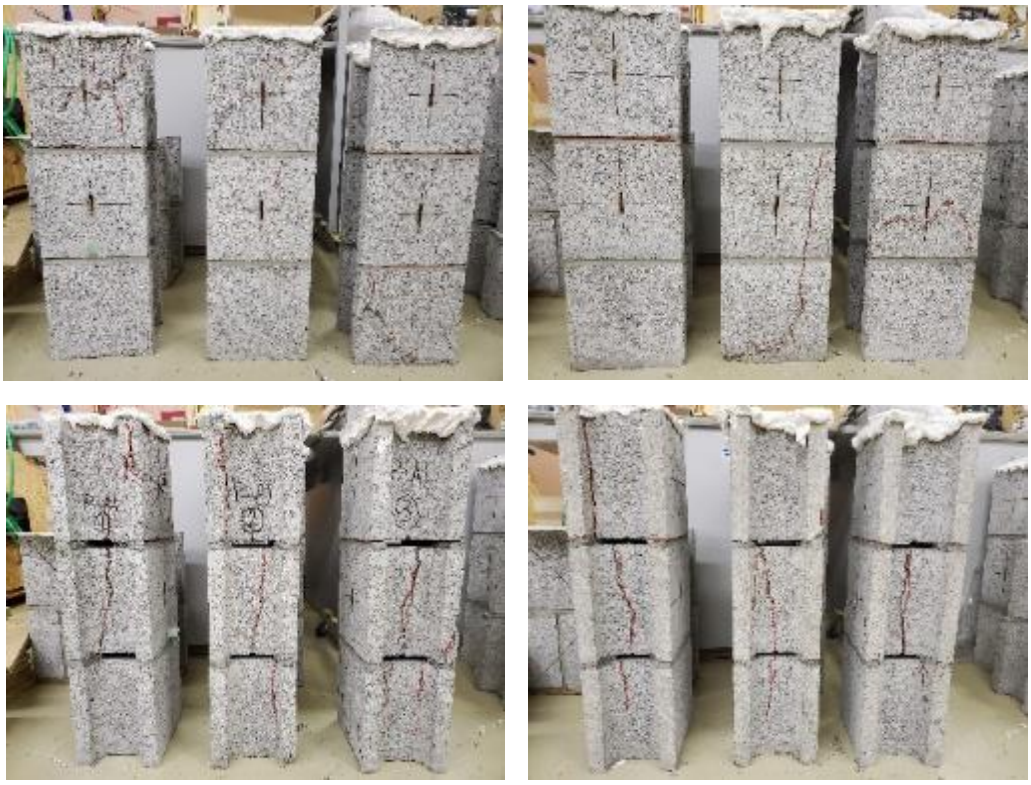
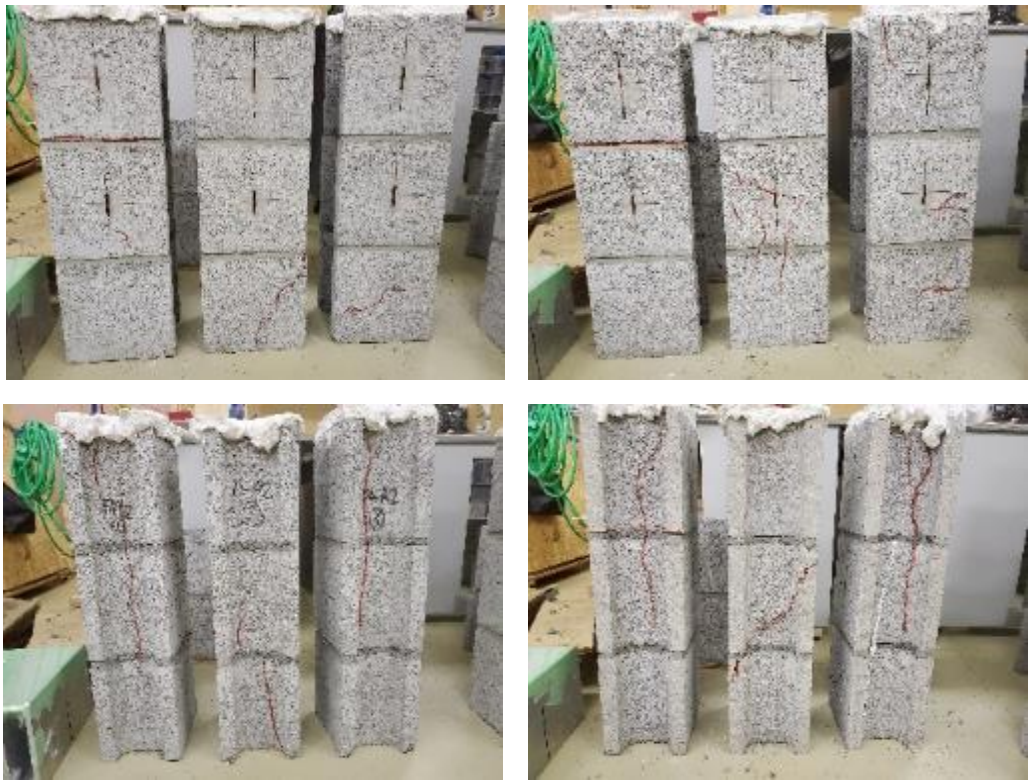


図 6-5-7　プリズム試験による全断面圧縮強度と圧縮ヤング係数



a) P-A1（各写真内の左から P-A1_1, P-A1_2, P-A1_3）



b) P-A2（各写真内の左から P-A2_1, P-A2_2, P-A2_3）

写真 6-5-2　プリズム試験体の最終破壊状況

② ダイアゴナル試験

ひずみ変換型変位計によって測定することのできた各試験体のせん断弾性係数とせん断強度とを表 6-5-10 と図 6-5-8 に一括して示す。2 段積みダイアゴナル試験体の最終破壊状況を図 6-5-9 に示す。4 段積みの「D-A2-Ba」試験体の破壊状況は写真 6-5-3 及び図 6-5-10 のとおりであった。

表 6-5-10　ダイアゴナル試験結果

Name	Shear modulus (kN/mm^2)	Shear strength (N/mm^2)
D-A1-S_2	1.50	0.904
D-A1-S_3	—*	0.620
D-A2-S_1	2.37	1.32
D-A2-S_2	2.04	1.91
D-A2-S_3	1.10	1.55
D-A2-B_1	—*	1.64
D-A2-B_2	2.31	1.70
D-A2-B_3	1.25	1.07
D-A3-S_1	1.96	2.16
D-A3-S_2	2.09	2.02
D-A3-S_3	2.23	1.69
D-B1-S_3	1.00	1.26
D-A2-Ba_1	1.27	0.514
D-A2-Ba_2	1.53	0.619
D-A2-Ba_3	0.72	0.658

*Missing value

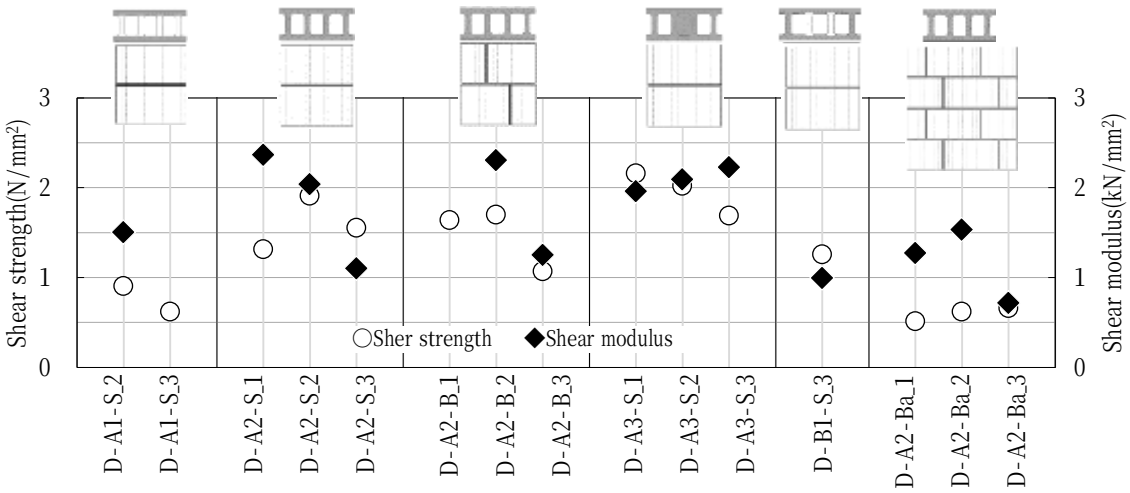


図 6-5-8　ダイアゴナル試験によるせん断強度とせん断弾性係数

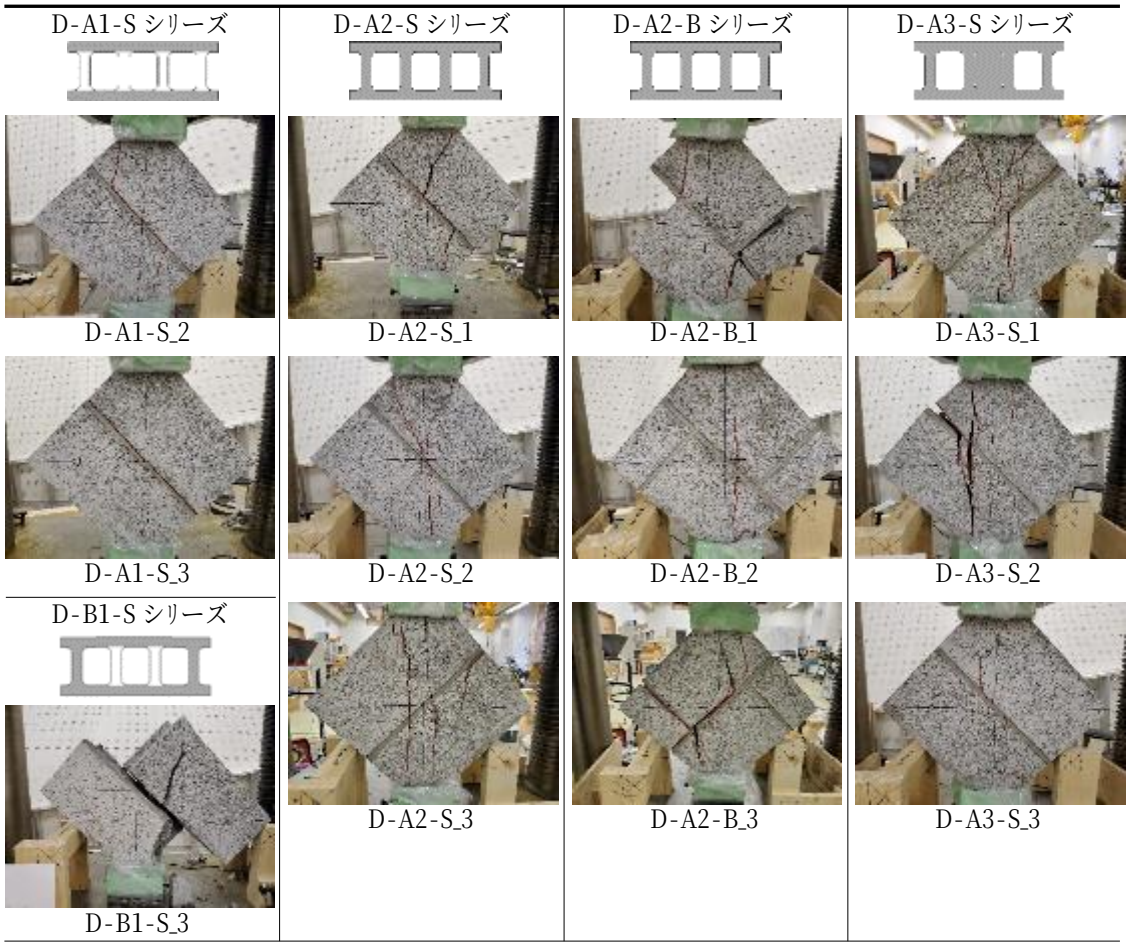
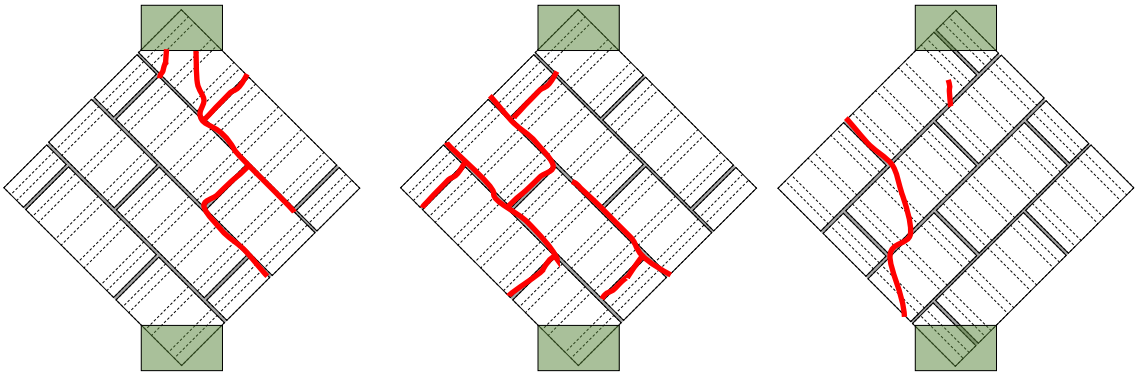


図 6-5-9　2 段積みダイアゴナル試験体の最終破壊状況

a) D-A2-Ba_1　　b) D-A2-Ba_1　　c) D-A2-Ba_1

写真 6-5-3　4 段積みダイアゴナル試験体の最終破壊状況



a) D-A2-Ba_1　　b) D-A2-Ba_1　　c) D-A2-Ba_1

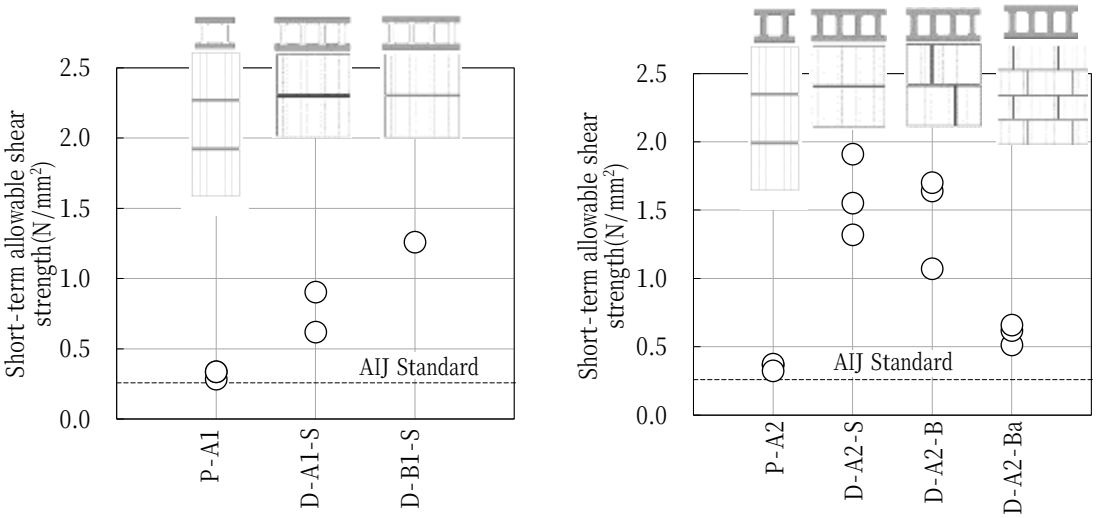
図 6-5-10　4 段積みダイアゴナル試験体の最終破壊状況

ア　圧縮強度, ヤング係数

AIJ 規準では, 組積体の圧縮強度　$_m$ よりせん断ひび割れ強度　$_c$ の下限値を次式により算出し, これを短期許容せん断応力度としている。

$$\tau_{c下限値} = \frac{\sqrt{0.1\,\sigma_m}}{2.5}$$

前項のプリズム試験より得られた組積体の圧縮強度　$_m$ を同式に代入して得られるせん断ひび割れ強度　$_c$ の下限値と, ダイアゴナル試験より得られたせん断強度を比較すると図 6-5-11 のようになった。試験結果より算出した短期許容せん断応力度はいずれも AIJ 規準に示されている短期



a)　フェイス上のみに塗布　　b)フェイスシェルとウェブ上に塗布

図 6-5-11　プリズム試験によるせん断応力度とダイアゴナル試験より得られるせん断応力度の比較

許容せん断応力度を上回った。また，ダイアゴナル試験より得たせん断応力度はプリズム試験結果から算出したせん断応力度の下限値を大きく上回ったが， 4 段積み試験体の試験結果は 2 段積み試験体の結果の平均で 4 割程度の評価となった。

