

第8章 活動報告

8.1 建築学会大会における成果の発表

(1) 概要

本プロジェクトでは、活動成果を積極的に情報発信することとしている。このため、連携して活動を行っている日本建築学会災害委員会地震防災国際協力小委員会(2021年度までの、国際委員会地震防災小委員会より活動を引き継いだ小委員会)と協力しながら、本プロジェクトに関連して実施した調査研究の成果を、建築学会大会学術講演会において発表してきている。今年度は、昨年度の発表(国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その1からその11。うち、その2は欠番のため、合計10編)を引き継ぎ、下記のとおり、同一タイトルの下、その12よりその21まで(うち、その20が欠番のため、合計9編)の発表を行った。なお、今年度も、新型コロナウイルスの感染拡大を受け、建築学会大会はオンライン開催となった。当日は、可能な者は、札幌市北海道自治労会館に参集し、事前打ち合わせを行った上で発表を行った。(引き続き、本プロジェクト第2回拡大実行委員会を同会議室で開催)

(2) 開催概要

ア. 日程

2021年9月5～8日

うち、本プロジェクト関係の発表は、9月5日午前

イ. 参加者

・北海道自治労会館第3会議室

石山祐二、檜府龍雄、米澤稔、青野洋之、植松武是、石川茉佑香、圓山彬雄、吉野利幸

・オンライン:白川和司

ウ. 梗概番号、梗概タイトル、執筆者(○は発表者)

①23356

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その12 フィリピンにおける補強コンクリートブロック造構造基準作成の背景と枠組み

○檜府龍雄(国際協力機構)・石山祐二・圓山彬雄・米澤稔・植松武是・前島彩子・西川忠・松崎志津子・白川和司・吉野利幸・古山由佳・大橋周二・青野洋之・石川茉佑香

②23357

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その13 RCHB 構造基準の策定の背景、策定プロセス、内容の骨子

○石山祐二(北海道大)・檜府龍雄・米澤稔・吉野利幸・植松武是・白川和司・西川忠・青野洋之

③23358

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その14 階高充填施工による壁体からサンプリングした組積体の圧縮強度と壁脚部の重ね継手の付着耐力の検証

○石川茉佑香(北広島市役所)・植松武是・石山祐二・米澤稔・西川忠・檜府龍雄・青野洋之・吉

野利幸

④23359

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その 15 平屋耐力壁の限界アスペクト比の検証実験

○植松武是(北海学園大)・石川茉佑香・石山祐二・米澤稔・西川忠・檜府龍雄・白川和司・吉野利幸

⑤23360

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その 16:コンクリート空洞ブロックの製品規格における乾燥収縮率の規定と試験結果

○吉野利幸(北海道建築技術協会)・北垣亮馬・米澤稔・檜府龍雄・石山祐二・白川和司

⑥23361

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その 17. コンクリートブロック製造法の特徴

○青野洋之(北海道建築技術協会)・石山祐二・檜府龍雄・米澤稔・吉野利幸・植松武是・白川和司・西川忠

⑦23362

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その 18 提案工法の長期的なCO2 排出量

○白川和司(五洋建設)・石山祐二・米澤稔・古山由佳・檜府龍雄・前島彩子・吉野利幸・青野洋之

⑧23363

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その 19:沖縄調査関係 1:蒸暑地域向きのデザインの考察

○圓山彬雄(アープ建築研究所)・立花恵大・石山裕二

⑨23364

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その 21 沖縄調査関係 3:北海道と沖縄におけるブロック造の歴史的経緯と現状の比較

○米澤稔(よねざわ工業)・檜府龍雄・石山祐二・植松武是・圓山彬雄・吉野利幸

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究

その12 フィリピンにおける補強コンクリートブロック造構造基準作成の背景と枠組み

コンクリートブロック	国際的視野	フィリピン	正会員	○榎府 龍雄 *1	正会員	松崎志津子 *8
構造基準	HoBEA	ASEP	同	石山 祐二 *2	同	白川 和司 *9
			同	圓山 彬雄 *3	同	西川 忠 *10
			同	米澤 稔 *4	同	吉野 利幸*11
			同	植松 武是 *5	同	古山 由佳*12
				青野 洋之 *6		石川茉佑香*13
			正会員	前島 彩子 *7	正会員	大橋 周二*14

1. 背景と目的

(1) 本研究の経緯

一般社団法人北海道建築技術協会 (HoBEA Hokkaido Building Engineering Association) は、2018年度より、国土交通省補助事業「住宅市場整備推進事業・住宅建築技術国際展開支援事業」の補助を得て、フィリピンに日本の補強コンクリートブロック造技術を紹介、普及するプロジェクト「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」に取り組んでいる。日本建築学会国際委員会地震防災小委員会では、同協会と連携して調査研究を進めてきている。その成果は、2021年度の建築学会大会学術講演会研究発表梗概「国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究」その1から11までにより発表を行った。今年度は、その後の成果を、本稿以下10編の梗概により発表する。

(2) 補強コンクリートブロック造構造基準作成について

2021年度においては、フィリピンにおける活用を想定した補強コンクリートブロック造の技術基準の作成を重点的な活動の一つとして取り組んだ。これに関し、本編を含めて5編により、同技術基準の策定の背景、策定のプロセスと方針、内容の骨子、基準の工学的な妥当性を裏付ける構造実験、組積ユニットの物理的特性（コンクリートブロックの乾燥収縮率）の試験について報告する。

2. 構造基準策定の経緯

(1) 技術の社会的定着のアプローチ

これまでのフィリピンにおける建築規制制度、技術基準、技術認証制度などの調査、関係省庁、関係団体等との情報・意見交換などから、安全な補強コンクリートブロック造技術を社会的に定着させていくアプローチとして、以下の選択肢が考えられることが把握できた。

- ① フィリピンの建築規制制度において適用される基準の一つとして技術基準を作成する
- ② 公共建築物を設計、建設する場合に適用する標準仕様書などの技術文書に反映する
- ③ 政府機関により建設される低所得層向け住宅に適用する工法として認証を受ける
- ④ 2019年改訂のコンクリートブロック製品規格の実効的な施行によりブロックの品質向上を図る
- ⑤ ブロック工事を担う職人の技能訓練プログラムに当該技術を盛り込むことにより建物の質の向上を図る
- ⑥ 建物建設を行う施主（発注者）の安全性に対する意識の向上により、施主側からの質の確保（当該技術の採用）の働きかけを目指す

(2) 構造基準作成の取り組みの選択と背景

上記のうち、2021年度は、①の技術基準の作成を重点的な活動として選択した。その選択の狙いと背景は、次の通り。

フィリピンでは、建築基準 (NBCP National Building Code of the Philippines 1977年大統領令¹⁾) により、構造基準、防火基準などの技術基準に適合した建設を行うことを求める建築規制制度が運用されている。建築物の構造安全性については、フィリピン構造基準 (NSCP National Structural Code of the Philippines) の第1巻が整備されている。これは主に大規模建築物を対象としており、小規模住宅については、今後作成される第3巻によることとされている（構造基準の改訂の要点説明による¹⁾）。しかしながら、第3巻はまだ作成されていない。また、非構造壁に関する基準も未整備の状態となっている。即ち、現状では、地震等による甚大な被害の主要な原因となっているコンクリートブロック造の低層の小規

Study on Advantages and Possibility of Reinforced Concrete Block Structures in Global Perspective

Part 1. Background and Overview of Creation of Technical Guideline on RCHB (Reinforced Concrete Hollow Block)

NARAFU Tatsuo, ISHIYAMA Yuji, MARUYAMA Yoshio, YONEZAWA Minoru, UEMATSU Takeyoshi, AONO Hiroyuki, MAESHIMA Ayako, MATSUZAKI Shizuko, SHIRAKAWA Kazushi, NISHIKAWA Tadashi, YOSHINO Toshiyuki, FURUYAMA Yuka, ISHIKAWA Mayuka, Oohashi Shuji

模建物や非構造壁についての技術基準が未整備の状態となっている。こうした状況下、この取り組みは、現在未整備のこれらの技術基準を作成することにより、現行の建築規制制度の枠組みを活用して、当該技術の普及を図ろうというものである。2021年度の主要な活動として、このアプローチを選択した背景は以下のとおり。

① 建築規制制度と構造基準の社会的な定着実態の活用

前述のとおり、フィリピンにおける建築規制制度は、フィリピン建築基準（NSCP）に基づいて実施されている。その構造についての技術基準であるフィリピン構造基準（NSCP）は、1972年に作成された。その後、改訂を重ねて、2015年には第7版が出版されている。そして、同基準は、建築基準、建築規制制度を主管する公共事業道路省により、建築許可に際して参照すべき基準として指定され、多くの技術者により実務で参照されている。このように、技術基準が建築規制制度により社会的に活用されるという状況が、フィリピンでは定着している。この確立されたシステムを有効に活用し、この制度上に位置付けられるコンクリートブロック造の技術基準を作成することにより、当該技術を効率的にフィリピンの建物に適用されるようにすることが期待できる。

② フィリピン側の意欲と日本側との信頼関係

フィリピンの構造基準は、民間の専門家の団体であるフィリピン構造技術者協会（ASEP Association of Structural Engineers of the Philippines）が作成している。同協会は、本プロジェクトに大変意欲的に取り組んでいた。例えば、2019年度に実施した、日本への招聘に際しては、日本側予算による招聘者1名に加えて、基準作成を担当する幹部会員2名を追加で自費参加させる（合計3名が参加）など、積極的な取り組みを行っている。また、これまで日本建築学会国際委員会地震防災小委員会は、海外の建築規制、建築基準などについての調査研究に取り組んでいる。その中で、フィリピン構造技術者協会とは、2011年以降の連携により、日本側参加者との間に信頼関係が形成されており、本取組が、円滑かつ効

果的な実施が期待できることも背景の一つである。

なお、技術基準策定の方針、内容の骨子などは、本編その13で報告する。

3. 今後の展望と課題

(1) 技術基準の公式化と普及

これまで、オンライン会議による技術的な検討などを8回重ねることにより、技術基準の内容についての合意ができた。また、2022年2月16日には、フィリピン側から500名を超える参加を得て、技術基準作成の活動と基準の概要を説明するワークショップを開催した。

今後、フィリピン構造基準策定・改訂の際に行っている、フィリピン構造技術者協会内に設置される基準検討委員会（総則、荷重、コンクリート構造、組積造などの分野別の委員会を設置）により、同協会としてのオーソライズが行われることとなる。併せて、現行の構造基準との関係における位置づけも、検討されることが想定される（現行の第1巻の組積造へ組み込む、新たに作成される第3巻（小規模建物対象の基準）に入れる、これらとは別途の技術ガイドラインとするなどが考えられる）。更に、建築規制制度上の位置づけの調整必要となる（現行構造基準のような、建築基準に基づく参照基準とするかどうかなど）。そして、これらの手続きを了したうえで、実務者や建築主事に対する説明会を行い、社会的な定着を図っていくこととなる。

(2) 総合的な取り組みの展開

前章（1）構造基準の社会的定着のアプローチで示したとおり、構造基準の作成と普及は、技術普及のアプローチの一つである。即ち、他のアプローチと組み合わせた総合的な取り組みが必要である。このため、他のアプローチの主要な主体への広報を行いながら、それらと連携した活動の展開が必要になると考えている。

補注

1) 建築学会2012年度大会梗概「開発途上国における建築許可制度の枠組み及び運用実態に関する調査研究 その2 フィリピン(1)」参照。

*1 独立行政法人国際協力機構

*2 北海道大学名誉教授

*3 アーブ建築研究所

*4 よねざわ工業

*5 北海学園大学

*6 一般社団法人北海道建築技術協会

*7 明海大学

*8 NPO 法人都市計画・建築関連OVの会

*9 五洋建設株式会社

*10 北広島市役所

*11 一般社団法人北海道建築技術協会

*12 三井住友建設株式会社

*13 北海学園大学

*14 大橋建築設計室

*1 Japan International Cooperation Agency (JICA)

*2 Professor Emeritus, Hokkaido University

*3 URB architectural workshop co., Ltd

*4 Yonezawa Industry Co., Ltd.

*5 Hokkai-Gakuen University

*6 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)

*7 Meikai University

*8 Ex-Volunteers Association for Architects

*9 Penta-Ocean Construction Co., Ltd.

*10 Sapporo City University

*11 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)

*12 Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.

*13 Kitahiroshima City Hall

*14 Ohashi Architects Office Inc.

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究
その13 RCHB 構造基準の策定の背景、策定プロセス、内容の骨子

コンクリートブロック	RCHB	フィリピン
構造基準	HoBEA	ASEP

名誉会員	○石山 祐二 *1	正会員	植松 武是 *5
正会員	楢府 龍雄 *2	同	白川 和司 *6
同	米澤 稔 *3	同	西川 忠 *7
	吉野 利幸 *4	同	青野 洋之 *4

1. はじめに

国土交通省補助事業「住宅市場整備推進事業・住宅建築技術国際展開支援事業」として（一社）北海道建築技術協会（Hokkaido Building Engineering Association: HoBEA）は2018年度より「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」を行っている。ここでは、フィリピンの構造技術者協会（Association of Structural Engineers of the Philippines: ASEP）と8回のオンライン会議を行うなど ASEP と協議・作成中の技術基準（案）について紹介する。

2. 構造基準策定の背景と経緯

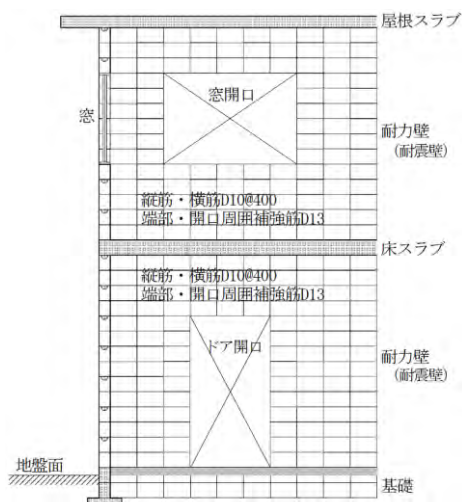


図1 提案する RCHB 工法

フィリピンの空洞ブロック（Concrete Hollow Block: CHB）ユニットは極めて低強度のものが多く、CHB は単なる帳壁として用いられ、多くは鉄筋コンクリート（RC）造の柱・梁で構成されるフレームの開口部を塞ぐために用いられている。このような現状のため、日本の補強コンクリートブロック造のように RC 造柱を設ける必要のない構造を広めることが構造的にもコストの面からも有効と考えられる。なお、日本の補強 CB 造を単に広げるので

はなく、次のような改善を加える（Reinforced Concrete Hollow Block: RCHB）構造である（図1）。

1. 水平ダイヤフラムとしての床や屋根スラブを強化し、臥梁を省略あるいは簡略化する。
2. 耐力壁の縦横筋は共に@400 程度とし、個々の耐力壁の水平・鉛直耐力を向上させる。
3. 耐力壁端部の縦筋に頼らない設計（縦筋は余力と靱性の向上）を目指す。

すなわち、図2のように鉛直力 W を考慮した水平耐力 P を耐力壁の許容耐力とし、耐力壁頂部の固定度に応じて限界アスペクト比を求める（図3）。これに関連する構造実験も行っている（その15参照）。限界アスペクト比を超える場合は、耐力壁の水平耐力に低減係数 β （表2）を乗じる。縦筋による余力と靱性の向上によって $D_s=0.6$ 以上の保有水平耐力は確保できる。

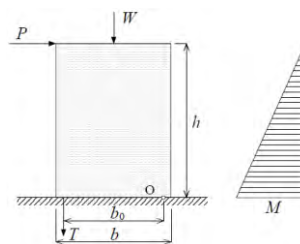


図2 鉛直力 W を考慮した水平耐力 P

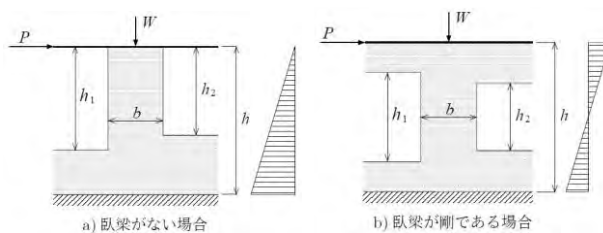


図3 開口を有する耐力壁とその曲げモーメント

3. 構造基準本文の概要

フィリピンで用いられることを想定している構造基準（案）は以下の通りで、この案を説明したオンライン・ワークショップにはフィリピンから200名以上が参加した。

1 条 適用

1. 本指針は、補強空洞コンクリートブロック（RCHB）造の建物に適用する。
2. RCHB 造は地上階数 3 以下、高さ 12m 以下とする。

2 条 用語と記号（省略）

3 条 材料の品質

1. 壁に使用する CHB の実断面圧縮強度は 12MPa (N/mm²)（全断面圧縮強度 6MPa）以上とする。
2. 鉄筋の降伏強度は 230MPa 以上とする。
3. 空洞部のグラウトと目地に用いるモルタルまたはコンクリートの設計強度は 15MPa 以上とする。

4 条 基礎

1. 最下階の耐力壁線を支持するように RC 造または同等の布基礎を設ける。
2. 基礎の立ち上がり部分の幅は耐力壁の厚さ以上とする。

5 条 耐力壁の構造

1. 耐力壁は厚さ 150 mm 以上の CHB ユニットとし、各耐力壁の長さは 0.6m 以上とする。
2. 耐力壁の頂部と底部の支点間距離は縦筋の径が 10mm の場合は 2.6m、径が 12mm の場合は 3.1m 以下とする。
3. 耐力壁の底部は基礎、床スラブまたは臥梁で支持し、頂部は床スラブ、屋根スラブまたは臥梁で支持する。
4. 耐力壁は、縦横筋によって補強する。
5. 補強筋の径は径 10mm 以上、間隔は縦横とも 0.5m 以下とする。
6. 縦筋は壁の中央部付近に重ね継手を設けない。
7. 縦筋の端部は基礎または臥梁に径を d として $30d$ 以上定着、または基礎または臥梁に $30d$ 以上定着したアンカー筋と長さ $30d$ 以上の重ね継手とする。アンカー筋の代わりに埋め込み長さ $10d$ 以上とした径 12mm のあと施工アンカーまたは鉄筋を用いることができる。
8. 横筋の端部は縦筋にフック掛け、または横筋と $30d$ 以上重ね継ぐこと。
9. 縦横筋の入る空洞にはグラウトする。
10. コンクリートまたはモルタルによる鉄筋の被り厚さは 30 mm 以上とする。

6 条 耐力壁の配置

1. 耐力壁は建物全体に平面的かつ立面的に釣合いよく配置する。
2. 耐力壁線の中の開口幅は 4m 以下とし、開口幅の和はその耐力壁線の $2/3$ 以下とする。

3. 耐力壁線間隔は X, Y 方向とも 7.5m 以下とする。

4. 上階の耐力壁線は下階の耐力壁線の上に配置する。上下階の耐力壁線が耐力壁の厚さ以上離れている場合は構造計算によりその部分の安全性を検討する。
5. 各階の壁率は X, Y 方向それぞれ次の表 1 の値以上とする。X, Y 方向から θ 傾いた耐力壁については、その水平断面積に $\cos^2 \theta$ を乗じる。耐力壁のアスペクト比が限界アスペクト比 r_c を超える場合は、水平断面積は表 2 の低減係数 β を乗じて減少させる。
6. 上階の壁率には、下階の耐力壁の直上にある耐力壁の部分のみを含める。

表 1 各階の必要壁率

建物階数	階数		
	1 階	2 階	3 階
平屋	1.20%	—	—
2 階建	2.76%	1.46%	—
3 階建	4.32%	3.20%	1.70%

表 2: 耐力壁の低減係数 β

耐力壁の層数	1	2	3
限界アスペクト比 r_c (上端固定の場合)	0.5 (1.0)	0.91	1.1
低減係数 β	r_c/r		

7 条 床と屋根スラブ

1. 床と屋根が地震力や風圧力による水平力を耐力壁に伝達できるダイヤフラムとなるように RC 造スラブまたはそれと同等の構造とすること。
2. ダイヤフラムのない場合は、連続する臥梁（結合梁）を設けること。

4. おわりに

今後は ASEP と協力し、ガイドラインがフィリピンの構造基準として公式化され実務で用いられるようにする活動を続ける予定である（詳細はその 12 の 3. 今後の展望と課題を参照）。なお、ASEP はフィリピンの構造基準を作成する実質的な団体である。

*1 北海道大学名誉教授
*2 国際協力機構
*3 よねざわ工業
*4 北海道建築技術協会
*5 北海学園大学
*6 五洋建設株式会社
*7 札幌市立大学

*1 Professor Emeritus, Hokkaido University
*2 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*3 Yonezawa Industry Co., Ltd.
*4 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)
*5 Hokkai-Gakuen University
*6 Penta-Ocean Construction Co., Ltd.
*7 Sapporo City University

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究

その14 階高充填施工による壁体からサンプリングした組積体の圧縮強度と壁脚部の重ね継手の付着耐力の検証

正会員 ○石川 茉佑香*1 正会員 植松 武是*2
 同 石山 祐二*3 同 米澤 稔*4
 同 西川 忠*5 同 檜府 龍雄*6
 同 青野 洋之*7 同 吉野 利幸*7

補強コンクリートブロック フィリピン 補強筋
 重ね継手 付着 階高充填

1. はじめに

現状の発展途上国現状の技術力に配慮し、現場での曲げ加工などの取り扱いが容易な D10 や D13 を活用した補強コンクリートブロック（以下、「CB」）造の構造形式や設計・施工法の提案に向けた取り組みの一つとして、著者らは CB 空洞部における重ね継手の付着耐力の検証を行った¹⁾。今回、階高充填工法によりモルタルを充填した実大の補強 CB 造壁体²⁾からサンプリングした組積体の圧縮強度試験と、同壁体脚部における重ね継手の付着強度試験を実施することができたのでここに報告する。

