

ペルー国  
耐震住宅による住宅復旧推進計画調査  
事前調査報告書

平成 20 年 2 月  
(2008 年)

独立行政法人 国際協力機構  
地球環境部

環境
JR
08-051



ペルー国  
耐震住宅による住宅復旧推進計画調査  
事前調査報告書

平成 20 年 2 月  
(2008 年)

独立行政法人 国際協力機構  
地球環境部



## 序 文

2007年8月15日、ペルー国太平洋岸イカ州沿岸部において推定マグニチュード8.0の地震が発生し、同州及びリマ州南部を中心に600名近くの死者、2,000名以上の負傷者が出たことに加え、多くの上下水道施設、病院、学校などのインフラが破壊されました。さらに一般住宅の被害も甚大で、震災直後の調査によると52,154棟が全壊、23,632棟が大きな被害を受け、116,706棟が一部被害を受けたとされています。

この震災を受けて、ペルー国政府は、我が国に対し、適切な耐震性を備えた住宅の再建推進計画を策定する開発調査を要請し、我が国政府はその緊急性・重要性を認め、同開発調査に係わる事前調査を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施いたしました。

当機構は、平成19年12月に当機構ペルー事務所長の谷口誠を団長とする事前調査団を現地に派遣いたしました。調査団は、調査対象地域における現地調査を実施するとともに、ペルー国政府関係者と開発調査の範囲、内容等について協議を行い、その結果を開発調査実施細則（Scope of Work：S/W）に取りまとめ、ペルー側実施機関である住宅建設衛生省と署名をおこないました。

本報告書は、事前調査団による現地調査及び事前調査団帰国後の検討の結果を取りまとめるとともに、引き続き実施を予定している本格調査に資するためのものです。

この報告書が、本格調査の実施に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援を戴いた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成20年2月

独立行政法人 国際協力機構  
地球環境部長 伊藤 隆文



# 調査対象地域位置図







## 事前調査写真



チンチャ郡庁正面：正面玄関左手に大きな亀裂が入っている。



チンチャ郡長へのヒアリング調査



国連調整事務所へのヒアリング調査  
(ピスコ)



国連事務所前（ピスコ）：未だ再建の兆しはなく、瓦礫撤去作業も終わっていない状態



ピスコ市内にある避難所  
(PARQUE ZONAL DE PISCO)



PARQUE ZONAL DE PISCO 避難所で行った  
ヒアリング調査風景



被災地内に開設した BANMAT 住宅融資に関する相談所（ピスコ市内）



民間企業による住宅開発予定地（チンチャ郡）



未だ再建の目処が立たない住宅地（チンチャ郡）



再建用資材が搬入されている敷地。しかし、未だ瓦礫撤去や解体作業が必要な住宅地が数多く存在する。



イカ市内の中心地。一部の商業施設は再建が行われている。



住宅建設衛生省との M/M 協議

# 目 次

序 文

調査対象地域位置図

事前調査写真

目 次

略語表

第1章 事前調査の概要 .....	1
1-1 調査の目的及び背景・経緯 .....	1
1-2 調査団の構成 .....	1
1-3 調査日程 .....	2
1-4 調査結果の概要 .....	3
第2章 住宅セクターの概況 .....	5
2-1 住宅建築の現状 .....	5
2-1-1 住宅建築の実情 .....	5
2-1-2 建築費用 .....	6
2-2 建築行政の概要 .....	7
2-2-1 組織体制（建築行政組織） .....	7
2-2-2 建築基準 .....	7
2-2-3 建築確認・許可申請制度 .....	19
2-2-4 施工段階における中間・完工検査制度 .....	20
2-2-5 建築技術研修・普及事業 .....	21
第3章 被災地域における住宅再建に向けた取組みと支援ニーズ .....	25
3-1 震災による住宅被害の概要と再建の現状 .....	25
3-2 住宅再建に向けた政府の取組みと課題 .....	26
3-2-1 被災地の全体復興計画 .....	26
3-2-2 復興に係る土地利用計画 .....	27
3-2-3 被災者への経済的支援 .....	27
3-2-4 建築技術研修事業 .....	34
3-3 住宅再建における問題点 .....	36
3-3-1 技術的問題 .....	36
3-3-2 社会・経済的問題 .....	39
3-4 考えられる住宅再建支援策 .....	41
3-5 関連する他援助機関の支援動向 .....	41