イ 目地モルタルの塗布･充填範囲，積み方の影響

モルタルの塗布･充填範囲，CB の積み方をパラメータとした試験体の短期許容せん断応力度を図 6-5-12 に示す。

以降，平均値での比較となるが，モルタルの塗布範囲をフェイスシェル上からウェブ上にまで広げることで許容せん断応力度は 2 倍となり，更に CB の中央にモルタルを充填することにより 2.5 倍を超えた。なお，芋目地と破れ目地の違いの影響は認められなかったが，D-A2-B と D-A2-Ba に大きな差があった。

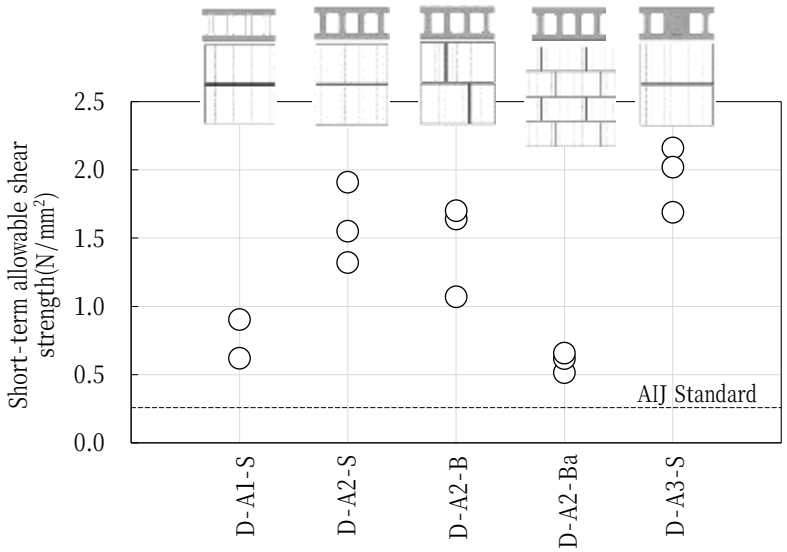


図 6-5-12 モルタルの塗布･充填範囲のせん断応力度に及ぼす影響

(5) まとめ

本プロジェクトでは，フィリピンの CB 造建築物の地震･台風被害低減に向けて，現状よりも高品質な CB を用いた CB 造構法の提案を試みている。ここではその一環として，火山灰を使用した CB の試作を試みると共に，試作した CB と圧縮強度が 22N/mm² （セメント：砂＝1:2.5，材令2週）の目地モルタル（厚さ 10mm）で構成した組積体の圧縮強度試験（プリズム試験）とせん断強度試験（ダイアゴナル試験）を実施した。結果を以下に列記する。

･火山灰 60%，普通骨材 40%，骨材合成粗粒率 3.3 前後，セメント量 330kg/m³，水セメント比 43%，空隙率 10%，給材 2 回反復の条件で，B 種相当の CB が製造できることを確認した。

・半切 CB のプリズム試験による組積体の全断面圧縮強度は，フェイスシェル上にのみモルタルを塗布した場合は 5.06～7.06N/mm^2，ウェブ上にもモルタルを塗布した場合は 6.55～8.66Nmm^{2}となった。
・半切 CB のプリズム試験による組積体の全断面圧縮強度は全て，AIJ 規準で想定している B 種 CB の組積体の標準強度を上回った。
・2 段積み CB 組積体のダイアゴナル試験による短期許容せん断応力度は，モルタルの塗布・充填範囲の違いにより 0.620～2.16N/mm^2 の範囲にばらついた。この時，モルタルの塗布・充填範囲が大きくなるに伴って強度は高くなった。
・2 段積み CB 組積体のダイアゴナル試験において，芋目地と破れ目地の違いがせん断強度に及ぼす影響に有意な差は確認できなかった。
・ダイアゴナル試験より得たせん断強度の下限値は全て，プリズム試験より得た圧縮強度から AIJ 規準に基づいて算出したせん断強度の下限値を上回った。
・4段積み CB 組積体のダイアゴナル試験によるせん断強度は，2 段積み CB 組積体のダイアゴナル試験によるせん断強度の 4 割程度となった。

【参考文献】

1) ASTM：Standard Test Method for Diagonal Tension(Shear) in Masonry Assemblages, December 1, 2015
2) (一社)日本建築学会：壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編）（2016），pp.224-229，丸善出版株式会社, 2018.7.5(第 2 版第 5 刷)

6．6 既存 CB 造建物の耐震診断規準

(1) Seismic diagnostic criteria for existing reinforced concrete block buildings and reinforcement method

Chapter 1 General	第1章 総 則
1.1 Basic policy	1.1 基本方針
This standard is used for seismic assessment of existing reinforced concrete block buildings (hereinafter referred to as “CB construction”) based on the stored design documents and field surveys. The criteria include a simple diagnostic method for evaluating and judging the seismic performance of buildings with a focus on the amount of wall on the first floor bearing wall, and details of evaluating and judging with a focus on the horizontal strength of each floor. There is a diagnostic method.	本規準は、保存されている設計図書と現地調査に基づいて、既存補強コンクリートブロック造建築物（以下、「CB 造」と略記）の耐震診断に用いる。本規準には、建築物の保有する耐震性能を、1 階耐力壁の壁量に主眼を置いて評価･判定する簡易診断法と、各階の保有水平耐力に主眼を置いて評価･判定する詳細診断法とがある。
1.2 Scope of application	1.2 適用範囲
1. As a general rule, this standard can be applied to existing CB buildings that meet the following conditions.	1. 本規準は、原則として、次の条件を満たす既存 CB 造建築物に適用できる。
a. Using concrete blocks for construction that are factory-produced based on the JIS standard.	a. JIS 規格に基づいて工場生産された建築用コンクリートブロックを使用していること。
b. Being a residential building. In addition, it is applicable by performing load setting etc. appropriately also to the article of other uses.	b.居住系の建築物であること。なお、他の用途の物件に対しても、適切な荷重設定等を行うことによって適用が可能である。
c. Three-story or less, and the plan and elevation shape should be roughly shaped.	c. 3 階建て以下で、平面および立面形状が概ね整形であること。
d. The upper and lower sides of the CB structural load-bearing wall shall be integrally connected to the reinforced concrete (hereinafter referred to as “RC”) foundation beam, girder beam or gutter beam with slab.	d. CB 造耐力壁の上下が鉄筋コンクリート造（以下、「RC 造」と略記）の基礎梁･臥梁またはスラブ付きの臥梁と一体的に接合されていること。
2. This standard should not be applied to buildings where damage such as massive	2. 本規準は、建築物全域にわたり甚大な劣化やひび割れ等の損傷が生じている建築物に適用してはなら

deterioration or cracking has occurred throughout the entire building.	ない。
1.3 Definition of terms	**1.3 用語の定義**
The terms used in this standard are defined as follows. In addition, "AIJ standard" means "a collection of wall type structural relation design criteria and the same commentary (Masonry ed.) (Architectural Institute of Japan)".	本規準に用いる用語を次のように定義する。なお、「学会規準」とは「壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編）（(一社)日本建築学会）」をいう。
Bearing wall: A wall that bears vertical and horizontal loads, with an actual length of at least 550 mm and at least 30% of the effective height.	耐　力　壁：鉛直および水平荷重を負担する壁で、実長は 550mm 以上かつ有効高さの 30%以上とする。
Effective height: The average value of the opening height on both sides of the load-bearing wall, as defined by the academic standards.	有効高さ：耐力壁の両側にある開口部高さの平均値で、学会規準の定義による。
Thickness of bearing wall (wall thickness): Thickness excluding the finishing material of concrete block for construction, as defined in JIS A 5406 (concrete block for construction).	耐力壁の厚さ（壁厚）：建築用コンクリートブロックの仕上げ材を除いた厚さで、JIS A 5406（建築用コンクリートブロック）の定義による。
Beams: RC beams arranged in series on top of load-bearing walls, as defined by the Society standards.	臥　梁：耐力壁の頂部に連続して配置する RC 造の梁で、学会規準の定義による。
Total length of bearing wall: A value (mm) obtained by totaling the length of bearing wall in each direction of the tension interval (short side) and column row (long side) of each floor.	耐力壁の総長さ：各階の張間（短辺）および桁行（長辺）のそれぞれの方向ごとに耐力壁の長さを合計した値（mm）。
Wall quantity: The value obtained by dividing the total length (mm) of the load-bearing wall by the floor area (m2) for wall quantity calculation in each direction of the span (short side) and girder (long side) of each floor.	壁　量：各階の張間（短辺）および桁行（長辺）のそれぞれの方向ごとに耐力壁の総長さ（mm）を壁量算定用床面積（m2）で除した値。
Chapter 2 Simple Diagnosis	**第2章　簡易診断**
2.1 Simple Diagnosis	**2.1 簡易診断**
Based on the information obtained from the design document and the field survey, the	設計図書と現地調査によって得られた情報に基づき、次の簡易診断により評価・判定を行う。

evaluation will be made by the following simple diagnosis.

Simplified seismic evaluation for existing building of CB construction

◆Outline of the building

Name of building:		Construction site :
Construction year :		No. of stories （　　）, Floor area of the 1st story （　　）㎡
Use 〔 □Detached house ・ □Town house ・ □Shop ・ □Agricultural facilities, etc. ・ Other （　　）〕		
Type of CB unit	1st story 〔 □Pre.Type A・□Type A or Pre. Type B・□Type B of Pre. Type C・□Type C・□Uncertain〕	
	2nd story 〔 □Pre.Type A・□Type A or Pre. Type B・□Type B of Pre. Type C・□Type C・□Uncertain〕	
	3rd story 〔 □Pre.Type A・□Type A or Pre. Type B・□Type B of Pre. Type C・□Type C・□Uncertain〕	
Binding beam	1st story 〔 □Exist ・ □None ・ □Other （　　）〕	
	2nd story 〔 □Exist ・ □None ・ □Other （　　）〕	
Horizontal diaphragm	2nd story floor 〔 □RC floor slab ・ □Steel bracing ・ □Wooden floor ・ □None〕	
	3rd story floor 〔 □RC floor slab ・ □Steel bracing ・ □Wooden floor ・ □None〕	
	Roof 〔 □RC floor slab・□Steel bracing・□Wooden floor・□None・□Other （　　）〕	
Aging of structure	〔　　〕 case seep of rust of reinforceing bars, frost damage and/or struacural deterioration are observed, detailed evaluation shoul be applied.	
Foundation	〔　　〕 ※In case wide cracks are observed, detailed evaluation shoud be applied.	
Site conditio	〔　　〕 ※In case structural cracking due to uneven settlement is observed, detailed evaluation should be applied.	
〔Note〕	※In case 2nd story of wooden construction, this method is applied to the 1st story od CB construction.	

◆Layout of bearing walls

◆Photos for inspection, etc.

◆Simplified evaluation sheet

Evaluation item	Evaluation method/classofocation					
Wall thickness/wall amount G_1	Z	Seismic hazard zoning factor Z 〔 〕				
	t	Bearing wall thickness of 1st story t_1 = 〔 mm〕 /190mm=				
	l (mm)	1st story	Sum of bearing wall length	X direction l_{x1} 〔 mm〕, Y direction l_{y1} 〔 mm〕		
			Floor area	Floor area for wall amount calculation S_1 〔 m²〕		
	Σsi (m²)	Sum of floor areas $\Sigma S_i = S_1 + S_2 + S_3 =$ 〔 m²〕				
	L_{x1} (mm/m²)		Type C	Type B or previous JIS Type C	Type A or previous JIS type B	Previous Type A of Hokkaido
		one story L_{n1}	45	55	60	70
		2nd story of 2 story Bldg	55	65	75	84
		1st story of 2 story Bldg.	90	124	150	165
		3rd story of 3 story Bldg.	60	75	90	97
		2nd story of 3 story Bldg.	115	145	—	
		3rd story of 3 story Bldg.	160	200		
	1st story G_1 =	$\frac{t\ 〔\ 〕 \times_{min}(l_{x1}, l_{y1})\ 〔\ mm〕}{S_1\ 〔\ m^2〕 \times L_{x1}\ 〔\ 〕 \times Z\ 〔\ 〕}$ =				
Snow fall G_2	$G_2 = 1/\{1 + 0.0875 \times$ Snow depth 〔 m〕 × $\frac{\text{oor area of 1st story } S_1\ 〔\ m^2〕}{\text{Total floor area } \Sigma S_i\ 〔\ m^2〕}\} =$					
Total evaluation	Total evaluation score = Wall thickness・Wall amount G_1 〔 〕 ×Snow G_2 〔 〕 ×Aging factor 0.9=					
Judgment of super structure	Total evaluation score is equal to or greater than 1.0.			Total evaluation score is lessthan 1.0.		
	Th building may have equivalent seismic performance that is designed by current allowable design method			The building may probably have less seismic performance that is designed by current allowable design method. It is recommened that the building should be inspected and evcluated using detailed evaluation method.		

※for refferecnce information only

2.2 Field survey for simplified diagnosis

1. Conduct an on-site survey for the purpose of organizing the items of simplified diagnosis. Field surveys will be conducted mainly on simple appearance surveys.

2. As a result of the field survey, in principle, simplified diagnosis cannot be applied in the following cases.

a. If it is judged that deterioration or cracking

2.2 簡易診断のための現地調査

1. 簡易診断の諸項目を整理することを目的とし、現地調査を実施する。現地調査は簡易な外観調査を中心に実施することとする。

2. 現地調査の結果、原則として、次のような場合は簡易診断を適用することはできない。

a. 構造性能に影響を及ぼす劣化やひび割れが著し

that affects structural performance is significantly advanced.	く進んでいると判断された場合。
b. When it is judged that the structural strength of the foundation structure is significantly impaired.	b. 基礎構造の構造耐力が著しく損なわれていると判断された場合。
c. Subsidence is progressing, or it is judged that damage to the structure due to uneven settlement or inclination is significant.	c. 地盤沈下が進行している、あるいは、不同沈下や傾斜に伴う構造体の損傷が著しいと判断された場合。
d. As a result of field survey, it is judged that construction failure is significant.	d. 現地調査の結果、施工不良が著しいと判断された場合。
2.3 Simple diagnosis sheet	**2.3 簡易診断シート**
1. Organize a simple diagnosis sheet based on the design drawings and site survey for the purpose of evaluating and judging the structural performance of the superstructure.	1. 上部構造の構造性能を評価･判定することを目的とし、設計図面と現地調査に基づき、簡易診断シートを整理する。
2. If the block thickness of the bearing wall cannot be confirmed in the design document or appearance survey, the diagnosis may be performed assuming the minimum thickness.	2. 設計図書あるいは外観調査にて耐力壁のブロック厚さを確認できない場合は、最小厚さを仮定して診断を行っても良いこととする。
3. If the block type cannot be confirmed in the design document, diagnosis may be performed assuming that it is Hokkaido old A type. In addition, assuming that the first floor of three floors is B type, diagnosis may be performed.	3. 設計図書にてブロック種別を確認できない場合は、北海道旧 A 種と仮定して診断を行っても良いこととする。また、3 階建ての 1 階は B 種と仮定して診断を行っても良いこととする。
Chapter 3 Detailed Diagnosis	**第3章 詳細診断**
3.1 Detailed diagnosis	**3.1 詳細診断**
Based on the information obtained from the design documents and the on-site survey, the evaluation and judgment will be made by the following method.	設計図書と現地調査によって得られた情報に基づき、次の方法により評価･判定を行う。
1. Calculate and compare the required horizontal strength Qri and the horizontal strength Qui for each row (X) direction and tension (Y) direction of each floor (i floor).	1. 各階 (i 階) の桁行 (X) 方向と張間 (Y) 方向のそれぞれについて、必要保有水平耐力 Qri と保有水平耐力 Qui を算定して比較する。
a. It is judged that the possibility of collapse due	a. 保有水平耐力 Qui が必要保有水平耐力 Qri を上

to a large earthquake is low for floors that have the horizontal strength Qui possessed by them over the required horizontal proof Qri.	回っている階は、大地震による倒壊の可能性は低いと判定する。
b. It is judged that the holding strength is insufficient for floors that do not have the required horizontal strength Qu, the required horizontal strength Qu, and the required horizontal strength Qri.	b. 保有水平耐力 Qui が必要保有水平耐力 Qri に達しない階は、保有耐力が不足していると判定する。
2. If the floor area and wall volume do not change significantly, target only the first floor.	2. 各階の面積や壁量が大きく変化しない場合は 1 階のみを対象とする。
3. Set the following values as a precondition for calculation of the required holding capacity Qri.	3. 必要保有水平耐力 Qri の計算の前提条件として次の値を設定する。
a. Vertical snow depth hs	a. 鉛直積雪深さ hs
b. Earthquake area coefficient Z	b. 地震地域係数 Z
c. Structural characteristic factor Ds of CB construction	c. CB 造の構造特性係数 Ds
d. Primary natural period T	d. 1 次固有周期 T
4. Required horizontal strength Qri is calculated according to the following table.	4. 必要保有水平耐力 Qri は次の表により算定する。

Table 3.1 Calculation of specified lateral capacity Q_{ri}

Story i	Floor area S_i (m^2)	Effective seismic weight w_i (kN/m^2)	Weight above the i-th story Q_{wi} (kN)	Normalized weight α_i	Lateral shear distribution factor A_i	Specified lateral capacity Q_{ri} (kN)
3						
2						
1				1	1	

w_i : It can be assumed that 10 for uppermost RC roof, 6 for uppermost wooden roof, 13 for RC floor slab, and 9 for wooden floor.