2. 試験体の概要

実大壁体の外観を写真1に示す。詳細は参考文献2)のとおりである。切り出した組積体と、付着試験を実施した重ね継手縦筋の箇所を図1に示す。また、切り出した組積体の外観を写真2に、研り出した重ね継手縦筋の外観を写真3と4に示す。付着耐力試験は壁体の下からCB2段目までが重ね継手長さ390mmとなる縦筋を対象とした。

3. 組積体の圧縮試験

(1) 実験方法

切り出した組積体の上端と下端にモルタルキャッピングを施し、新聞紙・加圧板を介して単調加力を加えた。上段と下段のフェイスセル中央間の距離の変化量をひずみ変換型変位計により、また、中断のフェイスセル中央部のひずみをひずみゲージにより計測した。加力状況を写真5に示す。

(2) 実験結果

①破壊性状

加力終了後に各試験体を解体し、空隙部の充填状況を確認した。いずれの試験体においても、空隙部がある部分のフェイスセルに亀裂が発生する傾向があった。一例を写真6に示す。

②最大圧縮強度

各試験体の圧縮強度を図1に示す。試験体aは空隙が著しく大きく、試験体hはキャッピングが不十分であった。これらを除く、空隙や偏心の影響が少なかったと判断できる他の試験体の最大圧縮強度において、目地の違いに

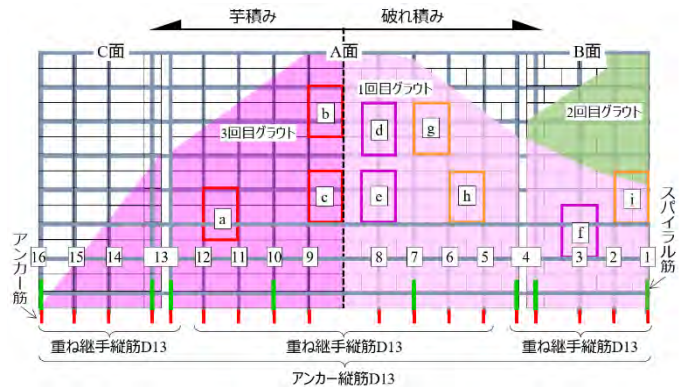


図1 階高充填施工による実大壁試験体からの組積体サンプリング箇所(a~i)と重ね継手付着試験箇所(1~16)



写真1 階高充填施工による実大壁の外観 写真2 切り出した組積体



写真3 重ね継手縦筋の研り出し状況 写真4 研り出した重ね継手部の重ね継手部(No.10)



写真5 圧縮加力時 写真6 ひび割れと空隙(試験体a)

Study on Advantages and Possibility of Reinforced Concrete Block Structures in Global Perspective
 Part 14. Verification of Compressive Strength of Prism Specimen and Adhesive Strength of Lap Joints Sampled from a Full-scale Masonry Wall

ISHIKAWA Mayuka, UEMATSU Takeyoshi,
 ISHIYAMA Yuji, YONEZAWA Minoru,
 NISHIKAWA Tadashi, NARAFU Tatsuo,
 AONO Hiroyuki, YOSHINO Toshiyuki

よる影響は認められなかった。また、これらの最大圧縮強度は、使用したCBの正味全断面圧縮強度 12.8N/mm^2 をいずれも上回っていた。

4. 重ね継手縦筋の付着耐力試験

(1) 実験方法

実験方法を図2に、実施状況を写真7に示す。

(2) 実験結果

各試験体の引張強さを図3に示す。No.15, No.16についてはモルタルの充填が不十分であったため耐力が発現しなかった(写真8参照)。No.1~4とNo.14においては、縦筋ではなく縦筋に溶接したD16(ねじ切り有り)の圧接溶接部近傍で破断したが、引張強さはD13の降伏耐力を上回った。No.5~8とNo.9~12については、いずれもD10が破断し、D10の引張強さは降伏耐力を上回っており、重ね継ぎ手部の損傷は無かった。

No.13については、スパイラル筋を施した空洞部のモルタルの充填度を確認するためにCBのフェイスシェルを研り取ってあったため、相応の耐力が発現していたものの、十分な靱性を確保できずに耐力低下に至った。

5. まとめ

階高充填壁体からのサンプリングした組積体の圧縮試験より、①少量の空隙であれば空隙により強度が大きく低下することはなくCBの正味全断面圧縮強度を確保できること、及び、②階高充填に関しては芋目地や破れ目地の違いは見られず、フィリピンで主流とされる破れ目地での施工においても強度的に問題無いことが確認できた。また、同壁体の重ね継手部の耐力試験より、①CB中央空洞部とCB端部空洞部(縦目地有り)のスパイラル筋の位置が異なることによる引張強さの違いや、②スパイラル筋の有無による補強効果の差は見られないことが確認できた。また、モルタルの充填が十分であった重ね継ぎ手の引張強さは、全て縦筋D10あるいはD13の降伏耐力を上回ることが確認できた。

なお、一連の実験の実施に際しては北海学園大学の五十嵐未来・池尻拓磨・船越瑠惟・松野晃大(以上、当時4年生)、林大貴(当時2年生)諸氏の献身的な協力を得た。ここに記して深謝の意を表す。

参考文献

- 西川忠, 植松武是, 石山祐二他: 国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 (I1 D10 および D13 を対象としたブロック空洞部における重ね継ぎ手の付着強度及びせん断強度試験: 実験概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.771-772, 2021.9
- 米澤稔, 植松武是, 石山祐二他: 国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 (その9 合理的な施工を目指した試験施工の概要報告), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.767-768, 2021.9

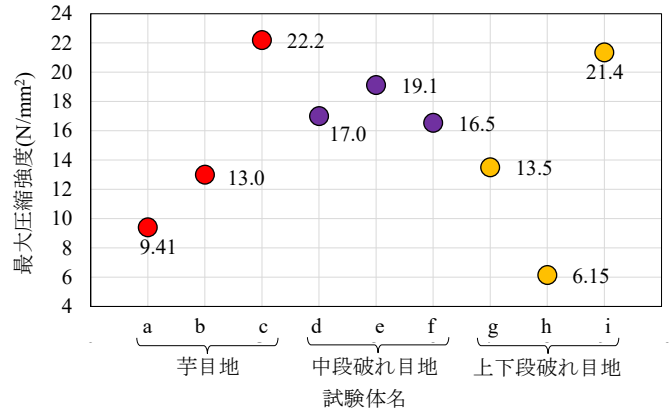


図1 各試験体の最大圧縮強度

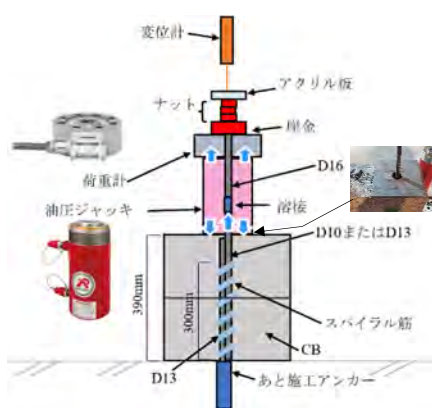


図2 付着耐力試験の実施方法

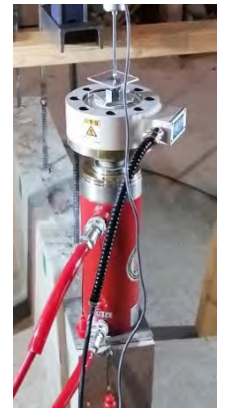


写真7 付着耐力試験の実施状況



写真8 No.15のモルタル充填状況



写真9 No.16のモルタル充填状況

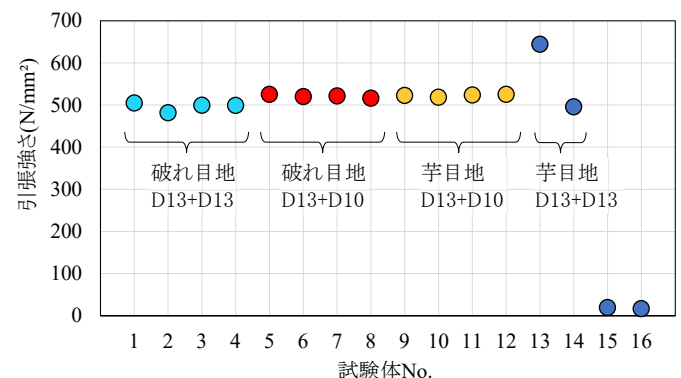


図3 各試験体の引張強さ

*1 北広島市役所
 *2 北海学園大学
 *3 北海道大学名誉教授
 *4 よねざわ工業
 *5 札幌市立大学
 *6 国際協力機構
 *7 北海道建築技術協会

*1 Kitahiroshima City Hall
 *2 Hokkai-Gakuen University
 *3 Professor Emeritus, Hokkaido University
 *4 Yonezawa Industry Co., Ltd.
 *5 Sapporo City University
 *6 Japan International Cooperation Agency (JICA)
 *7 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究
その15 平屋耐力壁の限界アスペクト比の検証実験

空洞コンクリートブロック フィリピン 耐力壁
浮き上がり 限界アスペクト比 鉛直力

正会員	○植松 武是*1	正会員	石川 菜佑香*2
同	石山 祐二*3	同	米澤 稔*4
同	西川 忠*5	同	檜府 龍雄*6
同	白川 和司*7	同	吉野 利幸*8

1. はじめに

本プロジェクトで策定を進めている補強空洞コンクリートブロック (Reinforced Concrete Hollow Block : RCHB) 造の壁体に関する構造規定の一つに、限界アスペクト比 r_c (=壁体の高さ h /壁体の幅 b) がある。これは、壁体の浮き上がりに対する安全側の配慮として、①壁体の引張耐力による拘束、②縦筋の引張力による拘束、③あと施工アンカーに定着した縦筋と壁体端部補強筋との定着を無視し、壁体に作用する鉛直力 W によって壁体の浮き上がりを生じさせないようにするための壁体形状の規定である(「その13」参照)。本提案では、壁体の層数や拘束条件に応じた限界アスペクト比 r_c を示しており、上端固定となる厚さ 150mm の RCHB 造 1 層耐力壁については $r_c = 1.0$ を提案している。本報では、当該基準値の妥当性を検証することを目的として実施したコンクリートブロック (CB) 壁体の水平加力実験の結果を報告する。

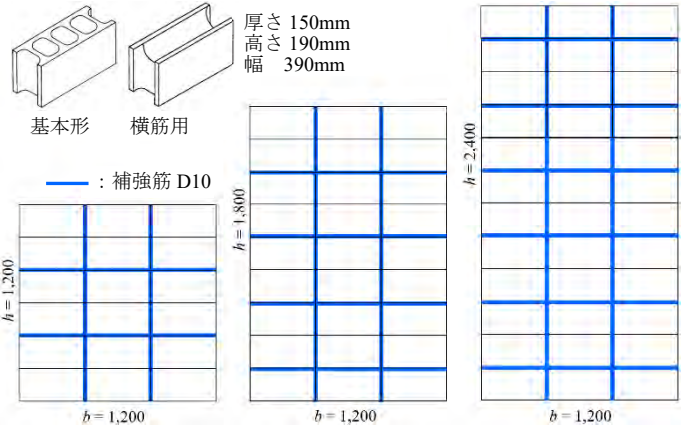
2. 試験体と実験方法

(1) 試験体

B 種の CB を目地厚さ 10mm として組積した試験体 A (アスペクト比 $r_A=1.0$)、試験体 B (アスペクト比 $r_B=1.2$)、試験体 C (アスペクト比 $r_C=2.0$) を実験対象とした。壁体の幅 b はいずれも 1,200mm で、モルタルは配筋部分にのみ充填した。試験体数は各 1 体である。使用した CB と試験体の概形を図 1 に示す。

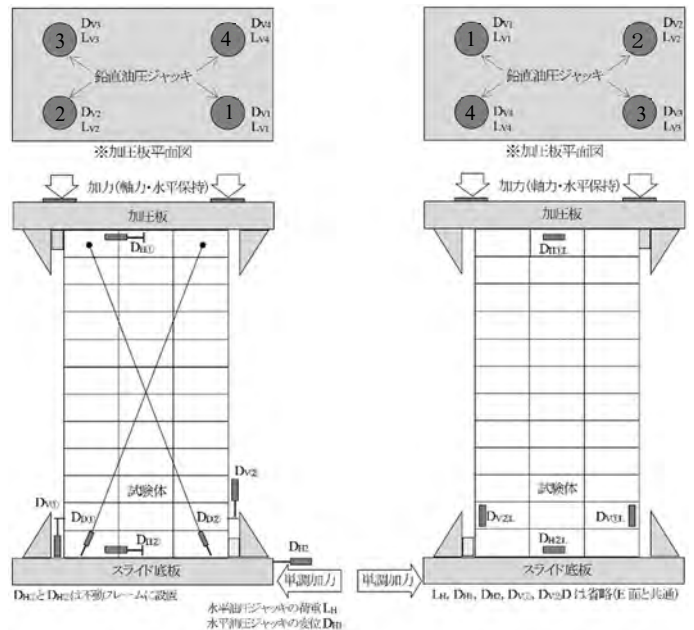
(2) 実験方法

実験方法の概要を図 2 に示す。4 本の油圧ジャッキにて加圧板の平行を保ちつつ、試験体に終始一定の鉛直荷重 56.25kN (4 本の油圧ジャッキの総荷重) を作用させ、試験体下端のスライド底板を水平方向に単調加力し、試験体頂部と脚部に水平変位差を発生させた。この時、試験体の頂部と脚部は試験装置に緊結しない。設定した鉛直荷重は、1 層耐力壁を対象に、限界アスペクト比 r_c 算出時と同様に、設計荷重 $w=10\text{kN/m}^2$ 、必要壁率 $p_R=0.008$ 、当該壁体 (x 方向壁体) と直交壁 (y 方向壁体) の耐力壁量の比率 $\alpha_y/\alpha_x=3.0$ と仮定して算出した値である。ひずみ変換型変位計とレーザー変位計の設置個所を図 2 に併記する。なお、レーザー変位計は試験体 B と試験体 C の加力



(1) 試験体 A (2) 試験体 B (3) 試験体 C

図 1 使用した CB と試験体の概形



(a)E 面(頭文字 D:変位計, 頭文字 L:荷重計) (b)W 面(全てレーザー変形)

図 2 実験方法の概要

時のみ、W 面へ設置した。

3. 実験結果

試験体 A は、アスペクト比 $r_A=1.0$ 、即ち、限界アスペクト比 r_c となる仕様であり、浮き上がりが生じる前にせん断亀裂が発生した(写真 1)。亀裂発生時の平均せん断応力度 τ は 0.62N/mm^2 であり、限界アスペクト比 r_c 算出時の設

定値である短期許容せん断応力度 $\tau_1=0.25 \text{ N/mm}^2$ を大きく上回っていたことから、構造規定（案）において設定した必要壁率と限界アスペクト比 r_c を満たす耐力壁については、あと施工アンカー等による壁体端部補強筋の定着がなくても浮き上がりは発生しないこと、及び耐力に余裕のあることを確認できた。以降、スライド底板の変位の増大に伴って試験体の回転変形も顕著になり（写真 2）、モルタルが充填されていない隅部の CB が圧壊した。

試験体 B と試験体 C のアスペクト比は提案している限界アスペクト比 r_c を上回っており、いずれの試験体においても壁体の浮き上がり（回転変形）が卓越する変形状態が続く結果となり、空洞部にモルタルが充填されていない隅部 CB の圧壊も生じ、せん断亀裂が発生することは無かった（写真 3, 4）。なお、この回転変形が続く時の平均せん断応力度は、試験体 B では概ね 0.42 N/mm^2 、試験体 C では 0.33 N/mm^2 程度であった。構造規定（案）では、アスペクト比 1.5 となる試験体 B については D16 のアンカー筋、アスペクト比 2.00 となる試験体 C については D19 のアンカー筋による壁体端部補強筋との定着が必要となることを解説している。なお、試験体 C において、軸力を 1.5 倍にしての再加力を試みたが、結果は同じであった。試験体 C の水平加力中の鉛直荷重の推移を図 3 に示す。マニュアル制御のため変動があるが、水平加力中も目標値を保持しており、他の試験体においても同様であった。

回転（浮き上がり）の発生条件と実験結果との整合を図 4 に示す。試験体 A は浮き上がりの生じない領域にあり、亀裂が生じることで回転領域に移行したことがわかる。試験体 B と C はほぼ浮き上がりが発生する条件上で回転が生じ続けていたことがわかる。

4. まとめ

鉛直力 W を考慮した限界アスペクト比 r_c 以内となるプロポーションの耐力壁においては、浮き上がりが発生することなく壁体の耐力を発揮できること、更には余力があることを確認できた。なお、構造規定（案）では、施工性の向上を図るために、縦筋や壁体端部補強筋の定着にあと施工アンカーの使用を認めており、あと施工アンカーに定着した縦筋と壁体端部補強筋との重ね継手の構造耐力の性能検証も一連のプロジェクトの中で実施してきている。

参考文献

1) 西川忠, 植松武是, 石山祐二他: 国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 (I1 D10 および D13 を対象としたブロック空洞部における重ね継手の付着強度及びせん断強度試験: 実験概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), pp.771-772, 2021.9

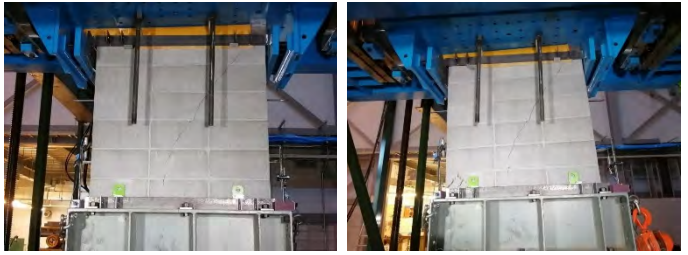


写真 1 試験体 A の対角方向の亀裂(W面)



写真 2 試験体 A の加力終了時の亀裂(W面)



写真 3 試験体 B の加力終了時の亀裂(W面)



写真 4 試験体 C の加力終了時の亀裂(W面)

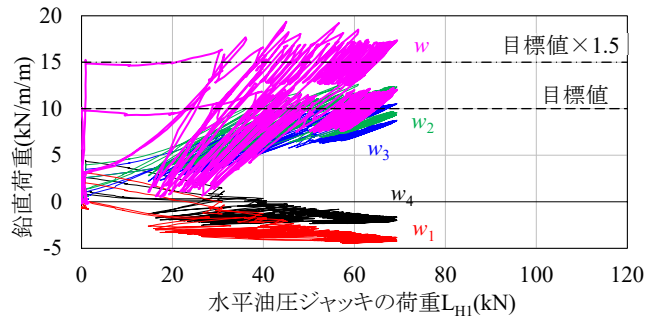


図 3 試験体 C の水平加力時の鉛直荷重の推移

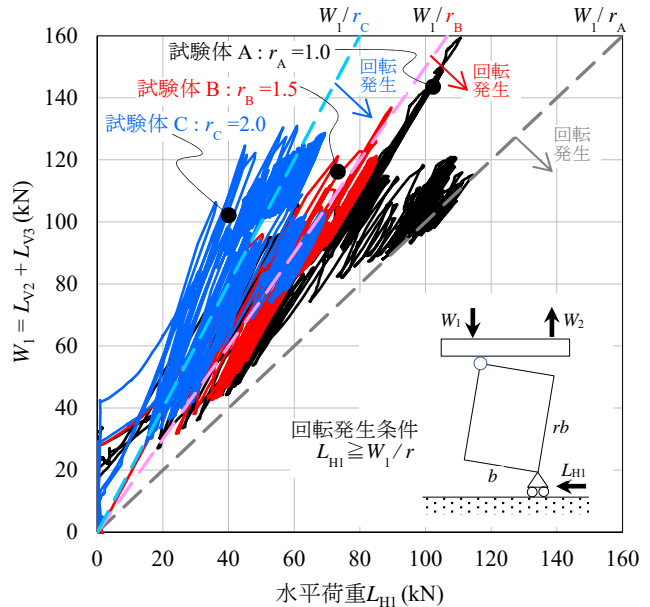


図 4 回転（浮き上がり）の発生条件と実験結果との整合

*1 北海学園大学
*2 北広島市役所
*3 北海道大学名誉教授
*4 よねざわ工業
*5 札幌市立大学
*6 国際協力機構
*7 五洋建設
*8 北海道建築技術協会

*1 Hokkai-Gakuen University
*2 Kitahiroshima City Hall
*3 Professor Emeritus, Hokkaido University
*4 Yonezawa Industry Co., Ltd.
*5 Sapporo City University
*6 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*7 Penta-Ocean Construction Co., LTD.
*8 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究

その16:コンクリート空洞ブロックの製品規格における乾燥収縮率の規定と試験結果

コンクリート空洞ブロック 乾燥収縮率 フィリピン
NSP ASTM C90 セメントペースト量 火山礫

正会員 ○吉野 利幸 *1 正会員 檜府 龍雄 *4
同 北垣 亮馬 *2 同 石山 祐二 *5
同 米澤 稔 *3 同 白川 和司 *6

1. はじめに

その6¹⁾では、フィリピンのコンクリート空洞ブロック(以下、ブロックと言う)の国家規格である PNS と日本の JIS を比較し、JIS 製品の厚さ 15cm の B (12) が PNS の同等種の規格値をほぼ満足することを報告したが、乾燥収縮率については JIS に規定がないため比較できなかった。

ここでは、日本のブロックの乾燥収縮率が PNS 規格値と比較してどのような位置にあるのかを把握するとともに、火山礫(灰)を骨材としているフィリピンの参考に資する目的で行った試験結果について報告する。

2. ブロックの製品規格における乾燥収縮率の規定

フィリピンでは 2019 年 10 月のミンダナオ島群発地震によるブロックを用いた建築物の被害を契機に、ブロックの製品規格(PNS)を改訂し、アメリカの ASTM を導入して新しい製品規格とした(PNS ASTM C90、PNS ASTM C129)。改定以前の製品規格(PNS 16.1984)にはブロックの乾燥収縮率に関する規定はなかったが、導入した ASTM には乾燥収縮率に関する規定がある。フィリピンではブロックの建設資材認証品への指定を予定しており、いずれ、乾燥収縮率もこの規定を満たすことが求められよう。

