第6章　品質改善･安全性向上へ向けての調査検討

6．1フィリピン構造基準(NSCP　National Structural Code of the Philippines)関係の調査

(1)概要

コンクリーブロック関係のフィリピンにおいて適用される構造基準を把握するための調査を行った。具体的には、フィリピンの構造基準であるフィリピン構造基準(NSCP)の第 7 章組積造を翻訳し、その内容について建築学会 CIB 委員会地震防災小委員会構造基準 WG などの協力を得て、その内容の把握を行った。その結果、今回、本プロジェクトで対象とする、低層のコンクリートブロック造住宅とコンクリーブロックによる非構造壁については、ほとんど適用される基準が整備されていないことが把握できた。なお、このことについては、NSCP の策定主体であるフィリピン構造技術者協会の基準策定の主要メンバーである、会長、副会長などに確認いただいた(2019 年 10 月の日本招聘時の意見交換など)。

(2)NSCP と関連基準の概観(2019 年度建築学会大会梗概)

前述の調査研究の概要を、2019 年度日本建築学会大会学術講演会において、下記の 8 編の梗概として取りまとめ、発表を行った。

主題「コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究」

（その 1 調査研究の背景、目的及び研究の概要）
（その 2 日本のコンクリートブロック造関係規定の制定時の状況）
（その 3 日本の補強コンクリートブロック造の規基準の概要）
（その 4 フィリピン構造基準（NSCP2015）のコンクリートブロック関係規定の概要）
（その 5 フィリピン構造基準（NSCP 2015）の 710 節（メーソンリーの経験的設計）の概要）
（その 6 材料基準）
（その 7 米国の組積造構造基準の概観）
（その 8 米国「補強組積造工学ハンドブック」の概要）

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
（その１ 調査研究の背景、目的及び研究の概要）

正会員 ○楢府 龍雄 *1　正会員 石山 祐二 *7
同 前島 彩子 *2　同 白川 和司 *8
同 松崎志津子 *3　同 北 茂紀 *9
同 韓 永輝 *4　同 古山 由佳*10
同 岡本隆之祐 *5　同 池田 周英*11
同 加藤 秀弥 *6

ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ　フィリピン　組積造
構造基準　耐震構造　簡易耐火建築物

1. 背景と目的

（１）背景

開発途上国においては、日本語で組積造と呼ばれる、レンガ、石、コンクリートブロック（CB:Concrete Block）等の比較的小さな材料を積み上げる工法[1]が広く使われている。これらは適切に施工されなかったり、補強が行われなかったりすることが多く、地震等の災害の際に甚大な被害を生ずることから地震に対して脆弱と思われがちである。

日本における組積造の導入と活用については、その２において詳述するが、建築物の不燃化が重要課題となった戦後、廉価かつ耐火性を備えた工法として、アメリカから導入された空洞コンクリートブロック（CHB :Concrete Hollow Block）が、政府の各種の支援[2]を受けて広く活用された。これらの建築物は、耐火性に加えて耐震性にも優れ、これまでの種々の災害時に優れた強靭性を実証し続けている[3]。しかしながら、

① 材料費は安いものの建設に手間がかかり、施工費等の上昇の伴い、トータルの建設コストが上昇した
② 施工にセメントモルタルを用いるため、硬化期間を要するなどにより、工期が長くなる
③ 構造設計面などから簡便に建設できる規模が限られ、地価が高騰し土地の高度利用が求められる場所では採用できない

などの理由[4]から、日本では、近年、急速に建設量を減らしてきている。

一方、上記のような日本の経済・社会条件とは異なる状況下の開発途上国では、今後とも主要な工法として採用され続けることが想定される。

（２）目的と研究の概要

本研究は、国際的に最も広く活用されている工法の一つであり、災害に対する脆弱性を露呈しているコンクリートブロック造（CB 造）について、優れた品質、性能を実証してきている日本の補強コンクリートブロック造（補強 CB 造）の技術との比較、分析を行うことにより、より合理的で安全な構造、工法へ向けての提言を目指すものである。今年度の大会で発表する一連の梗概８編は、そのための基礎的な調査研究として、①日本の補強 CB 造について、導入の経緯、活用状況、適用される規基準などの概要（その２、３）、②世界で最も広く CB 造を活用している国の一つであるフィリピンを対象とした、当該構造についての構造基準の概要の把握（その４～６）、③フィリピン基準が参照しているアメリカの参考文献の概要の把握（その７、８）を行うものである。この場合、低層の戸建てなどの小規模建物で CB が構造壁の材料として用いられている場合と、RC 造などの建築物の外壁、間仕切壁などの非構造壁として用いられている場合の２つを対象とする。

2. フィリピンにおけるコンクリートブロックの概観

（１）コンクリートブロックに関する構造基準

フィリピン構造基準（NSCP）は、各種工法を網羅しており、そのうち第７章が組積造（Masonry）に関するものである。同章では、主としてレンガなどの土質ユニットとコンクリートのユニットについて規定している。NSCP は多くのアメリカの基準類を参照しており、2015 年版の前文に10の基準類[5]が列挙されている。組積造関係では、Reinforced Masonry Engineering Handbook of America と Concrete Masonry Handbook, 6th Edition がある。

（２）活用状況と工法等の特徴

フィリピンにおいては、CB が建築材料として広く使われている。多くの開発途上国で広く見られるレンガはほとんど使用されておらず、低層の建物の構造材と大規模建物の非構造壁として CB が使われている。ブロック（組積ユニット）は、日本と同様に縦方向の空洞部が通常３本設けられている CHB である。施工方法は日本と異なり、この空洞の全てにモルタルを充填し（全充填）、積み方は、縦方向にブロック（あるいは目地）が互い違いとなる、

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective (No.1 Background, Objective and Outline of Study)

NARAFU Tatsuo, MAESHIMA Ayako, MATSUZAKI Shizuko, HAN Eiki, OKAMOTO Ryunosuke, KATO Hideya, SHIRAKAWA Kazushi, ISHIYAMA Yuji, KITA Shigenori, FURUYAMA Yuka, IKEDA Shuei

「破れ目地」とするのが一般的である（日本では、「芋目地」と呼ばれる目地が縦方向に一直線となる工法）。

（3）災害に対する脆弱性

フィリピンの CB の際立った特徴は、ブロックの強度が極めて小さいものが大部分ということである。このため、地震動を受けると図１のようにフェースシェルが破損、崩落し、充填されたモルタルだけが残る現象が起こる。また、RC 造に外壁として用いられる場合には、構造材への定着が不適切な場合が多く、図２のように壁全体が崩落する場合が多い。小規模建物の構造壁として用いられる場合にも、同様な崩壊がみられる。

図１
フェースシェルが崩落し、充填されているモルタルが露出した非構造壁（フィリピン 2013 年ボホール地震により被災したロオンの公設市場）

図２
外壁の大部分が崩落したフィリピン、サクバヤンの市庁舎（フィリピン 2013 年ボホール地震により被災）

（4）ブロック製造の実情

流通している CB の大部分は、小規模な家族経営的な工場や、建設現場内や近傍で製造されており、品質の確保がなされていないものが多く低品質[1)]である。このため、そのような CB による建物は、極めて脆弱で災害時には被害を受けやすい[2)]。

３．今後へ向けて

今回報告する文献調査を主とする調査に併せて、フィリピンにおける CB の製造や施工の実態把握や、行政機関、建設会社、CB メーカーとの意見交換などを行っており、今後それらを合わせて研究を進めていく予定である。

（注）

(1) 英語で用いられる masonry は、mason（石工などの職人）が建設する構造物であり、日干しレンガ（アドベ）などのように職人ではなく住民が建設するものは含まないことがある。

(2) 建築基準法上の簡易耐火建築物（現在は、「準耐火建築物」）という位置づけを与えられ、公的な融資での優遇や、公共住宅での活用が行われた。

(3) 補強コンクリートブロック造は、所謂壁式構造（壁体の全体が構造材）であることもあり、地震動による水平力に対して極めて強い強度を有し、これまでの大規模地震のいずれにおいても、木造などの他の工法に比較して被害が軽微である。特に、東日本大震災においては、深刻な地震と津波の被害を被った地域では、周囲の木造などの建物が壊滅的な被害を受けたのに対して、ブロック造は、鉄筋コンクリート造に匹敵する強靭性を示し、構造体はほとんど無被害の事例が多い。

(4) これらの問題点以外にも、防水性（雨水の浸透など）、断熱性について、課題を指摘されることがある。

(5)本文記載の 2 つの他、各種の専門家団体が作成している、UBC-1997、IBC-2009、ASCE/SEI 7-10、ACI 318-14M、AISC-05、AISI S100-2007、ANSI EIA/TIA-222-G-I-2007、ASTM があげられている。その中には、それぞれの基準類の最新版でないものがある。

【参考文献】

1) 今井 他:フィリピン庶民住宅の耐震性向上のための実験研究(その 1：プロジェクト概要と現地実態調査), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1014-1042, 2012. 09

2) 日本建築学会： 2013 年フィリピン地震・台風建築物被害調査および 2014 年大雪被害調査 報告会資料(2014 年度日本建築学会大会（近畿）災害部門 緊急報告会), pp. 1-7, 41-45, 2014. 09

*1 独立行政法人国際協力機構
*2 明海大学
*3 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*4 パシフィックコンサルタンツ株式会社
*5 株式会社山下設計
*6 鹿島建設株式会社
*7 日本海洋コンサルタント株式会社
*8 北海道大学名誉教授
*9 北茂紀建築構造事務所
*10 三井住友建設株式会社
*11 竹中工務店設計本部

*1 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*2 Meikai University
*3 Ex-Volunteers Association for Architects
*4 PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*5 Yamashita Sekkei Incorporation
*6 KAJIMA CORPORATION
*7 Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*8 Professor Emeritus, Hokkaido University
*9 Kita Shigenori Structural Design Office
*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd
*11 Takenaka Corporation Head Office

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
（その２　日本のコンクリートブロック造関係規定の制定時の状況）

正会員	○前島　彩子 *1	正会員	石山　祐二 *7
同	檜府　龍雄 *2	同	白川　和司 *8
同	松崎志津子 *3	同	北　茂紀 *9
同	韓　永輝 *4	同	古山　由佳*10
同	岡本隆之祐 *5	同	池田　周英*11
同	加藤　秀弥 *6		

ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ　構造基準　補強組積造
公庫住宅　公営住宅　国際比較

1. はじめに

コンクリートブロック（CB）が国内で使われ始めたのは明治時代後半であるが、全国的に普及したのは、第二次世界大戦後の復興期である。関東大震災以降、組積造の一種として姿を消したものの、縦横両方向を鉄筋で補強した壁体からなる、新たな構造形式として急速に確立された。その２はこの展開期における、規基準の整備過程を記述して、フィリピンを含む開発途上国との比較資料とすることを目的とする。関連規基準の制定時の文献資料を参照し、全国標準的なものと住宅供給関係機関による規定をまとめた。