$Q_{wi}=\Sigma(w_i S_i)+1.05h_i S_i$, where $\Sigma(w_i S_i)$ is the sum from the top to the story concerned.

α_i : For the calculation of A_i, it can be assumed that $\alpha_i = Q_{wi}/Q_{w1}$.

$Q_{ri}=Q_{wi}\,Z\,A_i\,D_i$

5. Required horizontal strength Qui is calculated according to the following table.

5. 保有水平耐力 Qui は次の表により算定する。

Table 3.2 Calculation of ultimate lateral capacity Q_{ui}

Story i	Direction	CB_1			CB_2			CB_3			ultimate lateral capacity Q_{ui} (kN)
		Wall thickness t_1 (m)	Sum of wall length ΣL_1 (m)	Shear stress τ_1 (kN/m^2)	Wall thickness t_2 (m)	Sum of wall length ΣL_2 (m)	Shear stress τ_2 (kN/m^2)	Wall thickness t_3 (m)	Sum of wall length ΣL_3 (m)	Shear stress τ_3 (kN/m^2)	
3	X										
	Y										
2	X										
	Y										
1	X										
	Y										

Wall thickness t_{ij} and wall length L_{ij} are calculated for each type of CB.
Shear stress τ_{ij} is 240 for Type A, 340 for Type B, 440 for Type C, 150 for previous Type A, 190 for previous Type A in Hokkaido.
$Q_{ui} = \Sigma(t_{ij} \times \Sigma L_{ij} \times \tau_{ij}) \times \gamma_{ti} \times \gamma_{si}$
It can be assumed that the time factor γ_{ti}=0.90 or o95 for building and houses with exterior thermal insulation, and the shape factor γ_{si}=0.95.

Chapter 4 earthquake-resistant repair method

4.1 Classification of repair methods

The conditions of major parts of the CB building, which are judged to have degraded construction performance and the general methods of renovation are listed in Table 4.1. In the table, repair methods aimed at securing and improving the structural performance are listed, and other repair techniques for preventing deterioration and improving durability include resin injection, U-cut filling, and seals. , Resin mortar filling, partial dismantling, etc.

In this chapter, we will introduce a method of increasing the CB bearing wall, a method of improving the bearing capacity of the CB bearing wall, and a method of reinforcing the horizontal structure as a concrete repair technology from among these methods of repair.

第4章　耐震改修方法

4.1　改修方法の分類

構造性能が低下していると判断される CB 造建物の主要な部位の状況と、その一般的な改修方法を表 4.1 に掲げる。なお、同表には、構造性能の確保･向上を目的とした改修方法を掲げており、その他、劣化防止や耐久性の向上を目的とした補修技術には、樹脂注入、U カット充填、シール、樹脂モルタル充填、部分解体打ち直し等がある。

本章では、これら改修方法の中から、具体的な改修技術として、CB 造耐力壁の増設方法、CB 造耐力壁の耐力の向上を図る方法、及び水平構面の補強方法を紹介する。

4.2 Addition of CB bearing wall	**4.2 CB 造耐力壁の増設**
As a method for improving the eccentricity when the wall amount is insufficient, it is conceivable to add a bearing wall. In such a case, as in the case of the new construction design, the design and construction will be carried out in accordance with the related standards, but since it becomes necessary to extend the foundation under the added load-bearing wall, the construction It costs money. Although there is an extremely small amount of wall, it may be sufficient to meet the required amount of wall by closing the opening with a RC wall to form a bearing wall. In the project for the complete improvement of public housing in 2013, renovation was carried out to close the opening of the existing CB housing and satisfy the current AIJ standard wall volume. Generally, in the small wall at the upper or lower part of the opening, the same block as the bearing wall is used, so the wall closing the opening can be regarded as a bearing wall.	壁量が足りない場合や偏心を改善するための方法としては、耐力壁を増設することが考えられる。このような場合は、新築設計時と同様に、関連する各基規準に準拠して設計･施工が行われることになるが、増設した耐力壁の下に基礎も増設する必要が生じるため、施工コストがかさむ。壁量が極端に少ない場合は致し方ないが、開口部を RC 造の壁で閉塞して耐力壁とすることで、必要壁量を満足する場合もある。平成 25 年の公営住宅の全面的改善事業では、既存 CB 造住宅の開口部を閉塞して現行の AIJ 規準壁量を満足させる改修が実施された。一般に、開口部の上部または下部の小壁には、耐力壁と同じコンクリートブロックが使われていることから、開口部を閉塞した壁は耐力壁と見做すことができる。
4.3 Improvement of strength of CB bearing wall	**4.3 CB 造耐力壁の耐力向上**
(a) increase in wall thickness	(a)壁厚の増加
Methods to increase the wall thickness have been proposed by Kamiejima et al. [4.1] and Eguchi [4.2].	壁厚を増加させる方法は上江洲ら [4.1]や江口 [4.2]らによって提案されている。
The method of Kamiejima et al. Is a method in which steel plates are installed on both sides of CB structural bearing walls as shown in Fig. 4.2, and non-shrink grout is filled between the steel plates and the bearing walls.	上江洲らの方法は、図 4.2 に示すように CB 造耐力壁の両面に鋼板を設置し、鋼板と耐力壁の間に無収縮グラウトを充填する方法である。
The method of Eguchi et al. Is a method in which reinforcement is applied to the surface of a CB bearing wall as shown in Fig.4.3	江口らの方法は、図 4.3 のように CB 造耐力壁の表面に配筋を施し、それにポリマーセメントモルタルを 3 層に分けて塗り付けることで補強効果を得ようとする方法である。
In the simplified diagnosis of this diagnostic	本診断規準の簡易診断では、耐力壁の壁厚は

criterion, the wall thickness of the bearing wall is based on 190 mm, and the actual thickness is set as a factor for the overall score. Normally, it functions as a reduction factor for the thickness set by the current standard, but it can also be considered to function as an increase factor when wall thickness increases.	190mm を基準にし、に対する実際の厚さが総合評点に対する係数として設定されている。通常は現行基準で設定された厚さに対する低減係数として機能するが、壁厚増加時には割増係数として機能することも考えられる。
(b) Fiber reinforcement It is a method of enhancing the structural performance of the CB walled body by using a carbon fiber sheet, an aramid fiber sheet or the like. The purpose of reinforcement is to improve the horizontal bearing capacity or secure the out-of-plane load capacity. A method using carbon fiber braces is shown in Photo 4.1 as an example of reinforcement in the case of improving the possessed horizontal resistance [4.3]. Examples of repair aimed at securing the out-of-plane load capacity include the calculation example [4.4] in the SRF method of the Institute of Structural Quality Assurance.	(b)繊維補強 炭素繊維シートやアラミド繊維シート等を用いてCB造壁体の構造性能を高める方法である。補強の目的は、保有水平耐力の向上または面外耐力の確保となる。保有水平耐力を向上させる場合の補強例として、炭素繊維ブレースによる方法を写真 4.1 に示す [4.3]。面外耐力の確保を目的とした補修例としては、構造品質保証研究所の SRF 工法における計算例 [4.4]などがある。
4.4 New construction of horizontal structure When there is concern about insufficient rigidity as a horizontal construction surface in the RC girder of the load-bearing wall top of the reinforced CB structure, reinforcement is performed with a steel horizontal brace or the like. Reinforcement design is performed in accordance with each standard of reinforcement material (steel frame, reinforced concrete, etc.).	**4.4 水平構面の新設** 補強 CB 造の耐力壁頂の RC 造の臥梁に水平構面としての剛性不足が懸念される場合には、鉄骨水平ブレース等により補強が行われる。補強設計は、補強材料(鉄骨、鉄筋コンクリート等)の各基規準に準拠して行う。
Though it is made of bricks, Takinoue Power Station (Yubari City, Hokkaido) is shown in Photo 4.2 as an example of horizontal structure reinforcement for preservation from the historical value.	煉瓦造ではあるが、歴史的な価値から保存のために水平構面の補強が施された例の 1 つとして、滝の上発電所（北海道夕張市）を写真 4.2 に示す。

（作成：石山、吉野）

(2)既存 CB 造建物の耐震診断規準

第1章 総 則

1.1 基本方針

本規準は、保存されている設計図書と現地調査に基づいて、既存補強コンクリートブロック造建築物(以下、「CB 造」と略記)の耐震診断に用いる。本規準には、建築物の保有する耐震性能を、1 階耐力壁の壁量に主眼を置いて評価・判定する簡易診断法と、各階の保有水平耐力に主眼を置いて評価・判定する詳細診断法とがある。

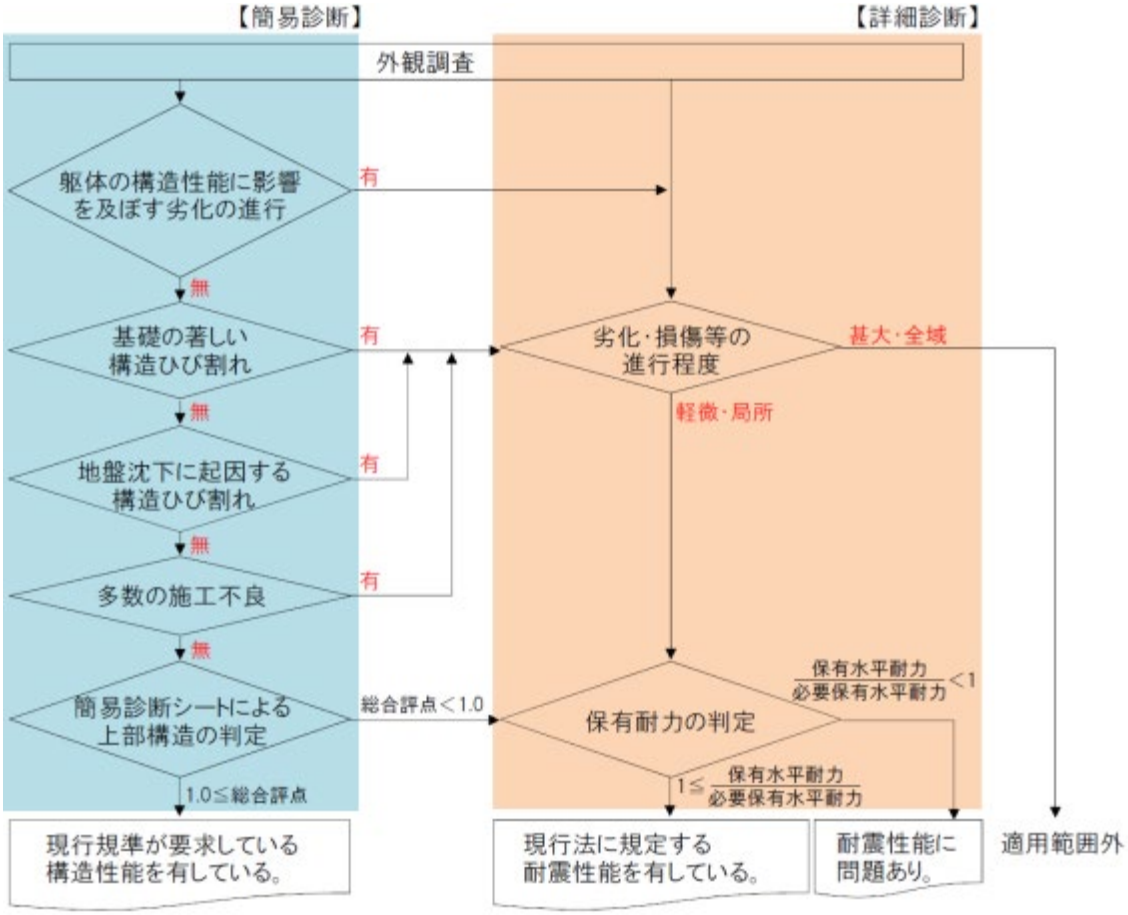
【解説】

(1) 本規準は、簡便さとわかり易さに配慮することを基本方針の第一とした。診断対象とする建築物については、(一社)日本建築学会の壁式構造関係設計規準集・同解説)メーソンリー編)[1.1](以下、「学会規準」と略記)に準拠した設計・施工法により建設されていること、また、過度な劣化の生じていないこと等を前提としている。よって、本規準によって既存 CB 造建築物の耐震診断を実施する際は、設計図書だけではなく現地調査によってこれらの前提条件を確認することが必須となる。

(2) 本規準は、既存 CB 造建築物の耐震診断をできるだけ短時間に実施することを目的としたもので、略算レベルの異なる簡易診断法と詳細診断法の 2 種類がある。

道内の各市町村に対して(一社)北海道建築技術協会が実施した CB 造建築物の実態調査 [1.2] によると、CB 造建築物は総数 276 棟(札幌市・函館市・北見市等は未回答)で、かなりの数になっている。276 棟を階数別にみると 2 階建てが 36 棟、平屋が 240 棟(全体の 87%)となっている。建設年度は昭和 4 年と昭和 7 年の戦前建設の2棟(何れも 2 階建ての倉庫、北見市)を除くと、他は全て昭和 30 年代以降であり、学会規準(初版)が発行された昭和 28 年以降であるので、基本的には学会規準に準拠して設計されているものと思われる。用途別にみると、集会所、学校、保育所、福祉施設、事務所、住宅、倉庫等、多様となっているが、避難施設の指定を受けているものが 114 棟(全体の約 4 割)存在する。全 276 棟中の約 8 割にあたる 223 棟が、昭和 56 年の基準法改正以前の建設となっている。また、全276棟中にセラミックブロック使用の建物が60棟(約2 割)存在している。以上に鑑み、本規準では、平屋が多いこと等から比較的簡単な調査により耐震性能が判定できる簡易診断法と、簡易診断では疑問が残るもの等に対して保有耐力の計算を行って、より信頼性の高い検討ができる診断法の 2 種類の方法を示した。

簡易診断法は、診断対象とする既存CB造建築物の存在壁量と、学会規準に示されている短期許容応力度計算より得られる 1 階の必要壁量を比較して安全性を推定し、判定するものである。詳細診断法は、各階について張間方向と桁行方向の耐力壁の保有水平耐力を計算し、建築基準法・同施行令で要求される必要保有水平耐力と比較して安全性を推定し、判定するものである。いずれの診断法を用いても、地震による崩壊の危険性の有無の推定ができるが、簡易診断法はより短時間での判断が可能で、詳細診断法では保有耐力という物理量が判明するので安全性の度合がよりリアルにイメージできる利点がある。



解図 1.1　簡易診断と詳細診断の位置付けと適用範囲

1.2 適用範囲

1. 本規準は、原則として、次の条件を満たす既存 CB 造建築物に適用できる。
   a. JIS 規格に基づいて工場生産された建築用コンクリートブロックを使用していること。
   b.居住系の建築物であること。なお、他の用途の物件に対しても、適切な荷重設定等を行うことによって適用が可能である。
   c. 3 階建て以下で、平面および立面形状が概ね整形であること。
   d. CB 造耐力壁の上下が鉄筋コンクリート造（以下、「RC 造」と略記）の基礎梁・臥梁またはスラブ付きの臥梁と一体的に接合されていること。
2. 本規準は、建築物全域にわたり甚大な劣化やひび割れ等の損傷が生じている建築物に適用してはならない。