日本の製品規格である JIS A 5406 には 1952 年の制定時から現在まで乾燥収縮率に関する規定は見当たらない。

3. コンクリートブロックの乾燥収縮試験

(1) 試験方法

ASTM C 426-16 を参考に、長さ変化測定を JIS A 1129-3 に準じて行った。気乾状態の試験体を 20±2°C の水中に 48 時間浸漬したのちに長さを測り、基長とした。その後、20±2°C、湿度 60±5% の室内に放置し、直前の長さ測定値との変化率(乾燥収縮率の差の変化)が 0.002% 以下になるまで、試験開始からの 3 日間は毎日、その後は概ね 7 日間毎に長さ測定を行った。

(2) 試験体

骨材として火山礫および普通骨材を用いたものをメーカーから取り寄せた。ブロックの種類は A (08)、B (12)、C (16) の厚さ 15cm (一部 12 cm) である。なお、試験開始までの材齢や保管環境は異なっている(表 1)。

全形のブロックのフェイスシールの中央付近から、長

表 1 試験に用いたブロックの種類

試験体記号	種類	厚さ(cm)	メーカー	骨材	試験体材齢
AX	A(08)	15	X社	火山礫 T	約 1.3 年
BX	B(12)	15		火山礫 T	約 0.8 年
CX	C(16)	15		火山礫 T + 浜砂	約 1 年
BY	B(12)	12	Y社	火山礫 H + 砂	約 3.9 年
CZ	C(16)	15	Z社	砂+砂利	約 0.3 年

さ 390mm×幅 100mm×フェイスシール厚さ約 27mm の大きさで切り出したものを試験体とした。長手方向の両端面の中心にコンクリートドリルを用いて φ6×25mm の孔をあけ、ゲージプラグ(プラグ長 30mm)を接着剤を用いて埋め込み固定した。

4. 実験結果および考察

乾燥収縮率の測定結果を図 1 に示す。BY が最も大きい乾燥収縮を示したが PNS の規格値(650×10⁻⁶)以下であった。乾燥収縮率は概ね密度(BY>AX>BX>CX>CZ)に比例している。乾燥収縮率はある一定程度以下の空隙径以下の飽和度に比例するので、試験体の密度が異なることから、それに依存する空隙分布が異なることに起因すると考えられる。このことから、基本的にはコンクリートブロックの空隙分布に依存していると考えられ、一般的なコンクリートと同等の考え方で乾燥収縮率を整理できる可能性が高いと思われる。

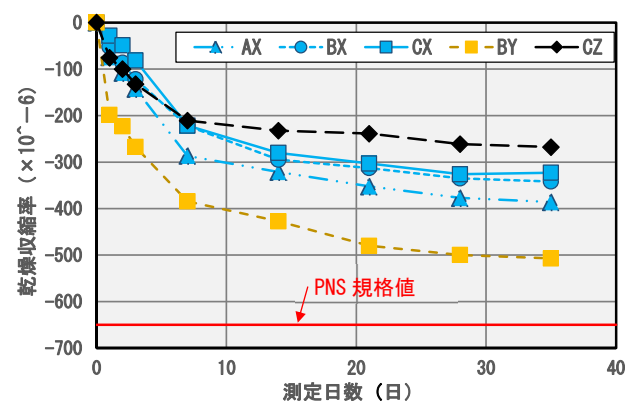


図 1 乾燥収縮率測定結果

コンクリートの乾燥収縮率はコンクリート中のセメントペースト量（以下、ペースト量という）と良好な直線関係にあることが知られていることから、ここでも同様の整理を試みる。表1に示したブロックの配合上のペースト量と乾燥収縮率を表2に、ペースト量と乾燥収縮率の関係を図2に示す。

ブロックの乾燥収縮率はペースト量と骨材の種類・量の2つの指標に依存する傾向が見られる。使用骨材が普通骨材や火山礫Tの場合は、ペースト量に依存しており、ペースト量が同じ場合、普通骨材と比較して火山礫Hの乾燥収縮率は2倍以上大きい。また、火山礫Tの場合はペースト量が少ないほど、すなわち骨材量が多いほど乾燥収縮率が大きくなる傾向が見られる。

乾燥収縮率は骨材の弾性係数も関係すると言われており、弾性係数が骨材密度に依存するとした場合、火山礫Hの密度（粒径5~10mmで絶乾密度1.15）²⁾は火山礫T（粒径10mm以下で1.90）より小さいため、このような結果になったのではないかと考えられる。骨材密度によっては骨材種別の方がペースト量の違いよりも乾燥収縮率に及ぼす影響は大きくなる可能性がある。

図3は、既往の仕入の実験結果^{3),4)}を示したものである。仕入の実験では、ペースト量による乾燥収縮率の違いよりも骨材の組み合わせによる違いが顕著である。また、本実験での結果と同様、火山礫骨材量が多いほど乾燥収縮率は大きい。

表2 ブロックのペースト量と乾燥収縮率

記号	AX	BX	CX	BY	CZ
骨材	火山礫T		火山礫T +浜砂	火山礫H +砂	砂+砂利
ペースト量 (°/vol)	34.4	36.5	30.0	17.5	18.3
乾燥収縮率 ($\times 10^{-6}$)	386	342	323	507	268

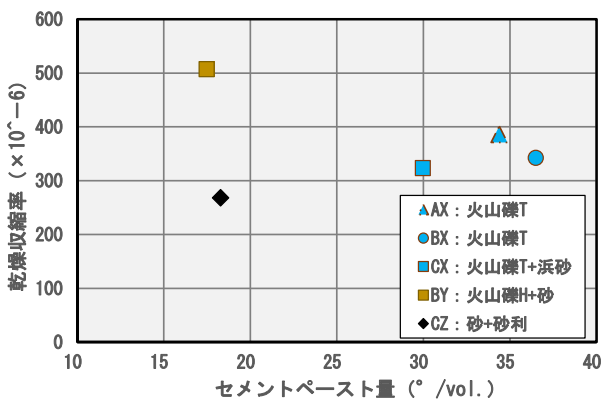


図2 ペースト量と乾燥収縮率の関係

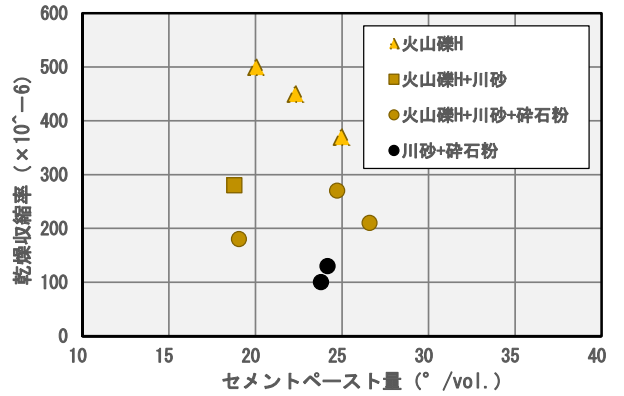


図3 仕入の実験でのペースト量と乾燥収縮率の関係

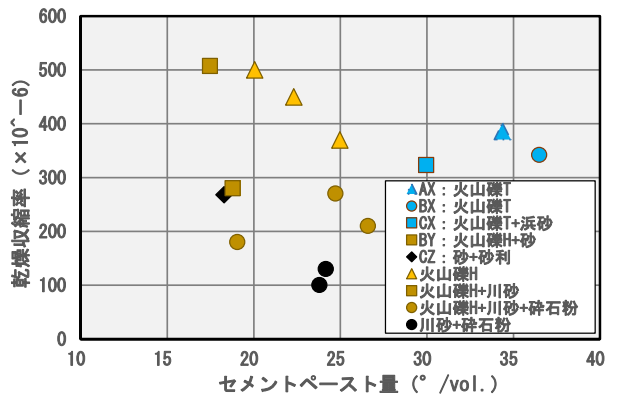


図4 本実験結果と仕入の実験結果

図4は本実験結果と仕入の実験結果を併せて示したものである。これらの結果から、ブロックの乾燥収縮率はペースト量と骨材密度・量に依存し、ペースト量が多いほど、火山礫骨材を用いた場合は骨材密度が小さく骨材量が多いほど乾燥収縮率は大きくなると言えそうである。

5. まとめ

本実験結果は次のようにまとめられる。

- ・所定の性能が得られる養生後のブロックの乾燥収縮率は $100\mu \sim 510\mu$ 程度と考えられる。
- ・ブロックの乾燥収縮率はペースト量と骨材密度・量に依存し、ペースト量が多いほど、火山礫骨材を用いた場合は骨材密度が小さく骨材量が多いほど大きくなる。

[参考文献]

- 1) 吉野利幸ほか：国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究(その6:フィリピンの製品規格の改訂と日本の規格との比較)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、2021年9月
- 2) 白山和久：人口軽量骨材の性質、コンクリートジャーナル、1966年12月、Vol.4、No.12、pp.13-19
- 3) 仕入豊和：軽量コンクリートの収縮に関する研究、日本建築学会論文報告集、第66号、昭和35年10月、pp.77-80
- 4) 仕入豊和：コンクリートブロックの乾燥収縮について、日本建築学会関東支部研究報告、昭和35年12月、pp.37-40

*1 北海道建築技術協会
*2 北海道大学
*3 よねざわ工業
*4 国際協力機構
*5 北海道大学名誉教授
*6 五洋建設

*1 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)
*2 Professor, Hokkaido University
*3 Yonezawa Industry
*4 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*5 Professor Emeritus, Hokkaido University
*6 Penta-Ocean Construction

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究
その17. コンクリートブロック製造法の特徴

コンクリートブロック	硬練り	振動締固め	正会員	○青野 洋之 *1	正会員	吉野 利幸 *1
即時脱型	気中蒸気養生		名誉会員	石山 祐二 *2	同	植松 武是 *5
			正会員	檜府 龍雄 *3	同	白川 和司 *6
			同	米澤 稔 *4	同	西川 忠 *7

1. はじめに

ここでは、JIS A5406 に規定される建築用コンクリートブロック（主として建築物の壁、基礎、塀、門柱その他に用い、配筋のための空洞をもつコンクリートブロック）の製造法の特徴について説明する。

2. ブロックの標準的な製造工程

(1) 計量（計量機）

骨材（砂、砂利）、水、混和材、顔料（着色の場合）等の材料はそれぞれの計量機により自動計量される。

(2) 混練（ミキサー）

計量された材料はミキサーにより 1 バッチ当たり約 4～5 分間混練され超硬練りのコンクリートとなる。

(3) 成形（ブロック成形機）

混練されてまだ固まっていないコンクリートは即時脱型方式によりブロック形状に成形される。世界水準の最速マシンは毎分 8～10 サイクルの成形能力をもつ。

(4) 初期養生

成形された生のブロックは養生室内で時間、温度、湿度の自動制御の下、短時間で養生され硬化する。

(5) 組積（組積機）

養生後のブロックは組積機で出荷状態に組積みされる。

(6) 二次養生

製品置き場で一定期間養生した後に出荷する。

3. ブロックの製造方法の主な特徴

(1) 硬練りコンクリートによる振動締固め成形

コンクリートブロックは通常、スランプゼロの超硬練りコンクリートを使用し、強力な振動機構を有する成形機による締固め成形後、ただちに型枠から取り出す即時脱型方式により製造される。この場合のコンクリートは握り締めると固形化する程度の硬練りである。

コンクリートが構造物に使用されるようになり、1930

年頃から振動機による締固めの研究が進み、それによってスランプゼロのコンクリートが一般に使われるようになった。それ以外の締固め方式に比べて

- ・コンクリートの打ち込み、締固めが容易。
- ・量産が可能、コストの低減。
- ・水セメント比が小さく、強度、耐久性、水密性が大きい。
- ・コンクリート中の空隙が減少し、稠密で均質な充填が可能。
- ・ユニットごとの品質が均一で、外観（美観）がきれいなどの利点がある。

表1 コンクリートブロック（C種）の標準的配合例

材 料	配合量
セメント（注）	220kg
砂利	657kg
砂 1	1095kg
砂 2	438kg
水	88ℓ
計（水を除く）	2410kg
（注）正味体積に対し m^3 当りの最小使用量	

(2) 気中養生

ブロックの初期養生は気中蒸気養生方式が一般的である。ここでは国内で採用されている標準的な初期養生パターンについて説明する。成形、即時脱型後養生室にて高温、高湿度（一般的には最高温度 65～70℃、湿度約 100%が適当とされる。）で養生される。初期養生は時間により以下の 4 段階の温度変化を経過する。

（図 1）

- ・前養生：蒸気を通さずに室温に置く（約 3～6 時間）
- ・温度上昇：約 3 時間で温度を 65～70℃迄上昇させる
- ・最高温度維持：65～70℃の状態を 2～3 時間維持する。
- ・温度降下：最高温度から室温に迄徐々に温度を下げる。

初期養生を終えたブロックは養生室から搬出し屋外のストックヤードで2次養生に移る。一定の二次養生期間を経て出荷される。

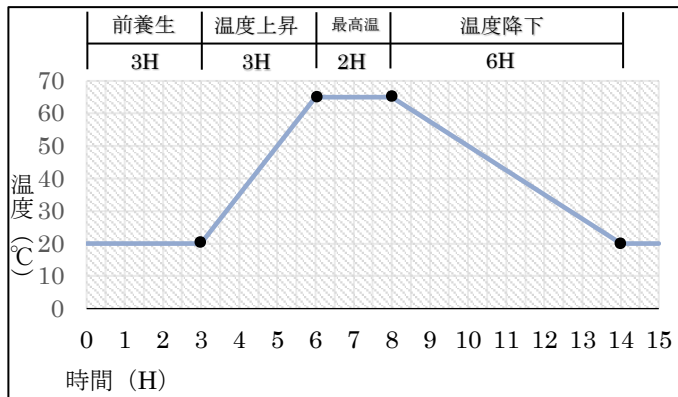


図1 標準的な初期養生の温度時間曲線

コンクリート（例えばスランプ6～8cmのプレキャスト製品）の場合も基本的には養生方法は同じであるが、脱型前の鋼製型枠一体での養生の為、即時脱型のブロックに比べて熱効率が悪く、初期養生時間が長い。即時脱型方式は初期養生時間を短縮し、コンクリートブロックの一層の大量生産を可能にした。

(3) 材料としての廃棄物や火山灰の利用

・フライアッシュ：コンクリートブロックの材料としては流動性と水和熱の向上、アルカリ骨材反応の抑制等に効果が認められているが、まだ広く一般的に採用されているとは言えない。ブロック業界で配合比や効果の研究がさらに進み、広く使用されることが期待される。

・火山灰：国内でも海外でも火山灰の利用法は長い間検討され、ブロックの材料としても研究されてきた。近年国内のブロックメーカーによって火山礫を材料として試作研究が行われ、配合次第ではJIS A5406規定の圧縮強さ区分A (08) , B (12) , C (16) を上回る強度が出るこ

とが実証されているが、火山灰はその粘性と微粉状ゆえに、ブロックの材料として使用しにくいとされている。実用化に向けた更なる試行が期待される。

(4) コンクリートブロック製造設備

2で述べた(1)計量から(5)組積までの一連の工程を全自動で行う設備が主流である。国産大型機の場合1台の設備（現場スタッフ3～4名）で1日約5万個以上（JIS 10cm厚ブロック換算/8時間稼働）の生産能力がある。

また、1台の型枠の耐用サイクル（脱型回数）は成形条件により異なるが、国内では約3～5万サイクルとされる。

ミキサーや型枠の清掃で洗浄水を使用しないため大掛かりな排水設備は不要である。

開発途上国向けには小型機1台（現場スタッフ3～4名）で7千個（同上条件）クラスのマシンが多い。自動でない工程があるため生産能力は低くなり、大型設備並みの現場スタッフ数が必要となる。

国産機含め、世界最新鋭の設備（自動型枠交換装置搭載）では1台のマシンで建築、化粧、土木ブロック、インターロッキングブロック等多品種製品が全自動で製造できるものが主流となっている。

4. おわりに

建築用コンクリートブロックの製造は、スランプゼロの超固練コンクリートを材料とする、強力な振動装置を備えた高速即時脱型式マシンにより、均一で高品質なブロックの量産が可能になっている。ブロック造の優位性は2011年の東日本大震災によっても実証されている。優れた建築材料としてのコンクリートブロックが内外で広く認識され、さらに活用されることが期待される。

*1 北海道建築技術協会
 *2 北海道大学名誉教授
 *3 国際協力機構
 *4 よねざわ工業
 *5 北海学園大学
 *6 五洋建設
 *7 札幌市立大学

*1 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)
 *2 Professor Emeritus, Hokkaido University
 *3 Japan International Cooperation Agency (JICA)
 *4 Yonezawa Industry
 *5 Hokkai-Gakuen University
 *6 Penta-Ocean Construction
 *7 Sapporo City University

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究 その18 提案工法の長期的なCO₂排出量

コンクリートブロック 国際的視野 フィリピン
ライフサイクル CO₂排出量 製造施工段階

正会員 ○白川 和司 *1 正会員 檜府 龍雄 *5
同 石山 祐二 *2 同 前島 彩子 *6
同 米澤 稔 *3 同 吉野 利幸 *7
同 古山 由佳 *4 同 青野 洋之 *7

1. 背景と目的

その18では提案工法の環境性能をCO₂排出量の観点から検討する。提案工法のコンクリートブロック(以下CHB)造の環境面の優位性を明らかにすることができれば、現地の政府や企業に対しては責務やイメージ戦略の面から受け入れを促す要素になり、建物利用者に対しては運用時の消費エネルギー削減及びこれに関わる費用削減という継続的な利益享受の可能性が示される。

本稿ではCHB躯体の製造段階のエネルギー消費量を明らかにしたうえで提案工法の長期的な環境性能の特徴を考察する。

2. CHB製造段階のエネルギー消費量

CHB製造段階のエネルギー消費量は、CHBメーカーと成形マシンメーカーへのヒアリングをもとに整理した。

製造工程(図1)より、工場内でエネルギーを消費する要因として「成形」のミキサー、成形機が電力を、「養生」の熱源としてA重油を、材料や製品の「運搬」のショベル、リフトが軽油を使用している。以上の消費量を整理することでCO₂排出量が得られる。なお、工場内での再利用材は現時点ではない。国内では製品運搬に木パレットを使用することが多いが、フィリピンでは日本と同程度の生産施設を備えた企業で使用されていたものの、今回想定する製造能力を下回る企業では手積手卸作業であったことから、木パレットは使用しないものとした。

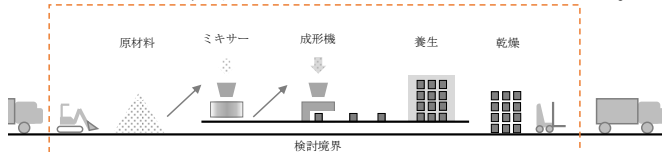


図1 CHBの製造工程と検討境界

製造段階におけるエネルギー消費量を表1にまとめた。成形マシンは、フィリピンへの導入を意識して、日本で利用されているものより能力が低いものとしている。実際の消費動力は把握が困難であることを踏まえて、今回のCO₂排出量の把握においては、機械性能による数値の85%の変動を見込んだ値として用いることが適当と考えた。

国内では気候条件により燃料(A重油)を用いた加熱湿潤養生が行われる。高温湿潤な気候のフィリピンであれば、燃料は

不要と考えている。

工場内の材料、製品の運搬は、軽油を燃料とするリフトおよびショベルの使用による経験値および工場実績から算定している。フィリピンでは、手作業としている。CHB成形マシンの本体は償却期間が20年程度と長く、機能通りに可動することを前提とすると、組積ユニット単位に係る製造エネルギーは無視できるほど小さいため、算入しない。

表1 製造段階のエネルギー消費量(CHB1万個)

	消費量	備考
金型	6.25 kg	
成形動力	670 kWh	3個×240サイクル/h。変動を見込み左記を85%換算した788kWhを用いる。
A重油	140 L	フィリピンでは不要
軽油	35 L	フィリピンでは手作業代替と想定

※成形動力の消費電力には、ミキサー、コンベア等が含まれる

3. 提案工法のCO₂排出量

フィリピンの典型的な住宅として、国家住宅局(NHA)のモデル住宅(図2)を提案工法と現地のCHB造用いられている工法で建設した場合を取り上げ、ライフサイクルCO₂排出量を比較する。

3.1 年間消費一次エネルギーの仮定

フィリピンの住宅の運用時のエネルギー消費に関しては、電気、LPG、ケロシン等が用いられている。ここでは、運用時のエネルギー消費のうち、外壁の熱貫流抵抗に影響されるエアコンの電気消費量だけを用いてCO₂排出量の比較を行った。調査時点では、エアコンの普及率が少ないものの、2015年の大和総研の調査⁵⁾によれば、フィリピン全国平均で10%、マニラでは34.2%となっており、都市部を中心に普及が進んでいる。こうした傾向が、一人当たりGDPの増加に伴い、さらに進んでいくものと予測されている。なお、フィリピン政府が実施した世帯での一次エネルギー使用量の状況⁴⁾を表2に示す。

3.2 分析結果

材料数量によるCO₂排出量は、現地工法はNHAの設計仕様、提案工法は提案設計仕様に基づいて算出した、その5の値を用いる。製造時のCO₂排出量は2.の結果、運用時のCO₂排出量は、エアコン使用による電気消費量を現地