２．CB 造住宅供給の概観

CB 造住宅建設を牽引したのは、公営住宅の普及方策、住宅金融公庫の融資優遇である。公庫が当時建築基準法にも定義されていなかった簡易耐火構造を、木造や耐火構造と区分して融資枠を設けたのは、CB 造推進の意図があったためである[1]。特に北海道地域の住宅は、1953 年に制定された北海道寒地住宅建設等促進法（寒住法）により国の資金援助による住宅は簡易耐火構造以上の防寒住宅とすることが義務づけられたことから、著しく普及した。1960 年代後半にピークを迎えた CB 造着工量は、寒住法改正で木造にも公的資金が広げられたことや建設コスト、間取りの自由度等から敬遠される様になり、特に公庫融資、民間建設で急減した。約 27 万戸のストックは他構造に比べて古い年代の占める割合が大きい。

３．全国標準的な規基準の整備

公営住宅、公庫住宅に CB 造が取り入れられたのは学会規準が規定される以前の 1950 年頃からである。施行令第４節組積造、第 51 条１項の但書「鉄筋又は鉄骨によって補強された部分で、構造計算又は実験によって、この節の規定に適合するものと同等以上の耐力を有することが確かめられたものについては、適用しない」として扱われ、設計案ごとに構造審査を受けて建設された様だ。このため、国内で開発された大型のブロック、アメリカから持ち込まれた成形マシンを用いたもの、型枠状のもの、石炭がらを用いたものなど多種多様な構法が存在したなかで、規定整備の取組が進められた。

補強 CB 造に関する規定（表１）の内、1950 年代に制定された規定の整備経過を学会規準との関係から整理する。

表１　補強 CB 造に関係する規定と制定年

制定時の名称		制定年
旅行令第４節の２　補強コンクリートブロック造		1959
JIS A 5406　空胴コンクリートブロック（JIS 規格）		1952
日本建築学会	特殊コンクリート造設計規準（学会規準） 補強コンクリートブロック造設計規準	1952
	建築工事標準仕様書 JASS7 コンクリートブロックおよびれんが工事 補強コンクリートブロック工事	1956
	壁式構造配筋指針　補強コンクリートブロック造	1987

3.1 学会規準と JIS 規格

日本建築学会は建設省の委託により、1948 年に特殊構造小委員会[1]を設けて設計規準の調査を進めていた[5]。一方組積材については 1951 年に日本工業標準調査会、コンクリートブロック規格専門委員会で審議が始められた[5]。両委員会は密接な連絡を保ち、CB の強度区分（A, B, C 種）や形状区分（BI, BS, BM 型）を一致させて、1952 年に学会規準及び JIS 規格が制定された。１回目の改定も同じ年の 1955 年に行われ、その際に両者で整合性がとられた点として、配筋を考慮して新たに空洞部の寸法を規定した点やメートルモジュールと目地幅を考慮した形状寸法に改められた点がある。1958 年には JIS 規格のみ改定され、ブロック形状は米国式の BI 型に一本化された。

3.2 学会規準と JASS7

学会規準の原案作成委員の構成は、1952 年制定時は特殊構造特別小委員会のみであったが、1955 年改定時は、構造標準委員会傘下の特殊構造分科会 22 名に加えて施工標準委員会傘下の第 11 分科会 10 名を加えて構成され、学会規準の改定とともに、共同して施工標準を作成し一括して公表された[2]。JASS7 は 1959 年に別冊子で販売されるまで学会規準に合冊されて普及活動に利用されており、この種の構造における施工の重要性が強く意識されていたことが伺える。

3.3 学会規準と施行令

1952 年５月に規準案がまとまり学会誌に発表された際、

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective
Part 2: The Establishing Process about Standards for Concrete Block Structures in Japan

MAESHIMA Ayako, NARAFU Tatsuo, MATSUZAKI Shizuko, HAN Eiki, OKAMOTO Ryunosuke, KATO Hideya, SHIRAKAWA Kazushi, ISHIYAMA Yuji, KITA Shigenori, FURUYAMA Yuka, IKEDA Shuei

「原案を直ちに施行令とせず、一応日本建築学会の規準案のかたちとして発表し、建設省はこの規準に基づいて取締る方法を講じる一方、学会においては解説書の作成、講習会開催、更に特殊コンクリート構造計算規準の作成等の方法により普及、徹底を図ると共に、この規準に対する一般の検討を受け、不備を修正し、完全を期した上で正式の規準を決定し、更に施行令に取り入れることとなった[5]」とある。建築確認手続きにおいては、学会規準が制定された翌年「学会規準に適合する構造は令第 51 条第 1 項但書の規定によって取り扱うもの[(3)]」と通達された。1959 年、施行令第 4 節の 2 として補強コンクリートブロック造の規定が加えられた。

4．住宅供給関連機関の独自の規定

全国標準的な規基準が整備される以前の CB 造住宅の規定として、公営住宅と公庫住宅の規定を収集した。

4.1 公営住宅（建設省）

戦後公共住宅で初めての CB 造住宅が建てられたのは 1947 年度である。この頃建設省が検討した基準に解説をつけたものとして「建設省 住宅基準」がある。Ⅲ鋼筋コンクリート造住宅基準に「附 簡易耐火構造について」が設けられ、国の計画住宅として若干実施され普及段階あるものとして、工大式組立式鋼筋コンクリートと佐々木式コンクリートブロック造が図示されている。しかし、それ以上の一般的な仕様は示されていない。

「建築工事共通仕様書」は、官庁営繕工事に使用する材料、工法、試験等の仕様の標準化を行い、官庁施設の建築工事契約の一般的な仕様書として作成されたものであり、1950 年の初版以来、1952, 1955 年そして 1957 年以降は 4 年ごとに改定されている。補強 CB 造に関して、初版では、その他のコンクリートの 1 つとして「構造用コンクリートブロックを使用する場合には、掛官の指示によって必要な試験を行い、その品質を確かめる」と記載されるが具体的な仕様は示されず、その後 2 回の改訂版ではこの記載もない。JASS7 制定後の 1957 年版では、JASS7 と条文構成や規定される値がほぼ同じ内容の仕様が示されるようになる。

今回収集した資料からは、個別の提案・開発事例以外の、機関独自の一般化された規定は確認できなかった。

4.2 住宅金融公庫

住宅金融公庫は 1950 年に設立され、融資物件の規模、構造、設備等の最低基準「融資住宅建設審査基準（翌年、融資住宅建設基準に改称）」を規定した。簡易耐火構造住宅及び耐火構造住宅に関わる 39 条に「平屋建住宅の構造強度に関しては、別に定める構造耐力基準による」とある。「平屋建簡易耐火構造及び耐火構造住宅耐力基準」から補強 CB 造に関わる二章構造細則・五. 耐力壁の部分を表 2 に抜粋した。耐力壁を構成するブロックとして 3 種類挙げられているが、中空ブロックは組積造に近い扱いで、壁厚と肉厚の確保が求められている。配筋は、壁長さに対して必要な断面積が規定されるが、学会規準では壁断面積あたりの鉄筋重量が定められた。壁厚と対隣壁間距離の関係は、学会規準と一致する。開口部の大きさは、学会規準の規定では壁量、最低壁長さ、分割面積に相当する内容である。

この構造耐力基準は 1953 年度に廃止され、補強 CB 造は学会規準によることとされた[1]。

表 2　構造耐力基準の五. 耐力壁の規定[11]

五. 耐力壁（組積式） イ）壁厚 15cm 以上で主筋あり（佐々木式等の大型ブロックに属するもの）。 ロ）壁厚 20cm 以上のコンクリート中実ブロックまたはれんが造で補強筋あり（軽量ブロック）。 ハ）壁厚 24cm 以上の石造及びコンクリート中空ブロック造で補強筋あり。但し中空ブロックは見かけ目地面積に対して目地塗面積の比が 1/2 以上（実施されている中空ブロックには該当するものはまだない）。
五. 2 耐力壁の主筋 間隔 1m 以内毎に、かつ壁隅角部及び開口部周囲その他主要な箇所に配置し、その断面積が壁長及び壁高 1m について 1cm² 以上（例 8Φ@1,000 格子または 8Φ@500 縦筋のみ）。 **五. 3 耐力壁の補強筋** 壁隅角部及び開口部周囲その他必要な箇所に縦横に配置し縦筋は臥梁及び基礎に定着させる。
五. 4 対隣壁間距離 壁厚の 50 倍以下かつ 10m 以下。
五. 5 開口部の大きさ 壁高に対する有効壁長の比が 0.3 以上ある壁体を 2 以上又はその比が 0.6 以上ある壁体を 1 以上有する。
五. 6 開口部が大きい場合の補強 前項の規定による比が 0.3 未満の壁の隅角部には、柱を設けるか柱に準ずる配筋をする。

5．まとめ

1950-60 年代にかけて補強 CB 造供給が急増した。規定類は、まず JIS 規格と学会規準が連動して制定され、JASS7 が加わり、普及徹底および不備の修正期間を経て、施行令に反映されるかたちで 1952-59 年に整備された。

1950 年代初頭の建設省、住宅金融公庫の独自規定は、学会規準や JASS7 の制定に合わせて同調、廃止がみられた。ただし、実際の運用について今回は捉えきれなかった部分が残り、資料の収集・分析を積み重ねたい。

【注釈】

(1) 構造標準委員会中の組積構造分科会・鉄筋コンクリート構造分科会、都市不燃化委員会の関係委員、専門研究者、設計者、監督官側又はメーカー代表をもって構成された。

(2) 学会規準が改定された 1955 年時点では JASS7 案として公表された。

(3) 昭和 28 年 3 月 13 日住発第 192 号

【参考文献】

1) 住宅金融公庫三十年史，1980　2) 建築雑誌 786 号，1952　3) 千田富孝：補強コンクリートブロック構造用コンクリートブロック，建築技術，1955.9　4) 千田富孝：空胴コンクリートブロック，建築技術，1959.4　5) 特殊コンクリート造設計規準（JIS 規格含む），日本建築学会，1952　6) 特殊コンクリート構造設計規準，日本建築学会，1955　7) 建築工事標準仕様書，日本建築学会，1956　8) 建築工事標準仕様書・同解説，日本建築学会，1959　9) 建設省住宅基準，彰国社，1949　10) 建築工事共通仕様書，建設省営繕局，1950/52/55/57　11) 住宅金融公庫融資住宅建設審査基準と解説，1950