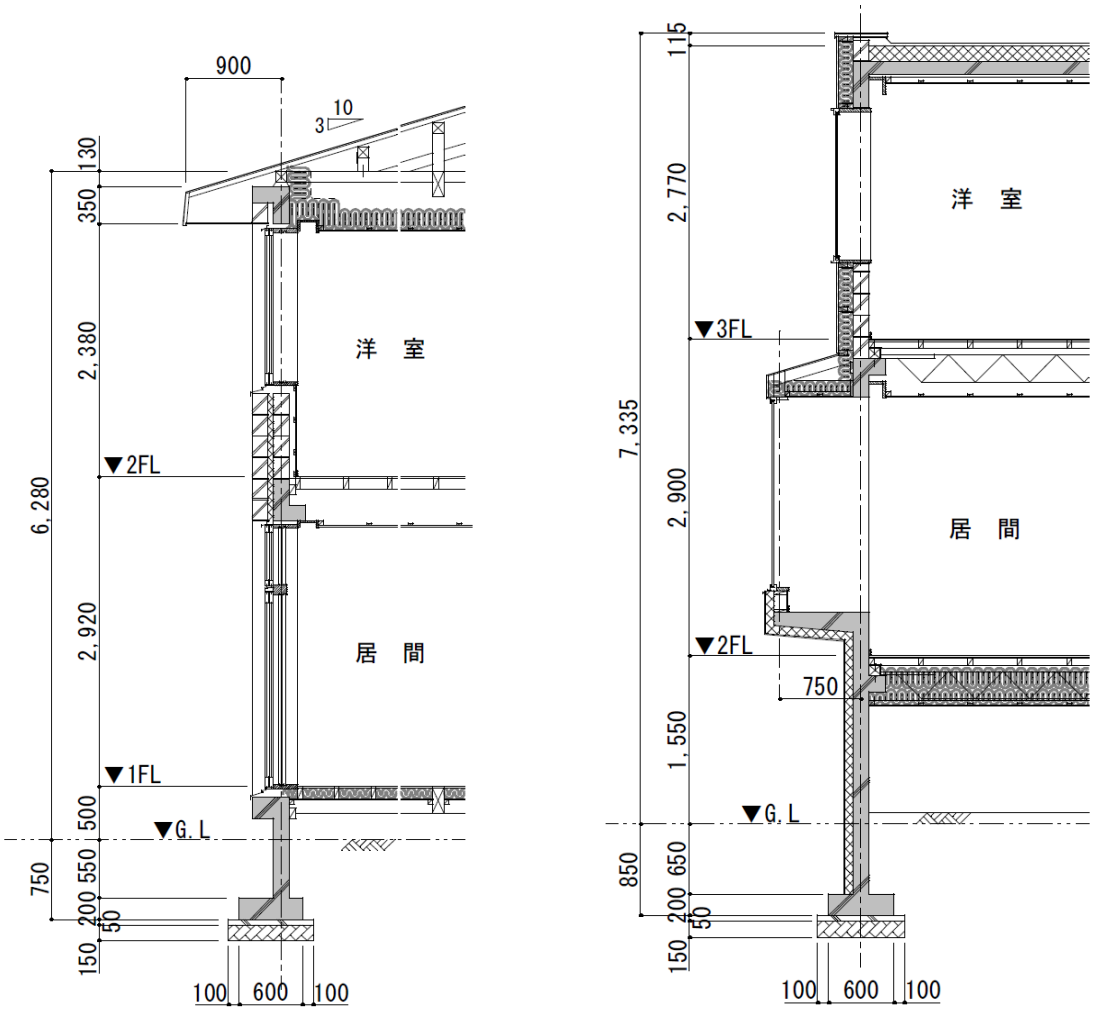
【解説】

(1) 本規準は、現地調査を原則として、JIS 規格 [1.3)]に基づいて工場生産された建築用コンクリートブロックを使用した建築物に適用することができる。なお、北海道建築用ブロック品質保全条例や北海道建築基準法施行条例により品質保全が図られているコンクリートブロックが使用されている場合には、当該コンクリートブロックは、JIS 規格値と同等以上の規定値を設定して管理・製造され

てきていることから(「本規準付 3　JIS A 5406 及び北海道条例の変遷」参照)、JIS 規格相当品として位置付け、本規準を適用することができる。また、セラミックブロックを使用した建築物に対しても、セラミックブロックの終局平均せん断応力度等を設定することで適用が可能である。セラミックブロックの取り扱いについては「本規準付 6　セラミックブロック造建築物の取り扱い」を参照されたい。

(2) CB 造の下階が RC 造であったり、CB 造の上階が木造であったりするなどの混構造建築物についても、実状に応じた荷重条件を設定してその CB 造階に対して本規準を適用することが可能である。

(3) 本規準で対象とするような比較的整形で小規模な CB 造建築物においては、2 階以上の水平構面を鉄骨造もしくは木造としている場合が多い。解図 1.2 にその一例を示す。これらのように、水平構面について、CB 造耐力壁の上下が RC 造の基礎梁・臥梁またはスラブ付きの臥梁と一体的に接合されており、地震力の伝達が可能であると判断できる場合は、臥梁以外の構面が木造や鉄骨造の場合でも本規準を適用することが可能である。



(a)RC 造臥梁＋木造床組の一例　　(b)RC 造臥梁＋鉄骨トラス造床組の一例

解図 1.2　RC 造の臥梁と一体化された CB 造耐力壁

(4) 既往の地震被害報告を見る限り、CB 造の倒壊事例は、施工不良や地盤に起因する場合を除けばほとんど皆無である[1.4)]。また、既往の既存 CB 造の劣化調査報告においては、開口部近傍のコンクリートブロックのフェイスシェルの凍害事例があるものの部分的であり[1.5)]、日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS7」や学会規準に則って施工された CB 造建築物において構造的に問題となるようなひび割れや劣化が生じた事例報告はほとんど無い。このような実績に鑑みて、本規準では評価手法の省力化と簡易化を図ったが、現地調査による実態把握は本規準適用の必須事項としている。現地調査の結果、局所的な劣化・ひび割れ等があっても全域に渡る劣化・ひび割れ等が認められない場合は本規準の適用は可能と考える。参考として、既存 RC 造の耐震診断時の経年指標を求める際に用いられる算定表及び減点集計表[1.6)]を解表 1.1、解表 1.2 に示す。極度に劣化が進行している物件は同表の諸項目も参照し、劣化やひび割れの範囲・原因・程度を確認し、経年係数を適切に設定する。

解表 1.1 既存 RC 造の 1 次耐震診断時に用いられる経年指標算出用算定表 [1.6)]

[A] チェック項目	[B] 程　　度	[C] T 値 （該当個所を○印）	[D] ２次調査の 関連項目
変形	建物が傾斜している、または明らかに不同沈下を起こしている	0.7	構造ひびわれ・変形
	地盤が埋立地か水田跡である	0.9	
	肉眼で梁、柱の変形が認められる	0.9	
	上記に該当せず	1	
壁・柱のひびわれ	雨もりがあり、鉄筋さびが出ている	0.8	構造ひびわれ・変形
	肉眼で柱に斜めひびわれがはっきりみえる	0.9	
	外壁に数えきれない程多数ひびわれが入っている	0.9	
	雨もりがあるが、さびは出ていない	0.9	
	上記に該当せず	1	
火災経験	痕跡あり	0.7	構造ひびわれ・変形 変質・老朽化
	受けたことがあるが痕跡目立たず	0.8	
	なし	1	
用途	化学薬品をしようしていたかまたは使用中	0.8	変質・老朽化
	上記に該当せず	1	
建築年数	30 年以上	0.8	変質・老朽化
	20 年以上	0.9	
	20 年未満	1	
仕上状態	外部の老朽化による剥落が著しい	0.9	変質・老朽化
	内部の変質、剥落が著しい	0.9	
	特に問題なし	1	

解表 1.2 既存 RC 造の 2 次及び 3 次耐震診断時に用いられる経年指標算出時の減点集計表 [1.6)]

		構造ひびわれ・変形			変質・老朽化		
		a	b	c	a	b	c
		1. 不同沈下に関するひび割れ 2. 誰でも肉眼で認められる梁､壁、柱のせん断ひび割れ、または斜めひび割れ	2.2 次部材に支障をきたしているスラブ、梁の変形 2. 離れると肉眼で認められない梁、壁、柱のせん断ひび割れ、または斜めひび割れ 3. 離れても肉眼で認められる梁、柱の曲げひび割れ、または垂直ひび割れ	1.a,b には該当しない軽微な構造ひび割れ 2.a,b には該当しないスラブ、梁のはらみ	1. 鉄筋さびによるコンクリートの膨張ひび割れ 2. 鉄筋の腐食 3. 火災によるコンクリートのはだわれ 4. 化学薬品等によるコンクリートの変質	1.雨水、漏水による鉄筋さびの溶け出し 2. コンクリートの鉄筋位置までの中性化または同等の材令 3. 仕上げ材の著しい剥落	1. 雨水・漏水、化学薬品等によるコンクリートの著しい汚れまたはしみ 2. 仕上げ材の軽微な剥落または老朽化
Ⅰ 床 小梁を含む	①総床数の 1/3 以上	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	②同上 1/3 ～1/9	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	③同上 1/9 未満	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
	④ 同 上 注)	0	0	0	0	0	0
Ⅱ 大梁	①建物 1 方向につき総部材数の 1/3 以上	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004
	②同上 1/3 ～1/9	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	③同上 1/9 未満	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	③ 同 上 注) 0	0	0	0	0	0	0
Ⅲ 壁・	①総部材数の 1/3 以上	0.15	0.045	0.011	0.15	0.045	0.011
	②同上 1/3 ～1/9	0.05	0.015	0.004	0.05	0.015	0.004

柱	③同上 1/9 未満	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	③ 同 上 注) 0	0	0	0	0	0	0
減点数	小計						
集計欄	合計	P1			P2		

注)④は面積・総部材が 0 のもので、建物の保全状態がきわめて良好と認められるもの

1.3 用語の定義

本規準に用いる用語を次のように定義する。なお、「学会規準」とは「壁式構造関係設計規準集・同解説(メーソンリー編)((一社)日本建築学会)」をいう。

耐 力 壁:鉛直および水平荷重を負担する壁で、実長は 550mm 以上かつ有効高さの 30%以上とする。

有効高さ:耐力壁の両側にある開口部高さの平均値で、学会規準の定義による。

耐力壁の厚さ(壁厚):建築用コンクリートブロックの仕上げ材を除いた厚さで、JIS A 5406(建築用コンクリートブロック)の定義による。

臥 梁:耐力壁の頂部に連続して配置する RC 造の梁で、学会規準の定義による。

耐力壁の総長さ:各階の張間(短辺)および桁行(長辺)のそれぞれの方向ごとに耐力壁の長さを合計した値(mm)。

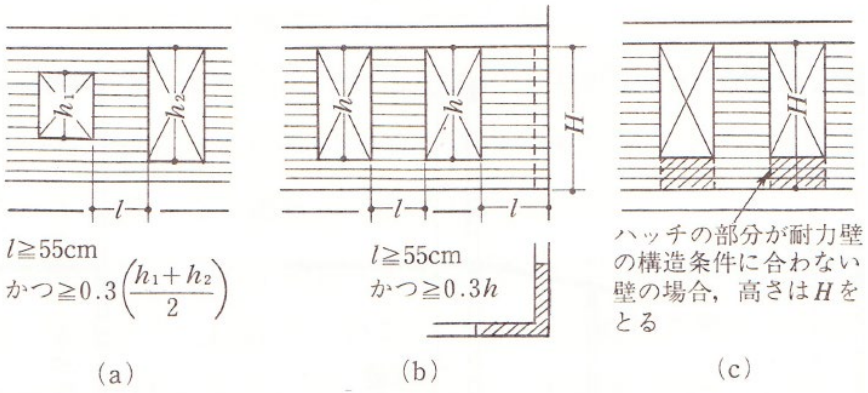
壁 量:各階の張間(短辺)および桁行(長辺)のそれぞれの方向ごとに耐力壁の総長さ(mm)を壁量算定用床面積(m^2)で除した値。

【解説】

(1) 本規準では、特別な用語の定義・使用は避け、補強コンクリートブロック造の設計時に必要となる学会規準 1.1)、法令、規格 1.3)に定義されている各用語を準用している。これら各用語については諸基規準を参照・確認して頂きたい。

(2) 耐力壁

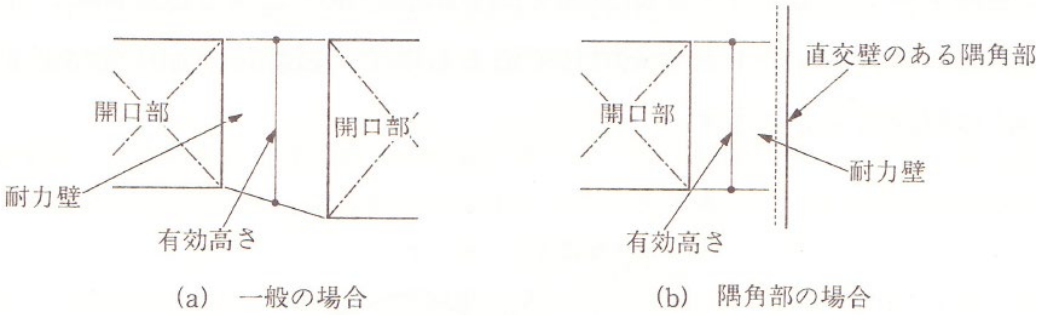
壁体が耐力壁として水平力に抵抗するためには、高さに対してある程度の長さが必要となる。学会規準では、壁体の長さがその高さに比べて小さくなることによる曲げ応力の影響の増大と壁のせん断耐力の減少に配慮し、既往の解析および実験結果に基づいて、耐力壁の長さを耐力壁の有効高さの 30%以上かつ 550mm 以上と規定している(解図 1.3)。本規準においても、同様の理由で耐震診断時に耐力壁として扱うことのできる壁体の長さは同じ値とする。また、本規準では、CB 造で耐力壁としての長さを有し、基礎・臥梁と緊結されている場合は、厚さ 120mm の耐力壁として取り扱うことができることとする。



解図 1.3 耐力壁の有効長さ [1.1)]

(3) 有効高さ

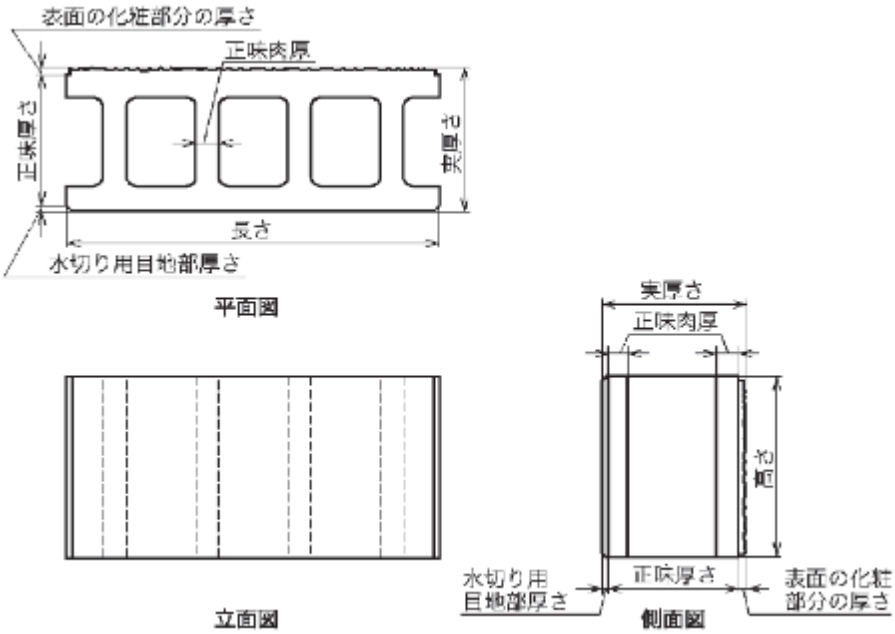
本規準では、学会規準と同様に耐力壁の高さを基準にして耐力壁の最低長さを規定するが、有効高さについても同様に、耐力壁の両側にある開口部高さの平均値を壁高さとし、それを「有効高さ」と定義する（解図 1.4）。



解図 1.4 耐力壁の有効高さ [1.1)]

(4) 耐力壁の厚さ（壁厚）

本規準では、JIS 規格製品、あるいは JIS 規格製品相当品（北海道建築用ブロック品質保全条例や北海道建築基準法施工条例に準拠する製品）の建築用コンクリートブロックを使用している壁体を耐震要素として扱うこととしている。耐力壁として扱うことのできる壁の長さについては前述の「耐力壁」の定義に記したとおりであるが、耐力壁の厚さ（壁厚）の定義は、JIS における「正味厚さ」の定義と同じとした（解図 1.5）。



正味厚さ:実厚さから化粧部分、水切り用目地部などを除いた厚さ
実 厚 さ:表面に化粧部分、水切り用目地部などの凹凸をつけた場合の、凸部を含めた最大の厚さ

解図 1.5 耐力壁の厚さ:正味厚さの一例 [1.3)]

(5) 臥梁

壁体の一体性を高めるために、壁体の頂部に連続して設けられた RC 造の梁のことで、開口部の上部にも延長して配置される。学会規準では臥梁の幅と成について次のような規定があり、幅は壁式構造としての応力がスムーズに伝達されるように、また、成については壁体の縦筋を臥梁中で定着させるために必要な値としている。

臥梁の幅:これに接する耐力壁の厚さ以上

臥梁の成:耐力壁の厚さの 1.5 倍以上かつ 300mm 以上(平屋では 250mm 以上)

a. 平屋でその壁頂に RC 造の屋根スラブが配置されている場合

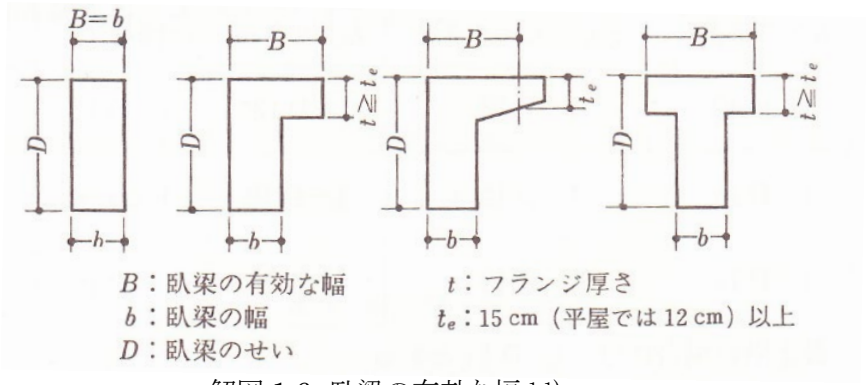
学会規準では、平屋でその壁頂に RC 造の屋根スラブを配置する場合は、スラブの拘束効果もあり、かつ、せん断力も小さいので、臥梁を省略することができるとしている。

b. 剛なスラブと一体になっていない臥梁

学会規準では、屋根や床が、木造の場合や剛でない組立式鉄筋コンクリート造である場合は、臥梁の水平面内の剛性を確保するために、その有効な幅に関する規定が設けられている。