第4章 本格調査の内容（案）	45
4-1 調査の基本方針	45
4-2 調査対象地域	45
4-3 目的	45
4-4 調査項目・内容	46
4-5 要員計画・調査工程	49
4-6 パイロットプロジェクト	50
4-7 調査用資機材	52
4-8 相手国側の実施体制と取るべき措置	52
4-9 調査実施上の留意点	53

#### 付属資料

- 1 主要面談者リスト
- 2 開発調査実施細則（S/W）英語版・スペイン語版
- 3 協議議事録（M/M）英語版・スペイン語版

## 略 語 表

BANMAT	Banco de Materiales 資材銀行
CAPECO	Cámara Peruana de la Construcción ペルー建設業協会
CISMID	Centro Peruano-Japonés de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres 日本・ペルー地震防災センター
COFOPRI	Comisión de Formalización de la Propiedad Informal 土地所有権正常化委員会
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación スイス開発協力庁
FORSUR	Fondo para la Reconstrucción Integral de las Zonas Afectadas por el Sismo del 15 de agosto de 2007 南部復興基金
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil 市民防衛庁
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática 国家統計情報局
JICA	Japan International Cooperation Agency 独立行政法人 国際協力機構
M/M	Minutes of Meeting 協議議事録
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 住宅建設衛生省
S/W	Scope of Work 開発調査実施細則
SENCICO	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción 建設技術訓練センター



# 第1章 事前調査の概要

## 1-1 調査の目的及び背景・経緯

2007年8月15日、ペルー国太平洋岸イカ州沿岸部において推定マグニチュード8.0の地震が発生し、同州及びリマ州南部を中心に600名近くの死者、2,000名以上の負傷者が出たことに加え、多くの上下水道施設、病院、学校などのインフラが破壊された。さらに一般住宅の被害も甚大で、国家統計情報局(INEI)による震災直後の調査によると52,154棟が全壊、23,632棟が大きな被害を受け、116,706棟が一部被害を受けた。

この震災を受けて、独立行政法人国際協力機構(JICA)は、2007年9月から10月にかけて復旧・復興支援ニーズアセスメント調査団を派遣し、被災地の復旧・復興に係る支援ニーズの調査を行った。同調査を通じ、様々な支援ニーズがある中で、特に、被害を受けた多くの住宅が今後再建されていくにあたって、将来同様の地震被害を受けることの無いよう、適切な耐震性を備えた住宅の建築を支援・促進していくことが喫緊の課題であることを確認した。

このような背景から、ペルー国政府は、我が国に対し、適切な耐震性を備えた住宅の再建推進計画を策定する開発調査を要請し、我が国政府はその緊急性・重要性を認め、同開発調査の事前調査を実施することを決定し、JICAが本件事前調査を実施することとなった。

## 1-2 調査団の構成

事前調査団の構成は表1-1のとおりである。

表1-1 事前調査団の団員構成

	担当分野	氏名	所属
1	団長／総括	谷口 誠	JICA ペルー事務所 所長
2	耐震建築／建築行政	加藤 博人	独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ主任研究員
3	協力企画	佐藤 一朗	JICA 地球環境部第三グループ 防災チーム
4	建築技術普及／住宅建築補助制度	野村 陽子	JICA 地球環境部第三グループ 防災チーム
5	通訳	小林 春士	財団法人 日本国際協力センター

### 1-3 調査日程

調査日程を表 1-2 に示す。

表 1-2 調査日程

	日付	行 程	宿泊地
1	12月3日 (月)	本邦発、ペルー着	リマ
2	12月4日 (火)	JICA 事務所及び日本大使館との打合せ FORSUR、経済財務省との会議 住宅建設衛生省との会議	リマ
3	12月5日 (水)	住宅建設衛生省との会議	リマ
4	12月6日 (木)	INDECI との会議、BANMAT との会議 CISMID との会議、SENCICO との会議	リマ
5	12月7日 (金)	移動 (リマ→イカ) チンチャ郡庁との会議	イカ
6	12月8日 (土)	現地調査 (ピスコ) 国連ピスコ調整事務所との会議 避難所における被災者へのインタビュー 住宅再建現場視察	イカ
7	12月9日 (日)	S/W、M/M 案作成	イカ
8	12月10日 (月)	現地調査 (ピスコ) ピスコ郡庁との会議 SENCICO 研修現場視察 BANMAT ピスコ出張所との会議	イカ
9	12月11日 (火)	現地調査 (イカ) イカ郡庁との会議 イカ州政府との会議 イカ区住宅再建現場視察 移動 (イカ→リマ)	リマ
10	12月12日 (水)	INDECI との会議 住宅建設衛生省との協議 (S/W、M/M 協議)	リマ
11	12月13日 (木)	COFOPRI との会議 S/W、M/M の署名	リマ
12	12月14日 (金)	USAID、GTZ、COSUDE、NGO 等との会議 FORSUR、APCI、INDECI への報告 ペルー建設業協会 (CAPECO) との会議 日本大使館・JICA 事務所報告 ペルー発	
13	12月15日 (土)	移動	
14	12月16日 (日)	本邦着	