*1 明海大学，　*2 独立行政法人国際協力機構
*3 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*4 パシフィックコンサルタンツ株式会社
*5 株式会社山下設計，　*6 鹿島建設株式会社
*7 日本海洋コンサルタント株式会社
*8 北海道大学名誉教授
*9 北茂紀建築構造事務所
*10 三井住友建設株式会社，　*11 竹中工務店設計本部

*1 Meikai University　*2 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*3 Ex-Volunteers Association for Architects
*4 PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*5 Yamashita Sekkei Incorporation,　*6 KAJIMA CORPORATION
*7 Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*8 Professor Emeritus, Hokkaido University,
*9 Kita Shigenori Structural Design Office
*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd, *11 Takenaka Corporation Head Office

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
（その３ 日本の補強コンクリートブロック造の規基準の概要）

正会員　○松崎志津子 *1　正会員　石山　祐二 *7
同　前島　彩子 *2　同　白川　和司 *8
同　楢府　龍雄 *3　同　北　茂紀 *9
同　韓　永輝 *4　同　古山　由佳*10
同　岡本隆之祐 *5　同　池田　周英*11
同　加藤　秀弥 *6

ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ　構造基準　補強組積造
建築確認申請　国際比較　日本

1. はじめに

その３は、フィリピンの規基準の枠組みを理解するための比較資料として、日本の補強 CB 造の近況を整理した。国内の補強 CB 造着工数は一時期に比べて非常に少なくなり、近年の制度枠組みや設計施工上の実態を伺える資料が限られることから、文献調査に加えて、補強 CB 造の研究・施工に関わる関係者へのヒアリングを行った。

２．関連規基準とその内容

表１は、補強 CB 造に関わる５つの規基準に取りあげられている項目を抜粋したものである。設計施工に関しては建築基準法施行令（施行令）と日本建築学会壁式構造関係設計規準（学会規準）に、材料施工に関しては、日本建築学会工事標準仕様書（JASS7）と壁式構造配筋指針（配筋指針）に、組積ユニットに関しては、JIS A 5406（JIS 規格）に規定される枠組みとなっている。

学会規準、JASS7、配筋指針、JIS 規格は、準拠する関係性があり、例えば、学会規準では、材料の品質は JIS 規格同等以上を規定し、施工は JASS7 と配筋指針に準じている。内容に重なる部分が多い施行令と学会規準の対応関係は本稿４．で取りあげる。

非構造壁は、施行令に帳壁として規定され、JIS 規格や日本建築学会の規準類においては、補強 CB 造と同様の枠組みになっている。以降は、補強 CB 造に絞って記述する。

３．建築確認申請手続き

補強 CB 造について確認申請時の構造計算書添付の要否と学会規準の適応範囲を建物規模に応じて整理した（表２）。計算書が不要な規模は、一般的な階高の平屋建かつ延べ面積 200 ㎡以下に限られる。２階建以上は計算書が必要であり、４階建以上になると二次設計まで求められる。しかしながら、二次設計に関する告示はなく、学会規準にも明示されていない。学会規準１条４に、「特別な調査研究に基づいて設計された建築物で、本規準によるものと同等以上の構造耐力があると認められたものについては、本規準の一部を適用しないことができる」とあることから、４階建以上の建築には、何等かの対応を検討する必要があり[1]、建築確認は容易でないと考えられる。

表１　関連規基準と項目

建築基準法施行令（施行令）		第４節の２ 補強コンクリートブロック造	適用範囲、耐力壁、臥梁、目地及び空胴部、臠壁、塀
日本工業規格（JIS 規格）		JIS A 5406 建築用コンクリートブロック	適用範囲、引用規格、用語・定義、種類、材料、性能、寸法・形状、外観、試験方法、検査、呼び方、表示
日本建築学会	壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編）（学会規準）	補強コンクリートブロック造	適用範囲、用語、設計原則、材料品質、補強ブロック造の種別および重量、許容応力度、規模、耐力壁の配置・壁量、耐力壁の構造、臥梁、小壁、床および屋根、基礎、鉄筋定着・継手、かぶり厚さ・防水、施工
		コンクリートブロック帳壁構造	適用範囲、用語、設計原則、材料品質、規模、壁厚、断面算定および配筋、接合、鉄筋定着・継手、施工
	建築工事標準仕様書・同解説 JASS 7 メーソンリー工事（JASS7）	１節 総則	適用範囲・原則、対象、環境対応
		２節 共通事項	一般事項、要求品質、施工管理・品質管理、用語、材料一般、モルタル等の調合・製造、施工、かぶり厚さ、試験・検査、特記仕様
		４節 補強コンクリートブロック造工事	適用範囲、材料、施工計画、モルタル等の調合・製造、施工、試験・検査、特記仕様
		５節 補強コンクリートブロック帳壁工事	
	壁式構造配筋指針・同解説（配筋指針）	1-7 章 基本事項	総則、材料、かぶり厚さ・間隔・最小寸法、加工・組立、付着・継手・定着、配筋詳細原則、検査
		10 章 補強コンクリートブロック造	総則、鉄筋の組立・割付、継手・定着、基礎、壁配筋、臥梁等配筋、スラブ配筋、接合部配筋
		11 章 コンクリートブロック帳壁構造	総則、ブロック帳壁、主体構造への接合

塗潰し部分は帳壁に関する項目

表２　補強 CB 造の確認申請における構造計算書添付の要否

規模	計算書の要否	学会規準の適応規模
地階を除く階数４以上	要（ルート１不可）	特別な調査研究に基づく設計
階数２以上、または延べ面積 200 ㎡超、または高さ 13m 超、または軒高 9m 超	要（ルート１可）	階数３、軒高 11m 以下は、学会規準で略算的な設計方法を提示
上記にあてはまらないもの	不要（施行令の仕様規定）	

４．施行令と学会規準の対応関係

補強 CB 造の構造強度が規定される令第 62 条の３から８の内、壁体の仕様に直接関わる「耐力壁」「臥梁」「目地及び空胴部」の内容を簡略にまとめ、学会規準の該当部

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective Part 3
Standards for Structural Design of Reinforced CB Structures in Japan

MATSUZAKI Shizuko, MAESHIMA Ayako, NARAFU Tatsuo, HAN Eiki, OKAMOTO Ryunosuke, KATO Hideya, SHIRAKAWA Kazushi, ISHIYAMA Yuji, KITA Shigenori, FURUYAMA Yuka, IKEDA Shuei

分と比較した（表３）。ほぼ等しい内容として、分割面積、臥梁設置、目地および空洞部の充填が挙げられる。施行令は最低基準であり、学会規準の壁量、壁厚、配筋の最小値はそれらと一致している。学会規準がより厳しい内容となるものとして、壁厚の支点間距離に関する部分と、横筋の継手・定着、縦筋の継手が挙げられる。施行令がより厳しい内容として、縦筋定着があるが、施行令制定時に丸鋼が一般的であり改定されていないことによる影響と考えられる[(2)]。学会規準で追加される規定として、耐力壁に関しては、耐力壁の平面的立面的な配置、外側隅角部の配置形状等があり、目地及び空胴部の施工に関しては、学会のその他の規準類を準用してより詳細に規定している。施行令に規定されない仕様で、学会規準に取りあげられる項目として、建物規模、小壁（垂れ壁や腰壁）、かぶり厚さ・防水がある。

５．施工時の運用

施行令では第 62 条の 6「目地及び空胴部」が施工に関する規定であるが、具体的な施工の進め方、寸法等についてはほとんど触れられていない。実際の建設では、２．で挙げた学会の規準類に加えて、建築主に関わらず公共建築工事標準仕様書が参照されている。設計図書にもこれらが反映されている実態があるようだ。ただし、学会規準の一部の規定には実施工が難しい納まりがあり、比較的新しく定められた壁式構造配筋指針の規定にそうした状況がある。

６．まとめ

一定規模以上の新築の補強 CB 造は、学会規準に従って構造設計が行われ、建築確認申請に構造計算書の添付が必要になる。この際、建築可能な規模は一般的に３階建軒高 11m 以下である。施工は、JASS7, 配筋指針, 公共建築工事標準仕様書に従って計画されている。

【謝辞】
補強 CB 造の施工実態に関して、日本建築学会材料施工委員会傘下のコンクリートブロック新工法研究小委員会の委員の皆さんにヒアリング協力を頂きました。ここに記して、感謝いたします。

【注釈】

(1) 全充填の型枠 CB 造は、補強 CB 造と学会規準の同じ枠組みにあるが、1997 年に５階建までの設計規準に改定されており、二次設計の進め方や改定過程が参考になる。改定前には実大実験が行われている。また、2003 年の告示（平 15 国交告第 463 号）までは法第 38 条における、大臣認定の対象であった。