臥梁の有効な幅:水平支点間距離の 1/20 以上、かつ 200mm 以上。なお、フランジ部分の幅を含むことができる(解図 1.6)

臥梁の有効な幅については以上の学会規準を参照し、各建築物の実状に応じた構造計算により算定しても良い。



解図 1.6　臥梁の有効な幅 [1.1)]

(6) 耐力壁の総長さ

張間方向の耐力壁の長さの合計値と、桁行方向の耐力壁の長さの合計値のそれぞれをいう。

(7) 壁量

壁式構造の耐震性は耐力壁の量によって確保され、必要な壁の耐力壁の量は床面積に対する比率である壁量で表される。本規準においても、耐震診断の主要な指標値として、張間方向と桁行方向のそれぞれの壁量を用いている。壁量算定用床面積は、外壁の中心線で囲まれた部分の水平投影面積であるので、吹き抜けや階段の面積も含む。

（参考文献）

1.1) (一社)日本建築学会：壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編）第 2 版、2006 年 3 月

1.2) 本規準付 2　道内市町村に対する CB 造建物の実態調査結果

1.3) 日本工業標準調査会：JIS A 5406 建築用コンクリートブロック 2010

1.4) 例えば(一社)日本建築学会阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 建築編－2 プレストレストコンクリート造建築物，鉄骨鉄筋コンクリート造建築物，壁式構造・組積造、1998 年 8 月

1.5) 例えば北海道建築診断研究会：組積造の劣化に関する調査研究委員会報告書、2003 年 9 月

1.6) 国土交通省住宅局建築指導課監修：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・改修設計指針・同解説、(一財)日本建築防災協会、2001

第2章 簡易診断

2.1 簡易診断

設計図書と現地調査によって得られた情報に基づき、次の簡易診断により評価・判定を行う。

既存コンクリートブロック造建築物の簡易診断

◆建物概要

建物名：		建設地：
建設年：		規　模：（　　）階建て、１階床面積（　　）㎡
用途〔 □戸建住宅 ・ □集合住宅 ・ □店舗 ・ □牛舎等の農業施設 ・ その他（　　）〕		
ブロックの種類	１階〔 □北海道旧Ａ種・□Ａ種又は旧JISのＢ種・□Ｂ種又は旧JISのＣ種・□Ｃ種・□不明〕	
	２階〔 □北海道旧Ａ種・□Ａ種又は旧JISのＢ種・□Ｂ種又は旧JISのＣ種・□Ｃ種・□不明〕	
	３階〔 □北海道旧Ａ種・□Ａ種又は旧JISのＢ種・□Ｂ種又は旧JISのＣ種・□Ｃ種・□不明〕	
臥梁の構造形式	１階　〔 □有り　・　□無し　・　□その他（　　）〕	
	２階　〔 □有り　・　□無し　・　□その他（　　）〕	
水平構面の構造形式	２階床〔 □鉄筋コンクリート造床スラブ　・　□鉄骨ブレース　・　□木組み　・　□無し〕	
	３階床〔 □鉄筋コンクリート造床スラブ　・　□鉄骨ブレース　・　□木組み　・　□無し〕	
	屋根　〔 □鉄筋コンクリート造・□鉄骨造・□木組み・□無し・□その他（　　）〕	
躯体の劣化状況	〔　　〕 ※補強筋の錆汁や著しい凍害等、構造性能に影響を及ぼす劣化が進んでいる場合は簡易診断の適用外⇒詳細診断へ	
基礎の状況	〔　　〕 ※著しい構造ひび割れなどがある場合は簡易診断の適用外⇒詳細診断へ	
地盤の状況	〔　　〕 ※不同沈下に起因する構造ひび割れなどがある場合は簡易診断の適用外⇒詳細診断へ	
〔備考〕	※２階が木造の場合、コンクリートブロック造である１階を対象とする。	

◆壁配置図等

◆調査写真等

◆簡易診断シート

評価項目	評価方法・分類					
壁厚・壁量 G_1	Z	必須 地震地域係数Z〔　　〕				
	t	必須 １階の耐力壁の厚さt_1＝〔　　mm〕/190mm＝				
		※ ２階の耐力壁の厚さt_2＝〔　　mm〕/190mm＝				
		※ ３階の耐力壁の厚さt_3＝〔　　mm〕/190mm＝				
	l (mm)	必須 １階 耐力壁の総長さ	張間方向l_{x1}〔　　mm〕、桁行方向l_{y1}〔　　mm〕			
		壁量算定用床面積	壁量算定用床面積S_1　〔　　m²〕			
		※２階 耐力壁の総長さ	張間方向l_{x2}〔　　mm〕、桁行方向l_{y2}〔　　mm〕			
		壁量算定用床面積	壁量算定用床面積S_2　〔　　m²〕			
		※３階 耐力壁の総長さ	張間方向l_{x3}〔　　mm〕、桁行方向l_{y3}〔　　mm〕			
		壁量算定用床面積	壁量算定用床面積S_3　〔　　m²〕			
	必須 Σsi　(m²)	延床面積$\Sigma S_i = S_1 + S_2 + S_3$＝〔　　m²〕				
	L_{n1} (mm/m²)		C種	B種又は旧JISのC種	A種又は旧JISのB種	北海道旧A種
		平屋　L_{n1}	45	55	60	70
		2階建の2階	55	65	75	84
		2階建の1階L_{n1}	90	124	150	165
		3階建の3階	60	75	90	97
		3階建の2階	115	145	—	
		3階建の1階L_{n1}	160	200		
	必須 １階のG_1＝	$\frac{t\,〔\quad〕\times_{mm}(l_{x1},l_{y1})\,〔\quad mm〕}{S_1\,〔\quad m^2〕\times L_{n1}\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝				
	※1～3階の $G_{x,y}$のチェック	$G_{x1}=\frac{t_1\,〔\quad〕\times l_{x1}\,〔\quad mm〕}{S_1\,〔\quad m^2〕\times L_1\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝		$G_{y1}=\frac{t_1\,〔\quad〕\times l_{y1}\,〔\quad mm〕}{S_1\,〔\quad m^2〕\times L_1\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝		
		$G_{x2}=\frac{t_2\,〔\quad〕\times l_{x2}\,〔\quad mm〕}{S_2\,〔\quad m^2〕\times L_2\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝		$G_{y2}=\frac{t_2\,〔\quad〕\times l_{y2}\,〔\quad mm〕}{S_2\,〔\quad m^2〕\times L_2\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝		
		$G_{x3}=\frac{t_3\,〔\quad〕\times l_{x3}\,〔\quad mm〕}{S_3\,〔\quad m^2〕\times L_3\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝		$G_{y3}=\frac{t_3\,〔\quad〕\times l_{y3}\,〔\quad mm〕}{S_3\,〔\quad m^2〕\times L_3\,〔\quad〕\times Z\,〔\quad〕}$＝		
積雪 G_2	$G_2 = 1/\{1+0.0875\times$鉛直積雪深さ〔　　m〕$\times \frac{1階床面積S_1〔\quad m^2〕}{延床面積\Sigma S_i〔\quad m^2〕}\}$＝					
総合評点	総合評点＝壁厚・壁量G_1〔　　〕×積雪G_2〔　　〕×経年係数0.9＝					
上部構造の判定	1.0≦総合評点			総合評点＜1.0		
	現行規準の許容応力度計算に基づく構造性能とほぼ同程度の構造性能を有している。			現行規準の許容応力度計算に基づく構造性能を満たしていない可能性が高い。早急に詳細診断を実施することが望ましい。		

※はチェックのための参考値記入欄である

【解説】

(1) 簡易診断では、診断時点の対象建築物の状況を記録すると共に、現行の学会規準に示されている短期許容応力度計算に基づき算定される構造性能値を基準として上部構造の構造性能を判定する。

(2) 簡易診断は、診断時点の倒壊・崩壊の可能性を判定するものであり、劣化の進行を考慮した将来の構造性能を予測・判定するものではない。

(3) 簡易診断の諸項目は、設計図書と現地調査に基づいて整理されなければならない。

2.2 簡易診断のための現地調査

1. 簡易診断の諸項目を整理することを目的とし、現地調査を実施する。現地調査は簡易な外観調査を中心に実施することとする。
2. 現地調査の結果、原則として、次のような場合は簡易診断を適用することはできない。
   a. 構造性能に影響を及ぼす劣化やひび割れが著しく進んでいると判断された場合。
   b. 基礎構造の構造耐力が著しく損なわれていると判断された場合。
   c. 地盤沈下が進行している、あるいは、不同沈下や傾斜に伴う構造体の損傷が著しいと判断された場合。
   d. 現地調査の結果、施工不良が著しいと判断された場合。

【解説】

(1) 現地調査の結果、簡易診断の適用ができないと判断された場合、詳細診断法による評価・判定を試みることを推奨する。

(2) 臥梁は、縦筋を定着させるためにも必要であり、「臥梁の有無」と「水平構面の構造形式」は、対象物件の構造上の特徴を見定めるための項目となるので調査・確認が必要である。臥梁が無い場合は耐力壁とはならない。また、水平構面が木組で、その壁の面外方向の安全性に疑問があると思われる場合には、耐力壁配置図中にコメントを付し、コンクリートブロック帳壁としての構造計算による確認の必要性などの注意を喚起する必要がある。なお、学会規準においては、臥梁がある場合、平屋及び 2 階建ての屋根については、木組も可能としているので本規準でも適用可能としている。

(3) CB 造建築物の耐震性能に関わる不具合の現象として、ひび割れ、ブロックの凍害、補強鉄筋の腐食、不同沈下、地盤沈下などがある。

a. ブロック目地のひび割れ

解図 2.1 は、耐力壁のブロック目地に沿って生じたひび割れである。このようなひび割れは、ブロックや目地モルタルの乾燥収縮によって生じたものと思われる。このひび割れが耐力壁の耐力に影響していることは否定できないが、過去の地震において建物の倒壊の一因となったとの事例もないことから、このようなひび割れが見られる場合でも本診断法は適用可能とした。適用にあたっては劣化による

解図 2.1 ブロック目地のひび割れ

耐力の低減を考慮し、総合評点の算出の際に経年係数として 0.9 を乗じることとしている(2.3 の【解説】の(9)参照)。但し、このようなひび割れが建物全域に渡って見られる場合は本診断法を適用してなならない。

b. フェイスシェルのはく離

解図 2.2 及び 2.3 は、凍害によりブロックのフェイスシェルにはく離を生じた例である。このような劣化を受けたブロックは十分な強度は期待できないため、本診断法を適用する場合は、はく離を生じたブロックを耐力壁の長さから除外して検討するか、または、ブロックと同等以上の強度を有する樹脂モルタル等で補修することを前提として検討する。なお、このような劣化が建物全体に渡って見られる場合は、本診断法を適用してはならない。解図 2.4 はブロック表面塗装の劣化の例であるが、劣化が塗膜部分のみでフェイスシェルに浮きやはく離などの明確な欠損がない場合は本診断法を適用できる。

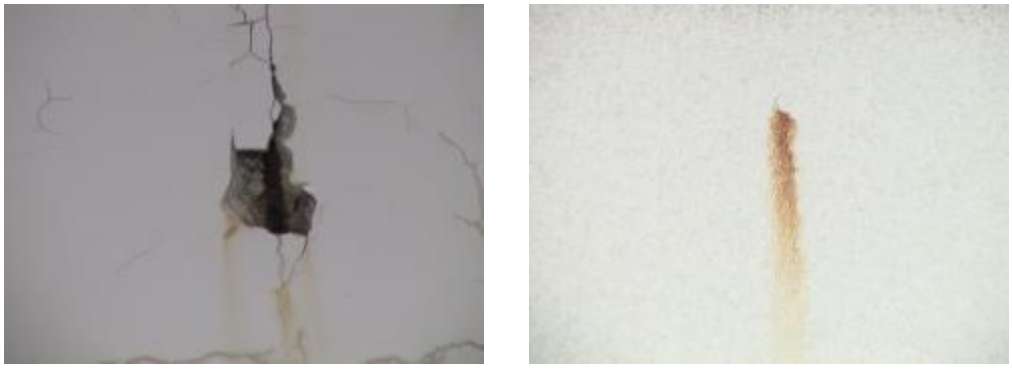
解図 2.2 フェイスシェルの凍害はく離(1)

解図 2.3 フェイスシェルの凍害はく離(2)

解図 2.4 ブロック表面塗装の劣化

c. RC 造部分の劣化

解図 2.5 は、RC 造部分のかぶり厚さの不足などのために鉄筋が腐食している劣化の例である。このように RC 造部分に劣化が見られる場合は、解表 1.1 及び解表 1.2 などを参考に経年係数を修正するか、詳細診断法により診断を行うものとする。劣化が建物全体に渡って見られる場合は、本診断法を適用してはならない。



解図 2.5　RC 造部分の補強鉄筋の腐食

d. 不同沈下

解図 2.6 は、基礎からブロック壁体にかけて生じた斜めひび割れで、原因は建物の不同沈下である。この建物の傾きは 6/1000～9/1000 で、多くの場合、建付けなどにも著しい不具合が見られるので、このような不同沈下に起因するひび割れが見られる場合は本診断法の適用外とする。但し、建物の傾きが小さい、構造体の損傷が少ない、不同沈下が進行中でない、などが確認された場合は、不同沈下の原因を十分考慮の上、詳細診断法を適用してもかまわない。

解図 2.6　不同沈下によるひび割れ

e.地盤沈下（崩壊）

解図 2.7 は、地震によって地盤が崩壊した例であり、解図 2.8 はこれによって生じた不同沈下である。この地盤は盛土で形成されたもので、震度 5 強の地震により崩壊したものである。このように、地盤が建物に悪い影響を及ぼすと考えられるような場合は、地盤改良などの対策を行った上で本診断法の適用を検討する。

解図 2.7　地震による地盤崩壊

解図 2.8　地盤崩壊に伴う不同沈下

2.3 簡易診断シート

1. 上部構造の構造性能を評価・判定することを目的とし、設計図面と現地調査に基づき、簡易診断シートを整理する。
2. 設計図書あるいは外観調査にて耐力壁のブロック厚さを確認できない場合は、最小厚さを仮定して診断を行っても良いこととする。
3. 設計図書にてブロック種別を確認できない場合は、北海道旧 A 種と仮定して診断を行っても良いこととする。また、3 階建ての 1 階は B 種と仮定して診断を行っても良いこととする。

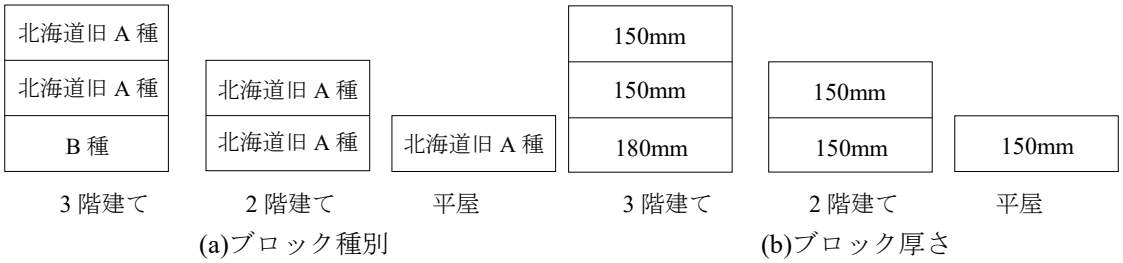


図 2.1 設計図書・現地調査で仕様を特定できない場合の最低強度・最小厚さの仮定値

【解説】

(1) 簡易診断シートは、設計図書と調査結果に基づき、「壁厚・壁量」と「積雪」のそれぞれについて評点 G_1、G_2 を求め、これらの積に経年係数 0.9 を乗じた値を総合評点として、現行の学会規準に示されている短期許容応力度計算による必要壁量を満足しているか否かを判定するものである。

(2) 「壁厚・壁量」に関する評点 G_1 は、調査対象建築物のブロック種別に応じて次式で算定する。対象とするのは最下階の CB 造耐力壁とした。

$$G_1 = \frac{t \cdot {}_{min}(l_{x1}, l_{y1})}{S_1 \cdot L_{n1} \cdot Z} \qquad \text{…解式(2.1)}$$

ここで、t:190mm を基準とした耐力壁の厚さの比率で $t_1/190$ とする。

t_1:1 階の耐力壁の厚さ(mm)

${}_{min}(l_{x1}, l_{y1})$:1 階の張間方向の耐力壁の総長さ l_{x1} と桁行方向の力の総長さ l_{y1} のうち小さい値(mm)

S_1:1 階の床面積(m^2)

L_{n1}:1 階の必要壁量(mm/m^2)