工法（全充填）の値とし、提案工法（空洞あり）との熱貫流抵抗値の差（現地工法：0.16、提案工法：0.22）⁶⁾から、現地工法では2Hp(5KW)のエアコンを想定した上で、モデル住宅で外壁による熱負荷が1KW程度減少することから、提案工法では1.5Hp(4KW)のエアコンを想定して電気消費量見合いの運転時間を算定し、同様の運転時間でのCO2排出量を比較している(図3及び図4)。なお、図3において、現地工法の施工時の合板型枠、提案工法の工場製造時の金型と動力と施工時の合板型枠は全体に占める割合が小さいためグラフには含めていない。この図から、提案工法の製造施工段階のCO2排出量は、現地工法の半分程度であることが確認できる。さらに、図3、図4から、提案工法による熱貫流抵抗値の差により、エアコンの電気消費量が減少し、10年で30%程度のCO2排出量の低減が予測される。さらに、耐用年数の仮定を反映して40年間で見込まれるCO2排出量の推移では、40年の積算値で25%程度の削減が予測される。



図2 NHAモデル住宅（左：現地工法 右：提案工法）



図3 提案工法と現地工法の製造施工段階及び運用段階のCO2排出量

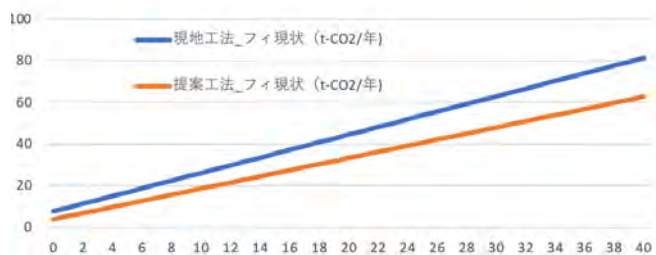


図4 提案工法と現地工法の40年間のCO2排出量

表2 フィリピンの世帯での電気消費量

項目	年間消費量(KWh)	回答者の割合(%)
蛍光灯	132	80
白熱灯	79	53.4
電球型蛍光灯	63	36.9
カラーテレビ	210	80.4
白黒テレビ	92	4
録画機、DVD、CD等	55	24.7
ステレオ	243	
カセット	79	20
ラジオ	80	
カラオケ等	399	12.8
扇風機	296	66.2
エアコン	3914	5.9
アイロン	95	51.3
冷蔵庫	1250	40
冷凍庫	2400	
洗濯機	100	27
炊飯器	223	15.8
(その他参考)		
LPG (料理)	99kg	100
ケロシン (照明)	51リッター	77.6

4 まとめ

現地工法と提案工法による外壁の熱貫流抵抗値の差により、提案工法では外壁からの熱負荷が低減されCO2排出量の削減が図られることが推定できた。都市化が進みエアコンの普及が進むことを考慮すると、提案工法により、CO2排出量削減に寄与できるので、地球に優しい工法とも考えられる。今後は、実測データに基づき、熱負荷状況の低減が図られているか、検証して行くことが必要であると考える。

参考文献

- 1) 北海道建築技術協会メーンソー工法の特長を生かした次世代型長寿命エコ住宅研究委員会：メーンソー工法の特徴を生かした次世代型長寿命エコ住宅研究委員会報告書、2012.11
- 2) 環境省：平成31年度（令和元年度）家庭部門のCO2排出実態統計調査 調査の結果（速報値）の概要、令和2年9月
- 3) 国際協力機構、東京電力：フィリピン国 省エネルギー計画調査ファイナルレポート、2012
- 4) Republic of the Philippines National Statistics Office: 2004 HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION SURVEY, 2005
- 5) 大和総研：平成26年度新興国市場開拓事業（相手国の産業政策・制度構築の支援事業（新興国における主要物品の需要拡大予測を踏まえた国際展開モデルの構築に関する調査）調査報告書、2015年2月
- 6) 北海道建築指導センター編：寒地建築設計施工便覧 1973年

*1 五洋建設 *5 国際協力機構
 *2 北海道大学名誉教授 *6 明海大学
 *3 よねざわ工業 *7 北海道建築技術協会
 *4 三井住友建設

*1 Penta-Ocean Construction / *2 Professor Emeritus, Hokkaido University / *3 Yonezawa Industry / *4 Sumitomo Mitsui Construction / *5 Japan International Cooperation Agency (JICA) *6 Meikai University / *7 Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究
(その19: 沖縄調査関係1: 蒸暑地域向きのデザインの考察)

正会員 ○圓山 彬雄*1
同 立花 恵大*2
同 石山 裕二*3

コンクリートブロック フィリピン 組積造
住宅 通気換気 室内環境

1. はじめに

組積造は世界的に広く活用されている工法だが、特に開発途上国では甚大な地震被害を被ってきている。一方、日本では補強コンクリートブロック造（以下CB造）が第二次世界大戦後の復興期に、廉価な耐火性、耐震性の構造として導入された。同工法は、全国で広く活用され、これまでの災害時には強靭性を実証してきている。こうした中、ブロックが広範に使われているフィリピンを対象にして、国土交通省補助事業「住宅市場整備促進事業・住宅建築国際展開支援事業」により日本のCB造を紹介、普及するプロジェクト「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」が、一般社団法人北海道建築技術協会により2018年度より進められている。本提案は当該プロジェクトの活動の一環として、積雪寒冷地の北海道において、より自然環境への負担と負荷を与えない建築環境を造ることに専念してきた実績を活かし、蒸暑のフィリピンの自然環境に適応し、環境負荷ならび社会への負担を増加させない住宅を提案するものである。

2. フィリピンにおけるCB造住宅の現状

フィリピンでは、CBが一般的な材料として扱われ、ほとんどの建物にCBが用いられている。しかしフィリピンの現状のCBは強度、寸法共に極めて低品質であると言える。また途上国全般に言えることではあるがクーラーなどの設備で室内を冷やすことが行われるケースが多く、設備に頼らず快適に暮らす、あるいは自然の通風を生かすといった提案は少ない。そのような状況に対して、製造にエネルギーコストの少ないCBを活用し、フィリピンの自然環境に適したクリマデザインを試みた住宅とする必要がある。

3. フィリピンの気候的特徴

フィリピンの気候的特徴を下記表左列に示す(表1)。

4. 提案について

4-1 設計条件

フィリピンの蒸暑環境に適応するため、日射・雨風・通風環境・室内環境の4点について積極的な提案を行う必要がある(表2)。特に通気換気・室内環境はCB造の特性を活かした設えとした。

表1 フィリピンの気候的特徴

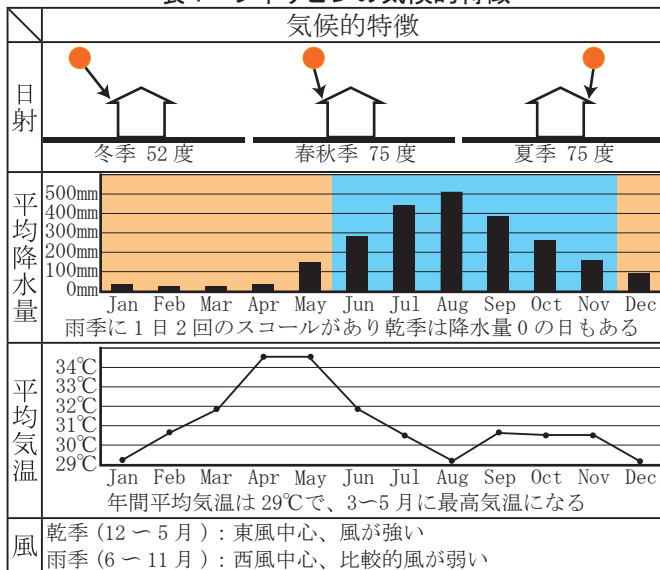


表2 気候的特徴に適応するための設計条件

設計条件	
日射	屋上スラブの温度上昇を避けるために植栽により遮蔽する 底は室内への日射を避けるために置屋根とする 外壁は日射による躯体温度の上昇を避けるために日射を受ける壁面に板張とし仕上げを施す 外壁への日射をできるだけ避けCB躯体温度の上昇を防ぐ
雨水	屋上植栽による雨量排水の調整を試みる 1階床レベルは地域地区の各状況に合わせて高くする アプローチの底には雨樋を設け雨掛りを避ける通気換気
室内環境	躯体温度の上昇を避けるために、外断熱や日射遮蔽によって室内側躯体温度を安定させる 梁なし構造を活かした棟間によって通風を得ることで、室内温度湿度の安定化を図る 人の集まるところの階高を高く、他はより低くすることで通風をよくする
通気換気	室内換気は自然通風を活かし、上下の開口部を利用し、特に天井スラブ直に欄間を設ける 各室は通風をよくするために2-3面を外気に面し、通風をよくする 1,2階共、廊下部分を外部とし、通風を容易にする室内環境

Study on Advantages and Possibility of Reinforced Concrete Block Structures in Global Perspective

Part19 : Okinawa Survey 1: Design considerations for hot and humid regions

MARUYAMA Yoshio, TACHIBANA Keita, ISHIYAMA Yuji

4-2 平面計画

以上の条件を踏まえつつ、モデルハウスの計画を行った（図1）。

本提案のポイントを下記6点とし、設計を行った。	
①	平均気温より僅かに低い24℃の躯体温度を一年中維持することによって、低温の輻射冷房を目指す。そのため、躯体温度の上昇を抑える完全な日射遮蔽と十分な自然換気を誘導する風洞（かぜほら）を、住宅の中央に設ける。
②	高温多湿の環境の中であっても、住居としての個性を持つことが必要である。ここでは、家の中心に噴水シンボルとして設置し、これを中心に風が通り抜ける風洞となる構造とする。雨季は西から、乾季は東からの風を感じることができ、さらに中央の吹き抜けを風が抜けることで、一、二階の廊下も風が抜け、爽快さを生み出すと同時にシンボルとして認識される。
③	アプローチでは、主要玄関の正面を道路側に直接向けず、大きな屋根で来客を迎え、正面にある風洞の下にある噴水を見てから、改めて左手に向かい、玄関に向かい入れる。
④	車庫は一台とし、その前をカーポートとし、玄関前ポーチ、噴水、さらには屋外階段を含んだ、この住宅の中心を構成する風洞の存在を意識させる演出のステージである。
⑤	各室は解放された屋外廊下にし、さらに風洞に流れる空気の流れを常に感じるができる。そのため、主寝室のみ、バスユニットを含むサニタリーを設置し、その他は1、2階それぞれ1箇所設け、居室部分を充実させることに充てた。
⑥	家事をサポートする人の常駐用スペースを確保し、サービス用パントリーバックヤードを設け、屋外作業などのサポートを容易にした

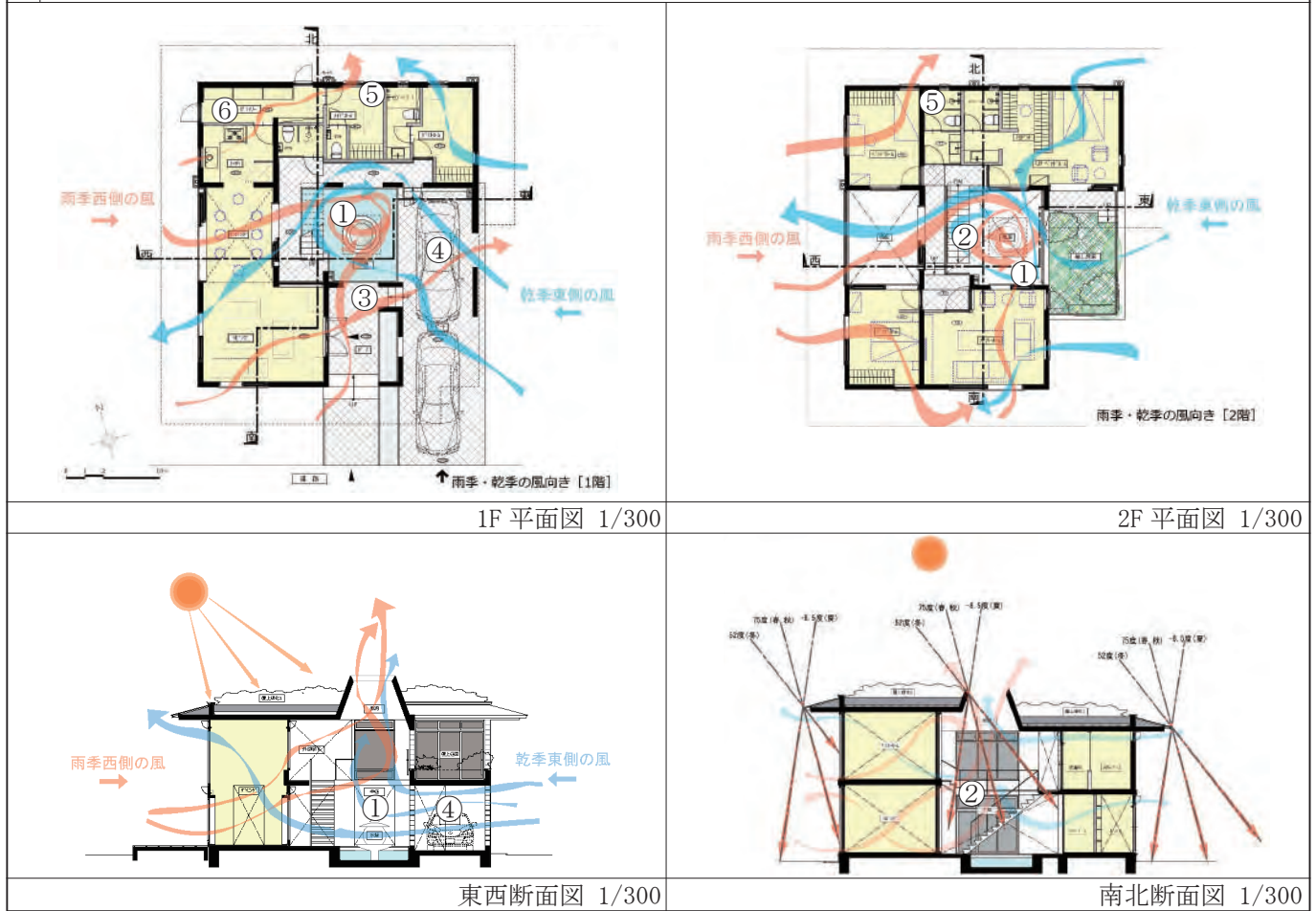


図1 建築計画図

5. まとめ

途上国かつ蒸暑環境のフィリピンにおける安全なCB造住宅の普及には、自然環境に適応した設えを備える必要がある。また本提案の更なる検討事項として、風洞の自然換気の有効性や形態の実験的検討や外壁における断熱材の設置、スラブへのポリカーエチレンホースの埋め込みによる低温輻射冷房の検討を行う必要が

ある。また現地の環境に対応するための屋上緑化やソーラーパネル、さらに現地の木や竹などの素材の使用が考えられる。

本提案は北海道で培った自然環境への負担と負荷を与えない実績から、フィリピンにおける今後のCB造住宅の可能性を示すものである。

※1 アーブ建築研究所 代表取締役

※URB architectural workshop CEO

※2 北海道大学大学院工学院 修士課程

※※Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.

※3 北海道大学 名誉教授

※※※Professor Emeritus, Hokkaido University

国際的な視野からの補強コンクリートブロック造の可能性の研究

その21 沖縄調査関係3:北海道と沖縄におけるブロック造の歴史的経緯と現状の比較

コンクリートブロック	沖縄	北海道	正会員	○米澤 稔 *1	正会員	植松 武是*4
米式住宅	HoBEA	花ブロック	同	榎府 龍雄 *2	同	圓山 彬雄*5
			名誉会員	石山 祐二 *3	同	吉野 利幸*6

1. はじめに

現在の補強コンクリートブロック(以下 CHB という)造が全国に普及したのは、実質的には戦後になる。戦前戦後より CHB の様々な構法も提唱されたが、1959 年の建築基準法施行令制定までの間に、現在の基本的な体系が整ったと言える。ブロック建築の発展から停滞および衰退に至る経緯や現況は、地域によって大きく異なる。ストック戸数が大変多い北海道と、現在もブロック建築着工戸数が非常に多い沖縄県(2020 年度建築着工統計調査)を取り上げ、歴史的経緯と現状の比較分析を試みた。

2. 歴史的経緯の比較

(1) 北海道のブロック造の歴史的経緯

第二次世界大戦後、住宅の量的不足に加えて、積雪寒冷地に対応する防寒住宅の建設が求められた。北海道庁は、耐火建築促進法(1952)の制定を控えた時期でもあり、住宅建築資材は木材以外のもので賄うという意向が強く、道内各地で容易に入手できる火山礫を主原料とする軽量 CHB が着目された。

1950 年、ブロックの形状は不問、所要強度と載荷方法を定めた「建築用ブロック強度暫定規準」が制定された。これに基づき、抜き取り試験、品質に関する行政指導が行われ、1952 年には、ブロック材料の生産から建築までの総合的な研究機関として、北海道立ブロック指導所が設立された(昭和 30 年に北海道立寒地建築研究所と改称)。この研究所は道内のブロック生産施設への精力的な技術指導と研究が行われた。昭和 28 年には建築用ブロックの品質保全のため、JIS 規格よりも高い品質を目指した北海道独自の「北海道建築用ブロック品質保全条例」が制定された。この北海道規格に合格したブロック製造事業所を登録制とし、各製造所の CHB の定期的な抜き取り検査が行われた。

一方、国策として防寒住宅を推進する必要性から、昭和 28 年に北海道防寒住宅建設促進法(以下、寒住法という)が制定され、道内の公的な資金を利用する住宅は、全て簡易耐火構造以上の性能が要求されることになった。この後、平屋・2 階建公営住宅や住宅金融公庫の融資住宅(公社住宅を含む)は、そのほとんどが

ブロック造を採用するようになった。この公営住宅・公社住宅の建設が、道内におけるブロック建築の技術の向上発展とブロック業界の振興に大きく寄与した。

特筆されるのは、土地付きの一戸建て分譲住宅のいわゆる三角屋根ブロック住宅(写真-1)で、建設数は14千戸を超え、廉価で良質な庶民向けの寒地住宅であった。

しかし、1970 年の寒住法改正以降、ブロック造住宅の建設戸数は急減した(図-1)。

一般住宅においては、ブロック造住宅の再興を目指し、第一次オイルショック(1973 年)後の省資源・省エネルギーの機運が高まる中、外断熱工法との組み合わせが提唱された。特徴は、外壁ブロックの外側に断熱材と仕上げ材を施すことで、外壁からの漏水や構造体の劣化を防ぎ熱容量(蓄熱性)を活かす室内環境の快適性、高い気密性による計画換気が結露を解消するなど、従来の欠点を一挙に解決することにある。1978 年に、産学官による「北海道ブロック建築普及促進協議会」が発足し1981年に外断熱工法ブロック造による2棟のモデルハウス(写真-2)が展示され、注目を集めた。しかし木造と比較すれば、コスト高および長い工期は避けられず施工の合理化が急務である。現在の CHB 住宅の建設シェア率は、0.1%にも届いていない。

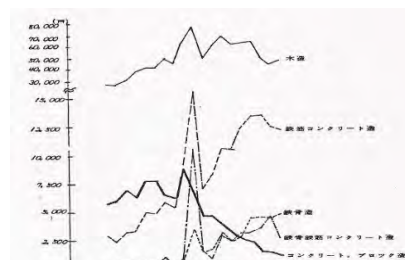
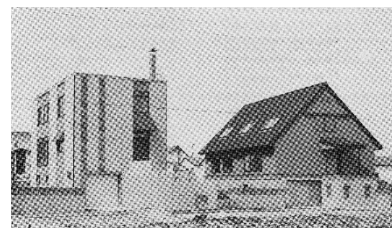


図-1 道内の新設住宅着工戸数(昭和)



写真-1 三角屋根ブロック住宅



(2) 沖縄県のブロック造の歴史的経緯

終戦直後は、米軍基地の設営に当たり、波板トタンを用いた蒲鉾型住宅が建設されたが、台風の甚大な被害を受けた。1950年代にはいると、壁式CHB構造で、屋根架構は木造トラスに地元産の赤瓦を葺いた住宅が建設された。その後台風や蟻害対策のため、壁式CHB構造・陸屋根住宅（米式住宅、米軍基地外の米軍用の民間賃貸独立住宅）が主流となった。この建設に伴い1950年より「普及工事契約仕様書」が用いられ、米国式のCHB造構工法やコンクリート建設技術の基盤が形成されていった。1972年の本土復帰までの間、国内とは異なる体制の中で、CHB造の品質が規制されていた。

この間、公共建設へのRC造やCHB造の積極的な導入とともに、琉球復興金融金庫の設置後は、CHB造などへの住居建築が促進された。1961年に「ブロック品質保全法」が制定され運用された。1959年に「北海道建築用ブロック品質保全条例」を好事例として、業界と市町村会から立法院に陳情し制定に至ったものだ。これに伴い、CHB造は米軍基地関係の建設戸数も拡大し、県内の一般住宅向けとして普及拡大していった。沖縄にはセメント工場があり、本土復帰後のドル流出抑制政策により、木造、コンクリート造、CHB造の価格差が縮小し、融資条件の優遇、台風や蟻害に強いなどからRC造とCHB造が普及拡大した。

近年はプレカット工法の普及により木造が50%のシェアを握り、CHB造が減少傾向にある（図-2）。それは、木造とのコスト格差と漏水・結露にあるようだ。また、近年巨大台風が上陸せず、その怖さを知らない人が増えている事情もある。他に水道が直圧で供給されるようになり、屋上の給水タンクが不要になったため、RC造やCHB造の必然性が薄れたことがあるだろう。

沖縄県では「花ブロック」（写真-3）と称する透かしブロックが目玉を引く。花ブロックは建物のカーテンウォールとして用いれば、沖縄の強い日差しが室内に直射するのを防ぎ、台風の被害から窓や壁面を守るとい

った実利的な利便性を有する。アメリカのCHB情報をいち早く入手し、独自に改良開発して種類が多く、デザインは地域らしさを表現している。構造は非構造壁ではあるが、AIJ設計規準の帳壁構造に因らず、独自に構造計算をして安全性を確保している。