(2) 学会規準において、異形鉄筋と丸鋼が区別されるのは 1964 年改定である。

表３　補強 CB 造に関する規定内容

建築基準法施行令		対比	学会規準
第 62 条の 4　耐力壁	第 62 条の 4 分割面積：60 ㎡以下	≒	8 条 5 分割面積：60 ㎡以下（非剛床の場合は 45 ㎡以下）
	第 62 条の 4　2 壁量：15cm/㎡以上	≦	8 条 8 標準壁量：ブロック種別、階数に応じて規定 150～250mm/㎡以上
	第 62 条の 4　3 壁厚：15cm 以上かつ耐力壁支点間距離の 1/50 以上	≦	9 条 2 壁厚：階数により規定 150 かつ h/20～190 かつ h/16 mm 以上
		<	9 条 7 壁厚は、耐力壁支点間距離の 1/40 以上
	第 62 条の 4　4 端部と隅角部の縦筋：径 12mm 以上 縦横筋：径 9mm 以上を 80cm 以内の間隔	≦	9 条 3 階数、開口高さに応じて規定 曲げ補強筋：1-D13～1-D19 せん断補強筋：D10@800～D13@400
	第 62 条の 4　5 縦筋定着：フック付 40d 以上等	>	14 条 1, 4 縦筋定着：フック付 30d 以上、フックなし 40d 以上（異形鉄筋の場合）
	第 62 条の 4　6 横筋：末端はフック（ただし端部以外の異形鉄筋は除く） 重ね長さは 25d 以上 他の耐力壁への定着は 25d 以上	<	14 条 2, 4 横筋：端部はフック（交差する耐力壁がある場合は、耐力壁に定着） 重ね長さは 45d 以上 定着はフック付 30d 以上、フックなし 40d 以上（異形鉄筋の場合）
	—	≪	耐力壁の平面配置・上下階配置（8 条 1, 2）、外側隅角部の配置形状（8 条 6）、最低壁長さ（9 条 1）、耐力壁の端部・隅角部は原則現場打ちコンクリートの壁体の縁部分を形成（9 条 5）等の規定あり
第 62 条の 5　臥梁	第 62 条の 5 各階壁頂に RC 造の臥梁を設ける。 ただし、平屋で RC 造の屋根版がある場合を除く	≒	10 条 1, 8 条 3 各階壁頂に、RC 造の臥梁を連続して設ける。 ただし、平屋でその壁頂に RC 造の屋根スラブがある場合を除く
	第 62 条の 5　2 有効幅は 20cm 以上かつ耐力壁支点間距離の 1/20 以上	≪	10 条 2 幅は耐力壁の厚さ以上、 せいは厚さの 1.5 倍以上かつ 300（平屋では 250）mm 以上
		≒	10 条 3 有効幅は耐力壁支点間距離の 1/20 かつ 200mm 以上 有効幅には臥梁に接する厚さ 150（平屋では 120）mm 以上のフランジ部分を含むことができる
第 62 条の 6　目地及び空胴部	第 62 条の 6 目地塗面の全てにモルタル 鉄筋を入れた空胴部及び縦目地に接する空胴部は、モルタルまたはコンクリートで埋める	≒	16 条 1 目地接着全面にモルタル塗布 9 条 4 鉄筋挿入された空洞および縦目地に接する空洞部には、すべてコンクリートまたはモルタルを充填する。
	第 62 条の 6　2 縦筋は空胴部内で継いではならない。ただし、溶接接合その他これと同等以上の強度を有する接合方法による場合を除く	<	14 条 3 縦筋は壁体内で重ね継ぎしてはならない。ただし壁厚 190mm 以上における D13 以下の縦筋を除く。 重ね長さ 45d 以上
	—	≪	16 条 2 本規準による建築物の施工は、補強ブロック造部分の工事については、「建築工事標準仕様書 JASS7 メーソンリー工事」「壁構造配筋指針」の規定による。(RC 造部分の工事についても規定あり)
—		≪	建物規模（7 条）、小壁の構造（11 条）、かぶり厚さ・防水（15 条）

【凡例】　≒：ほぼ等しい、≦：学会規準が等しいか厳しい、<：学会規準が厳しい
≪：施行令にはなく学会規準で加わる項目、　>：施行令が厳しい

【参考文献】
1) 2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書，2017.　2) 壁式構造関係設計規準集・同解説（メーソンリー編），日本建築学会，2006.　3) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS7 メーソンリー工事，日本建築学会，2010.　4) 壁式構造配筋指針・同解説，日本建築学会，2013
5) JIS A 5406，日本工業規格，2010.　6) 建築工事監理指針，公共建築協会，2016

*1　NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*2　明海大学
*3　独立行政法人国際協力機構
*4　パシフィックコンサルタンツ株式会社
*5　株式会社山下設計
*6　鹿島建設株式会社
*7　日本海洋コンサルタント株式会社
*8　北海道大学名誉教授
*9　北茂紀建築構造事務所
*10　三井住友建設株式会社
*11　竹中工務店設計本部

*1　Ex-Volunteers Association for Architects
*2　Meikai University
*3　Japan International Cooperation Agency (JICA)
*4　PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*5　Yamashita Sekkei Incorporation
*6　KAJIMA CORPORATION
*7　Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*8　Professor Emeritus, Hokkaido University
*9　Kita Shigenori Structural Design Office
*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd
*11 Takenaka Corporation Head Office

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
(その 4 フィリピン構造基準（NSCP2015）のコンクリートブロック関係規定の概要)

組積造　フィリピン　構造基準
組積造の用語　組積造の施工

正会員　○韓　永輝 *1　正会員　石山　祐二 *7
同　檜府　龍雄 *2　同　白川　和司 *8
同　前島　彩子 *3　同　北　茂紀 *9
同　松崎志津子 *4　同　古山　由佳*10
同　岡本隆之祐 *5　同　池田　周英*11
同　加藤　秀弥 *6

1.はじめに

フィリピン構造基準(NSCP2015)では第 7 章で MASONRY（組積造）について記述されている。その関係規定は全 13 節で構成されている。(その 4)では 701 節総則、704 節施工について紹介する。

2. NSCP2015 701 節 総則

701 節では組積造の材料、設計、施工、品質保証について規準を述べている。また、許容応力設計、強度設計及び経験的設計の三つの設計法について概略を説明し、第 7 章で引用される定義、記号について説明文が記載されている。ここでは代表的な組積造の用語について紹介する。

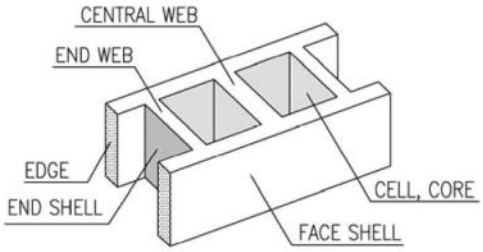


図 1 CHB の各名称

組積ユニット(MASONRY UNIT)は 702 節で規定される要求条件に合致するレンガ、タイル、ガラスブロックまたはコンクリートブロックと定義されている。図 1 に CHB の各名称を示す。空洞組積ユニット(HOLLOW-MASONRY UNIT)は空洞(CORE)または空隙(CELL)・凹みのある面に平行ないずれかの断面において、実断面積がその面の全断面積の 75%に満たない組積ユニットである。

中実組積ユニット(SOLID-MASONRY UNIT)は空洞または空隙・凹みのある面に平行ないずれかの断面においても、実断面積がその面の全断面積の 75%以上ある組積ユニットである。

非モルタル組積システム(MORTARLESS MASONRY SYSTEM)とはモルタルを使用しない組積造の壁による建設工法と定義されている。

3. NSCP2015 704 節 施工

704 節では現場での材料、取り扱い、保管及び準備を含めた施工について記載されている。

(1) 材料及び取り扱い

ここでは、特徴的な試験などについて報告する。積立時の焼成レンガなどは 1 分間に 1.6 L/m^2 以下の初期吸収速度を持たなければならない。その吸収試験では、ユニットの上面を水の表面の 3mm 以下にしなければならない。材料の混合は機械式ミキサーで 3 分以上 10 分未満混合しなければならない。少量のモルタルは手練りも可としている。モルタルは再度水を加えてよい。また、練り混ぜの水を加えてから、モルタルは 2 時間半、グラウトは 1 時間半以内で使用しなければならない。硬化したモルタルやグラウトは使用してはならない。

(2) 組積ユニットの配置

ユニットは横目地からモルタルが押し出されるまで圧力をかけてしっかり設置しなければならい。最初の横目地の厚さは 6mm 以上 25mm 未満でなければならなく、それより上の上方向の横目地は、厚さが 6mm 以上 16mm 未満でなければならない。

図 2 に組積ユニットの各名称を示す。

a) 中実組積ユニット

縦目地(HEAD JOINT)と横目地(BED JOINT)の全面がモルタルで接合されるものである。

b) 空洞組積ユニット

すべての縦目地および横目地は、フェイスシェル(FACE SHELL)の厚さの全面がモルタルでしっかりと接着されなければならない。オープン端部ユニット(OPEN-ENDS UNIT)において、フェイスシェルの厚さが変更する開口端(BEVELED END) の空洞部分はグラウトでしっかり充填するが、隣とのブロックとの縦目地はモルタルで充填する必要はない。シェルの厚さが変化する開口端は、ユニット面の 16mm 以内にグラウトのためのグラウトキー(GROUT KEY)を形成しなければならない。また、

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective (No.4 Outline of Masonry standards of National Structural Code of The Philippines (NSCP 2015))

HAN Eiki, NARAFU Tatsuo, MAESHIMA Ayako, MATSUZAKI Shizuko, OKAMOTO Ryunosuke, KATO Hideya, SHIRAKAWA Kazushi, ISHIYAMA Yuji, KITA Shigenori, FURUYAMA Yuka, IKEDA Shuei

ユニットはグラウトの漏れを防ぐために隣接するユニットと密着しなければならない。

(3) 補強筋の配置

補強筋は、計画と仕様に従って配置されなければならない。補強筋は、固定用金物(WIRE POSITIONER)またはその他の適切な装置（スペーサーなど）により鉄筋径の200 倍を超えない範囲で補強筋が動かないように固定しなければならない。

壁または曲げ要素の補強筋の配置で、面外方向の許容誤差は、有効成 d が 200mm 以下の場合は±12mm、d が 600mm 以下で 200mm より大きい場合は±25mm、d が 600mm を超える場合は 32mm とする。補強筋の面内方向の位置に対する許容誤差は、±50 mm とする。

(4) グラウト組積造(GROUTED MASONRY)

グラウト組積造は、組積造のすべての要素が構造要素として一緒に機能するように構築されなければならない

グラウトは、グラウトされるように指定されたすべての空洞がグラウトで埋められ、すべての部分のグラウトは、1 時間以上中断することなく行い、かつ 1 日で完了しなければならない。

a) ワイス(WYTHE)

グラウト注入時は、壁の頂部を除いてすべてのワイス(図 2 参照)を同じ高さにて止め、モルタル接合部の最低40mm 下で止めることによって、水平構造ジョイントを形成しなければならない。 ボンドビーム(BOND BEAM)(図 2 参照)の場合、グラウト注入は壁の頂部から最低 10 mm で止めなければならない。

b) 清掃口(CLEANOUT)

高さ 1.50m を超えるすべてのグラウトの注入高の場合は、清掃口(図 2 参照)を設けなければならない。目地部分のモルタルが下に落下する恐れがあるからである。清掃口は最下段に縦筋ごとかつ 800mm を超えない間隔で配置しなければならない。清掃口は検査後、グラウト注入前に密閉しなければならない。

c) グラウト上昇高(GROUT LIFT)

ユニットはグラウト注入高さまでに組積してもよいが、連続注入するグラウト上昇高は 1.8m を超えてはならないが、適切に充填されることが実証された場合は 1.8m を超えることはできる。

d) 建設要件

多重(二重壁以上)ワイスグラウト組積造では、壁と壁との空間にグラウトを注入する場合、垂直せき板をグラウト注入高さの全体にわたって、9m 間隔以下に設置しなければならない。せき板間のグラウトは 1 時間以上に中断することなく 1 日で完了しなければならない。