Z :地震地域係数で、建築基準法施行令による値として良い。

(3) 空洞ブロックにおいては、フェイスシェルが主な抵抗要素になっている点に留意する必要があるが、建築用コンクリートブロック製品の変遷を整理した結果 [2.1]、フェイスシェルの断面積は大きく

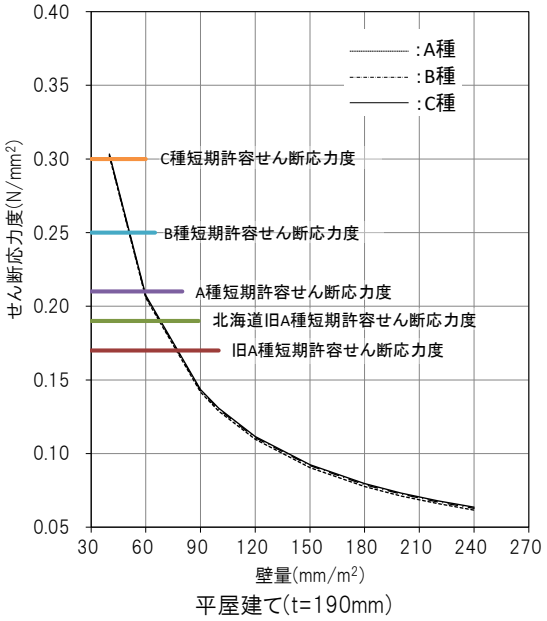
変わってきてはいないことが分かった。また、C 種についてではあるが、厚さが 150mm と 190mm の空洞ブロックの全断面圧縮強度を比較したところ(解表 2.1)、両者に有意な差は見られなかった。これらのことから、本規準においてはブロックの全断面積で「壁厚・壁量」を評価することとした。

解表 2.1　厚さの異なる CB の圧縮強度の比較

ブロック種別	全断面設計強度 (N/mm^2)	全断面圧縮試験値 (N/mm^2)	正味圧縮強度推定値 (N/mm^2)
C 種 150mm	8.0	10.8	19.5
C 種 190mm	8.0	10.3	18.5

※1：試験値は、150mm は 24 個(8 ロット分)、190mm は 27 個(9 ロット分)の平均値である(株式会社よねざわ工業提供)。

(4) 学会規準の標準壁量は、許容応力度計算より得られる必要壁量を安全側に丸めて設定された数値であり、2 階建ておよび 3 階建ての最下階では約 1.5 倍の安全率が確保された壁量となっている。簡易診断法では、標準壁量へ丸める前の、許容応力度計算により得られる必要壁量を基準とすることとし、ブロック種別毎にその数値を簡易診断シートへ掲げた。平屋を一例として、学会規準による必要壁量と壁の平均せん断応力度との関係を解図 2.9 に示す。



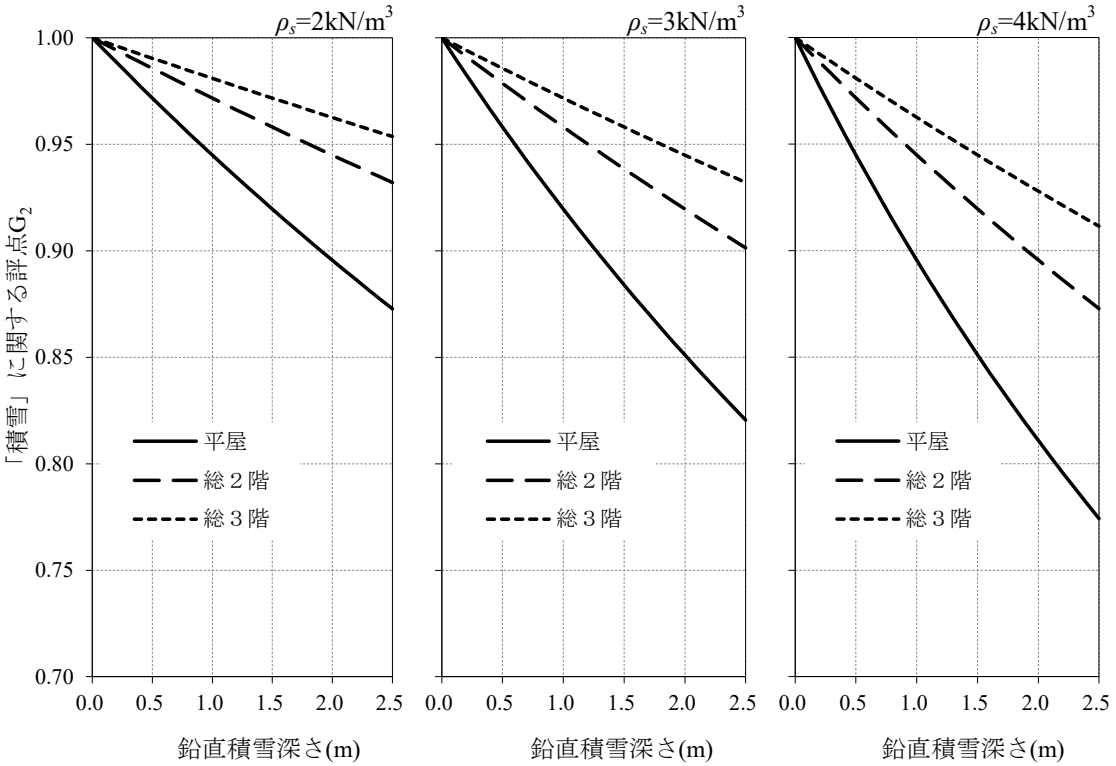
解図 2.9　平屋建て CB 造建築物の必要壁量

(5)「積雪」に関する評点 G_2 は、「壁厚・壁量」に関する評点 G_1 に乗じる低減係数として次式で算定する。

$$G_2 = \frac{1}{\beta_s} \qquad \cdots\text{解式(2.2)}$$

ここで、β_s:積雪荷重による地震層せん断力の割増係数、$1 + 0.35\rho_s h_s S_1/(W\Sigma S_i)$
ρ_s :積雪の単位荷重(kN/m³)
h_s:鉛直積雪深さ(m)
S_1:1 階の床面積(m²)
ΣS_i:延べ床面積(m²)
W:必要壁量算出時の単位床面積当たりの建物重量(kN/m²)

積雪の単位荷重 ρ_s を 3kN/m³、必要壁量算出時の単位床面積当たりの建物重量 W を 12kN/m² とした場合の G_2 の算定式を簡易診断シートに示した。鉛直積雪深さ h_s は条例等を参考にして実状に応じた値を用いても良いこととするが、積雪の単位荷重 ρ_s については法令を遵守し 2kN/m³ 以下としてはならない。同式による積雪の単位荷重 ρ_s 及び鉛直積雪深さ h_s と G_2 との関係を解図 2.10 に示す。



解図 2.10 積雪の鉛直深さ h_s・単位荷重 ρ_s と G_2 の関係

(6) 学会規準では、簡便な壁量設計を可能にするため、壁力壁の不均衡配置や耐力壁応力分布の不均等の影響を考慮して必要壁量を 5 割増ししている。簡易診断では、この割増しされた必要壁量を基準に「壁厚・壁量」を評価することとしており、別途不整形性等に関する低減を行うと、当該効果を 2 重に評価する(過剰に低減される)ことになるため、不整形性等に関する低減係数は設定していない。

(7) 設計図書あるいは外観調査にて耐力壁のブロック厚さを確認できない場合は、はつり調査に

よりブロック厚さを確認することが望ましいが、図 2.1 の仮定に基づいて診断を行っても良い。内壁については 120mm と安全側の仮定を行ってその壁量を加算しても良い。

(8) 設計図書あるいは外観調査にてブロック種別を確認できない場合は、反発硬度法やブロックの抜き取りなどによりブロック種別を確認することが望ましいが[2.1)]、簡易診断としての実効性が損なわれる。本規準を適用する物件では、北海道建築用ブロック品質規格に基づいて製造されたコンクリートブロック(以下、「北海道旧 A 種」)が使用されている場合が多いことが想定される[2.1)]。また、この北海道旧 A 種は、圧縮強さの管理値を 32kg/cm^2 として製造されてきた経緯があることが分かった[2.2)]。旧 JIS の A 種として製造されたブロックの実強度は現 JIS の A 種を上回っていることからも、設計図書あるいは外観調査にてブロック種別を確認できない場合は、北海道旧 A 種と仮定して診断を行って良いこととする。

なお、圧縮強さを 25kg/cm^2(旧 JIS の A 種)とした場合の必要壁量 L_n は解表 2.2 のとおりである。簡易診断シートの北海道旧 A 種の必要壁量 L_n、及び解表 2.2 の値は、安全側を見て現 JIS の A 種コンクリートブロックの単位体積重量を用いて算定した。必要壁量 L_n 算定時の各コンクリートブロック組積体の短期許容せん断応力度を解表 2.3 に一括する。

解表 2.2 旧 JIS の A 種コンクリートブロックの場合の必要壁量 L_n

部位	必要壁量 L_n (mm/m^2)
平屋	80
2階建ての2階	93
2階建ての1階	190
3階建ての3階	110

※いずれの値も安全側を見て現 JIS (JIS A 5406-2010) の A 種コンクリートブロックの単位体積重量を用いて算定。

解表 2.3 補強コンクリートブロック組積体の短期許容せん断耐力[2.3)]

ブロック種別	全断面圧縮強さ (N/mm^2)	組積体標準強度※1 (N/mm^2)	短期許容せん断応力度※2 (N/mm^2)
旧 A 種	2.5	1.8	0.17
北海道旧 A 種	3.2	2.2	0.19
A 種	4.0	2.8	0.21
B 種	6.0	4.2	0.26
C 種	8.0	5.6	0.30

※1：組積係数は 0.70

※2：√(0.1×組積体標準強度)／2.5

(9) 解表 1.1 に掲げた、(一社)日本建築防災協会の既存 RC 造の耐震診断における経年指標 T は、建築年数が「30 年以上」の場合は 0.8 を設定することとなっている。しかしながら、本簡易診断

法は、「2.2 簡易診断のための現地調査」の「2.」に規定するように、現地調査に基づき構造性能に影響を及ぼす劣化が著しく進んでいると判断された建物は適用対象とはしない等、建設年代ではなく具体的な劣化の進行程度に基づいて種々の判断を行う構成としている。解表 1.1 のその他の具体的な劣化症状と経年指標 T との関係を見る限り、本簡易診断の適用対象となる建物については、経年係数を 1.0 とすることも考えられるが、同表では「雨もりはあるが、さびはでない」等の症状がある場合は経年指標 T を 0.9 としている。また、(一社)日本建築防災協会の木造住宅の一般診断法では、詳細に診断を行った上で補修をしたとしても、全ての劣化事象を補修したことにはならないとし、補修後の診断における劣化低減係数の上限を 0.9 としている [2.4)]。これらのことに鑑みて、本簡易診断法では、上部構造の評点に経年係数として 0.9 乗じて総合評点を算出することとする。

(10) 「壁厚・壁量」に関する評点 G_1 と「積雪」に関する評点 G_2、及び経年係数 0.9 の積を総合評点とし、同値が 1.0 以上であれば、検討対象建築物は現行の学会規準の許容応力度設計で必要とする壁量に基づく構造性能を有していると判断する。このような CB 造建築物の過去の倒壊はほとんど皆無であり、倒壊の可能性は低いと言える。総合評点が 1.0 未満の場合は、現行の学会規準が要求している構造性能を満たしていない可能性があると判定し、詳細診断を試みることを推奨する。なお、建築物全域に渡る甚大な劣化やひび割れ等の損傷が生じており、その部分の地震時損傷進展により建物の一部または全体が倒壊に至る恐れがあると判断される場合は、詳細診断適用外となるが、そのような場合は、劣化部等の補修・補強を前提として診断し、耐震改修計画の策定に役立てることもできる。

(11) 北海道には、1 階を CB 造とし、その上に急勾配の切妻屋根を設けて小屋裏を 2 階の居住空間とする中 2 階形式の三角屋根 CB 造住宅が多い。この三角屋根 CB 造住宅の妻壁は通常 CB 造であることから、その面外方向について、許容曲げモーメントを算定し、大地震に対する面外方向の転倒の危険性を判定したところ [2.5)]、通常の補強筋量(φ13@400)が確保され、補強筋の上下端部の定着に問題が無ければ十分な耐力を有することが確認できたため、本規準では三角屋根 CB 造住宅の妻三角ブロック壁の構造的検討を省略できることとした。なお、設計図書および現地調査の結果、補強筋量や定着に問題があると判断された場合は、実状に応じた検討を必要とする。

(参考文献)

2.1) 吉野利幸:シュミットハンマー及び小径コアによる空洞コンクリートブロックの圧縮強度推定法に関する実験的研究、(一社)日本建築学会北海道支部研究報告集、pp.27-30、2004 年 7 月

2.2) 本規準付 3 JIS A 5406 及び北海道条例の変遷

2.3) (一社)日本建築学会:壁式構造関係設計規準集・同解説(メーソンリー編)第 2 版、2006 年 3 月

2.4) (一社)日本建築防災協会:2012 年度版木造住宅の耐震診断と補強方法、2012 年 6 月

2.5) 本規準付 4 CB 造三角屋根妻壁の面外方向面外方向の検討

第3章　詳細診断

3.1　詳細診断

設計図書と現地調査によって得られた情報に基づき、次の方法により評価・判定を行う。

1. 各階（i階）の桁行（X）方向と張間（Y）方向のそれぞれについて、必要保有水平耐力 Q_{ri}と保有水平耐力 Q_{ui}を算定して比較する。
   a. 保有水平耐力 Q_{ui}が必要保有水平耐力 Q_{ri}を上回っている階は、大地震による倒壊の可能性は低いと判定する。
   b. 保有水平耐力 Q_{ui}が必要保有水平耐力 Q_{ri}に達しない階は、保有耐力が不足していると判定する。
2. 各階の面積や壁量が大きく変化しない場合は 1 階のみを対象とする。
3. 必要保有水平耐力 Q_{ri}の計算の前提条件として次の値を設定する。
   a. 鉛直積雪深さ h_s
   b. 地震地域係数 Z
   c. CB 造の構造特性係数 D_s
   d. 1 次固有周期 T
4. 必要保有水平耐力 Q_{ri}は次の表により算定する。

表 3.1　必要保有水平耐力 Q_{ri} の略算

階 i	床面積 S_i (m^2)	地震力算定用重量 w_i (kN/m^2)	i 階以上の重量 Q_{roi} (kN)	基準化重量 α_i	地震層せん断力係数の分布 A_i	必要保有水平耐力 Q_{ri} (kN)
3						
2						
1				1	1	

w_i　：最上階 RC 造屋根の場合は 10、最上階木造屋根の場合は 6、RC 造床スラブの場合は 13、木造床組の場合は 9 として良い。
Q_{ro}　：$\Sigma(w_iS_i)+1.05h_sS_i$　（$\Sigma(w_iS_i)$は上階からの総和）
α_i　：A_i を計算する場合は $\alpha_i = Q_{roi}/Q_{ro1}$ として良い。
Q_{ri}　：$Q_{roi}\,Z\,A_i\,D_s$

5. 保有水平耐力 Q_{ui}は次の表により算定する。

表 3.2 保有水平耐力 Q_{ui} の略算

階 i	方向	CB$_1$ 壁厚さ t_1 (m)	CB$_1$ 壁総長さ ΣL_1 (m)	CB$_1$ せん断応力度 τ_1 (kN/m^2)	CB$_2$ 壁厚さ t_2 (m)	CB$_2$ 壁総長さ ΣL_2 (m)	CB$_2$ せん断応力度 τ_2 (kN/m^2)	CB$_3$ 壁厚さ t_3 (m)	CB$_3$ 壁総長さ ΣL_3 (m)	CB$_3$ せん断応力度 τ_3 (kN/m^2)	保有水平耐力 Q_{ui} (kN)
3	X										
	Y										
2	X										
	Y										
1	X										
	Y										

t_n、L_n：厚さ・種類毎に算定する。
τ_n　：A 種 240、B 種 340、C 種 440、旧 A 種 150、北海道旧 A 種 190 とする。
Q_{ui}　：$\Sigma\,(t_n\times\Sigma L_n\times\tau_n)\times$経年係数 $\gamma_T\times$形状係数 γ_{es}
γ_T　：0.90 として良い。外断熱が施されている場合は 0.95 として良い。
γ_{es}　：0.95 として良い。

【解説】

(1) 詳細診断は、簡易診断と同様の診断時点の対象建築物の調査結果に基づき、各階の張間および桁行方向の CB 造耐力壁の保有水平耐力を算定し、必要保有水平耐力と比較することにより、上部構造の構造性能を判定するためのものである。

(2) 詳細診断は、診断時点の倒壊・崩壊の可能性を判定するものであり、劣化の進行を考慮した将来の構造性能を予測・判定するものではない。

(3) 計算の前提条件として整理する鉛直積雪深さ h_sは北海道建築基準法細則[3.1)]を参考に、地域の実状に応じた値として良い。屋根勾配が 45 度以上で屋根上積雪が生じない場合は h_s=0 として良い。