写真-3 花ブロックの例

3. まとめ

(1) 戦後の住宅不足の

解消は急務だったが、震災や関東大震災からの教訓として、住宅の不燃化が方向づけられた。全国的にCHB造が立法措置や融資面などで優遇推奨され、公営・公社住宅などに広く採用されて急拡大した。

(2) 北海道ではブロック造の寒地住宅推進のため、独自の研究所を設立して普及に尽力した。しかし、昭和45年木造防火構造に公庫融資の道が開かれると、木造住宅が急拡大した。また、CHB造には、当初より漏水や結露のクレームも多く、その解決法として外断熱工法を提唱し、高品質住宅を達成しているがコスト高の影響で、現在のシェア率は0.1%を割り込んでいる。

(3) 沖縄では、戦後の米軍施設や米式住宅などにCHB造が採用された。国や県の施策および金融公庫設置により、台風や蟻害対策に適しているCHB造が急拡大した。耐久性や諸制度の利用を考慮すると、CHB造がコスト面で優位との認識が広がった。現在ではローコストの木造住宅の着工戸数が年々シェアを拡大し、RC造を超えた。CHB造は近年減少傾向にあるが、水道事情の変化や雨水の漏水や結露が起因している。

(4) 花ブロックは、南国の開放的な住まい方や風情に良く適合している。アメリカの情報をいち早く取り入れて、独自に意匠性や機能を高め普及している。

参考文献

- 1) 国土交通省住宅建築技術国際展開支援事業「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」成果報告書 2019.3
- 2) 住総研研究年報 No.28,2001:沖縄の米式住宅における再生の実態と居住者評価に関する研究
- 3) 磯部直希:戦後沖縄における「花ブロック」の変成、2015
- 4) 琉球大学学術リポジトリ「戦後沖縄の近代建築における地域性の表出（2章）2006.3



図-2 沖縄県の1戸建て構造別着工戸数（沖縄県住宅着工統計）

*1 よねざわ工業
*3 北海道大学名誉教授
*5 アーブ建築研究所

*2 国際協力機構
*4 北海学園大学
*6 北海道建築技術協会

*1 Yonezawa Industry *2 Japan International Cooperation Agency
*3 Professor Emeritus, Hokkaido University
*4 Hokkai-Gakuen University *5 URB architectural workshop
*6 Hokkaido Building Engineering Association

8.2 成果報告会(フィリピンとのオンラインワークショップ)

(1) 経緯と概要

① 経緯

2022年度の本事業の成果を広報するための報告を行うイベントを開催した。

今年度は、フィリピン構造技術者協会と協働で作成した補強コンクリートブロック造ガイドライン(フィリピンでの適用を想定)の説明を中心としたものであることから、フィリピンとオンラインで結び、フィリピン側の参加者を主要な対象者としたワークショップとした。

開催のパートナーとしては、今年度、補強コンクリートブロック構造の技術ガイドライン作成をオンライン会議により実施したフィリピン構造技術者協会(ASEP Association of Structural Engineers of the Philippines)とした。同協会は、新型コロナウイルス禍の中、多くのシンポジウム、講習会などをオンラインで開催しており、こうしたイベントに多くのノウハウを有し、参加者募集についても有効な方法を確立している。

併せて、これまで本事業に協力いただいている、一般社団法人日本建築学会災害委員会地震防災国際協力小委員会と一般社団法人全国建築コンクリートブロック工業会とも、共催者として参加いただいた。

今年度は、昨年度の参加者アンケートで要望のあった同時通訳を導入した。このこともあり、2月2日にフィリピン側、同時通訳者を含めた接続の確認を行い、開催前日の2月21日には、開催手順、次第、進行などについてフィリピン側との確認を行うなど、複雑な開催形態の中でトラブルを避けるための努力を行った。その効果もあり、開催当日は特段のトラブルはなく、円滑に実施することができた。

② 概要

ア 日時: 2023年2月22日(水)午後10:00-17:00(13:00-14:00 昼食休憩)(日本時間)

イ 主催: 一般社団法人北海道建築技術協会

フィリピン構造技術者協会(ASEP Association of Structural Engineers of the Philippines)

一般社団法人日本建築学会国際委員会地震防災小委員会

一般社団法人全国建築コンクリートブロック工業会

ウ 会場等: 建築会館会議室、フィリピン Luxent Hotel(フィリピン、ケソン市)とオンライン参加の併用

エ 次第: 下記のとおり。

オ 参加者:

日本側: 合計30名(うち開催関係者13名)

フィリピン側: 71名(開催関係者を含む)

③ ワークショップの次第

国際ワークショップ「フィリピンにおける安全な補強コンクリートブロック造技術ガイドラインの提案」

(下記は日本時間(フィリピンとの時差は 1 時間)。英語による開催。日本語への同時通訳あり。)

10:00 Opening Session: Invocation, Silent Pray for the victims by the Turkey Earthquake, National Anthem, Opening Remarks

開会: 祈り、トルコ地震犠牲者への黙祷、両国国歌演奏、開会あいさつ(フィリピン構造技術者協会、北海道建築技術協会)

10:30 Overview and Features of RCHB Construction in Japan

日本の補強コンクリートブロック造の概要と特徴.....Dr. Tatsuo Narafu
檜府龍雄(国際協力機構)

11:10 Current Practice of CHB Construction in the Philippines

フィリピンのコンクリートブロック造の実情Engr. Juanito D. Cunanan
フアニート・D・クナナン(ASEP)

11:30 Damages on Masonry Structures caused by Past Earthquakes

過去の地震による組積造被害Engr. Juanito D. Cunanan
フアニート・D・クナナン(ASEP)

11:50 Background of Guideline for Engineered Reinforced Concrete Hollow Block

(RCHB) Construction - based on Experience in Japan -
補強コンクリートブロック造技術ガイドラインの背景－日本の経験を受けて
.....Dr. Yuji Ishiyama 石山祐二(NewsT 研究所)

12:40 Question and Answer Session 質疑応答

13:00 Lunch Break 昼食休憩

14:00 Guidelines for Engineered RCHB Design and Construction

フィリピン補強コンクリートブロック造ガイドラインの概要.....Engr. Ronaldo S. Ison
ロナルド・S・イソン(ASEP)

14:50 Example Design based on RCHB Guidelines

補強コンクリートブロック造ガイドラインに基づく設計事例.....Engr. Ariel P. Santos
アリエル・P・サントス(ASEP)

15:40 Panel Discussion パネルディスカッション

16:50 Closing Remarks 閉会挨拶(フィリピン構造技術者協会)

① Overview and Features of RCHB Construction in Japan

日本の補強コンクリートブロック造の概要と特徴 Dr. Tatsuo Narafu 榎府龍雄 (国際協力機構)

Overview and Features of RCHB Construction in Japan

February 22, 2013
On-line Workshop in the Philippines and Japan

Dr. Tatsuo Narafu
HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)

List of contents

- ▶ Background of CHB project by HoBEA:
CHB construction in the Philippines
Japanese experience on CHB construction
- ▶ Overview of CHB project by HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)
- ▶ Development of the guideline on RCHB construction in collaboration with ASEP and HoBEA
- ▶ Features of construction based on the proposed guideline

List of contents

- ▶ Background of CHB project by HoBEA:
CHB construction in the Philippines
Japanese experience on CHB construction
- ▶ Overview of CHB project by HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)
- ▶ Development of the guideline on RCHB construction in collaboration with ASEP and HoBEA
- ▶ Features of construction based on the proposed guideline

Background: CHB construction in the Philippines

- ▶ CHB is widely used in the Philippines

Low-rise houses

Non-structural walls of high rise buildings



background

- ▶ Most of them are manufactured by small/backyard manufactures without quality control

By manual manufacturing machines without curing procedures



CHB construction in the Philippines are very vulnerable and often suffered damage from earthquakes

- ▶ **Low-rise Detached house** (confined CHB) by Bohol EQ 2013
Heavy damage because of poor quality of block, insufficient compaction of mortar and improper connection of rebar





Damage in non-structural walls
 Municipal government building by Bohol EQ 2013
 Poor compaction of filler mortar and insufficient integration of walls invited serious damage in non-structural walls

List of contents

- ▶ Background: CHB construction in the Philippines
 Japanese experience on CHB construction
- ▶ Overview of CHB project by HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)
- ▶ Development of the guideline on RCHB construction in collaboration with ASEP and HoBEA
- ▶ Features of construction based on the proposed guideline

Background: Japanese experience on CHB construction

- ▶ Japanese government took a policy to develop technologies on reinforced concrete block structure and encourage to construct them as a non-flammable structure with reasonable cost for reconstruction from devastation by the World War II

Modern detached house (no finishing for both exterior and interior walls)

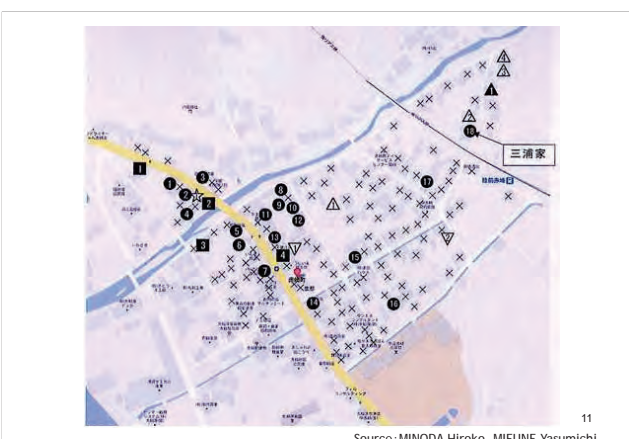
Governmental rental houses for low-income people constructed in 1985

Good performance of RCHB against disasters

Reinforced concrete hollow block houses survived the strong shaking motion and devastating tsunami by the Great East Japan EQ and Tsunami, 2011

- In spite that all the houses surrounding were washed away, all the reinforced concrete hollow block houses survived the tsunami in Ohfunato City, Iwate prefecture

Source: MINODA Hiroko, MIFUNE Yasumichi



Source: MINODA Hiroko, MIFUNE Yasumichi

List of contents

- ▶ Background: CHB construction in the Philippines
 Japanese experience on CHB construction
- ▶ Overview of CHB project by HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)
- ▶ Development of the guideline on RCHB construction in collaboration with ASEP and HoBEA
- ▶ Features of construction based on the proposed guideline

Overview of CHB project by HoBEA

- **Starting in 2018**
- **Discussion with relevant organizations in the Philippines** such as DPWH, NHA, DTI, PCCI, and ASEP



12

Overview of CHB project by HoBEA

- **Survey on situation in the Philippines such as CHB manufactures and construction practice**

CHB manufacturers of both of small and large scale



Non-structural walls of high-rise build.



14

Overview of CHB project by HoBEA

Seminars, workshops and conferences to introduce Japanese CHB technologies

Seminar organized by DPWH in 2018

International conference organized by ASEP in 2019

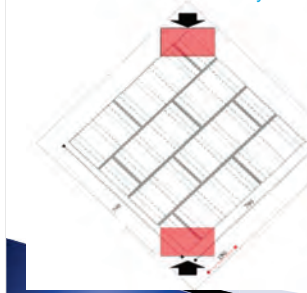


15

Overview of CHB project by HoBEA

Various physical experiments to verify safety of the construction methods proposed by HoBEA

Diagonal compressive strength Test of 4-tier CHB sample at Hokkai Gakuen University



16

Overview of CHB project by HoBEA

Courtesy call to Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT), Oct. 23, 2019



17

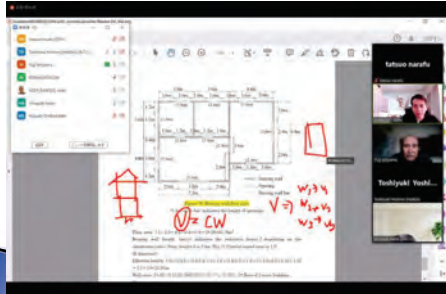
List of contents

- ▶ Background: CHB construction in the Philippines
Japanese experience on CHB construction
- ▶ Overview of CHB project by HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)
- ▶ Development of the guideline on RCHB construction in collaboration with ASEP and HoBEA
- ▶ Features of construction based on the proposed guideline

18

Development of the guideline on RCHB construction

Based on knowledge and understanding during the past years, **ASEP and HoBEA collaborated to develop a draft of RCHB (Reinforced Concrete Hollow Block) guideline** on regular on-line meetings in 2021 and 2022



19

Development of the guideline on RCHB construction

In 2022, **formalization and authorization of the draft guideline** is discussed by relevant organizations such as ASEP, DPWH, Building Officials and HoBEA

Discussion with Building Official of Quezon City, ASEP and HoBEA in August 2022



Discussion during the technical visit in Japan by an engineer of BO Office, DPWH, ASEP and HoBEA in January 2023



List of contents

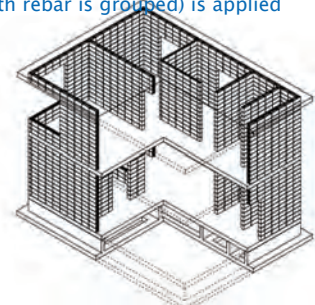
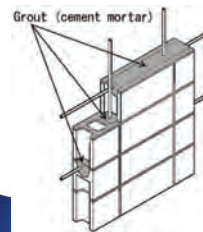
- ▶ Background: CHB construction in the Philippines
Japanese experience on CHB construction
- ▶ Overview of CHB project by HoBEA (Hokkaido Building Engineering Association)
- ▶ Development of the guideline on RCHB construction in collaboration with ASEP and HoBEA
- ▶ Features of construction based on the proposed guideline

21

Features of construction based on the proposed guideline

The Proposed RCHB guideline is **bearing wall system** and does **not need RC columns**, which contribute reduction of construction cost

Partial grouting (hollows with rebar is grouted) is applied



22

Features of construction based on the proposed guideline

More practical construction work with stack bonds with reinforcing steel bar

Japanese CHB laying work
CHB is laid between vertical rebars



Conventional CHB laying work in the Philippines (running bond)
CHB needs to be raised up to the top of vertical rebar



23

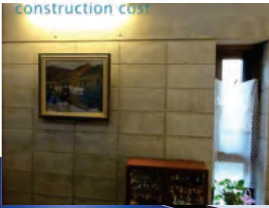
Japanese practice of CHB wall construction (video)



24

Features of construction based on the proposed guideline
Proposed guideline: Safe with good quality CHB, good texture with no finishing, cost effective with less mortar

Proposed construction with high quality CHB by good workmanship, Which does not need finishing both interior and exterior walls. It contributes to reduce construction cost

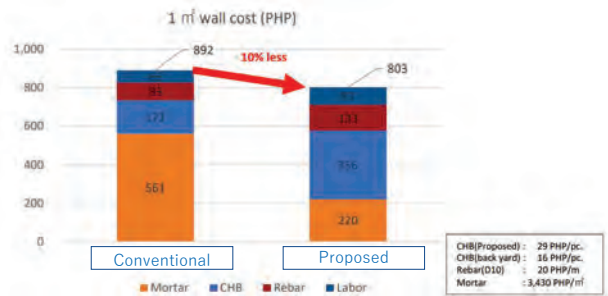


Conventional CHB. Poor quality CHB needs more mortar and cost. The texture becomes poor which required thick finishing mortar



25

Comparison of cost of two methods



26

Analysis of Comparison of cost

Item	Conventional (A)	Proposed (B)	Comparison (B/A)
Labor	874	803	0.92
Rebar	90	133	1.48
CHB	167	356	2.13
Mortar	557	220	0.39

27

Reduction of mortar in each part

Item	Conventional(A)		Proposed(B)		Reduction	
	Thickness	Volume	Thickness	Volume	(A - B)	B/A
hollow	fully grted	0.075	partially grted	0.033	0.042	44%
vertical joint	3cm	0.005	1cm	0.002	0.003	40%
horizontal joint	3cm	0.013	1cm	0.004	0.009	34%
horizontal rebar	3cm	0.010	1cm	0.005	0.005	50%
plastering	3cm	0.060	1cm	0.020	0.040	33%
total	-	0.093	-	0.044	0.059	39%

28

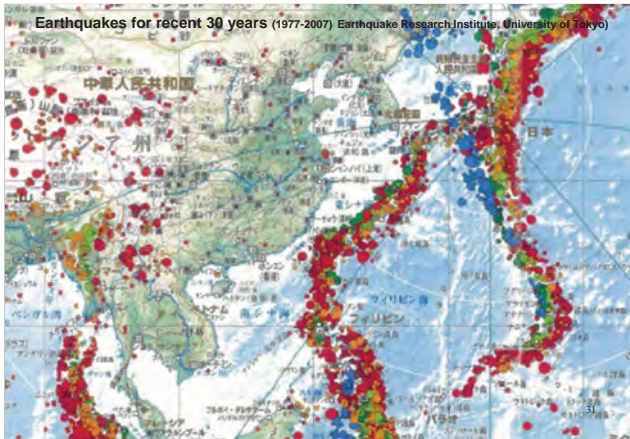
Let us construct safer and fine-looking RCHB construction with less cost



29

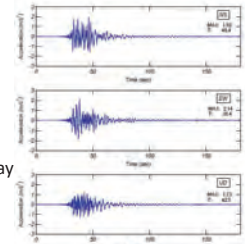
Appendix

30



<Recorded shaking motion at Tagbilaran Observation Station, 40 km away from the Epicenter>

- Maximum acceleration: 214 gal
(MMI intensity scale: VII)



<Modified Mercalli Intensity (USGS)>

- MMI 7 : some furniture may fall down
- MMI 10 or higher: vulnerable buildings may masonry

Descriptive table of Modified Mercalli Intensity (USGS)

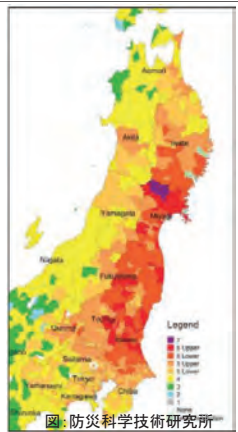
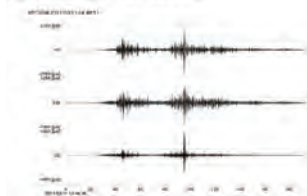
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very heavy
PEAK ACC (Gal)	< 0.17	0.17 - 1.4	1.4 - 3.9	3.9 - 8.2	8.2 - 18	18 - 34	34 - 65	65 - 124	> 124
PEAK VEL. (cm/s)	< 0.1	0.1 - 1.1	1.1 - 3.4	3.4 - 8.1	8.1 - 18	18 - 31	31 - 60	60 - 116	> 116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II - III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

32

Recorded shaking motion by the Great East Japan EQ 2011

- Very strong shaking motion was recorded in huge area
- The largest recorded one is 2,933 gal
- 18 observation stations in 6 Prefectures recorded acceleration larger than 1,000 gal

K-NET基盤 (W/0004) 観測点の強震動波形




② Current Practice of CHB Construction in the Philippines

フィリピンのコンクリートブロック造の実情 (Engr. Juanito D. Cunanan フアニート・D・クナナン (ASEP))

Current Practices of CHB Construction in the Philippines

Juanito D. Cunanan, F. ASEP, F. PICE
ASEP Immediate Past President
Chair, NSCP Masonry Committee

February 22, 2023
Luxent Hotel, Quezon City




Copyright © 2001 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

INTRODUCTION

In the early years of construction industry, **timber and masonry** structures were the most common building constructions....

However, due to hazardous potential of masonry structures even for a slight ground movement, **timber-framed structures** were popularly built.




Copyright © 2001 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

INTRODUCTION

As a significant leap in the industry, **concrete structures coupled with masonry blocks** have become a more popular preference in building construction.

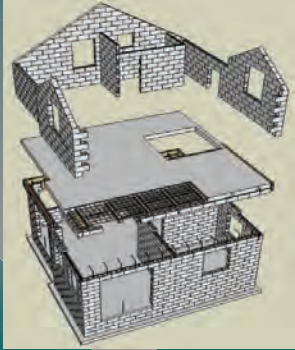
In mid 1990s, Philippine construction industry has become bolder in building medium- and high-rise concrete structures.



Copyright © 2001 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

INTRODUCTION

- In the **housing construction industry**, use of **prefabricated blocks and modular blocks** have been introduced in the market but people in general are not keen on using them (cost?)



Copyright © 2001 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Familiarization to Masonry Structures

What are the **masonry materials**?

- bricks, clay tile blocks, concrete blocks, natural stones / adobe

What are the **masonry structures**?

- Mostly rely on masonry walls to resist lateral forces with perimeter walls, which are often load bearing.

Copyright © 2001 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Familiarization to Masonry Structures

Two kinds of **masonry structures**:

- Unreinforced masonry
 - Unreinforced bricks, clay tile blocks, natural stones, and unreinforced concrete blocks.
- Reinforced masonry

In the Philippines, masonry structures are made of CHB.

Copyright © 2001 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Familiarization to Masonry Structures

Masonry Construction

- infill masonry frame
 - may be hollow clay tile, concrete block or brick tile
 - walls may be unreinforced in older buildings
 - may be designed considering infill walls as:
 - architectural (non-structural)
 - structural (load resisting)
- mixed systems

Copyright © 2001 by Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Familiarization to Masonry Structures

Unreinforced Masonry Construction

- older forms have wooden floors and roofs supported by interior columns and exterior bearing walls.
- one of the most hazardous form of construction; its being a "brittle" structure.
- any substantial cracking can lead to out-of-plane failure, parapet failure, etc. with very little margin of safety.

Copyright © 2001 by Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Familiarization to Masonry Structures

Many unreinforced masonry structures, including adobe construction, have wood floors and roofs. Floors and wall are often not tied together or, when tied together, they are only weakly connected. Due to age, mortar in these structures may have deteriorated.

Adobe construction - usually in very old, historic buildings.

Disadvantages of Masonry Construction

- brittle materials
- high mass = high inertial response
- construction quality difficult to control
- little research on seismic characteristics

NSCP permits use up to 15 meters high as shear wall; however, reinforced type.