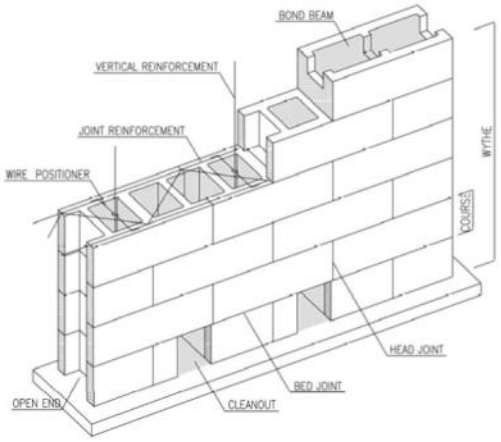


図２　組積造の壁の各名称 [2)]

e) 目地補強材(JOINT REINFORCEMENT)

空洞ユニット構造において、横目地の主要補強材としての設計で考慮されるワイヤ目地補強材は重ね継手にするか、支持点間で連続していなければならない(図 2 参照)。重ね継手の長さは グラウト空洞内で直径の 50 倍、モルタル目地内で直径の 75 倍とし、破れ目地では直径の 50 倍に横目地の間隔の 2 倍を加えた長さとする。

4. その他

フィリピンの組積造基準はアメリカ基準を準用しており、その 7,その 8 でアメリカの組積造基準を紹介する。

【参考文献】

1) National Structural Code of the Philippines 2015Volume 1

2) Reinforced Masonry Engineering Handbook, Clay and Concrete Masonry, Eighth Edition

*1 パシフィックコンサルタンツ株式会社
*2 独立行政法人国際協力機構
*3 明海大学
*4 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*5 株式会社山下設計
*6 鹿島建設株式会社
*7 日本海洋コンサルタント株式会社
*8 北海道大学名誉教授
*9 北茂紀建築構造事務所
*10 三井住友建設株式会社
*11 竹中工務店設計本部

*1 PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*2 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*3 Meikai University
*4 Ex-Volunteers Association for Architects
*5 Yamashita Sekkei Incorporation
*6 KAJIMA CORPORATION
*7 Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*8 Professor Emeritus, Hokkaido University
*9 Kita Shigenori Structural Design Office
*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd
*11 Takenaka Corporation Head Office

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
（その 5　フィリピン構造基準（NSCP 2015）の 710 節（メーソンリーの経験的設計）の概要）

組積造	フィリピン	NSCP 2015
経験的設計法	UBC Code-1997	TMS-402/602-11

正会員	○岡本隆之祐 *1	正会員	加藤　秀弥 *6
同	北　茂紀　*2	同	石山　祐二 *7
同	松崎志津子 *3	同	白川　和司 *8
同	韓　　永輝 *4	同	前島　彩子 *9
同	檜府　龍雄 *5	同	古山　由佳*10

1. はじめに

組積造の設計は、許容応力度設計、強度設計、経験的設計に分けられる。ここでは NSCP 2015[1)]の 710 節（組積造の経験的設計）を紹介する。経験的設計の組積造の壁は、水平力に抵抗する壁と、抵抗しない壁に分けられる。地震力が少ない Zone2 では、両者の壁を用いて良いが、地震力の大きい Zone4 では、後者の壁しか使用できない。

後者の壁は、構造体と縁を切り、構造体との接合部は、地震時の層間変形に追随できるように設計する。

いずれの壁も、縦筋と横筋を設ける。フィリピンの経験的設計法は米国の UBC1997 等[2)3)4)]に準じている。

2. 建物高さ

水平力の抵抗を組積造の壁に頼る建物の高さは地表面から 10m 以下とする。

3. 水平方向の安定性

水平方向の安定性を組積造の壁に頼る構造物の規定を以下に示す。水平力に対する構造解析は必要としない。

(1) 耐力壁の各方向の累積長さ

水平方向の安定のため、各構面の耐力壁の累積長は、建物の長辺方向長さの 0.2 倍以上とし、両方向について計算する。個々の耐力壁の長さは、階高の 1/2 以上とする。

図 1 の場合（高さ 12'）の計算例を示す。

必要長さ：長辺の長さは 50'8"で、0.2 倍は 10.13'となる。

1 通り：24.67+7.33=32.0' ＞10.13'　OK

2 通り :6.0+6.0+6.0+6.0=24.0＞10.13'　OK

A 通り :6.67 +6.67=13.33＞10.13'　OK　(注：長さ 5'4'の壁は階高 12'の 1/2 以下で耐力壁と見なさない。)

B 通り:6.67+6.67+6.67+6.67=26.67＞10.13'　OK

(2) 耐力壁の水平支点間距離と耐力壁の長さの比

上記の比はダイヤフラム(床)の長さと幅の比で、**表 1** に示すが、ダイヤフラム(床)の構造によって異る。

図 1 の場合、ダイヤフラムの長さと幅の比を以下に示す。

1 通と 2 通りの耐力壁の場合、50'8"/36'=1.39＜5　OK

A 通りと B 通りの耐力壁の場合、36'/50.8=0.7＜5　OK

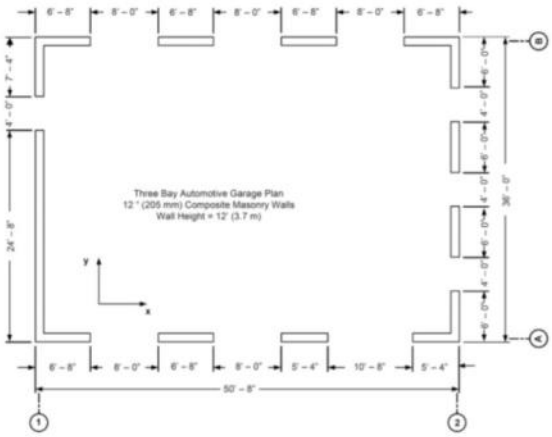


図 1　建物平面図と耐力壁の配置[3)]

表 1 経験的設計の場合耐力壁の支点間距離と長さの比[1)]

床や屋根の工法	ダイヤフラム（床）の長さと幅の比の最大値（耐力壁の支点間距離と長さの比の最大値）
現場打ちコンクリート	5:1
プレキャストコンクリート	4:1
デッキプレート（コンクリート打設）	3:1
木造	2:1

4. 圧縮応力度

(1) 荷重

固定荷重と積載荷重（規定による低減を行なってよい）を受ける組積造の圧縮応力度を計算する。

(2) 圧縮応力度計算

公称寸法ではなく、規定寸法で計算する。ユニットの開口、溝等の面積は壁の全水平面積には含まない。

(3) 許容圧縮応力度

組積造の許容圧縮応力度は**表 2** による。集中荷重が作用する場合、25%~50%大きくしてよい。

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective
Part 5:Outline of design code of the Philippines (NSC-15)-Section 710 Empirical Design of Masonry

OKAMOTO Ryunosuke, , KITA Shigenori,
MATSUZAKI Shizuko, HAN Eiki, NARAFU Tatsuo,
KATO Hideya, SHIRAKAWA Kazushi, ISHIYAMA Yuji,
MAESHIMA Ayako FURUYAMA Yuka,

表 2 組積造の許容圧縮応力度 [1)] (抜粋)

組積の種類とユニットの面積当たりの圧縮強度（Mpa）	積み上げたときの断面積当たりの許容応力度（Mpa）	
	モルタルのタイプ：M 又は S	モルタルのタイプ：N
中実コンクリートブロック		
20.69	1.55	1.38
13.79	1.10	0.97
8.27	0.79	0.69
中空コンクリートブロック (厚さ 203mm 以内)		
13.79	0.97	0.83
10.34	0.79	0.69
6.90	0.52	0.48
4.83	0.41	0.38

(注)タイプ M,S,N の圧縮強度はそれぞれ 14.4Mpa(N/mm^2) 13.3Mpa, 4.3Mpa（直径 5cm、高さ 10cm の円筒試験）。

5. 面外支持

(1) 面外方向支持

組積造の壁は、水平方向については直交壁、柱（RC 造、組積造）、直交する梁（RC 造、S 造、木造）等により、鉛直方向は床（RC 造、木造等）により支持する。

(2) 水平支点長さ及び鉛直方向の支点長さと厚さの比

水平方向の支点長さ l と壁厚 t の比及び鉛直方向の支点長さ h と壁厚 t の比の最大値を表 **3** に示す。

表 3 壁の支点長さ（水平方向と鉛直方向）と壁厚の比 [1)]

工法	l/t あるいは h/t の最大値
耐力壁	
中実ユニット又はグラウトされたユニット	20
その他	18
非耐力壁	
間仕切り壁	18
外装仕上げ材	36

(3) 開口部を有する壁の支点長さ

開口部を有する場合は、表 **3** の右欄の数値が減少する。複数の開口部があれば、開口部間の壁長は $6t$ 以上とする。

(4) 片持ち壁の場合

片持ち壁の厚さに対する高さの比は中実組積体で 6 以下、空洞組積体では 4 以下とする。パラペットの場合、厚さは 200 ㎜以上とし、高さは厚さの 3 倍以下とする。

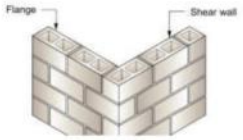
6. 組積造の壁の最小厚さ

2 階以上で高さ 10m 以下の場合、耐力壁の公称厚さは 200ｍｍ以上とする。中実組積造の平屋建物で高さが 2.7m 以下の場合、公称厚さを 150mm にすることができる。

7. 壁と直交する壁の接合

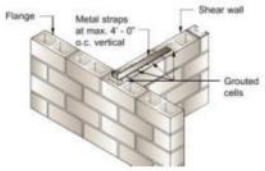
水平方向支持のため以下のいずれかの方法で固定する。以下の図は参考文献 [4)] による。

(1) 交互にユニットを重ねる場合



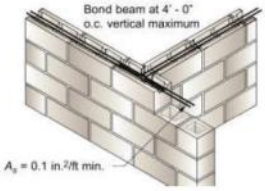
(2) 鋼製コネクターで上下 1．2ｍ以内に固定

長さ 600mm、幅 38 ㎜、厚さ 6mm で両端を 50mm 折り曲げる



(3) 10φ以上の鉄筋で上下 200㎜ 以内に固定

鉄筋は水平に折り曲げて相手側の壁に 750mm 以上延ばす。L 型の交差は片側で 1 本となるが、T 型の交差の場合は、両側の壁にアンカーするので 2 本となる。



8. その他

二重壁や、壁に梁が接合する場合等に関しては省略する。

[参考文献]

1) National Structural Code of the Philippines 2015

2) Uniform Building Code-1997

3) TMS 402/602-11

4) Reinforced Masonry Engineering Handbook 8th Edition

*1 株式会社山下設計
*2 北茂紀建築構造事務所
*3 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*4 パシフィックコンサルタンツ株式会社
*5 独立行政法人国際協力機構
*6 鹿島建設株式会社
*7 日本海洋コンサルタント株式会社
*8 北海道大学名誉教授
*9 明海大学
*10 三井住友建設株式会社