(4) 計算の前提条件として整理する地震地域係数 Zは建築基準法施行令による値として良い。

(5) 計算の前提条件として整理する構造特性係数 D_sは 0.55 として良い。なお、実大建物に対する水平加力実験の結果を検討すると、D_sが 0.55 以下となるものもあり[3.2)]、今後のデータの蓄積に基づき検証された値を用いても良い。

(6) 計算の前提条件として整理する 1 次固有周期 Tは、次式を用いて算定して良い。

$$T = (0.02 + 0.01\lambda)h \qquad \cdots \text{解式(3.1)}$$

ここで、T :1 次固有周期(秒)

λ:鉄骨造または木造部の高さ／建築物の高さ。CB 造の場合、RC 造とほぼ同等と見做せるので、λ＝0 としてよい。

h:建築物の高さ(m)。各階の階高は 3.5m として良い。

(7) 必要保有水平耐力 Q_{ri}の略算に際して、単位床面積当たりの地震力算定用重量 w_iは診断対象建物の実状に応じた値を設定して良いこととするが、積雪の単位荷重については法令に基づく値とし、2kN/m³ 以下としてはならない。詳細診断シートには、積雪の単位荷重 ρ_sを 3kN/m³ とし、単位重量が最も大きい C 種ブロックを対象に、ブロック厚さ 190mm、壁量 220mm/m²、階高さ 2.6m とした場合の w_iを水平構面の構造形式ごとに示してある(解表 3.1)。なお、地震層せん断力係数の高さ方向の分布を示す係数 A_iは解式(3.2)によることとする。

解表 3.1 単位床面積当たりの地震力算定用重量 w_i

部材	最上階		中間階	
	RC 屋根	木屋根	RC 床スラブ	木床
RC スラブ	4.70	0.95	4.60	0.60
ひさし	1.17	1.17	0.39	0.39
臥梁	1.32	1.32	1.54	1.54
壁体	2.18	2.18	4.36	4.36
腰壁	0.00	0.00	0.66	0.66
サッシ・雑壁	0.10	0.10	0.20	0.20
LL	0.30	0.30	0.80	0.80
合計	9.8→10	6.0	12.6→13	8.6→9

※ブロック厚さ 190mm、壁量 220mm/m²、階高さ 2.6m

※各数値は学会規準参照[3.3)]

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} \alpha_i \right) \frac{2T}{1+3T}$$ ・・・解式(3.2)

ここで、α_i:基準化重量

(8) 保有水平耐力 Q_{ui}の略算値は、ブロック種別毎に、それぞれの壁厚・壁の総長さに応じた保有水平耐力時のせん断応力を求め、これらを合算した値に経年係数 γ_Tと形状係数 γ_{es}を乗じて算定する。終局時のせん断応力度 τ_nについては、既存CB造学校校舎の耐力度測定法[3.4)]に示されている値を参考にした。北海道旧A種の終局時のせん断応力度は、北海道旧A種は旧A種の1.28倍の全断面圧縮強さを確保できていることから(解表 2.3 参照)、ここでは旧 A 種の終局時のせん断応力度の 1.28 倍に相当する 190kNm^{2}とした。

(9) 経年係数 γ_Tと形状係数 γ_{es}は、既往の建物調査や地震被害の軽微さを考慮して、複雑な形状ではなく、劣化やひび割れ等がさほど進行していないと判断できる場合はそれぞれ γ_T = 0.90、γ_{es} = 0.95 として良いが、現地調査結果や実験データ・解析結果等に基づき、より適切な値を設定して良い。参考として、(一社)日本建築防災協会の既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・耐震改修設計指針・同解説 [3.5)]の形状指標に関わる項目等を補強コンクリートブロック造用へ修正を試みた一例を解表 3.2 に掲げる。

解表 3.2 形状係数 γ_{es}に関わる項目の分類等の一覧 [3.5)]

			グレード G_i			レンジ調整係数 R_i
			1.0	0.9	0.8	
水平方向	a	整形性	整形	ほぼ整形	不整形	1.0
	b	辺長比	b≦5	5＜b≦8	8＜b	0.5
	c	くびれ	0.8≦c	0.5＜c≦0.8	c＜0.5	0.5
	d	エキスパンションジョイント	1/100≦d	1/200≦d＜1/100	d≦1/200	0.5
	e	吹き抜け(RC のみを対象)	e≦0.1	0.1＜e≦0.3	0.3＜e	0.5
	f	剛床仮定の成立	—	—	木造床	1.0
高さ方向	h	地下室の有無	1.0≦h	0.5≦h＜1.0	h＜0.5	1.0
	i	層高の均等性	0.8≦i	0.7≦i＜0.8	i＜0.7	0.5
	j	ピロティの有無	対象外			
	k	下階への壁の連続性	不連続が 10%未満	不連続が 10%以上 50%未満	不連続が 50%以上	0.5

形状指標値 $\gamma_{es} = q_a q_b q_c q_d q_e q_f q_h q_i q_k$ ただし，$q_i = 1.0 - (1 - G_i)R_i$ … $i = a, b, c, d, e, f, k$

$q_i = 1.2 - (1 - G_i)R_i$ … $i = h$

(1) b: 建物長辺の長さ／建物短辺の長さ
(2) c: くびれ部の短辺の長さ／主体部の短辺の長さ
(3) d: Exp.J の躯体間隔／Exp.J の建物高さ。Exp.J における衝突が起こり得る方向に関して適用する。
(4) e: 吹抜け部の面積／吹抜け部を含む当該階の面積。ただし，CB 造壁により囲まれている階段室は吹抜け部と見なさない。
(5) h: 地下面積／建築面積
(6) i: 上階の層高／当該階の層高。当該階が最上階の場合は上階を下階に読み替える。
(7) k: 下階へ連続しない壁の長さ／当該階の壁の長さ
(8) a, b, c, e, h は最も不利な階で検討し，全体に適用する。
(9) d, f は各方向ごとに検討する。
(10) k は各階で検討する。

(10) 各階の張間方向および桁行方向の保有水平耐力 Q_{ui} がともに必要保有水平耐力 Q_{ri} を上回る場合、即ち、Q_{ui}/Q_{ri} が 1.0 以上となる場合は、大地震時に倒壊の危険性は低いと判定できる。Q_{ui}/Q_{ri} が 1.0 未満となる階がある場合は、その階の保有耐力が不足していると判定し、適切な補強方法の検討等を行うことを推奨する。なお、I_s 値に変換する場合は、判定基準と算定結果に 0.6 を乗じて概算してよい。

(参考文献)

3.1) http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ksd/kijun/kijunhou_saisoku.pdf

3.2) 例えば岡田恒男他：補強コンクリートブロック造学校校舎の耐力度測定法(案)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、pp.1121-1122、1985.10

3.3) (一社)日本建築学会：壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編）第 2 版、2006 年 3 月

3.4) 文部省大臣官房文教施設部内既存補強コンクリートブロック造学校建物の耐力度測定方法編集員会：既存補強コンクリートブロック造学校建物の耐力度測定方法, 1985.10

3.5) (一社)日本建築防災協会：2017 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・耐震改修設計指針・同解説, 2018 年 12 月

第4章　耐震改修方法

4.1　改修方法の分類

構造性能が低下していると判断される CB 造建物の主要な部位の状況と、その一般的な改修方法を表 4.1 に掲げる。なお、同表には、構造性能の確保･向上を目的とした改修方法を掲げており、その他、劣化防止や耐久性の向上を目的とした補修技術には、樹脂注入、U カット充填、シール、樹脂モルタル充填、部分解体打ち直し等がある。

本章では、これら改修方法の中から、具体的な改修技術として、CB 造耐力壁の増設方法、CB 造耐力壁の耐力の向上を図る方法、及び水平構面の補強方法を紹介する。

表 4.1　部位･目的別の改修方法

部位	状況	改修目的	改修方法
I.RC 造基礎	①傾斜･沈下	水平レベルの修正	ジャッキアップ
		地盤支持力の回復 地盤支持力低下の防止	a.支持杭増設 b.貫入物による摩擦増･圧密化 c.底盤拡張 d.薬剤等の注入 e.深基礎化
	②不同沈下	水平レベルの修正 地盤支持力の回復 地盤支持力低下の防止	「I.①」の処置
		ひび割れを生じた基礎の構造耐力の回復･向上	a.側面増し打ち補強 b.鉄骨添え補強 c.繊維補強
II.CB 造耐力壁	①壁量不足	保有水平耐力の向上	a.「I.②.a～c」(耐力の向上) b.開口部の閉塞･耐力壁の増設
	②壁の偏在		
	③耐力壁間距離大		
III.水平構面	①臥梁の耐力不足	耐力壁の一体化	a.臥梁の補強(「I.②.a～c」)
	②剛床不足	剛床化	a.鉄筋ブレース補強 b.床スラブ増設
IV.CB 造帳壁	①面外耐力不足	面外倒壊防止	a.耐力壁の補強(「I.②.a～c」) b.控え壁等の新設

4.2 CB 造耐力壁の増設

壁量が足りない場合や偏心を改善するための方法としては、耐力壁を増設することが考えられる。このような場合は、新築設計時と同様に、関連する各基規準に準拠して設計･施工が行われることになるが、増設した耐力壁の下に基礎も増設する必要が生じるため、施工コストがかさむ。壁量が極端に少ない場合は致し方ないが、開口部を RC 造の壁で閉塞して耐力壁とすることで、必要壁量を満足する場合もある。平成 25 年の公営住宅の全面的改善事業では、既存 CB 造住宅の開口部を閉塞して現行の AIJ 規準壁量を満足させる改修が実施された。一般に、開口部の上部または下部の小壁には、耐力壁と同じコンクリートブロックが使われていることから、開口部を閉塞した壁は耐力壁と見做すことができる。

図 4.1 公営住宅の全面的改善事業でみられた開口部の閉塞による壁量の増設

4.3 CB 造耐力壁の耐力向上

(a)壁厚の増加

壁厚を増加させる方法は上江洲ら [4.1)]や江口 [4.2)]らによって提案されている。

上江洲らの方法は、図 4.2 に示すように CB 造耐力壁の両面に鋼板を設置し、鋼板と耐力壁の間に無収縮グラウトを充填する方法である。

江口らの方法は、図 4.3 のように CB 造耐力壁の表面に配筋を施し、それにポリマーセメントモルタルを 3 層に分けて塗り付けることで補強効果を得ようとする方法である。

本診断規準の簡易診断では、耐力壁の壁厚は 190mm を基準にし、に対する実際の厚さが総合評点に対する係数として設定されている。通常は現行基準で設定された厚さに対する低減係数として機能するが、壁厚増加時には割増係数として機能することも考えられる。

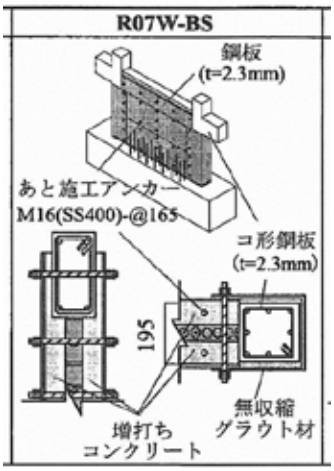


図 4.2 上江洲らにより提案されている補強方法 [4.1)]

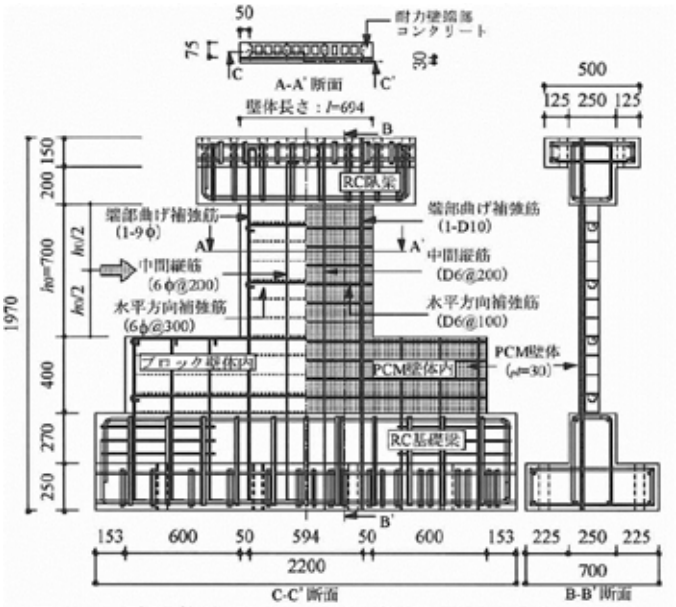


図 4.3　江口らにより提案されている補強方法 4.2)

(b)繊維補強

炭素繊維シートやアラミド繊維シート等を用いて CB 造壁体の構造性能を高める方法である。補強の目的は、保有水平耐力の向上または面外耐力の確保となる。

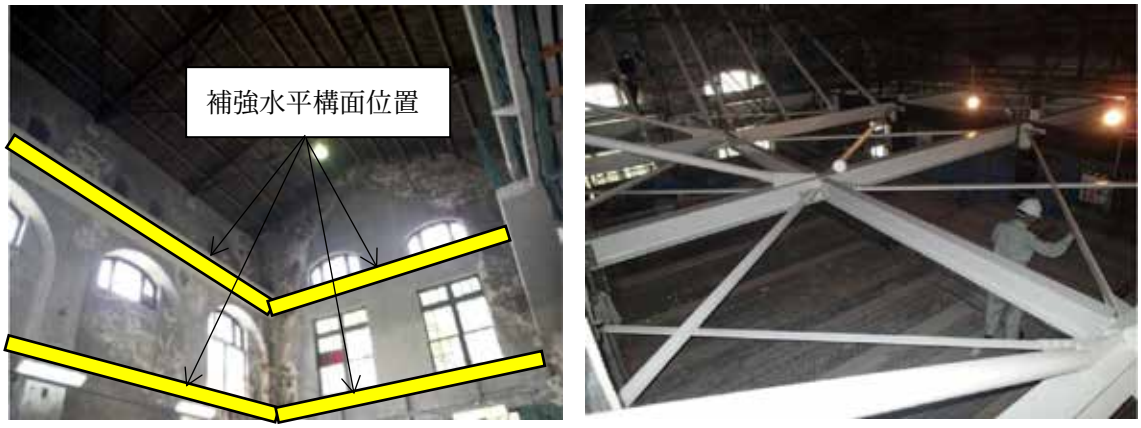
保有水平耐力を向上させる場合の補強例として、炭素繊維ブレースによる方法を写真 4.1 に示す 4.3)。面外耐力の確保を目的とした補修例としては、構造品質保証研究所の SRF 工法における計算例 4.4)などがある。

写真 4.1　炭素繊維ブレースによる補強例 4.3)

4.4 水平構面の新設

補強 CB 造の耐力壁頂の RC 造の臥梁に水平構面としての剛性不足が懸念される場合には、鉄骨水平ブレース等により補強が行われる。補強設計は、補強材料(鉄骨、鉄筋コンクリート等)の各基規準に準拠して行う。

煉瓦造ではあるが、歴史的な価値から保存のために水平構面の補強が施された例の 1 つとして、滝の上発電所（北海道夕張市）を写真 4.2 に示す。



(a)補強前　　(b)補強後

写真 4.2　滝の上発電所の水平構面の補強

（参考文献）

4.1) 上江洲靖、山川哲雄ほか：合成無筋壁で補強した CB 壁の水平加力実験、日本建築学会研究報告.九州支部.1、構造系(50)、pp.721-724、2011-03-01

4.2) 江口智啓、菊池健児ほか：既存補強コンクリートブロック造壁体の耐震補強に関する研究(その 2)ポリマーセメントモルタル補強した壁体の水平加力実験、日本建築学会学術講演梗概集 2012(構造Ⅳ)、pp.989-990、2012-9-12

4.3) 宮田茂:補強コンクリートブロック造の耐震化の取り組み、コンステックテクニカルレポート No.8、pp.25-27、2004-5

4.4) 構造品質保証研究所：包帯補強（SRF 工法）による崩落防止設計・施工指針と解説、pp.29-33

4.5) 夕張滝の上発電所煉瓦造建屋の耐震補強、コンステック HD テクニカルレポート No.18、pp.19-26、2015-4

6．7　CHB の製造・建設のコストの概観と改善工法のコスト分析

(1)概要

日本の補強コンクリートブロック造技術を、フィリピンに展開普及するにあたっては、現地の建設事情に適した導入メリットを整理して提示する必要がある。一定程度品質を確保した空洞コンクリーブロック(Concrete Hollow Block（以下、CHB と表記))は、安全なブロック造に欠かせないものである。しかし、低質なものに比べて高額になるため、受け入れを妨げる大きな要因となっている。その一方で、高品質な CHB が、施工時のモルタル量や労務量を削減できること、構造強度向上により災害時の復旧費用低減が見込まれるといった側面は見落とされがちである。