#### 1-4 調査結果の概要

本調査では、関係機関との協議及び被災地の現地調査等を通じ、ペルー国政府から提出された本件開発調査の要請内容・背景を確認するとともに、住宅の再建にかかる支援ニーズを把握し、関連する基礎情報を収集した。その結果を踏まえ、開発調査の範囲、内容、スケジュール等を検討し、開発調査実施細則（S/W）にとりまとめ、ペルー国政府関係機関との合意形成を経て、12月13日に署名をおこなった。併せて、S/Wに含まれない協議事項のうち主要な点について協議議事録（M/M）として取りまとめ、併せて署名した。合意した開発調査の具体的な範囲、内容等については、第4章に記載する。

調査実施時点において、8月15日の震災後約4ヶ月を経過していたが、恒久住宅の再建は未だ本格的には開始されておらず、多くの被災者がテントや葦簾又はビニールシート張りの小屋での生活を余儀なくされていた。仮設住宅も建設されているが、必要数にはるかに及ばない状況であった。

調査団が現地入りする直前の12月1日に、被災地においてペルー国のガルシア大統領は、震災により家を失った被災世帯に対する一律6,000ソル（2007年12月15日の為替レート：1ソル=37.90円）の住宅再建補助金支給を開始することを発表し、補助金支給のための手続きが開始された。これを受けて、これまで政府の補助金支給を待っていた多くの被災者による恒久住宅の再建が本格化することが予想される。しかしながら多くの被災者にとって、住宅再建は困難な道のりであり、再建は迅速には進まないことが予見された。被災地における住宅再建を取り巻く諸事情、住宅再建を阻害する要因の分析と、それに対応する支援ニーズについては、第3章に記載する。その前に、第2章においてペルー国における住宅建築、住宅行政制度について概観する。



## 第2章 住宅セクターの概況

### 2-1 住宅建築の現状

#### 2-1-1 住宅建築の実情

アドベ住宅のような自家建築が多数存在するペルー国では地震に脆弱な建物が多く、今般の地震でも多くの住宅が甚大な被害を受けた。国家統計情報局（INEI）の調査結果によると 52,154 棟が全壊し、23,632 棟が甚大な被害を受け、93,231 棟が中程度の被害、23,475 棟が軽微な被害という報告がなされている。住宅工法別の被害棟数は入手できなかったが、甚大な住宅被害を受けたピスコでは約 8 割がアドベ住宅であった。ペルー国とりわけ地方においては住宅の大半がアドベ造やレンガ造であるが、耐震性をもった住宅の建築が行われているかどうかは不明である。また、法律上行われるべき建築確認や中間・完工検査が事実上行われていないことを鑑みると、住宅の耐震性・安全性の確保は施工に関わる労働者の意識、手腕に委ねている現状が見え隠れする。

主要な住宅工法のひとつである枠組組積造の建設では、レンガ積はもちろん、鉄筋加工、コンクリート型枠作成・取り付け、コンクリート練りなどの特殊な技術が要求される。一般的に建築主が技術者に住宅建設を依頼し、諸手続きが完了したあと技術者が施工業者を選定し建設に取り掛かることになる。

ペルー国の大工・棟梁は地方部においては地元密着型が多く、師匠について見習いから始めるケースが多い。建築施工技術の習得は師匠から直接指導を受けるほか、建設技術訓練センター（SENCICO）の技術研修への参加やペルー建設業協会（CAPECO）等の民間団体などが実施する研修も存在する。大工・棟梁の雇用については技術よりも信用が重視される傾向があり、安全性よりも信頼のおける人物かどうか重要であり、親戚や知人関係で大工・棟梁、作業員を構成するケースが多い。