*1 Yamashita Sekkei Incorporation
*2 Kita Shigenori Structural Design Office
*3 Ex-Volunteers Association for Architects
*4 PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*5 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*6 KAJIMA CORPORATION
*7 Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*8 Professor Emeritus, Hokkaido University
*9 Meikai University
*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
(その6 材料基準)

			正会員	○石山	祐二	*1	同	韓 永輝	*5	同	白川	和司	*9
			同	古山	由佳	*2	同	岡本隆之祐	*6	同	北	茂紀	*10
ASTM	構造基準	フィリピン	同	楢府	龍雄	*3	同	前島 彩子	*7	同	池田	周英	*11
JIS	材料基準	ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ	同	加藤	秀弥	*4	同	松崎志津子	*8	同			

1.はじめに

その4～5ではNSCP2015[1)]第7章に規定されている組積造のうち補強コンクリートブロック造の関係規定、施工規定、経験的設計法などの調査について述べた。ここでは第7章702節に規定されている材料基準、703節に規定されている組積造のモルタルとグラウトについて紹介する。

なお、フィリピンの材料は PHILIPPINE NATIONAL STANDARDS(PNS)にも記載がある。これは日本における日本工業規格(JIS)と日本農林規格(JAS)を規定した内容となっており、建設分野においては各種材料の規格が定められている。また、フィリピン公共事業省 (DPWH)標準仕様書には材料や施工、施工時の材料試験に関する部分が規定されており、これは日本における公共工事標準仕様書のようなものである。これらは作成機関が異なっているため必ずしもNSCP2015と整合が取れていないように思われる。

2.NSCP2015 第7章 702節

表1はNSCP2015、ASTM、およびJISなど日本の基準とNSCP2015に記載されている英語表記の抜粋と対訳を示す。これは、702節に規定されている組積造に使用される各種ブロックに用いる材料とその基準が記載されているASTM International(旧：American Society for Testing and Materials -ASTM)、および日本基準の項目のうち同様の内容が記載されていると考えられるものを一覧で示したものである。なお、JISやJASS7以外については確認がとれていない。NSCP2015はUBC97規格(UBC:Uniform Building Code アメリカ西海岸で用いられていた統一建築基準 [2)])に記載されているものの一部を、この節の品質基準に掲載していることが書かれている。その多くは品質基準についてASTMならびにUBC97に準拠することが記載されているため、規定の内容を理解するためにはASTMの該当箇所を参照する必要がある。いくつかの項目ではASTM発行年が記載されているが必ずしも最新版ではない版を指定している。ゆえに古い版を参照することとなる。ASTMはACIの改訂などとの整合性を取るためたびたび更新されているようだが、NSCP2015にて古い版が指定されている場合には材料が流通材ではない可能性もある。日本におけるコンクリートブロック造の規基準の成り立ちと規定についてはその2～3で述べた。日本では告示、学会規準、JASS7、JISのなかで各々材料を規定していることは先に述べたとおりで、例えばJISでは、材料の品質を建築用コンクリートブロック(JIS A 5406)に規定しており、使用材料は6.に記載がある。これらに対応しているASTMのひとつにASTM C90がある。ブロック単体に対する基準はNSCP2015、ASTM、JISのいずれの規格にも規定がある。なお、ASTMには組積造専用のグラウトやモルタルなどの規定がされており日本と違う点である。日本のグラウトは構成材料に骨材が含まれないがASTMでは組積用グラウト(C476)および組積用グラウトの骨材標準仕様(C404)が定められている。

グラウトやモルタルについて、日本では用語の規格(JIS A 0203)はされているものの定義の規格は存在しない。日本におけるそれとは概念が違う可能性がある。

3. NSCP2015 第7章 703節

NSCP2015第7章 703節では組積造に使用するモルタルとグラウトが規定されている。この節の内容は、特別なモルタル、グラウトまたは接着システムが性能を満足されるものとして建築行政担当者の承認が取れた場合においてはこの限りではないことが記載されている。

材料は原則的に702節の内容に準拠することを求められている。

モルタルの配合は、種類により示されているが、実験室または現場の経験により規定圧縮強度に達することが確実である場合には承認が得られる場合がある。現存の現場条件下で適切なワーカビリティが得られるように水量を調整することを求められている。

グラウトは、規定圧縮基準強度が15MPa未満とならないように指定されている。グラウトの原料および添加剤の配合は 1. 使用する原料及び組積ユニットを用いた実験室または現場の経験に基づき指定、2.構成材料の容積割合による配合によって指定、3.必要なプリズム強度となるような最小強度に成るように指定、4.本文に指定される表による指定、のいずれかを行なうこととなっている。

表 1 NSCP2015、ASTM、日本の基準および英語表記と対訳

NSCP2015	ASTM	日本の基準	項目		備考
			英語	対訳	
702.2.1.1	C144	JIS A 5406 6.2	Aggregates for Masonry Mortar	組積用モルタル骨材	
702.2.1.2	C404	JIS A 5406	Aggregates for Grout	グラウト骨材	
702.2.2.1	C91-93	JIS A 5406 6.1,6.1.1	Cement, Masonry	組積用セメント	使用範囲(種類)の規定がある
702.2.2.2	C150	JIS A 5210	Portland Cement	ポルトランドセメント	
702.2.2.3	C270		Mortar Cement	モルタルセメント	
702.2.3.1	C5-79		Quicklime for Structural Purposes	構造用生石灰	
702.2.3.2	C207-91		Hydrated Lime for Masonry Purposes	組積用水和石灰	
702.2.4.1	C34		Structural Clay Load-bearing Wall Tile	構造用粘土耐力壁タイル	
702.2.4.2	C56		Structural Clay Nonload-bearing Tile	構造用粘土非耐力壁タイル	
702.2.4.3	C62-87	JIS R1250 5	Building Brick (solid units)	建設用レンガ(中実)	
702.2.4.4	C127	JIS R1250 5	Ceramic Glazed Structural Clay Facing Tile, Facing Brick Solid Masonry Units.	セラミック艶出し構造粘土化粧タイル 化粧レンガ 中実組積ユニット	
	C73-85.21.106		Load-bearing glazed brick shall conform to the weathering and structural requirements of ASTM C73-85, Section 21.106, Facing Brick	耐荷重ガラス煉瓦は、規定の耐候性, 構造用件を満足すること。	
702.2.4.5	C216-86		Facing Brick (solid units)	化粧レンガ(中実)	
702.2.4.6	C90-85	JIS R1250 5	Hollow Brick	中空レンガ	
702.2.4.7	C67		Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile	レンガと構造用粘土タイルの 供試体と試験	
702.2.4.8	C212		Structural Clay Facing Tile	構造用粘土化粧タイル	
702.2.4.9	C530		Structural Clay Non-Load bearing Screen Tile	構造用粘土非耐力壁タイル	
702.2.5.1	C55-85	JIS A 5406 3.1	Concrete Building Brick	建設用コンクリートレンガ	
702.2.5.2	C90-85	JIS A 5406 3.1,7.4	Hollow and Solid Load-bearing Concrete Masonry Units	コンクリート製中空および 中実耐力レンガ組積ユニット	JISコンクリートブロックでは空洞率が25%～50%, ASTMと相違
702.2.5.3	C129-85		Non-load bearing Concrete Masonry Units	非耐力コンクリート レンガ組積ユニット	
702.2.5.4	C140	JIS A 5406 9	Sampling and Testing Concrete Masonry Units	サンプルと試験用の コンクリート組積ユニット	JISでは12項目の試験種類記載 1. 圧縮試験 2. 吸水率試験 3. 透水性試験 4. フェイスシェルの吸水層の厚さ試験 5. 正味体積試験 6. モジュール呼び寸法の長さに対するウェブ厚率試験 7. モジュール呼び寸法によるフェイスシェルの鉛直断面積に対するウェブの鉛直断面積の割合試験 8. モジュール呼び寸法の高さに対するウェブ高さの比試験 9. 容積空洞率試験 10. 寸法測定 11. 鉄筋を挿入する空洞部の寸法測定 12. 外観試験
702.2.5.5	C426		Standard Test Method for Drying Shrinkage of Concrete Block	コンクリートブロックの 乾燥収縮テスト方法の規定	
702.2.6.1			Calcium silicate	ケイ酸カルシウム	
702.2.6.2			Calcium Silicate Face Brick (Sand-lime Brick)	ケイ酸カルシウム塗りレンガ (石灰石レンガ)	
702.2.6.3	C216, C62, C652		Unburned Clay Masonry Units and Standard Methods of Sampling	未焼成クレイ組積ユニットと サンプル方法の規定	
	C67		Testing Unburned Clay Masonry Units	未焼成クレイ組積ユニットの試験方法	
702.2.6.4	(ACI-704)		Cast Stone	キャストストーン	
702.2.6.5	E92b	JASS7 T-101	Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms	組積プリズム試験体の圧縮試験方法	
702.2.7.1	(UBC21-10)		Wall ties and anchors made from steel wire	鋼線から作られたウォールタイとアンカー	
702.2.7.2			All such items not fully embedded in mortar or grout	モルタルまたはグラウトに完全に埋め込まれていない接続筋	
702.2.8.1	C270-95		Mortar for Unit Masonry and Reinforced Masonry other than Gypsum	石膏以外の組積ユニットのモルタルと 耐震組積造	
702.2.8.2	C270		Field Tests Specimens for Mortar	モルタル試験片	
702.2.8.3	C780		Standard Test Method for Flexural Bond Strength of Mortar Cement	モルタルセメントの曲げ付着強度試験方法	
702.2.9.1	C1019-84	(関連)JSCE-FS41	Method of Sampling and Testing Grout	グラウトのサンプルと試験片の規定	
702.2.9.2	C476-83	(関連)JASS7 M-102	Grout for Masonry	組積用グラウト	
702.2.10.1	A82, Part I		Joint Reinforcement for Masonry	組積のジョイント補強	
702.2.10.2	A615, A616, A617, A706, A767, A775,		Deformed and Plain Billet-steel Bars, Rail-steel Deformed and Plain Bars, Axle-steel Deformed and Plain Bars, and Deformed Low-alloy Bars for Concrete Reinforcement	コンクリート補強用の異形および平鋼、 鉄筋、レール、 鉄筋および平鋼、 異形鉄筋、低品位の異形鉄筋	
702.2.10.3	A496, Part II		Cold-drawn Steel Wire for Concrete Reinforcement	コンクリート用の冷間引抜スチール	