本節では、施工コストや将来的な資産価値を含めて、改善工法の総合的な導入メリットを明らかにするために行った、コスト分析について述べる。

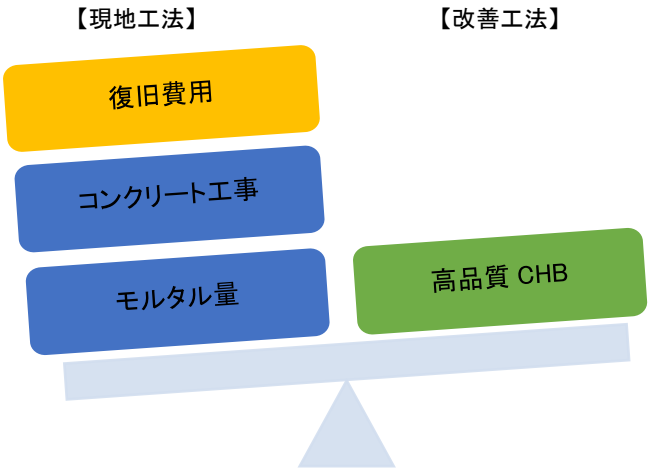


図 6.7-1 総合的な費用イメージ

(2)分析方法

①　分析対象と本節の構成

本節では主に、フィリピンの現地工法と、日本の在来 CB 造の改善工法(提案 I)を対象として、材料・労務量の算出によるコスト比較を行う。新 CB ユニットを用いた新工法(提案Ⅱ)については、コスト算出までは行わず、提案 I とのコスト差の要因を考察する。なお、提案 I 及びⅡは、石山祐二氏の提案によるものであり、詳細は本報告書『6．4(1)改善工法の提案』に記述されている。

本節(3)においては、壁一般部の仕様を比較するために、壁要素にかかる材料費労務費について、本節(4)においては、柱梁部材等の影響といった構法の違いを含めた比較をするために、住宅一戸にかかる材料費について、それぞれコストを算出した。

② 比較対象の仕様の相違

フィリピン現地工法と提案Ⅰの仕様の違いを概念的に図 6.7-2 に整理した。現地工法は、ブロックユニットの強度が小さく、強度、寸法のばらつきが大きいことから、欠けた部分の穴埋め作業(ⅰ)、不ぞろいなユニットを調整するための端材の用意・設置(ⅳ)、目地幅を大きくとることによる不陸調整(ⅲ)、強度不足を補う厚いプラスター(v)や全充填(ⅱ)が行われている。これに対して、提案Ⅰはユニットの精度および強度が十分に期待できることから、充填は配筋部分のみの部分充填(ⅱ')であり、目地幅(ⅲ')、プラスター(ⅴ')を少なくすることができる。

以上から、低品質な CHB は手間と材料を余計に消費していることが予測される。

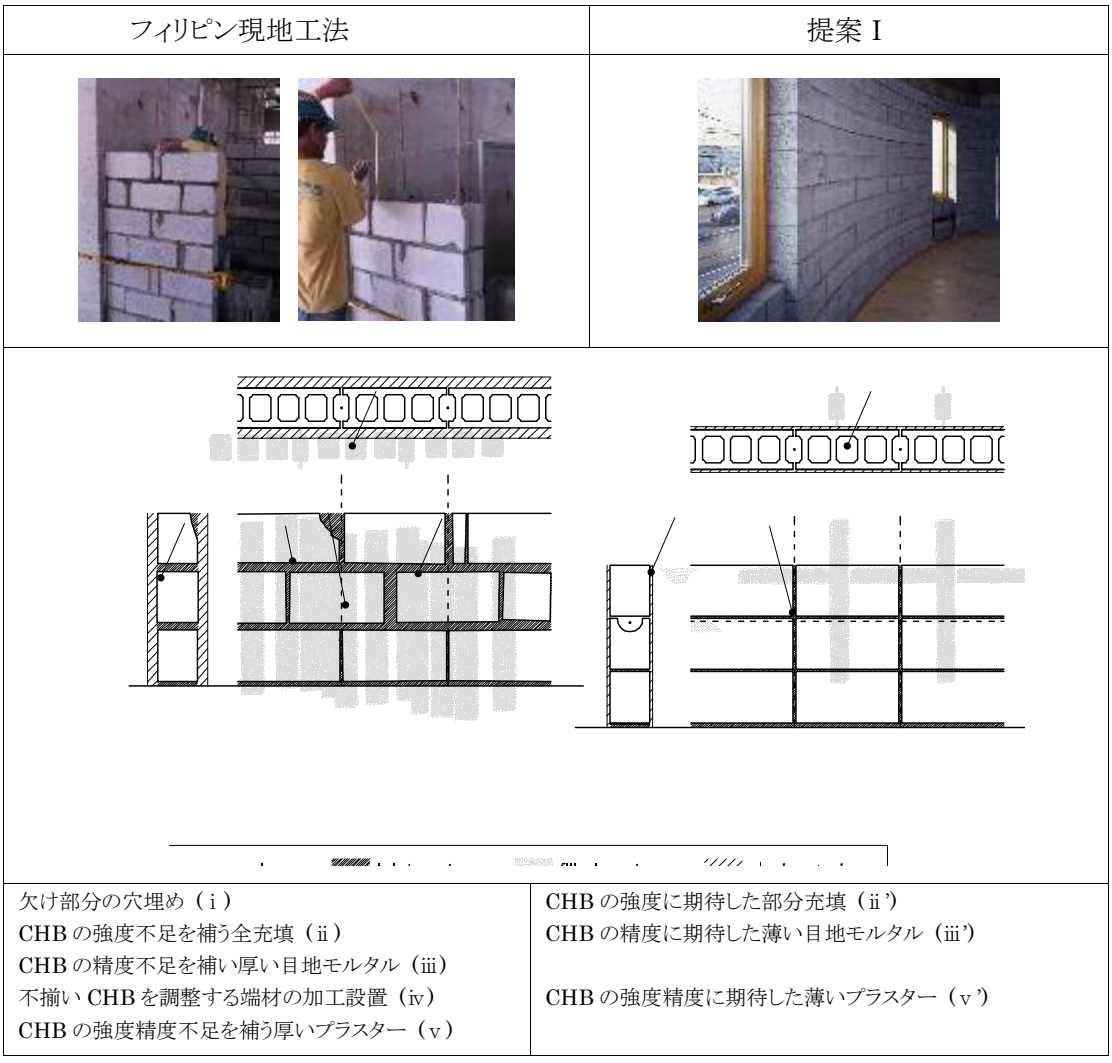


図 6.7-2 フィリピン現地工法と提案Ⅰの仕様概念図

③　単価

コスト算出に用いた単価を表 6-7-1にまとめた。この価格は、ブラカン州で CHB 製造、建設を行う日本企業へのヒアリングをもとづくものである。地域、時期、1社あたりの調達規模により異なる値になり、高価格帯と想定されていた。

材料コストは 2019 年 9 月時点、ブラカン州における付加価値税除く価格である。提案 I のブロック強度は日本の JIS 規格の B 種程度であり、製造は練り混ぜ、成形、養生が機械化されている（写真 6-7-1）。一方、現地工法で用いられるブロックは、手動マシンによる製造であり強度のばらつきが大きい（写真 6-7-2）。労務コストは、現地工法に従事している労働者の時間当たり作業量を基準としている。提案 I の労務コストは、彼らが日本の在来工法を実際に試みた際の時間増分を、単価に割増したものとした。日本の在来工法を試みた状況が写真 6-7-3 の左側に示されているが、監督者がついていなかった、右側部分の工事では、現地工法に戻ってしまった様子が残されている。労働者は現地工法に慣れている分、仕事は早いそうだが、目地が大きくなりモルタルを多く使っている状況が確認できる。また、日本で CHB 製造、建設を行う方からも、ユニットの精度、誤差がある場合、破れ目地の方が目地で吸収できるとのコメントが聞かれた。

表 6-7-1 単価一覧

	フィリピン現地工法	提案 I
CHB(6inch) （正味圧縮強度）	16 PHP/pc. (250～400psi)	28.5 PHP/pc. (1600psi)
CHB(4inch) （正味圧縮強度）	11.5 PHP/pc. (250～400psi)	21.25 PHP/pc. (1600psi)
モルタル1:3	3,430 PHP/m3	
コンクリート1:3:6	2,500 PHP/m3	
鉄筋10Φ	20 PHP/m	
鉄筋12Φ	28 PHP/m	
鉄筋16Φ	51 PHP/m	
労務	65 PHP/m2	93 PHP/m2

CHB の圧縮強度は正味断面。　1,000psi≒6.9N/mm2, 145psi≒1N/mm2
1 PHP ≒ 2.17 円（2020 年 1 月時点）
鋼材価格は頻繁に変動

写真 6-7-1 高品質ブロックの製造状況

写真 6-7-2 低品質ブロックの製造状況

写真 6-7-3 現地で試みられた日本在来工法積み（左側）と現地工法積み（右側）

(3)壁要素の比較

① 壁要素の仕様について

壁要素は、6inchCHB を3列6段（幅約 1.2m×高さ約 1.2m）積んだものとした（図 6-7-3）。フィリピン現地仕様は、CHB の強度が低く、目地やプラスターは 3cm、全充填、配筋は 10Φ@600 格子である。これは、国家住宅局（National Housing Authority(NHA)）の規定とも共通している。提案仕様は、CHB の強度が高く、目地やプラスターは 1cm、部分充填、配筋は 10Φ@400 格子である。

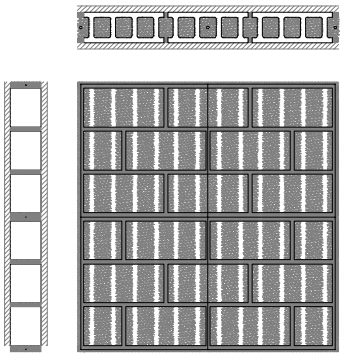
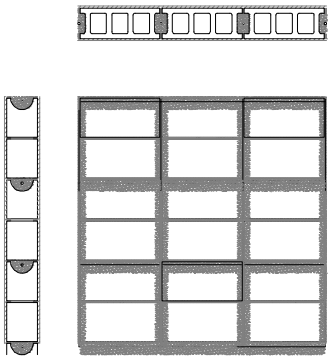
フィリピン現地仕様	提案 I
	
CHB:低品質(バックヤード製造) 配筋:10Φ@600格子 目地・プラスター:モルタル3cm 労務:現地ブロック積工の実績	CHB:高品質(日本のB種程度) 配筋:10Φ@400格子 目地・プラスター:モルタル1cm 労務:現地ブロック積工が試みた際の実績

図 6-7-3 比較した壁要素

② 壁要素のコスト

フィリピンの現地仕様と提案 I の材料と労務のコストを、項目別に図 6-7-4 に示す。

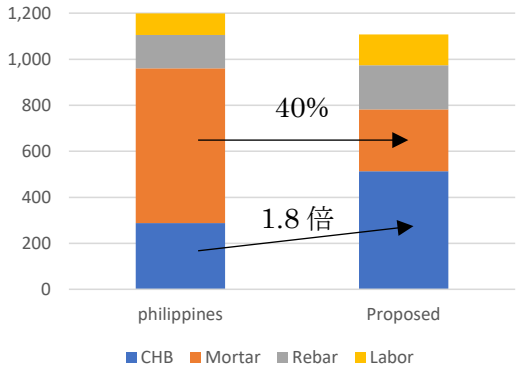


図 6-7-4 項目別のコスト(PHP)

CHB 自体のコストは提案 I の CHB は現地仕様に比べて 1.8 倍程高価になるにも関わらず、モルタル量を 40%程に抑えられているため、総コストでみると、提案 I は現地仕様の 90%程のコストに収まることが確認された。

(4)住宅一戸の比較

① 住宅の仕様について

フィリピンでは、CHB を構造壁として設計する手法が一般化されておらず、RC の柱梁を設け、CHB は帳壁として用いられている。この柱梁のように、壁以外の要素を含めた建物全体にかかる

コストを把握するために、住宅一戸分のコスト算出をした。ここで取り上げる住宅は、国家住宅局（National Housing Authority(NHA)）が標準設計住宅として提示されているものの1つで、2層分の高さをもつ長屋である（図 6-7-5, 6-7-6）。構造部材寸法や配筋仕様等は NHA の規定があり、これを現地仕様とした。室内はほぼ一室空間であり、バストイレが仕切られているが、雑壁としてコストには算入していない。これ以外の壁は外壁であり、全てプラスター仕上げとしてコストを算出した。二層床はロフタブル（Loftable）とされていて、鉄骨で後付けすることが想定されている。この二層部分は、現地工法ではコストに算入していない。しかし、提案工法では、剛性確保のため、予め二階床を設ける必要があり、コストに算入している。

提案 I は、壁頂部を RC 造の床または梁とすることとしている。現地の屋根は軽量鉄骨架構にガルバナイズドシートで仕上げられている事が一般的であることから、コスト算出においては、2階床は RC スラブ、屋根は RC 梁とした。全体的な構造形式を図 6-7-7 に示す。

以上から、現地仕様と提案 I のコスト算出では、2階床の有無の条件が異なることに留意が必要である。

図6-7-5 標準設計住宅の外観

図6-7-6 標準設計住宅のアクソメ図

図6-7-7 標準設計住宅の構法概略図（上段：提案 I 型、下段：フィリピン現地型）

CHBサイズ：提案 I は全て6inch、フィリピン現地工法は妻面6inch、平面4inch

② 住宅一戸のコスト

まず、フィリピンの現地工法のコスト構成は以下になる。

■総コスト： 84,738 PHP

■CHB 壁コスト：49,160 PHP

・・・総コストに占める CHB 壁の割合： 58%

■CHB 壁コストの内訳

CHB ユニット：10,612 PHP (22%)

モルタル：35,912 PHP (73%)

鉄筋：2,597 PHP(5%)

壁工事は全体のおよそ6割を占め、その内、モルタルの占有率(73%)が大きいことが分かった。

続いて、フィリピンの現地仕様と提案Ｉの材料と労務のコストを、部位別に図 6-7-8 に示す。

総コストでみると、提案Ｉは現地仕様に比べて 90%程のコストに収まることが確認できた。RC 部位のコストは同程度であるが、提案Ｉのコストには二層目のロフト部分の RC 床が算入されている。

現地工法はCHBのコストが大きい。これは本節(3)の壁要素の分析で確認されたモルタル量の違いに加え、基礎部分にも一部 CHB を使用しているためである。

また今回の標準設計住宅は、小規模な一室空間であるため、コストに算入した壁は全て外壁である。より規模の大きい住宅であれば内壁が設けられることから、プラスター無しでも安定性を確保できる提案Ｉは、よりコスト上のメリットが期待できる。現地で建設中のビルにおいて、高強度 CHB を使い、プラスターなし仕上げが採用されていたことから、デザイン上も現地で受け入れられる状況が伺われた(写真 6-7-4)。

現地仕様には、後付けされる二層目の鉄骨工事コストが算入されていないこと(購入者による追加工事とされているため)を考慮すると、同じ条件のもとでは、コスト差はより大きくなる。

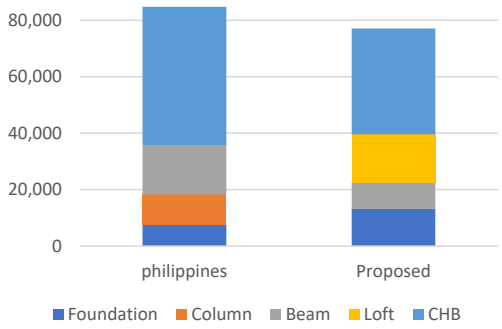


図 6-7-8 部材別のコスト(PHP)

写真 6-7-4 現地の建設中ビルにみられたプラスターなし仕上げ

(5)まとめ

壁要素の比較、建物の構法形式の違いを含めた住宅一戸の比較、いずれにおいても改善工法(提案 I)は、現地工法に比べて 10%程のコスト削減効果が見込まれることを確認した。

フィリピン現地工法と提案 I の労務コスト差は、技能レベルに依るものではなく、現地と異なる施工方法に慣れていないことに依るものである。このため、トレーニングや経験を積み、提案 I の施工方法に慣れた段階においては、労務コスト差を生じさせている、労働時間の短縮が見込める。

新工法(提案 II)は、目地モルタルなしで積上げ、充填性の高いグラウトを用いることで施工の簡略化を目指したものである。コスト増要因として、グラウト材料があるが、目地モルタルに係る材料、労務の削減が見込まれる。

ここまで、フィリピン現地工法と比較してきた提案Iは日本の在来 CB 造をベースにした工法である。日本の平均的気象条件に比べて、フィリピンは台風の往来が多く、海に近接していることにより、外壁は、塩分濃度の高い雨水がふきつけられる厳しい環境下におかれる。外壁部はプラスターを厚くすることやプラスターに代わる防水性塗料等の利用を検討し、適切なコスト増分について考慮する必要がある。また、芋積みや部分充填の積み方は、施工手間が少ないことが理論的また日本の経験から理解されているが、フィリピンでは独自の CHB 積み施工が慣習化している状況もある。社会背景の異なるフィリピンにおいて、労働者のおかれている状況、訓練の時間手間、その定着に必要な手続き等について検討する必要がある。