大工・棟梁は技術者が作成した図面に従い施工を行う。資材は建築主が都度購入し直接大工・棟梁に引き渡している。また、多くの場合、建築主は建設現場近郊もしくは同一敷地内に住んでおり、常に大工・棟梁の施工作業を監視できる立場にある。しかしながら、技術的な知識がないため、耐震性はおろか手抜き工事も見破ることができない。現場監督の不在、中間検査、完工検査の未実施により、耐震性に疑問が残る住宅が建設され続ける状況にある。

ペルーでは、建築主は住宅資金が溜まる毎に増築を行うパターンが一般的であり、建て増し住宅が数多く存在する。一般的に 20 年、30 年スパンで増築が行われている。また、増築可能な構造（基礎部分や階下の柱・梁）となっていない住宅も多く存在し、無差別な増築が地震被害の増加を誘引する原因となっている。

被災地の住宅補修工事現場にて建築主、作業員の双方から聞き取りを行った。

#### 【建築主のはなし】

補助金の存在は知っているが、支給まで待ってられないので自己資金で修繕を始めた。資金は住

宅ローンを利用している。図面や手続きについては、ピスコにもエンジニアはいるが、二度とこのような被害を受けないためにも熟練したエンジニアに依頼したいと思い、リマのエンジニアに依頼した。現在、親方と作業員により施工が行われている。なお、必要な資材は都度購入し、親方に支給している。確かなエンジニアに依頼しているので、耐震性は確保できている。

#### 【作業員のはなし】

エンジニアの作成した図面に従い施工を行っているので、耐震性については問題ない。施工技術は親方やエンジニアから学んだ。(作業員)

作業員は通常、親戚や知り合いの伝手により雇用されるケースがほとんどである。技術よりも信用を重視する。

#### 【気づいた点】

- ・新規の柱が既存の梁・柱に接合されていない → 施工不良
- ・親方、作業員が施工不良に気づいていない → 正しい施工知識の欠如
- ・図面が見当たらない → 施工基準の未確認
- ・施工技術は親方から学ぶ → 親方の施工知識に依存
- ・建築主は日々施工状況を監督できる環境にある → 建築主が基礎的な知識を身につければ、施工の質を確保するため、簡易な施工管理が可能



住宅補修工事現場の様子（写真 2-1）

#### 2-1-2 建築費用

CAPECOによると、ペルーで主流の建築工法の単価（建設コストのみ）は、鉄筋コンクリート（RC）造で約 250～800 ドル/m<sup>2</sup>、枠組レンガ造で約 350 ドル/m<sup>2</sup>からとのことである。なお、仕上げや施工地域によって単価は変動し、販売価格は建設コストの約 2 倍となる。アドベ住宅の平米単価（施工費除く）は、耐震補強に天然材料（カーニャ）を使用した場合、約 40 ドル/m<sup>2</sup>となる。

## 2-2 建築行政の概要

### 2-2-1 組織体制（建築行政組織）

ペルー国における建築行政を担当する政府機関として、住宅建設衛生省（MVCS）がある。MVCSは、耐震設計基準等の建築に関係する基準類の制定や、地方行政を指揮監督して実際に建てられる建築物の建築確認・許可・検査に対して責任を持つ立場にある。

建築基準類の実際の作成作業は、MVCSの附属機関であるペルー建設技術訓練センター（SENCICO）が行っている。建築確認・許可・検査の実務は、従来から地方行政（郡や区<sup>1</sup>）が行っている。

### 2-2-2 建築基準

#### （1）建築基準の概要

ペルー国の建築基準に関しては、「ペルー南部地震震災復興要請背景調査団調査報告書」<sup>2</sup>に記述されているので、以下に引用する。

研究および基準制定機関として、以前は運輸通信住宅建設省（MTC）<sup>3</sup>に所属する国家住宅研究・基準機関（ININVI）が存在したが、1995年にININVIが職業訓練機関であるSENCICOに吸収され、SENCICOはININVIの持っていた研究・基準制定機能も担当することとなった。

1970年に初めて大統領令として制定された建築基準として、建築材料および設計・施工に関するものが存在し、ペルー全土に適用された。前者については消費者知的所有権保護庁（INDECOPI）が、後者はMTC住宅総局が担当していた。これらの基準は建築物を対象とし、住宅用の土地整備、建築デザイン・計画、構造、安全性、衛生設備等に関するものであり、法として機能していた。また、技術のみならず手続き的なものも含んでいた（例えば、市町村からの許可のとり方など）。