Familiarization to Masonry Structures

Reinforced Masonry Construction

- floor and roof diaphragms may be of steel deck with or without concrete fill.
- two-way reinforcement is mandatory except in regions of low seismicity and usually provided with special reinforcement at edges of openings and lintels.
- exhibit better performance than unreinforced masonry.

Copyright © 2001 by Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

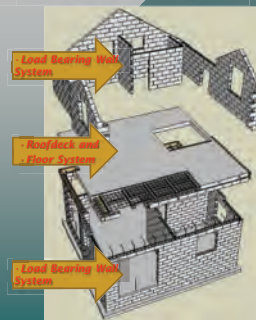


Conventional Portal Frame Construction System

Modular Construction System

MODULAR CONSTRUCTION SYSTEM

Modular Construction System



Modular Construction System

It is a type of construction which uses modules (pre-fabricated elements) integrated together to build a complete structure without the need of cast-in-place concrete columns and beams.



Figure: Jackfill, Modular Blocks and Joist

MODULAR CONSTRUCTION SYSTEM

Jackblit Blocks Specification

L-Corner Blocks:


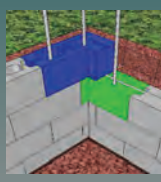


Figure 1: L-Corner Block



Beam Blocks:


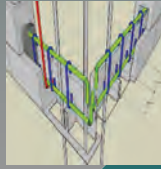


Figure: Beam Block



MODULAR CONSTRUCTION SYSTEM

Jackblit Blocks Specification

Sealed-End Block:


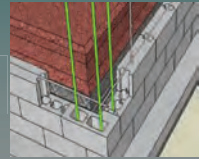


Figure: Sealed-End Block



Half Block:





Figure: Half Block



MODULAR CONSTRUCTION SYSTEM

Construction

Wall Openings

Modular Bond Beam is formed using two beam block, with the top one inverted to create a larger cavity for the reinforcement steel. The steel is placed in before the top course is laid.

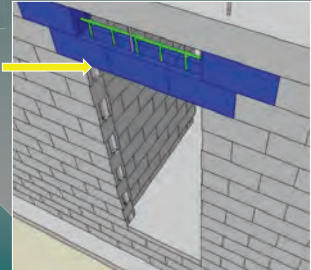


Figure: Beam Blocks for Doors

MODULAR CONSTRUCTION SYSTEM

Availability of CHB in the Philippines -2023

Price and Strength of CHB – Concrete Hollow Blocks in the Philippines

STRENGTH	SIZE	PRICE
ORDINARY	4"	12.00
	5"	13.00
	6"	16.00
450 PSI	4"	21.00
	5"	22.00
	6"	24.00
	8"	30.00

Copyright © 2021 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Availability of CHB in the Philippines -2023

500 PSI	4"	22.00
	5"	24.00
	6"	26.00
700 PSI	4"	23.00
	5"	25.00
	6"	27.00
	8"	34.00

Copyright © 2021 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

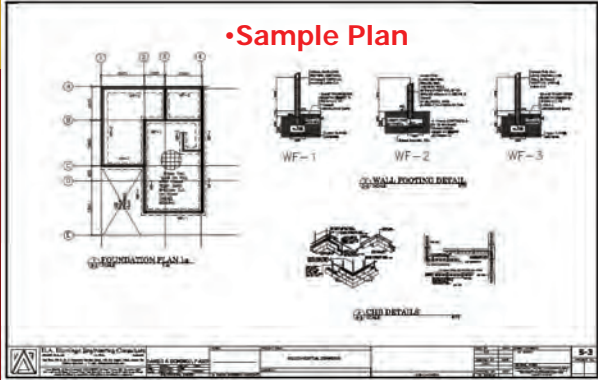
Availability of CHB in the Philippines -2023

1000 PSI	4"	25.00
	5"	26.00
	6"	29.00
	8"	36.00

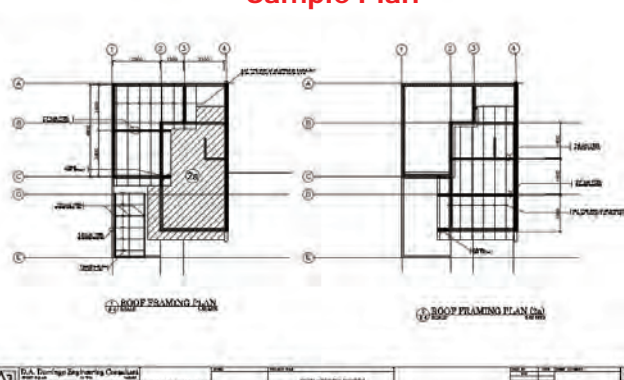
Price and Strength of Concrete Hollow Blocks (CHB) in the Philippines

Copyright © 2021 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

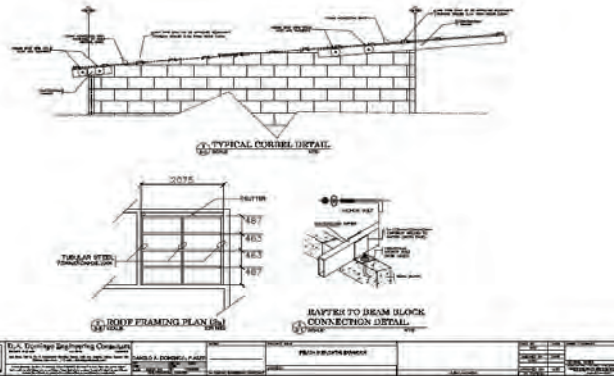
- NSCP COMPLIANT DESIGN
- Conforms to Masonry Chapter of NSCP



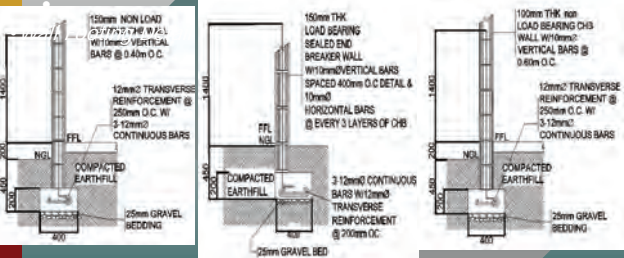
- NSCP COMPLIANT DESIGN
- Sample Plan



- NSCP COMPLIANT DESIGN
- Sample Plan



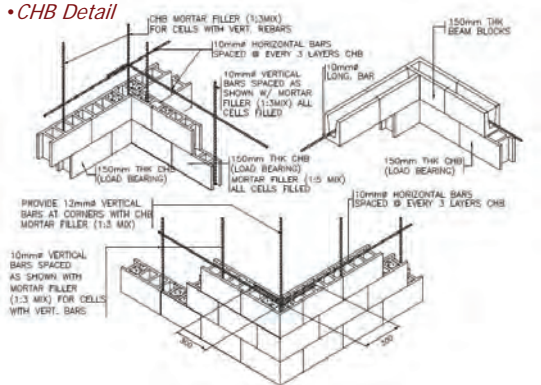
- NSCP COMPLIANT DESIGN



- WF-1
- WF-2
- WF-3

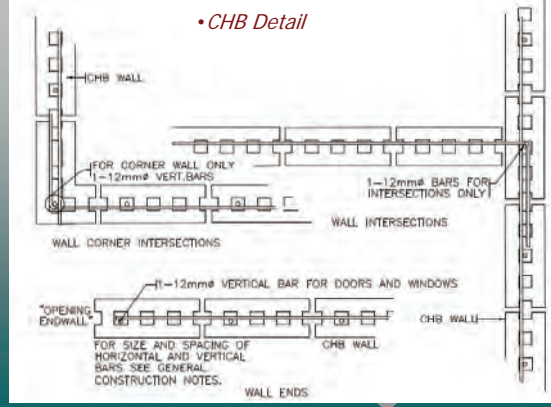
- NSCP COMPLIANT DESIGN

• CHB Detail



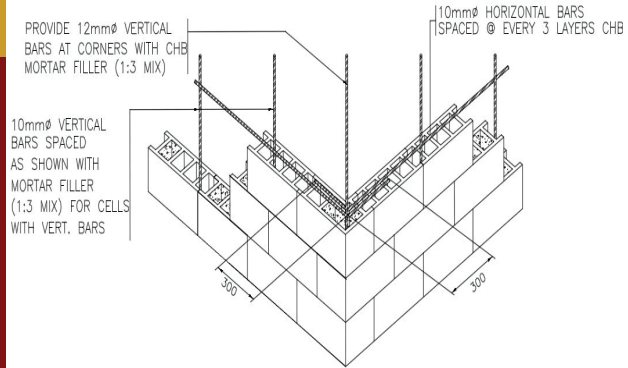
- NSCP COMPLIANT DESIGN

• CHB Detail



• NSCP COMPLIANT DESIGN


• CHB Detail



③ Damages on Masonry Structures caused by Past Earthquakes
 過去の地震による組積造被害 Engr. Juanito D. Cunanan フアニート・D・クナナン (ASEP)

Damages on Masonry Structures caused by Past Earthquakes (Last Decade)

Juanito D. Cunanan, F. ASEP, F. PICE
 ASEP Immediate Past President
 Chair, NSCP Masonry Committee



February 22, 2023
 Luxent Hotel, Quezon City

Copyright © 2021 by Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Negros Oriental EQ (M6.9) 2012




Negros Oriental EQ (M6.9) 2012




Bohol EQ (M7.2) 2013



Bohol EQ (M7.2) 2013



Bohol EQ (M7.2) 2013



Bohol EQ (M7.2) 2013



Bohol EQ (M7.2) 2013



Surigao EQ (M6.7) 2017



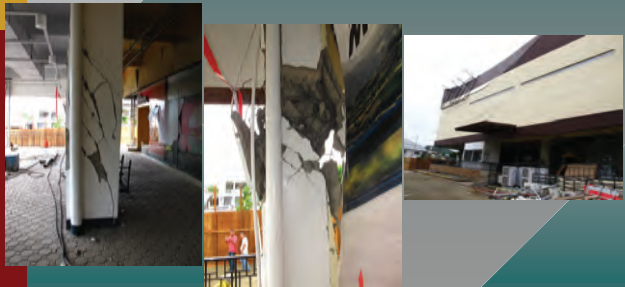
Copyright © 2011 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Surigao EQ (M6.7) 2017



Copyright © 2011 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Surigao EQ (M6.7) 2017



Copyright © 2011 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Surigao EQ (M6.7) 2017



Copyright © 2011 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Surigao EQ (M6.7) 2017



Copyright © 2017 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Leyte EQ (M6.5) 2017



Copyright © 2017 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Leyte EQ (M6.5) 2017



Copyright © 2017 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Leyte EQ (M6.5) 2017



Cotabato EQ, October 2019



NO REINFORCEMENTS/
POOR QUALITY OF MATERIALS/CHB

Copyright © 2017 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Cotabato EQ, October 2019



INADEQUATE
REINFORCEMENTS/ POOR
QUALITY OF MATERIALS/CHB

Copyright © 2017 Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

Cotabato EQ, October 2019



Cotabato EQ, October 2019

Failures in Design



Davao City - Cotabato EQ, October 2019 (Source: Google Earth Pro)

Cotabato EQ, October 2019



Cotabato EQ, October 2019

INADEQUATE LATERAL SUPPORT/ POOR DESIGN/ INADEQUATE SUPPORT

Cotabato EQ, October 2019



Masbate, M6.5, Aug 18, 2020



Photos by Philippine Red Cross

Copyright © 2021 of Association of Structural Engineers of the Philippines, Inc.

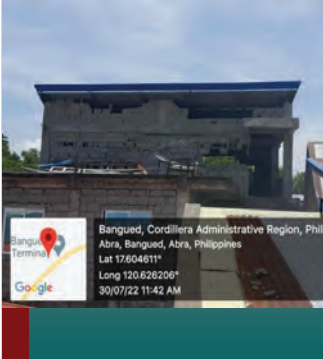
North Luzon 2022



Bangued, Abra, Philippines
Abra-Ilocos Sur Road, Lipcan,
Lat 17°35'12.4917"N, Long 120°37'4.0273"E

Bangued, Abra, Philippines
Abra-Ilocos Sur Road, Lipcan,
Lat 17°35'19.6195"N, Long 120°37'3.4697"E
07/30/2022 11:00 AM

North Luzon 2022



- ④Background of Guideline for Engineered Reinforced Concrete Hollow Block (RCHB)
Construction – based on Experience in Japan Dr. Yuji Ishiyama 石山祐二 (NewsT 研究所)

発表スライドは5章5.3に掲載

⑤ Guidelines for Engineered RCHB Design and Construction

フィリピン補強コンクリートブロック造ガイドラインの概要 (Engr. Ronaldo S. Ison ロナルド・S・イソン (ASEP))

Guideline for Engineered Reinforced Concrete Hollow Blocks

RONALDO S. ISON, F.ASEP

Scope of the Guideline

- ❑ This guideline shall be used for buildings of reinforced concrete hollow block (RCHB) construction, where concrete hollow block (CHB) walls are reinforced with vertical and horizontal rebars to resist vertical load, seismic forces, wind pressure, etc.
- ❑ RCHB buildings shall not exceed three stories nor 12 meters in height excluding the basement.

Scope of the Guideline

In order to apply this guideline, RCHB construction should be executed by skilled workers with good quality materials, appropriate arrangement of rebars and firm grout to all hollows where rebars are placed.

Structural safety of basement should be confirmed through structural calculation against loads including soil and water pressure. Basement walls should be of waterproofing and are recommended to be of reinforced concrete (RC) construction.

Terminology and Notations

CHB : Concrete hollow block

RC : Reinforced concrete

Shear wall : A wall that resists horizontal forces, e.g. seismic forces and wind pressure. It also resists vertical forces in CHB construction.

Bearing wall : A wall that resists vertical forces. It also resists horizontal forces in CHB construction.

Bearing wall line : A line on the plan where bearing walls are placed.

Wall ratio : The sum of horizontal sectional areas of bearing walls, including hollows but excluding openings, in X or Y direction divided by the floor area of the story concerned.

Terminology and Notations

Bond beam : A beam that connects the top of bearing walls on the bearing wall line.

D_b : The nominal diameter of rebars. The smaller diameter of rebars at lap joints of rebars with different diameters.

psi : pounds per square inch

PNS : Philippine National Standards

JIS : Japanese Industrial Standards

Quality of Materials

- ✓ Net compressive strength of CHB units used for walls shall not be less than 12MPa \approx 1740psi (gross compressive strength 6MPa \approx 870psi).
- ✓ Yield strength of rebars shall not be less than 230MPa \approx 33350psi.
- ✓ The design strength of cement mortar to grout hollows and joints shall not be less than 15MPa \approx 2175psi.

Guideline for Engineered Reinforced Concrete Hollow Blocks

RONALDO S. ISON, F.ASEP

Scope of the Guideline

- ❑ This guideline shall be used for buildings of reinforced concrete hollow block (RCHB) construction, where concrete hollow block (CHB) walls are reinforced with vertical and horizontal rebars to resist vertical load, seismic forces, wind pressure, etc.
- ❑ RCHB buildings shall not exceed three stories nor 12 meters in height excluding the basement.

Scope of the Guideline

In order to apply this guideline, RCHB construction should be executed by skilled workers with good quality materials, appropriate arrangement of rebars and firm grout to all hollows where rebars are placed.

Structural safety of basement should be confirmed through structural calculation against loads including soil and water pressure. Basement walls should be of waterproofing and are recommended to be of reinforced concrete (RC) construction.

Terminology and Notations

CHB : Concrete hollow block

RC : Reinforced concrete

Shear wall : A wall that resists horizontal forces, e.g. seismic forces and wind pressure. It also resists vertical forces in CHB construction.

Bearing wall : A wall that resists vertical forces. It also resists horizontal forces in CHB construction.

Bearing wall line : A line on the plan where bearing walls are placed.

Wall ratio : The sum of horizontal sectional areas of bearing walls, including hollows but excluding openings, in X or Y direction divided by the floor area of the story concerned.

Terminology and Notations

Bond beam : A beam that connects the top of bearing walls on the bearing wall line.

D_o : The nominal diameter of rebars. The smaller diameter of rebars at lap joints of rebars with different diameters.

psi : pounds per square inch

PNS : Philippine National Standards

JIS : Japanese Industrial Standards

Quality of Materials

- ✓ Net compressive strength of CHB units used for walls shall not be less than 12MPa \doteq 1740psi (gross compressive strength 6MPa \doteq 870psi).
- ✓ Yield strength of rebars shall not be less than 230MPa \doteq 33350psi.
- ✓ The design strength of cement mortar to grout hollows and joints shall not be less than 15MPa \doteq 2175psi.

Foundations

- ✓ RC or equivalent continuous foundations shall be placed to support bearing wall lines of the ground floor.
- ✓ The thickness of foundation wall shall not be less than the thickness of the bearing walls.
- ✓ Design of foundations shall be in accordance with NSCP Chapters 3 and 4.

Construction of Bearing Walls

- ✓ Bearing walls shall be composed of CHB units of no less than 150mm in thickness and the length of each bearing wall shall be no less than 0.6m.
- ✓ The bearing walls shall be reinforced with horizontal and vertical rebars, so that they can behave as shear walls. The rebars shall be at least $d_b=10\text{mm}$ that are spaced no more than every 0.5m.

Construction of Bearing Walls

- ✓ The bottom of bearing walls shall be supported with either foundations, floor slabs or bond beams. The top of bearing walls shall be supported with either floor slabs, roof slabs or bond beams.
- ✓ The height of bearing walls between the top and bottom supports shall not exceed 3.1m in case $d_b=10\text{mm}$ vertical rebars and shall not exceed 3.7m in case $d_b=12\text{mm}$ vertical rebars.

Construction of Bearing Walls

- ✓ The vertical rebars shall be continuous from the top to bottom supports and shall not be spliced at the middle part of walls.
- ✓ The ends of vertical rebars shall be embedded into foundations, bond beams, slabs or bearing walls no less than $30d_b$, or can be spliced no less than $30d_b$ with anchors that are embedded no less than $30d_b$ into foundations, bond beams, slabs or bearing walls.

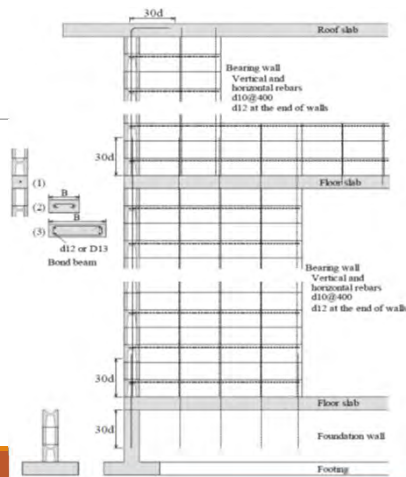
Construction of Bearing Walls

- ✓ The anchors can be replaced by post-installed anchors or rebars of $d_b=12\text{mm}$ that is embedded at least $10d_b$.
- ✓ The ends of horizontal rebars shall be hooked to the vertical rebars or spliced to adjacent horizontal rebars with no less than $30d_b$ lapping.

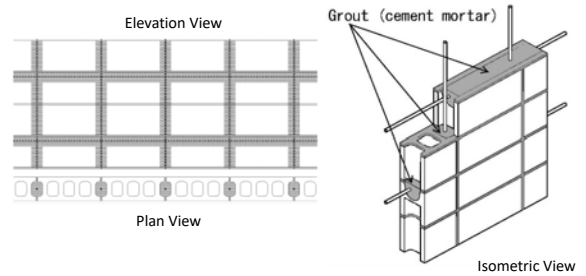
Construction of Bearing Walls

- ✓ Hollows where horizontal and vertical rebars are placed shall be grouted. Rebars shall be covered by concrete or cement mortar no less than 30mm in thickness.

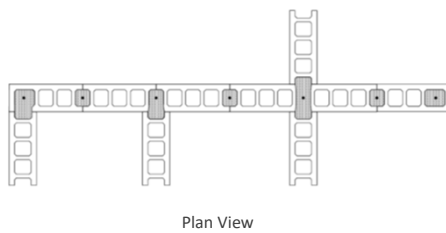
Typical RCHB Wall Layout



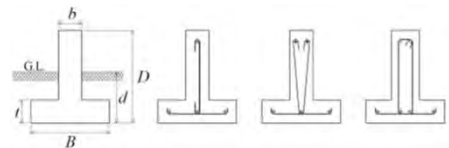
Grout, Joint Mortar and Rebars



Grouts at Corners and Intersection



Continuous Foundation



Thickness of foundation wall, b	Width of footing, B	Thickness of footing, t	Depth below ground level, d
150	300	150	300

Minimum requirements for foundation (mm)

Note well : Structural engineer shall design the foundation based on the allowable soil pressures based on geotechnical investigation.

Installation of Bearing Walls

- ✓ Bearing walls shall be installed on bearing wall lines in the entire building in balance horizontally and vertically.
- ✓ Openings in bearing wall lines shall not exceed 4m in length. The sum of opening lengths shall be less than 2/3 of the bearing wall line.
- ✓ The bearing wall lines shall be placed no more than 7.5m apart in X and Y directions.

Installation of Bearing Walls

- ✓ The bearing wall lines of the upper story shall be on the bearing wall lines of the lower story. In case the upper and lower bearing wall lines are placed more than the thickness of the bearing wall, the safety of that part shall be confirmed by structural calculation.

Installation of Bearing Walls

- ✓ The wall ratio of each story for X and Y directions shall not be less than the value shown in Table 1. For the bearing wall that is inclined θ from X or Y direction, the horizontal sectional area shall be multiplied by $\cos^2 \theta$. The wall ratio of upper story shall include only the effective parts of bearing walls on the lower bearing walls.

Installation of Bearing Walls

Number of stories	Story number		
	1 st	2 nd	3 rd
1	1.20%	—	—
2	2.76%	1.46%	—
3	4.32%	3.20%	1.70%

Table 1: Required wall ratios p_d of the story

Installation of Bearing Walls

- ✓ In case the aspect ratio r of the bearing wall exceeds the critical aspect ratio r_c , the horizontal sectional area to calculate the wall ratio shall be multiplied by the reduction factor β in Table 2.