【参考文献】

1) National Structural Code of the Philippines 2015 Volume 1

2) 石山祐二：建築構造を知るための基礎知識 耐震規定と構造動力学<新版>、2018.04、三和書籍

3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説JASS7 メーソンリー工事、2009.06

*1 北海道大学名誉教授 *2 三井住友建設株式会社
*3 独立行政法人国際協力機構 *4 鹿島建設株式会社
*5 パシフィックコンサルタンツ株式会社 *6 株式会社山下設計
*7 明海大学 *8 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*9 日本海洋コンサルタント株式会社 *10 北茂紀建築構造事務所
*11 竹中工務店設計本部

*1 Professor Emeritus、 Hokkaido University
*2 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd
*3 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*4 KAJIMA CORPORATION *5 PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD
*6 Yamashita Sekkei Incorporation *7 Meikai University
*8 Ex-Volunteers Association for Architects *9 Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*10 Kita Shigenori Structural Design Office *11 Takenaka Corporation Head Office

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的な研究
（その７：米国の組積造構造基準の概観）

正会員 ○加藤 秀弥 *1　同 岡本隆之祐 *5　同 北 茂紀 *9
同 前島 彩子 *2　同 檜府 龍雄 *6　同 古山 由佳*10
同 松崎志津子 *3　同 石山 祐二 *7　同 池田 周英*11
同 韓 永輝 *4　同 白川 和司 *8

ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾞﾛｯｸ 構造基準 補強組積造
構造設計 RMEH 米国

１．はじめに

その７では、主に補強組積造工学ハンドブック[1)] (Reinforced Masonry Engineering Handbook：以下RMEH)を通してアメリカ合衆国(米国)における組積造の基準と耐震設計について報告する。

２．RMEHの位置づけ

組積造は組積ユニットをモルタルを介して一体化した無補強組積造(Unreinforced Masonry: 以下、URM)と、鉄筋をグラウトを用いて、組積ユニット、モルタルと一体化した補強組積造(Reinforced Masonry)に分類できる。

RMEHの初版は1970年に補強組積造の設計者向けの参考書として出版された。URMは古代から建設されてきたのに対し、補強組積造は20世紀に確立した構造である。

米国では、18世紀からURMは建設されており、1900年初頭にコンクリートブロック(Concrete Masonry Unit：CMU)が導入された。当初は地震の多い米国西部においても、CMUは建設されていたが、19世紀終わりの鉄筋コンクリート造の発展を受け、CMU組積造にも鉄筋による補強が採用され、補強組積造が建設されるようになった。

組積造設計者に必要な内容が、包括的にまとめられた設計ハンドブックの必要性に対する認識からRMEHの初版が1970年に出版された。また、包括的な情報がまとめられることによって、設計業務の効率化支援という趣旨もあったようである。RMEHをもとに、米国組積造協会(The Masonry Society: 以下TMS)は、1981年に最初の設計基準TMS 401 - 81 Standard Building Code Requirements for Masonry Constructionを出版した。TMS 401 - 81の内容は1985年版UBC(Uniform Building Code)に取り入れられた。その後もUBCに準じ、TMS401、RMEHも改訂され、IBC(International Building Code)へも採用されている。

RMEHは改訂が繰り返され、現在第８版となっている。

３．米国における組積造の設計基準

米国における建築設計基準IBC[2)]では組積造の構造基準の詳細はTMS 402[3)] (Building Code Requirements for Masonry Structures)を採用している。1977年ごろ、組積造の設計基準は、TMS以外に米国コンクリート協会(ACI: American Concrete Institute)、米国土木技術者協会(ASCE: American Society of Civil Engineers)からも、それぞれACI 530, ASCE 5として出版されていた。その後、米国内で３つに分かれていた建築基準がIBCへ統合されると共に、組積造に関する設計基準もACI, ASCE, TMSが共同で策定するようになった。その後、2016年版からは組積造に関する設計基準はTMSが単独で出版するようになった。[4)5)]

表１　文献の発行年

年	内容
1970	RMEH 初版
1981	TMS 401-81 策定
1985	UBCに採用
1999	ACI 530-99 / ASCE 5-99 / TMS 402-99 として、全米統一基準策定
2016	TMS 402 - 16 として、TMSが単独で基準改訂

４．耐震設計の分類

IBCでは、構造設計の際に建設地に応じて耐震設計分類(Seismic Design Category: 以下SDC)を設定する。どのSDCに属するかはASCE 7[6)] (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures: 建築およびその他構造物の最小設計荷重)で定められる。SDCはA～Fの耐震設計のランクであり、Aは地震のない地域、Fは最も地震が強いと想定される地域に割り当てられている。SDCに対応して許容される耐震構造形式や規模もASCE 7で規定される。

表２にASCE 7で規定する耐震構造形式で、組積造に該当するものを抜粋する。表でA.は日本での壁式構造、B, C, Dは耐震壁付きラーメン構造に相当する。ラーメン構造は、耐震性能によって、通常(OMF: Ordinary Moment Frame)、中級(IMF: Intermediate Moment Frame)、特別(SMF: Special Moment Frame)に分類される。組積造独立ではIMFとSMFの規定はないため、D.やE.はRC造やS造のIMFやSMFとの複合システムと考えられる。

５．RMEHの概要

RMEHでは、組積造の構造設計について解説し、基本的な考え方はRC造を踏襲している。

1933年に発生したカリフォルニア州ロングビーチ地震を契機に、組積造の鉄筋量を定量的に計算する手法が整備され、1937年のUBCで採用された。当時はRC造の許容応力設計を準用した弾性設計を組積造で採用可能とす

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective
(No.7 Building Design code of Masonry structure in USA)

KATO Hideya, MAESHIMA Ayako, MATSUZAKI Shizuko, HAN Eiki, OKAMOTO Ryunosuke, NARAFU Tatsuo, SHIRAKAWA Kazushi, ISHIYAMA Yuji, KITA Shigenori, FURUYAMA Yuka, IKEDA Shuei

る一方、監理を実施しない場合は許容応力を 1/2 とした。

その後、1984 年に日米共同で実施された組積造の研究成果[7]により、RC 造とほぼ同じ考え方で設計が可能であるものとされ、1997 年版の UBC で強度設計が採用された。

6．TMS 402 構造部材に使用可能な組積ユニットの種類

構造部材に使用可能な組積ユニットは、CB、レンガ、AAC(Autoclaved Aerated Concrete: 高温高圧蒸気養生気泡コンクリート)である。

CB 及びレンガについては、**表 2** のとおり、主要な構造体や耐震壁として使用可能である。AAC は、**表 2** の A. 耐力壁システムのみ耐震壁として使用できる。

間仕切り壁(Partition Wall)や外壁仕上げ材(Veneer)に組積造を用いた場合の規定があり、仕様規定だけで設計が可能であるが、AAC は適用外である。

【参考文献】

1): Amrhein J, Hochwalt J, *Reinforced Masonry Engineering Handbook, 8th ed*, Masonry Institute of America and International Code Council, 2017.4

2): International Code Council. INC. *2018 International Building Code*. Chapter 21 Masonry. International Code Council. INC., 2017.8

3): The Masonry Society, *TMS 402/602-16 Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures*. The Masonry Society, 2016.

4): The Brick Industry Association, *Technical Notes 3 -Overview of Building Code Requirements for Masonry Structures (ACI 530-02/ASCE 5-02/TMS 402-02) and Specification for Masonry Structures (ACI 530.1-02/ASCE 6-02/TMS 602-02)*, Technical Notes on Brick Construction, 2002.7. https://www.gobrick.com/docs/default-source/read-research-documents/technicalnotes/3-overview-of-building-code-requirements-for-masonry-structures.pdf, (accessed 2019-02-08)

5): The Masonry Society, *The History of Structural Masonry Standards,* The Masonry Society, 2017.4, https://masonrysociety.org/wp-content/uploads/2017/10/2B_History-of-Structural-Masonry-Standards.pdf, . (accessed 2019-02-07)

6): American Society of Civil Engineers. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-16)*. American Society of Civil Engineers, 2017

7): 梅村魁等、組積造に関する日米共同大型耐震実験研究(1)～(94)、日本建築学会大会梗概集、1985 年～1990 年

表 2　構造システム分類

		R	Ω0	SDC				
				B	C	D	E	F
A. 耐力壁システム (Bearing Wall Systems)								
1	組積造特別耐震壁 (Special reinforced masonry shear walls)	5	2.5	※		49m		
2	組積造中間耐震壁 (Intermediate reinforced masonry shear walls)	3.5	2.5	※		禁止		
3	組積造通常(鉄筋有)耐震壁 (Ordinary reinforced masonry shear walls)	2	2.5	※	49m	禁止		
4	組積造鉄筋付き無補強耐震壁* (Detailed plain masonry shear walls)	2	2.5	※	禁止			
5	組積造通常無補強耐震壁 (Ordinary plain masonry shear walls)	1.5	2.5	※	禁止			
6	組積造プレストレス耐震壁	1.5	2.5	※	禁止			
7	AAC 造通常(鉄筋有)耐震壁	2	2.5	※	10m	禁止		
8	AAC 造通常無補強耐震壁	1.5	2.5	※	禁止			
B. ラーメン架構システム (Building Frame Systems)								
1	組積造特別耐震壁	5.5	2.5	※		49m		
2	組積造中間耐震壁	4	2.5	※		禁止		
3	組積造通常(鉄筋有)耐震壁	2	2.5	※	49m	禁止		
4	組積造鉄筋付き無補強耐震壁	2	2.5	※	禁止			
5	組積造通常無補強耐震壁	1.5	2.5	※	禁止			
6	組積造プレストレス耐震壁	1.5	2.5	※	禁止			
D. 特別ラーメンとの複合システム(ラーメン架構が 25%負担可能) (Dual systems with SMF)								
1	組積造特別耐震壁	5.5	3	※				
2	組積造中間耐震壁	4	3	※		禁止		
E. 中間ラーメンとの複合システム(ラーメン架構が 25%負担可能) (Dual Systems with IMF)								
1	組積造通常(鉄筋有)耐震壁	3	3	※	49m	禁止		
2	組積造中間耐震壁	3.5	3	※		禁止		

※：高さ制限なし

*1 鹿島建設株式会社　*2 明海大学　*1 KAJIMA CORPORATION　*2 Meikai University
*3 NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会 *4 ﾊﾟｼﾌｨｯｸ ｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ株式会社 *3 Ex-Volunteers Association for Architects *4 PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*5 株式会社山下設計　*6 独立行政法人国際協力機構　*5 Yamashita Sekkei Incorporation　*6 Japan International Cooperation Agency (JICA)
*7 日本海洋コンサルタント株式会社　*7 Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*8 北海道大学名誉教授　*9 北茂紀建築構造事務所　*8 Professor Emeritus, Hokkaido University　*9 Kita Shigenori Structural Design Office
*10 三井住友建設株式会社　*11 竹中工務店設計本部　*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd　*11 Takenaka Corporation Head Office