SENCICOは、構造および衛生設備に関する基準策定に関与しており、適宜、必要な改正を行っている。基準作成にかかる手順としては、SENCICOが有識者と契約して草案作成を依頼し、大学、技術者、建築家、MTC（現在はMVCSと思われる）担当者、民間ユーザー等から構成される専門委員会を開いて内容について討議を行い、続いて官報への掲載、委員会の開催、内容の精査、最終版がMTC（現在はMVCSと思われる）へ提出され承認を得る、というものである。建築材料にかかる基準はINDECOPI管轄であるものの、基準案作成は同様にSENCICOが行っている。この材料に関する部分は指針であり、法律を裏付ける役割を担っている。これらの基準は、新築建物のみならず、既存建物の耐震性評価および既存建物の補修・補強に対しても適用される。

SENCICOのホームページによれば、ペルーの構造関係基準としては以下のものがある。

NTE-030 Seismic Resistant Design Standard

NTE-080 Adobe

NTE-050 Soils and Ground Works

NTE-120 Safety while Building

Norma E060 Reinforced Concrete

Norma E020 Loads

<sup>1</sup> ペルー国の地方行政区分として大きい順に、州（Región）、郡（Provincia）、区（Distrito）がある。地方行政機関は、これに対応して州政府（Gobierno Regional）、郡庁（Municipalidad Provincial）、区役所（Municipalidad Distrital）があるが、郡庁は、郡庁が所在する区の区役所を兼ねている。

<sup>2</sup> 国際協力事業団；「ペルー南部地震震災復興要請背景調査団調査報告書」、平成13年10月

<sup>3</sup> 現在、MTCは運輸通信省であり、住宅行政についてはMVCSが担当している。

Norma E110 Glass

Norma E090 Metal Structures

## (2) ペルーの耐震基準

ペルーで最初の耐震基準が制定されたのは、1977年である。1996年のナスカ地震の後、構造物の変形制御の考え方を取り入れて1997年に基準が改定された。現行基準NTE-030-2003は、地震力の低減係数を修正したもので、2003年4月に出されている。NTE-030-2003の概略を以下に示す<sup>2,4</sup>。

### (a) 耐震設計の目標

目標とする耐震性能の概念は、日本と同じで次のようなものである。

- i) 軽微な地震に対しては、被害を生じないこと
- ii) 中程度の地震に対しては、軽微な被害に抑えること
- iii) 大地震に対しては、大きな被害は許容するが倒壊は避けること

### (b) 要求される確認事項

耐震設計時に要求される事項としては、以下がある。

- i) 建物の耐震構造形式
- ii) 外力設定に係わる各パラメータの値
- iii) 最上階の最大変形量と各階の最大層間変形量

なお、70mを越える建物については、構造計算書あるいは所轄機関によって認められた計算方法を追加する必要がある。

### (c) 地震外力

#### i) 地域係数 Z

ペルー国内は3地域に分けられており、Z(g)の値は以下のように定められている。これらは、これまでの地震活動に関する研究成果から、50年間の超過確率10%を考慮した最大地動加速度である。

表 2-1 Zone Factor Z

Zone	Z(g)
1	0.15
2	0.30
3	0.40

#### ii) 地盤条件

地盤条件は、地盤の種類により4つに分類されている。なお、地盤S4は、特別な調査によりパラメータを決定する必要がある。

<sup>4</sup> Carlos Zavala Toledo, et al.; Project for Construction Monitoring and Improvement Techniques for Masonry Housing (Final Report), February, 2004

表 2-2 Soil Parameters

Type	Description	$T_p$ (sec)	S
S1	Rock or very rigid soil	0.4	1.0
S2	Intermediate soil	0.6	1.2
S3	Flexible soil or stratum with great thickness	0.9	1.4
S4	Exceptional condition	*	*