Bearing wall stories	1	2	3
Critical aspect ratio r_c (Fixed top wall)	0.5 (1.0)	0.91	1.1
Reduction factor β	r_c / r		

Table 2: Reduction factor β of bearing walls

Floors and Roof Slabs

- ✓ The floors shall be constructed with RC or equivalent slabs so that they can be used as diaphragms to transmit horizontal forces to bearing walls.
- ✓ In case there is no diaphragm, a continuous bond beam shall be installed.

Thank you for Listening

⑥ Example Design based on RCHB Guidelines

補強コンクリートブロック造ガイドラインに基づく設計事例

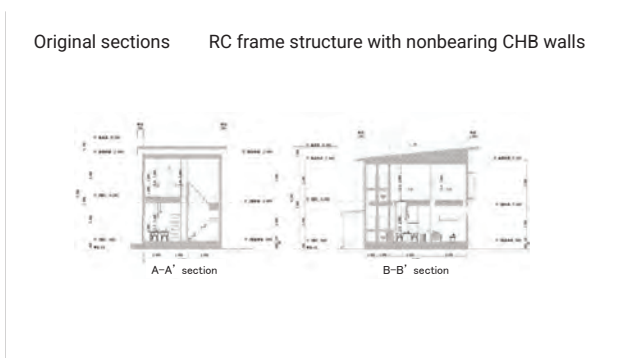
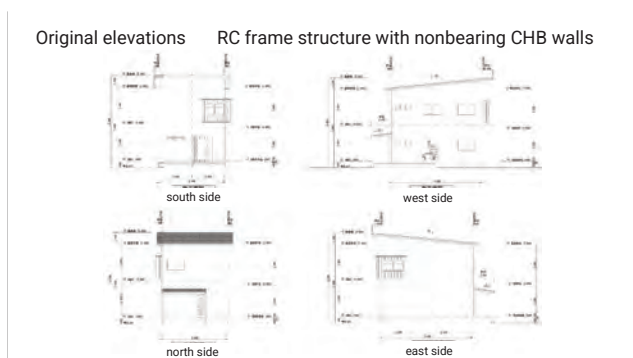
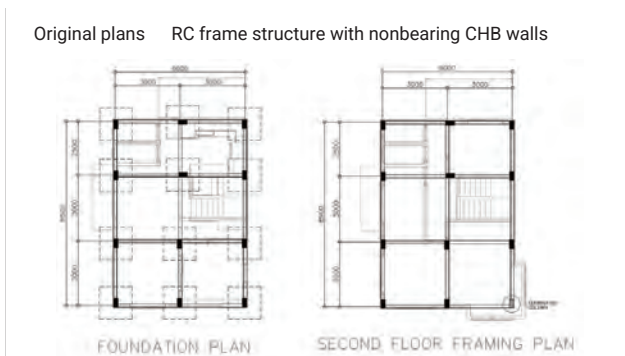
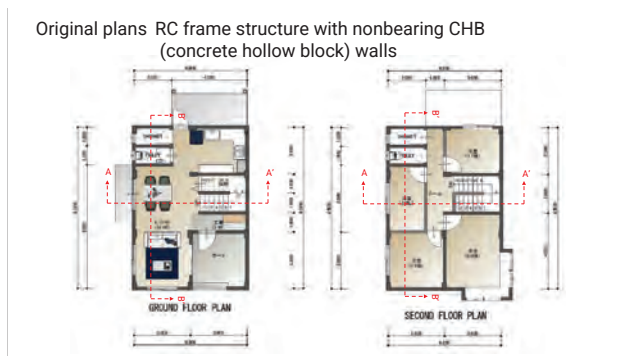
(Engr. Ariel P. Santos アリエル・P・サントス (ASEP))

Structural design of model houses

- ① Two-story detached house
- ② Two-story townhouse

Prepared by: Tadashi NISHIKAWA
Sapporo City University

Presented by: Ariel SANTOS
ASEP President



⑥ Example Design based on RCHB Guidelines

補強コンクリートブロック造ガイドラインに基づく設計事例

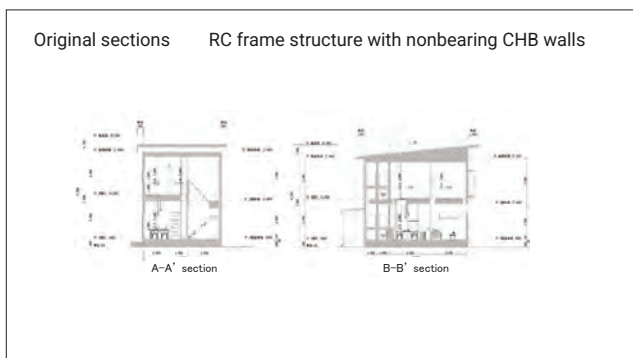
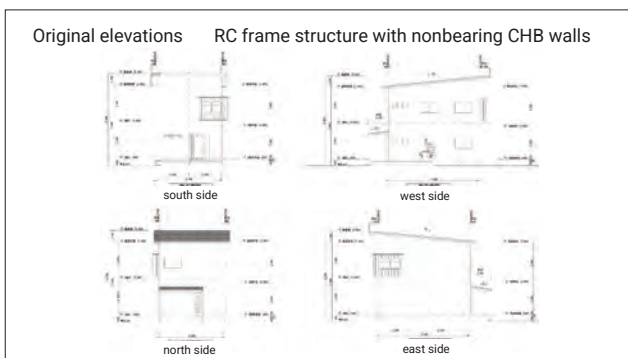
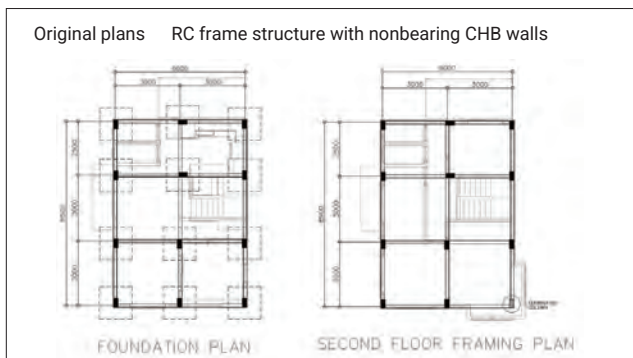
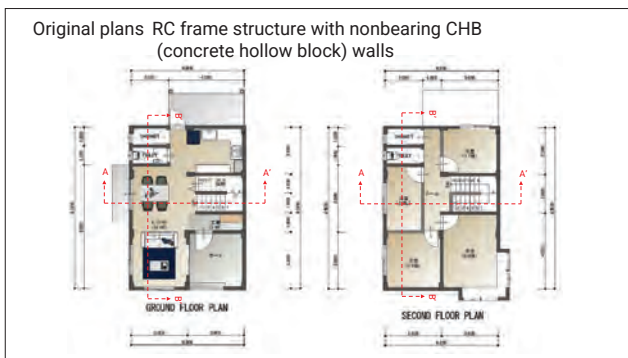
Engr. Ariel P. Santos アリエル・P・サントス (ASEP)

Structural design of model houses

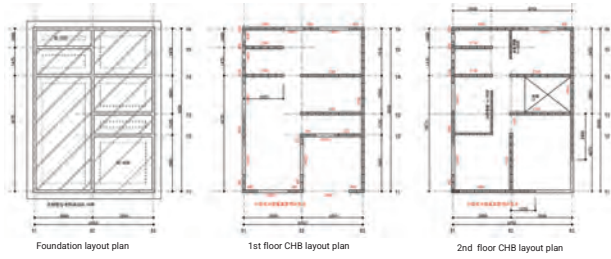
- ① Two-story detached house
- ② Two-story townhouse

Prepared by: Tadashi NISHIKAWA
Sapporo City University

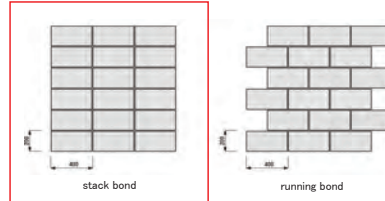
Presented by: Ariel SANTOS
ASEP President



Converted to RCHB (reinforced concrete hollow block) construction



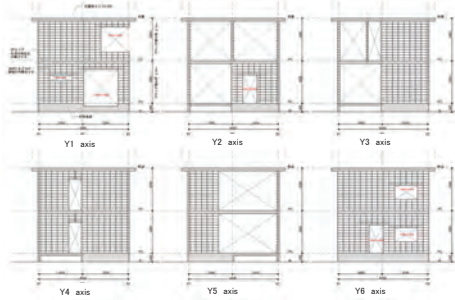
Bonding pattern



CHB thickness $t=150\text{mm}$

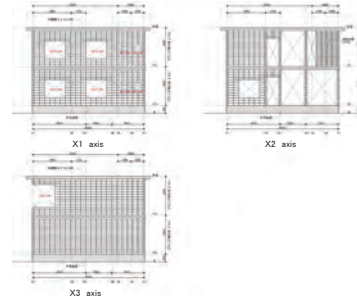
Converted to RCHB construction

X-direction frames

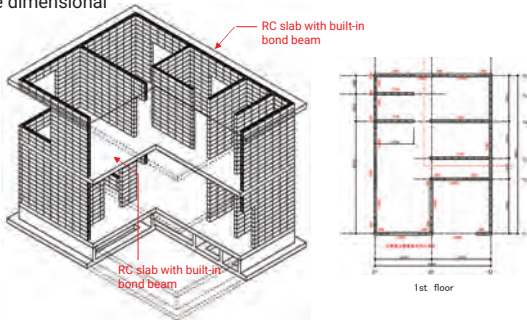


Converted to RCHB construction

Y-direction frames



Three dimensional



1. Structural outline

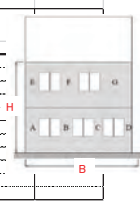
1-1 General specifications		Reinforced concrete block construction	
structure		Reinforced concrete block construction	
number of story		2 stories	
floor area	2nd floor	53.44 m ²	Structural area
	1st floor	53.44 m ²	
	total	106.88 m ²	
foundation structure		RC continuous foundation	
Thickness of bearing wall		150 mm	
floor height	2nd floor	3.0 m	
	1st floor	3.0 m	
CB stacking height	2nd floor	2.5 m	
	1st floor	2.5 m	
horizontal structure	roof	RC slab	200 mm ← built in bond beams
	2nd floor	RC slab	200 mm ← built in bond beams
	1st floor	RC slab (non-structural)	150 mm
material strength	CB	17 MPa	
	mortar	15 MPa	
	rebar	250 MPa	

2. Wall ratio calculation

2-1 X direction Effective horizontal cross-sectional area of wall

(1) Aspect ratio of structure

Floor axis	structure length B (mm)	structure height H (mm)	aspect ratio r1
2	Y1 4,400	6,000	1.38
	Y3 3,350	6,000	1.79
	Y4 6,400	6,000	0.94
	Y5 2,150	6,000	2.79
	Y6 6,400	6,000	0.94
	Y1 6,400	6,000	0.94
	Y2 3,350	6,000	1.79
	Y3 3,350	6,000	1.79
	Y4 6,400	6,000	0.94
	Y5 2,150	6,000	2.79
	Y6 6,400	6,000	0.94



Aspect ratio and critical aspect ratio for each bearing wall



Fig W4 Aspect ratio (a) r=0.5 and (b) r=1.0 of each bearing wall

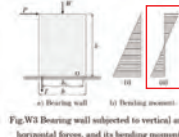
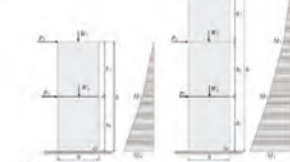


Fig W3 Bearing wall subjected to vertical and horizontal forces, and its bending moment



Critical aspect ratio r=0.91
Fig W5 Aspect ratio for 2 and 3 story bearing walls

(2) Aspect ratio of bearing wall

Floor axis	structure length B (mm)	wall length b (mm)	wall thickness t (mm)	horizontal cross-sectional area A (mm ²)	opening height h1 (left) (mm)	opening height h2 (right) (mm)	opening height h3 (average) (mm)	aspect ratio r2	adopted value r	critical aspect ratio rc	reduction factor β	Effective horizontal cross-sectional area Ae (mm ²)
2	Y1 4,400	150	660,000	2,800	1,800	2,300	0.52	1.36	1.00	0.73	0.84	484,000
	Y3 3,350	150	502,500	5,800	5,800	5,800	1.73	1.79	0.91	0.51	253,112	
	Y4 6,400	150	322,500	2,800	2,800	2,800	1.30	1.30	1.00	0.71	247,624	
	Y5 2,150	150	502,500	2,800	2,800	2,800	0.94	0.94	1.00	1.00	502,500	
	Y6 6,400	150	322,500	2,800	2,800	2,800	1.30	2.78	0.91	0.52	190,162	
	Y1 6,400	150	600,000	2,800	1,000	1,900	0.48	0.94	1.00	1.00	600,000	
	Y2 3,350	800	120,000	1,000	2,800	1,900	2.38	2.38	1.00	0.42	50,528	
sum												2,246,184
1	X1 8,700	800	120,000	2,800	400	1,800	2.00	2.00	1.00	0.94	80,000	
	X2 3,150	800	120,000	400	2,400	1,400	1.75	1.75	1.00	0.87	68,511	
	X3 8,700	800	120,000	2,400	2,800	2,600	3.23	3.23	1.00	0.31	38,823	
	X1 8,700	150	120,000	2,800	2,400	3,000	1.00	1.00	1.00	0.93	40,000	
	X2 3,150	150	232,500	2,800	2,400	1,500	1.75	1.00	0.94	0.94	129,512	
	Y3 3,350	150	502,500	2,800	2,800	2,800	0.94	1.79	1.00	0.56	280,563	
	Y4 2,150	150	322,500	2,200	2,200	2,200	1.02	1.02	1.00	0.98	315,170	
	Y5 2,150	150	502,500	2,200	2,200	2,200	0.75	0.94	1.00	1.00	502,500	
	Y6 6,400	150	322,500	5,800	5,800	5,800	2.79	2.79	1.00	0.36	115,563	
	Y1 6,400	150	330,000	2,800	2,000	2,400	1.09	1.09	1.00	0.92	302,500	
	Y2 3,350	800	120,000	2,000	1,500	1,88	1.88	1.88	1.00	0.53	64,000	
	Y3 3,350	800	120,000	1,000	2,800	1,900	2.38	2.38	1.00	0.42	50,528	
sum												1,466,128

2-2 Y direction Effective horizontal cross-sectional area of wall

(1) Aspect ratio of structure

Floor axis	structure length B (mm)	structure height H (mm)	aspect ratio r1
2	X1 8,700	6,000	0.69
	X2 3,150	6,000	1.90
	X3 8,700	6,000	0.69
1	X1 8,700	6,000	0.69
	X2 3,150	6,000	1.90
	X3 8,950	6,000	0.68

(2) Aspect ratio of bearing wall

Floor axis	wall length b (mm)	wall thickness t (mm)	horizontal cross-sectional area A (mm ²)	opening height h1 (left) (mm)	opening height h2 (right) (mm)	opening height h3 (average) (mm)	aspect ratio r2	adopted value r	critical aspect ratio rc	reduction factor β	Effective horizontal cross-sectional area Ae (mm ²)
2	X1 850	150	142,500	2,800	1,400	2,100	2.21	2.21	1.00	0.45	64,484
	1,600	150	240,000	1,400	1,400	1,400	0.88	0.88	1.00	1.00	240,000
	1,200	150	180,000	1,400	400	900	0.75	0.75	1.00	1.00	180,000
	800	150	90,000	400	400	400	0.87	0.87	1.00	1.00	90,000
	3,150	150	312,500	2,800	2,800	2,800	0.89	1.00	1.00	0.53	248,053
	X3 6,850	150	1,042,500	2,800	2,800	2,800	0.40	0.69	1.00	1.00	1,042,500
sum											1,888,027
1	X1 850	150	142,500	2,800	1,400	2,100	2.21	2.21	1.00	0.45	64,484
	1,800	150	240,000	1,400	1,400	1,400	0.88	0.88	1.00	1.00	240,000
	1,200	150	180,000	1,400	400	900	0.75	0.75	1.00	1.00	180,000
	800	150	90,000	400	400	400	0.87	0.87	1.00	1.00	90,000
	X2 850	150	142,500	2,800	1,400	2,100	2.21	2.21	1.00	0.45	64,484
	550	150	82,500	1,400	2,800	2,100	3.82	3.82	1.00	0.28	21,607
	X3 8,700	150	1,205,000	2,800	2,800	2,800	0.92	0.88	1.00	1.00	1,205,000
sum											1,888,698

2-3 Wall ratios

direction	floor	Effective horizontal cross-sectional area Z Ae (m ²)	floor area (m ²)	wall ratio (%)	required wall ratio (%)	margin ratio	judgment
X	2	2,245	53.44	4.20	1.46	2.88	OK
	1	1,966	53.44	3.68	2.76	1.33	OK
Y	2	1,865	53.44	3.49	1.46	2.39	OK
	1	1,966	53.44	3.68	2.76	1.33	OK

3. Examination of bending reinforcing bars at the end of bearing walls

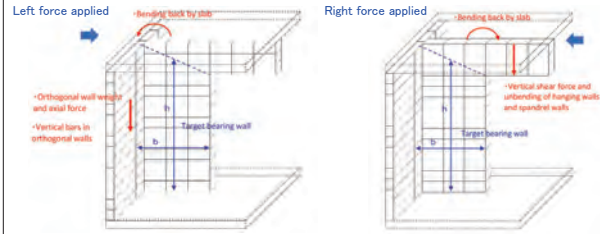
A bearing wall with an aspect ratio less than the critical aspect ratio does not lift, so no pulling force is generated.

For the bearing walls with an aspect ratio exceeding the critical aspect ratio, a lifting force is generated in the calculation, but consideration of bending reinforcing bars is omitted for the following reasons.

- For the bearing walls with an aspect ratio exceeding the critical aspect ratio, the load-bearing strength is reduced
- The following can be expected as the effect of suppressing floating that is not calculated.
 - Effect of orthogonal walls on bearing wall ends
 - Bending back effect of slab

(Reference) Non-calculated uplift resistance of bearing walls

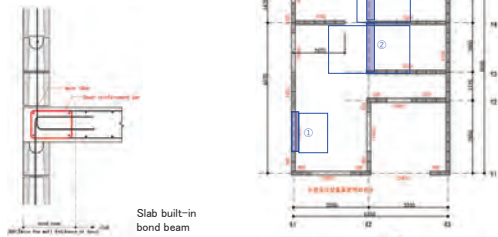
In this calculation standard, only the vertical load (axial force of bearing wall) by the target bearing wall is considered as the uplift resistance element of the bearing wall, but there are elements shown in the figure below that are not calculated.



4. Calculation of slab built-in bond beam and floor beams

4-1 In-plane direction

(1) Bond beams and floor beams to be examined



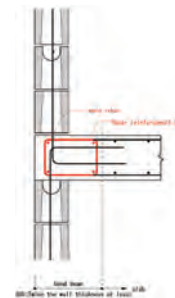
(2) Member cross-section study

Consideration member number		①	②	③		
Member type		bond beam	floor beam	floor beam		
Cross section	girder height (built-in slab)	mm	200	200	200	
	Girder width (twice the wall thickness)	mm	300	300	300	
span	beam span L	mm	1800	1850	2325	
load	Weight per unit area of floor	RC slab	N/m ²	4800	4800	4800
		floor finish	N/m ²	200	200	200
	loading weight	floor	N/m ²	1800	1800	1800
		total	N/m ²	6800	6800	6800
	floor inner dimension span/2	m	1.45	3.05	2.0825	
	Distributed load of girder (for floor)	N/m(width)	4930	10370	7012.5	
	Girder own weight (wall thickness)	N/m(width)	720	0	0	
2nd floor CB spandrel wall	N/m(width)	1800	0	0		
Distributed load of girder w	N/m(width)	7450	10370	7013		
(ditto)	kN/m(width)	7.5	10.4	7.0		

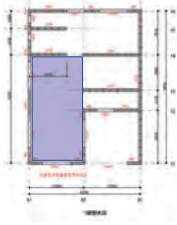
Consideration member number		①	②	③	
Member type		bond beam	floor beam	floor beam	
bonding moment	support conditions		both ends fixed	both ends fixed Y4 fix 18 supports	
	end (left)	kN-m	1.59	2.96	4.74
	center	kN-m	0.79	1.48	2.67
	end (right)	kN-m	1.59	2.96	0.00
Amount of rebar required/ Number of reinforcing bars	Long-term allowable stress of rebar ft	N/mm ²	153.3	153.3	153.3
	effective height d	mm	150.0	150.0	150.0
	distance between stress centers j	mm	131.3	131.3	131.3
	end (left)	mm ²	79.0	147.0	235.4
	required rebar cross-sectional area at	mm ²	39.5	73.5	132.4
	end (right)	mm ²	79.0	147.0	0.0
	main rebar				
	end (left)		2-Φ12	2-Φ12	3-Φ12
	center		2-Φ12	2-Φ12	2-Φ12
	end (right)		2-Φ12	2-Φ12	2-Φ12

4-2 Calculation of out-of-plane direction

Omitted as both the 2nd and R floors have RC slabs.