コンクリートブロック造に関する国際的な視野からの基礎的研究
(その８米国「補強組積造工学ハンドブック」の概要)

○正会員　白川和司　*1　　正会員　加藤秀弥 *7
正会員　楢府龍雄　*2　　正会員　石山祐二　*8
正会員　前島彩子　*3　　正会員　北茂紀　*9
正会員　松崎志津子　*4　　正会員　古山由佳 *10
正会員　韓　永輝　*5　　正会員　池田周英　*11
正会員　岡本隆之祐　*6

米国、組積造、RMEH、NSCP2015

1.　はじめに

(その8)では、米国「補強組積造工学ハンドブック」(RMEH)の内容について報告する。

2.　RMEHの内容

章一覧

第1章	材料
第2章	組積体の強度と特性
第3章	荷重
第4章	水平力の分配と解析
第5章	許容応力設計時の構造部材の設計
第6章	強度設計法にかかる構造部材の設計
第7章	補強筋の詳細設計と施工
第8章	組積造建築の接合詳細
第9章	その他の事項
第10章	補強組積造を設計するための計算式
第11章	平屋建の商業ビルの設計例
第12章	7階建の組積造で耐力壁を用いた集合住宅の設計
第13章	擁壁
第14章	設計関係の表とグラフ
第15章	参考文献
第16章	索引

第1章　材料

この章では、このハンドブックが他の基準類(IBC2015の21章、TMS402-13 /ACI530-13/ASCE5-13(組積構造建築要求基準)、TMS602-13/ACI530 1.13/ASCE6-13(組積構造仕様)、ASCE7-10(建築等構造物の最低設計荷重)に基づき作られているとした上で、組積造の構造エレメントである耐力壁(Bearing Wall)、耐震壁(Shear Wall)、柱、梁、アーチ、フレームに用いられる材料に関し記述している。そのため、耐力壁、耐震壁、柱、梁、アーチ、フレームに用いられる材料が対象で、仕上げに用いるような壁床タイルは含まれていない。具体的な材料としては、組積ユニット、モルタル、グラウト、補強筋に関し記述されている。なお、brick、blockという表現は、それぞれ、粘土系組積ユニット、コンクリート系組積ユニットで、ここでは、正確な名称を用いる、とされている。また、モルタルとグラウトについて、日本で用いられている場合と違い、モルタルは、「組積ユニットを積み上げる時に、ユニット間に用いられるもの」、グラウトは、「一定程度積み上がった後、空洞部に流し込むもの」を示している。

第2章　組積体の強度と特性

この章では、組積された構造体の一部としての組積プリズム試験体に関する強度と特性について試験方法、曲げ強度、弾性係数、異なる組積ユニットを用いた壁の特性、耐火特性、遮音特性、建設途中での組積体の検査方法について、記述されている。また、組積ユニット強度、モルタルの種類から、グラウトが一定の強度を確保したうえで、組積体の設計用許容応力度を算定する方法についても、記述されている。その値は、組積体が、組積ユニット、モルタル、グラウトの複合体であるものをRC造のような構造体になった場合に活用する圧縮側のものとして活用される。

第3章　荷重

この章では、設計する場合の荷重の組み合わせについて、許容応力設計、強度設計の各々の場合について、記述されている。固定荷重、積載荷重、液体による横方向荷重、静的土圧、雪荷重、雨荷重、地震荷重について、根拠となる基準を示しつつ、記述されている。

第4章　水平力の分配と解析

この章では、水平力が組積構造の建物に入力した場合に、組積造壁にどのように力が流れていくか、また、その水平力に対して、どのような変形量となるか、計算式が記述されている。その場合、壁に発生するクラック、支持端の状況、壁そのものの回転の影響、水平方向のダイアフラムの影響などが記述されている。さらに、面内変形、面外変形についても、記述されている。この中で計算事例も紹介されている。

第5章　許容応力設計時の構造部材の設計

この章では、許容応力設計に用いる荷重により算定した曲げモーメント、せん断力、圧縮力、また、それらの組み合わせられた場合の断面の応力を計算し、圧縮応力については、組積体によって、また、引張応力については、補強筋で負担することを前提とし、平面保持の仮定に基づき計算する方法が記述されている。

第6章　強度設計法にかかる構造部材の設計

この章では、強度設計法を行う場合の荷重の組み合わせにより発生した曲げモーメント、せん断力、圧縮力、また、それらが組み合わされた場合の、それぞれの応力の計算方法、それに基づく梁、柱、壁などの設計方法が記述されている。また、強度設計法では、発生応力に対する歪

Basic Study on Concrete Block Structures in International Perspective (No.8 The Summary of Reinforced Masonry Engineering Handbook in USA)

SHIRAKAWA Kazushi, NARAFU Tatsuo, MAESHIMA Ayako, MATSUZAKI Shizuko, HAN Eiki, OKAMOTO Ryunosuke, KATO Hideya, ISHIYAMA Yuji, KITA Shigenori, FURUYAMA Yuka, IKEDA Shuei

みの制限、曲げに対する補強筋量の制限、せん断破壊を起こさせないために設定するせん断耐力の制限、せん断補強筋の制限の記述もされている。

第7章　補強筋の詳細設計と施工

この章では、補強筋を導入する場合の鉄筋径の最大値、フック・重ね長さ、補強筋をセットする位置、個々の構造部材である梁、柱、壁等の場合の具体的な補強筋の仕様、セットする位置や詳細について記述されている。

第8章　組積造建築の接合詳細

この章では、壁と壁の接合部分、壁に床が取り付く部分、壁の基礎部分の詳細設計を行う上での規定が記述されている。

第9章　その他の事項

構造物の温度応力等による動きに対応するために設けるエキスパンションジョイントの設計方法、防水性能が必要な場合の設計方法、耐火性能が必要な場合の設計方法、SI 単位系に関する記述がされている。

第10章 補強組積造を設計するための計算式

この章では、許容応力設計、強度設計を行う場合の基本的な設計値、計算式が記述されている。いわゆる設計資料一覧表である。

第11章　平屋建の商業ビルの設計例

この章では、平屋建の商業ビルの構造計算・設計例が記述されている。設計条件を以下に示す。

適用基準 IBC2015 と TMS402_2013、一枚のワイスで、8 インチの厚み、中程度の重量(78psf)の組積壁で、全充填、計画地は、西海岸(B ゾーン)、最小ユニット強度: 2,000 psi、モルタル: タイプS、1 ポルトランドセメント、1/2 ライム、4+1/2 砂、グラウト: 骨材入り 2,000 psi、組積ユニット: f' m = 2,000 psi、鉄筋: グレード60 fy = 60,000 psi、Fs = 32,000 psi、Es = 29,000,000 psi、コンクリート f' c = 30,000 psi (28 日時点)、弾性係数比: n = Es/Em =29,000,000/900f' m = 16.1、最大曲げモーメント時圧縮側縁応力: Fb= 0.45f' m = 0.45*2,000 = 900 psi、耐震設計分類は、ASCE7 表 12.2-1 に基づき、特殊補強組積造で、R ファクター:5 を採用。

第12章　7 階建の組積造で耐力壁を用いた集合住宅の設計

この章では、7 階建の組積造で耐力壁を用いた集合住宅の構造計算・設計例が記述されている。設計条件を以下に示す。

適用基準 IBC2015 と TMS402 2013、計画地は、地震力が高い地域、リスク分類が II、地盤分類が D、建築高さ: 72 ft、 基本風速度: 11MPH、暴露: B 、重要度係数: 1.0、内圧係数 GCpi = 0.18、固定荷重:スラブ(8in): 73 psf、雑(パイプ等) 5 psf、 壁(間仕切り): 15 psf、屋根: スラブ(6in): 48 psf、屋根材: 5.5 psf、積載荷重: 居室: 40 psf、 廊下: 100 psf 、屋根部分: 20 psf、雪無し、地震荷重にかかる事項:スペクトル設計パラメーター

S_{DS} = 2/3 * 1.5 (S_{MS} = F_a*S_S= 1.0*1.5)= 1.0

S_{D1} = 2/3 * 0.64 (S_{M1} = F_v*S_1 = 1.6*0.4)= 0.43

耐震設計分類は、IBC の表1613.3.5(1)及び1613.3.5(2)に基づき D、応答補正係数(R ファクター) 特別補強組積耐震壁 5.0、オーバーストレングスファクター 2.5、変形増幅ファクター 3.5、高さ制限 160 ft > 72 ft OK、構造計算に、ETAB を使用

第13章　擁壁

ここでは、擁壁の種類や設計方法について記述されている。

第14章　設計関係の表とグラフ

この章では、設計者が簡単に必要な設計上の値が発見できるよう表やグラフにまとめたものが記述されている。

第15章　参考文献

第16章　索引

3.　まとめ

NSCP2015 では、組積構造の設計にあたり、経験的設計方法が含まれているが、RMEH には、含まれていない。米国において、経験的設計手法については、IBC の中に含まれており、詳細については、TMS402/ACI530/ASCE5 に従うこととされている。RMEH では、設計事例も掲載されていることから、NSCP2015 に基づく許容応力設計、強度設計を行う場合に、その理解を進めるうえで、有効なものと考える。

(SI 単位換算)

1 psi = 6,894.76 Pa = 144 psf	1 inch = 2.54 cm
1 psf = 47.88 Pa = 4.88 kgf/m²	1 feet = 30.48 cm
1 pound = 453.592 g = 0.453592 kg	

(参考文献)

1) Reinforced Masonry Engineering Handbook, Clay and Concrete Masonry, Eighth Edition

2) National Structural Code of The Philippines 2015 Volume 1

*1　日本海洋コンサルタタント株式会社
*2　独立行政法人国際協力機構
*3　明海大学
*4　NPO 法人都市計画・建築関連 OV の会
*5　パシフィックコンサルタンツ株式会社
*6　株式会社山下設計
*7　鹿島建設株式会社
*8　北海道大学名誉教授
*9　北茂紀建築構造事務所
*10 三井住友建設株式会社
*11 竹中工務店設計本部

*1　Ocean Consultant, Japan Co., LTD.
*2　Japan International Cooperation Agency (JICA)
*3　Meikai University
*4　Ex-Volunteers Association for Architects
*5　PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.
*6　Yamashita Sekkei Incorporation
*7　KAJIMA CORPORATION
*8　Professor Emeritus, Hokkaido University
*9　Kita Shigenori Structural Design Office
*10 Sumitomo Mitsui Construction co.Ltd
*11 Takenaka Corporation Head Office