S : 地盤の増幅係数

iii) 地震増幅係数 C

地震増幅係数 C は、次式を用いて計算する。なお、C の値は 0.25 以下とする。

$$C = 2.5 \times \left( \frac{T_p}{T} \right)^{1.25}, \quad C \leq 2.5$$

(d) 一般事項

- i) 建物は、基準に従って地震に耐えうる構造としなければならない。構造の挙動を把握する際には、非構造部材を適切に考慮しなければならない。
- ii) 水平方向は、直交する 2 方向について計算し、更に一番厳しい方向についても検討しなければならない。
- iii) 鉛直方向の地震動を水平方向と同時に考慮しなければならない。
- iv) 地震外力と風外力を同時に考慮する必要はない。
- v) 耐力壁やフレームなどの一つの構造要素が地震力の 30%以上を負担する場合は、外力を 1.25 倍する必要がある。

(e) 建物の重要度係数 U

建物の用途に従い、次のように重要度係数を決定する。

表 2-3 重要度係数 U

Category	Description	U
A. Essential facilities	病院や消防署などの公共建物	1.5
B. Important facilities	劇場や商業施設など人の集まる施設	1.3
C. Common facilities	住宅やオフィス、ホテル、レストランなど	1.0
D. Minor facilities	一時的な住宅、倉庫、塀など	*

(f) 建物の構造特性

建物を解析する際には、以下の事項を適切に考慮する必要がある。

高さ方向

- i) 剛性の不均衡
- ii) 質量の不均衡
- iii) 幾何学的不均衡
- iv) 構造形式の不連続

水平方向

- i) ねじれ応答
- ii) 形状的不均衡
- iii) 床の不連続（吹き抜け等）

また、構造特性によって、地震力低減係数 R を次のように定めている。

表 2-4 地震力低減係数 R

Structural System	Reduction Factor, R for Regular Structures *1	高さ制限
Steel Frame Moment Resisting Frame Eccentric Bracing Regular X Bracing	9.5 6.5 6.0	—
Reinforced Concrete Frames *2 Dual *3 Structural Walls *4 Wall with Limited Ductility	8.0 7.0 6.0 4.0	
Reinforced or Confined Masonry	3 (6)*5	15m
Wooden	7	8m

\*1 Irregular 構造物では、R の値を 3/4 倍する。

\*2 柱がベースシアアの 80%を負担し、コンクリート基準 NTE-E060 に適合すること。

\*3 水平方向がフレーム、および壁で負担される建物。フレームの負担割合は、25%以上。

\*4 耐力壁がベースシアアの 80%を負担すること。

\*5 許容応力度設計の場合は、6 とする。

(g) 建物の分類

建物は、建設地域および整形性により、次のように分類される。



表 2-5 建物分類

Category	Regularity	Zone	Structural System
A	Regular	3	Steel R/C Wall Reinforced or Confined Masonry Dual System
		2 and 1	Steel R/C Wall Reinforced or Confined Masonry Dual System Wood
B	Regular or Irregular	3 and 2	Steel R/C Wall Reinforced or Confined Masonry Dual System Wood
		1	Any System
C	Regular or Irregular	3, 2 and 1	Any System

(h) 建物の解析

建物の解析方法としては、線形動的解析を用いることが出来る。ただし、高さ 45m 以下の整形な建物では、それに代わって等価静的解析を用いることも出来る。いずれにせよ、建物の線形解析が義務付けられる。

(i) 建物の水平変形量

建物の最大層間変形角は、表 2-6 の値以下でなければならない。

表 2-6 最大層間変形角

Predominant Material	$\Delta i/hei$
Reinforced Concrete	0.007
Steel	0.010
Masonry	0.005
Wood	0.010

(j) 隣棟間隔 S

建物の隣棟間隔は、次式の S 以上でなければならない。

$$S = 3 + 0.004(h - 500)$$

ただし、 $S > 3\text{cm}$

(k) 最大応答値制御

建物の最大層間変形量は、平均層間変形量の 1.75 倍を越えてはならない。

(l) 水平地震力

i) 建物の固有周期 T

$$T = h_n / C_T$$

$C_T=35$ 、フレーム構造

$C_T=45$ 、耐震要素としてフレーム、エレベータコア、階段を持つ R/C 構造

$C_T=60$ 、耐震要素として耐力壁を持つ組積造、R/C 構造

ii) ベースシア係数  $V$

$$V = \frac{ZUSC}{R} P$$

$P$  : 建物重量

ただし、 $C/R$  の最小値は 0.1 以上

iii) 高さ方向の地震力分布係数

建物の固有周期  $T$  が 0.7 秒以上の場合は、建物の頂部集中荷重  $F_a$  は次式で求める。

$$F_a = 0.07TV \leq 0.15V$$

他の階の荷重は次式による。

$$F_i = \frac{P_i h_i}{\sum_{j=1}^n P_j h_j} (V - F_a)$$

### (3) 組積造

枠組組積造設計の要求標準である Peruvian Masonry Standard (NTE-070) の Draft<sup>4</sup> を示す。

(a) 一般事項

- ・組積造と一緒に用いる RC 造枠組補強部材、その他の RC 造構造の設計は ACI-318 による。
- ・組積造壁の中に入る電気、衛生設備配管の最大径は、壁厚の 1/5 とする。