5. Calculation of slabs



Target slab		X1-X2	Y1-Y4
span	short side Lx	m	2.90
	long side Ly	m	5.93
load	Weight per unit area of floor w	N/m ²	6900
	w _u	N/m ²	6931
bending moment	short side	end Mx1	N-m
		center Mx2	N-m
	long side	end My1	N-m
		center My2	N-m
thickness	slab thickness t	mm	200
	effective thickness	short side dx	mm
thickness		long side dy	mm
		short side dx	mm
		long side dy	mm
		distance between stress centers	mm
Long-term allowable stress of rebar	short side	end	N/mm ²
		center	N/mm ²
Amount of rebar required at	short side	end	mm ²
		center	mm ²
	long side	end	mm ²
Placement of rebar	short side	end	mm
		center	mm
	long side	end	mm
		center	mm

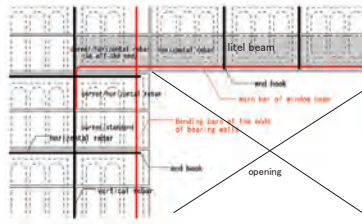
(Reference) Average shear stress of bearing wall

story shear coefficient Co		0.2							
direction	story	Building weight/seismic force			Horizontal cross section of bearing wall		average shear stress		
		Weight of target floor Wi (kN)	Weight supported by target floor ΣWi (kN)	seismic force Pi (kN)	horizontal cross-sectional area A (mm ²)	Effective horizontal cross-sectional area Ae (mm ²)	r 1 = Pi/A (N/mm ²)	r 2 = Pi/Ae (N/mm ²)	ratio to compressive strength
X	2	562.7	562.7	112.5	3030000	2082723	0.04	0.05	1/ 222
	1	631.5	1194.2	238.8	2932500	1966129	0.08	0.12	1/ 99
Y	2	562.7	562.7	112.5	2167500	1865027	0.05	0.09	1/ 199
	1	631.5	1194.2	238.8	2182500	1965536	0.11	0.12	1/ 99

The average shear stress is about 1/100 of the compressive strength of CB alone, and it has a large margin.

Block type	Short-term permissible shear stress (N/mm ²)
A	0.21
B	0.26
C	0.30

(Reference) Lintel beam



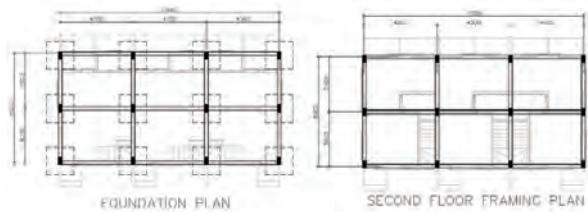
② Two-story townhouse



Original plans RC frame structure with nonbearing CHB walls



Original plans RC frame structure with nonbearing CHB walls



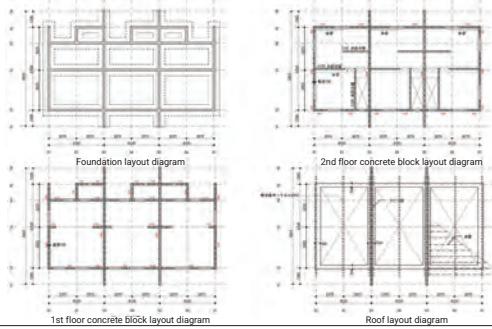
Original elevations RC frame structure with nonbearing CHB walls



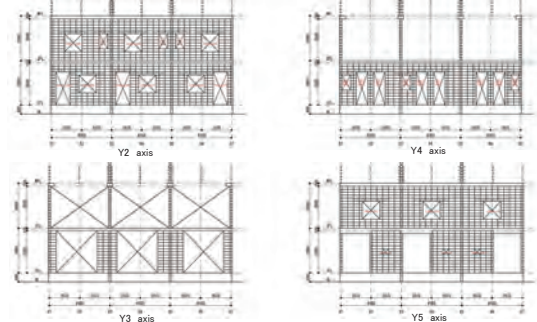
Original sections RC frame structure with nonbearing CHB walls



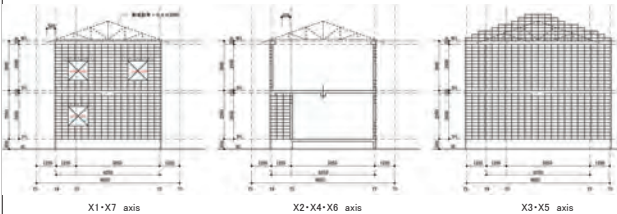
Converted to RCHB construction



X-direction frames



Y-direction frames



1. Structural outline

1-1 General specifications

structure	Reinforced concrete block construction	
number of story	2 stories	
floor area	2nd floor	77.81 m ²
	1st floor	77.81 m ²
	total	155.63 m ²
foundation structure	RC continuous foundation	
Thickness of bearing wall	150 mm	
floor height	2nd floor	3.0 m
	1st floor	2.95 m
CB stacking height	2nd floor	2.8 m
	1st floor	2.8 m
horizontal structure/roof	2nd floor	RC slab
	1st floor	RC slab (non-structural)
	roof	Lightweight steel truss triangular roof on top of RC girder
material strength	CB	12 MPa
	mortar	15 MPa
	rebar	230 MPa

2. Wall ratio calculation

2-1 X direction Effective horizontal cross-sectional area of wall

(1) Aspect ratio of structure

floor	axis	structure length B (mm)	structure height H (mm)	aspect ratio r1			
2	Y2	12,800	6,150	0.49			
	Y4	12,800	6,150	0.49			
1	Y2	12,800	6,150	0.49			
	Y3	12,800	2,950	0.23			
	Y4	12,800	2,950	0.23			
	Y5	12,800	6,150	0.49			

(2) Aspect ratio of bearing wall

floor	axis	wall length b (mm)	wall thickness t (mm)	horizontal cross-sectional area A (mm ²)	opening height h1 (left) (mm)	opening height h2 (right) (mm)	opening height h3 (average) (mm)	aspect ratio r2	adjusted value r	critical aspect ratio rc	reduction factor β	Effective horizontal cross-sectional area A _{eff} (mm ²)
2	Y2	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	1.00	80,000
	Y4	2,400	150	360,000	1,200	1,200	1,200	0.50	0.96	1.00	1.00	360,000
	sum	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	1.00	80,000
1	Y2	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	1.00	80,000
	Y3	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	1.00	80,000
	Y4	2,400	150	360,000	1,200	1,200	1,200	0.50	0.96	1.00	1.00	360,000
	Y5	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	1.00	80,000
	sum	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	1.00	80,000
	sum											6,150,780

2-2 Y direction Effective horizontal cross-sectional area of wall

(1) Aspect ratio of structure

floor	axis	structure length B (mm)	structure height H (mm)	aspect ratio r1			
2	X1	8,400	6,150	0.98			
	X3	8,800	6,150	0.70			
	X5	8,800	6,150	0.70			
	X7	8,400	6,150	0.98			
1	X1	8,400	6,150	0.98			
	X2	1,350	2,950	2.19			
	X3	8,800	6,150	0.70			
	X4	1,350	2,950	2.19			
	X5	8,800	6,150	0.70			
	X6	1,350	2,950	2.19			
	X7	8,950	6,150	0.98			

(2) Aspect ratio of bearing wall

floor	axis	wall length b (mm)	wall thickness t (mm)	horizontal cross-sectional area A (mm ²)	opening height h1 (left) (mm)	opening height h2 (right) (mm)	opening height h3 (average) (mm)	aspect ratio r2	adjusted value r	critical aspect ratio rc	reduction factor β	Effective horizontal cross-sectional area A _{eff} (mm ²)
2	X1	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	0.40	48,000
	X3	8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.52	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X5	8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.52	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X7	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	0.40	48,000
	sum	800	150	120,000	2,800	2,000	2,500	0.50	0.96	1.00	0.40	48,000
1	X1	3,200	150	480,000	2,800	1,200	2,000	0.63	0.98	1.00	1.00	480,000
	X2	2,000	150	300,000	1,200	2,800	2,000	1.00	1.00	1.00	1.00	300,000
	X3	8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.52	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X4	1,350	150	202,500	2,800	2,800	2,800	2.07	2.19	1.00	0.48	92,669
	X5	8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.52	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X6	1,350	150	202,500	2,800	2,800	2,800	2.07	2.19	1.00	0.48	92,669
	X7	3,200	150	480,000	2,800	1,200	2,000	0.63	0.98	1.00	1.00	480,000
	sum	2,000	150	300,000	1,200	2,800	2,000	1.00	1.00	1.00	1.00	300,000
	sum											4,478,000

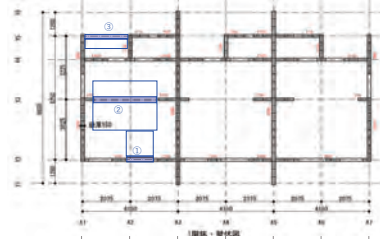
2-3 Wall ratios

direction	floor	Effective horizontal cross-sectional area ΣA _{eff} (m ²)	floor area (m ²)	wall ratio (%)	required wall ratio (%)	margin ratio	judgment
X	2	2,093	77.81	2.69	1.46	1.84	OK
	1	2,164	77.81	2.78	2.76	1.01	OK
Y	2	3,552	77.81	4.56	1.46	3.13	OK
	1	4,478	77.81	5.75	2.76	2.09	OK

4. Calculation of slab built-in bond beam and floor beams

4-1 In-plane direction

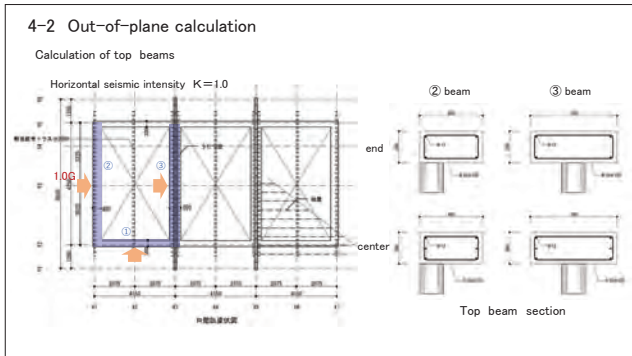
(1) Bond beams and floor beams to be examined



slab thickness + height of 1 block

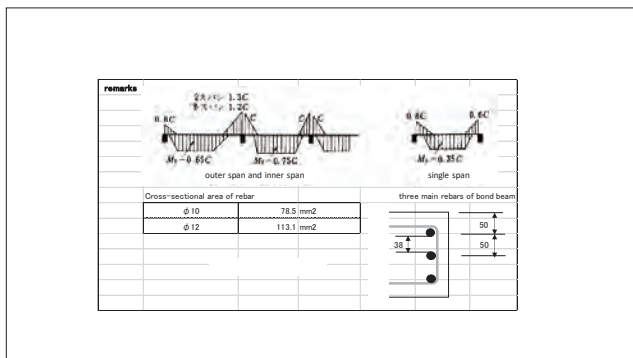
(2) Member cross-section study			①	②	③
Consideration member number					
Member type			bond beam	floor beam	floor beam
Cross section/ span	girder height (built-in slab)	mm	150	350	350
	Girder width (twice the wall thickness)	mm	300	300	300
	beam span L	mm	1200	2800	1925
load	RC slab	N/m ²	4800	4800	4800
	floor finish	N/m ²	200	200	200
	loading weight	N/m ²	1800	1800	1800
	total	N/m ²	6800	6800	6800
	floor inner dimension span/2	m	1.44	2.90	0.53
	Distributed load of girder (for floor)	N/m(width)	4888	9860	1785
	Girder own weight (wall thickness)	N/m(width)	540	1260	1260
	2nd floor CB spandrel wall	N/m(width)	1800	0	8400
	Distributed load of girder w	N/m(width)	7228	11120	11445
	(ditto)	kN/m(width)	7.2	11.1	11.4

Consideration member number			①	②	③
Member type			bond beam	floor beam	floor beam
bending moment	support conditions		both ends fixed	both ends fixed	X1 support X2 fix
	end (left)	kN-m	0.87	7.27	0.00
	center	kN-m	0.43	3.63	2.98
	end (right)	kN-m	0.87	7.27	5.30
Amount of rebar required/ Number of reinforcing bars	Long-term allowable stress of rebar f_t	N/mm ²	153	153	153
	effective height d	mm	100	300	300
	distance between stress centers j	mm	88	263	263
	end (left)	mm ²	65	180	0
	center	mm ²	32	90	74
	end (right)	mm ²	65	180	132
main rebar	end (left)		2- ϕ 12	3- ϕ 12	2- ϕ 12
	center		2- ϕ 12	2- ϕ 12	2- ϕ 12
	end (right)		2- ϕ 12	3- ϕ 12	2- ϕ 12



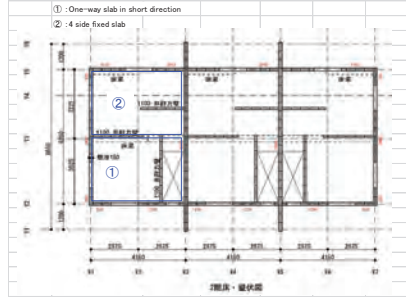
Weight per unit volume of CB		20 kN/m ³		
Horizontal seismic intensity K		1.0		
Part number to consider		①	②	③
Member type		bond beam	bond beam	bond beam
Cross section/ span	bond beam height D	mm	200	200
	bond beam width B	mm	300	400
	bond beam span L	mm	4190	6250
load	CB wall on the second floor (h=1.4m)	N/m(width)	4.20	4.20
	dead weight of bond beam	N/m(width)	1.44	1.92
	fire stop wall (ave.h=0.8m)	N/m(width)	0.00	0.00
	roof weight	N/m(width)	0.00	0.00
total	N/m(width)	5.64	6.12	
seismic force	N/m(width)	5.64	6.12	

Part number to consider			①	②	③
Member type			bond beam	bond beam	bond beam
support conditions	Same as subbeams in RC calculation standards	end (left)	0.6C	0.6C	0.6C
		center	Mo-0.65C	Mo-0.35C	Mo-0.35C
		end (right)	1.2C	0.6C	0.6C
		C	8.09	19.92	30.08
bending moment		Mo	12.14	29.88	45.12
	end (left)	kN-m	4.88	11.95	18.05
	center	kN-m	6.88	22.91	34.59
	end (right)	kN-m	9.71	11.95	18.05
Amount of rebar required	short-term allowable stress of rebar f_t	N/mm ²	230	230	230
	effective width b	mm	250	350	500
	stress center-to-center distance j	mm	219	306	438
	end (left)	mm ²	96.5	169.7	179.3
	center	mm ²	136.8	325.3	343.8
	end (right)	mm ²	193.1	169.7	179.3
Placement of rebar	main rebar	end (left)	2- ϕ 12	2- ϕ 12	2- ϕ 12
		center	2- ϕ 12	3- ϕ 12	3- ϕ 12
		end (right)	2- ϕ 12	2- ϕ 12	2- ϕ 12



5. Slab calculation

(1) Target slab

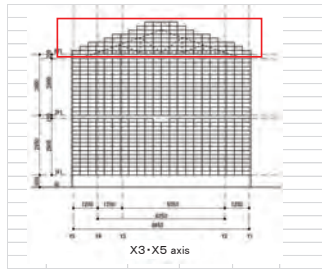


(2) rebar calculation

Target slab	X1-X3	X1-X3	X1-X3
Support conditions	2 sides fixed	4 sides fixed	
span	short side Lx	3m	2.73
	long side Ly	3m	4.00
load	load per unit area w	N/m ²	6000
	q	N/m ²	5033
bending moment	short side	end Mx1	587.9
		center Mx2	2.10
	long side	end My1	587.9
		center My2	2.10
slab thickness t	mm	100	100
thickness/	effective thickness	short side dh	110
effective	long side dh	100	
thickness	short side j	96	
	long side j	96	
	short-term allowable stress of rebar R _s	N/mm ²	193
	long side	end	285
		center	143
	long side	end	201
		center	134
Placement	short side	end	Φ10@200
of rebar		center	Φ10@200
	long side	end	Φ10@200
		center	Φ10@200
remarks	Cross-sectional area of rebar		
	Φ10	78.5	mm ²
	Φ12	113.1	mm ²

6. Calculation of fire prevention wall against out-of-plane force

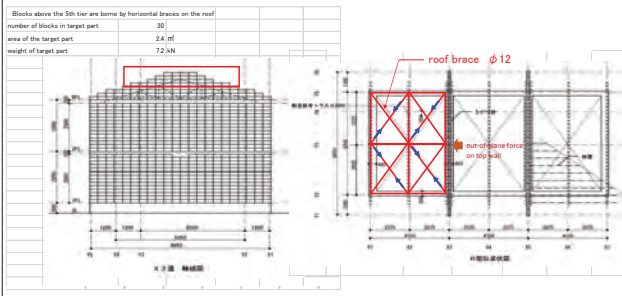
(1) Target part



(2) rebar calculation

Weight per unit volume of CB	20	kN/m ³		
Horizontal seismic intensity K	1.0			
target part	center	middle part	both ends	
support conditions	fix bottom edge	fix bottom edge	fix bottom edge	
wall	wall thickness t	mm	190	190
dimension	spacing number of blocks		8	4
stacking height	mm	1600	1200	800
load	Weight per unit area of wall w	N/m ²	3.00	3.00
	seismic force	N/m ²	3.00	3.00
bending moment	lower end	kN·m	13.26	3.64
effective	effective thickness	mm	75	75
thickness	stress center-to-center distance j	mm	66	66
	short-term allowable stress of rebar R _s	N/mm ²	230	230
required rebar cross-sectional area A _s	mm ² /mwidth		1018	274
			Φ12@400	Φ12@400
Placement				

Calculate the roof brace for transmitting the out-of-plane force of the fire prevention wall.



Calculation result

weight of target part	72	kN
Horizontal seismic intensity K	1.0	
seismic force	72	kN
brace angle	33.69	deg
Brace cross-sectional area	Φ12	
effective area of brace	85	mm ²
short-term allowable stress of brace	230	N/mm ²
brace strength	19.5	kN
component of load direction	10.8	kN
effective number of braces	4	
Brace load carrying capacity	432	kN > 72 kN OK

(2) 質疑応答、パネルディスカッションの概要

① 主要な質疑応答

- ・モデル住宅などの実物の建設があると理解しやすい。
 - ・基礎：今回は上部構造の説明。基礎は、基本的にフィリピン構造基準 (NSCP National Structural Code of the Philippines) による。日本では、空洞タイプのブロックではなく、全充填タイプのブロックによる基礎建設が行われている。
 - ・バルコニーの設計：通常の片持ちのスラブとして計算すればよい。
 - ・外壁：CHBは空洞が多いので、雨かかりの多い部分には、必要に応じ、塗装、モルタル仕上げなどを行うことが望ましい(他の材料と同様)。庇などで雨かかりを減らす設計も方法の一つ。
 - ・壁の水平せん断耐力の検討：壁のせん断耐力には十分な余裕があるので詳細な検討は不要である。この基準は、(ベースシヤ係数 0.2 に対し)許容応力度計算を行っているので、(保有水平耐力までには)材料強度で3倍の余裕、応力集中係数で1.5倍の余裕があり、全体としては約5倍の余裕がある(保有耐力時のベースシヤ係数は1.0となる)。
 - ・建売を行うデベロッパーはこの工法を活用することが予想される。一般オーナーは、低コストの工法を選択する傾向が強い。
- CHB は大幅なコスト高となっても、モルタル量の節減で、建設コスト全体としては下げられることを理解してもらうことが必要。
- ・横筋のモルタルの被り厚の確保：一部充填とするためには、特別なブロックが必要。
 - ・ブロック積技能者の育成：トレーニングが必要だが、日系のメーカー／施工業者の経験によれば、1日程度のトレーニングで概ね習得できるとのこと。

② パネルディスカッションの主要な応答

- ・建築許可の際の審査：適切な設計が行われていることが理解できれば許可を行う。公共事業道路省建築基準整備室 (NBCDO / DPWH National Building Code Development Office/Department of Public Works and Highways) の指導も重要。また、審査の際のチェックリストがあるとよい(本ガイドラインは、フィリピン構造基準の荷重等の要件を満たしている)。
- ・ブロックの規格：CHB の品質等について本ガイドラインに記載。通産省 (DTI Department of Trade and Industry) より通知があり、2023 年 6 月に、改訂されたフィリピン産業規格 (PNS Philippine National Standard) が強制規定となり、一定の猶予期間後は全てのメーカーが規格適合製品を作らねばならなくなり、本ガイドラインによる建設を行う環境が整うことが期待される。
- ・リントルビーム(まぐさ、開口部の楣材)：特殊なブロックを使い、下部に補強筋を配置することを想定。
- ・曲面壁：CHB の一部をカットすることにより可能。日本で実例を見てきた。ガイドラインの計算方法もこれに対応している。
- ・商業用建物：適用可能。
- ・CHB による布基礎：以前は日本で許容されていたが、現在は使用できない。今後の検討課題。
- ・高層建築への適用：本ガイドラインによる壁式一部充填方式は3階建てまで。日本では全充填

式のRM造(Reinforced Masonry)は5階建てまで許容。アメリカでは高層も許容。フィリピン構造基準はアメリカ式を採用しているため、現行基準でも高層が可能となっている。

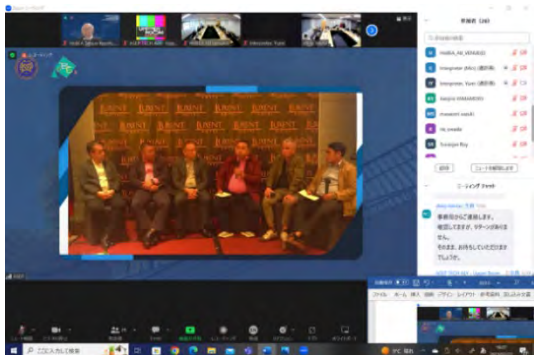
- ・本ガイドラインの作成のプロジェクトは、地震等の度に甚大な被害を受ける現行の低品質ブロック、施工不適切のブロック造を安全なものとするのが主目的。
- ・今後の手続き:本ガイドラインは最終調整中。その後、最終案の公表とコメント募集を行った上で、フィリピン構造技術者協会内の組積造委員会、構造基準委員会の審議を行う。その後、公共事業道路省建築基準整備室の手続きを行う予定。



オンライン上での開会



フィリピン構造技術者協会会長の開会挨拶



フィリピン会場でのパネルディスカッションの状況



フィリピン会場の様子(休憩時)



建築学会日本語会場



同時通訳室

(檜府龍雄)