(b) 定義

穴あきユニット：断面積が、ユニットの外形面積の 75% より小さいもの。

中実ユニット：断面積が、ユニットの外形面積の 75% 以上のもの。

(c) 材料

i) モルタル

- ・モルタルは、骨材、セメント、石灰と水を調合して作る。
- ・骨材は、有機物を含まない天然石で、以下の特性を有するものとする

メッシュテスト

Mesh No.	Pass (%)
4	100
8	95-100
100	最大 25
200	最大 10

粗粒率： 1.6~2.5

割れた骨材：最大 1% (重量比)

水は清純なもので、酸、アルカリ、有機物を含まないこと

ii) モルタル調合（容積率）：

- ・ポルトランドセメントと石灰を使う場合

Type	Cement	石灰	砂
P1-C	1	1	4
P2-C	1	1	5
P3-C	1	1	6

- ・ポルトランドセメントを使う場合

Type	Cement	砂
P1	1	4
P2	1	5
P3	1	6

iii) 組積ユニット：

- ・レンガは、均質な色で酸を含まないこと。ハンマーで叩いたときに、金属音がするもの。
- ・レンガは、ひび割れやキズがないもの。
- ・レンガは、硝石や他の金属を含まず、表面に白い点のないもの
- ・組積ユニットは、次表のように分類される

表 2-7 組積ユニットの分類

材質	Type	最大寸法誤差 (%)			最大反り (mm)	最小圧縮強度 $f' b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	最小単位 容積重量 (g/cm <sup>3</sup> )
		10cm 以下	15cm 以下	15cm 以 上			
レンガ	I	+/-8	+/-6	+/-6	10	60	1.5
	II	+/-7	+/-6	+/-6	8	70	1.6
	III	+/-5	+/-4	+/-4	6	95	—
	IV	+/-4	+/-3	+/-3	4	130	—
	V	+/-3	+/-2	+/-2	2	180	—
コンクリート	I	+/-4	+/-3	+/-3	4	140	1.7
	II	+/-7	+/-6	+/-6	8	60	1.6

(d) 施工上の留意点

施工は資格を持った作業者が行い、次の事項に留意しなければならない。

- ・壁は、水平と鉛直方向に所定の寸法に従って施工する。
- ・組積ユニットは、モルタルで接合されなければならない。
- ・目地の厚さは最小 10mm で、ユニット高さ+4mm 以上の誤差を持たないこと。
- ・組積ユニットは綺麗で、有害物を含まないもの。以下の手順に従うこと。

レンガユニット：組積する前に、少なくとも 1 時間水に浸すこと

コンクリートユニット：特になし

- ・モルタル粘度は、作業性が良好なものであること。
- ・1日あたり、壁の高さ1.2m以上組積しないこと。

(e) 壁

- ・構造壁、あるいは非構造壁には、中実ユニット、または穴あきユニットを用いる。
- ・これらの壁は、(h)項に示す規定を満たす最小厚さの枠組み部材によって補強される。
- ・壁の基礎は、適切に設計される。
- ・高さ1m以下で屋内にある壁（建物前面、あるいは周囲の壁を除く）は、(h)項の規定に従わなくとも良い。
- ・全ての壁は、耐震設計基準 NTE-030 に従わなければならない。
- ・最小壁厚は、次式によって計算する。

$$t = Usma^2$$

ここに、t：最小壁厚（m）

U：重要度係数（NTE-030）

s：表 2-8 に示す係数

m：表 2-9 に示す係数

a：危険断面寸法（m）

b：壁の寸法

最少壁厚は、無補強壁の引張に対する許容応力度を使って、風荷重に対して検証されなければならない。

- ・石灰を含んだモルタルを用いる場合：s 値、m 値は、表 2-8、表 2-9 による。
- ・モルタルに石灰を含まない場合：表 2-8 の s 値を 1.33 倍して用いる。

表 2-8 s 値

壁種類	地震地域		
	3	2	1
間仕切り	0.28	0.20	0.09
塀	0.20	0.14	0.06
パラペット	0.81	0.57	0.24

表 2-9 m 値

Case 1 : 4 辺を枠組み部材で補強された壁 a=壁短辺長さ									
b/a	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	左記以外	
m	0.0479	0.0627	0.0755	0.0862	0.0948	0.1017	0.1180	0.125	
Case 2 : 3 辺を枠組み部材で補強された壁 a=壁自由端の長さ									
b/a	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0	左記以外
m	0.060	0.074	0.087	0.097	0.106	0.112	0.128	0.132	0.133
Case 3 : 水平 2 辺を枠組み部材で補強された壁 a=壁高さ m=0.125									
Case 4 : 片持ち壁 a=壁高さ m=0.5									

(f) 補強部材

- ・柱や床版、臥梁などの鉛直、水平補強部材で壁を補強する
- ・壁と補強部材は有効に接合する
  - 必要なら、面外方向の力に抵抗するためにアンカーを設ける
  - スラブの水平安定性を考慮する

(g) 構造システム

組積造の構造は、以下の要素からなる。

・基礎

上部荷重を地盤に伝えるため、構造壁、間仕切り壁の下にはコンクリートの基礎を設けなければならない。

・構造壁

構造壁は、モルタル P1（石灰あり）、または P2（石灰なし）で組積される

構造壁の最小厚さは、枠組み部材あり :  $t=h/26$

枠組み部材なし :  $t=h/20$

h : 壁の有効高さ（水平補強部材の間隔、または水平補強部材がない場合は階高の 2 倍）

構造壁は以下の外力、またはその組み合わせに対して設計する

- ・鉛直荷重
- ・水平力とともに作用する軸力と鉛直力の偏心によるモーメント
- ・転倒モーメントによる変動軸力
- ・水平せん断力

i) 曲げと軸力の組み合わせに対して次の式を満足すること

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1$$

ここに、 $f_a$ ：作用鉛直応力

$F_a$ ：許容軸力

$f_m$ ：作用曲げ応力

$F_m$ ：許容曲げ応力

ii) せん断応力は、次式で計算する

$$v = \frac{V}{L \cdot t}$$

ここに、 $V$ ：せん断力

$L$ ：壁長さ

$t$ ：壁厚

・間仕切り壁

・補強部材（枠組み部材）

構造壁は、必要な場合には、コンクリート柱や壁などの鉛直要素、または床版の縁梁、臥梁などの水平要素で補強されなければならない。

構造壁は、力を他の構造要素に伝えるのに十分な剛性、耐力を持った補強部材と接続されなければならない。

・床版

床版は、壁の剛性に応じて応力を適切に分配しなければならない。

床版には、プレキャスト梁と仕上げスラブ、または鋼製デッキ、コンクリートスラブ、レンガを用いた軽量スラブがある。

(h) 枠組組積造の要求仕様

枠組組積造は、以下の項目に従って設計されなければならない

・Zone2、3では、地震荷重の10%を負担する全ての壁は、枠組み部材で補強されなければならない。地震荷重の70%を負担する構造壁（建物周辺の壁を含む）は、枠組み部材で補強されなければならない

・Zone 1では、少なくとも建物周辺の壁は、枠組み部材で補強されなければならない

・枠組組積造壁は、許容応力度設計を行わなければならない。

以下の条件にあてはまる場合には、壁は枠組補強されていると見なす

・4周が水平、および鉛直補強部材で囲まれている

・枠組補強されている鉛直部材の最大距離が、水平部材間の2倍である

・鉄筋の継手や接合部が、引張耐力を発揮する

・補強部材が、組積造壁と一緒に働く

補強部材は、次の項目を満足しなければならない

i) 補強部材の厚さは、少なくとも壁厚以上とし、断面積は次式以上であること

$$A_c = \frac{0.9V}{f_c} \geq 20t$$

ここに、 $A_c$  = 補強部材断面積

$V$  = 壁の作用せん断力

$f_c'$  = コンクリート圧縮強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

t = 壁厚

ii) 梁の鉄筋断面積は、次式で計算する

$$A_s(H) = 14V/f_y \leq 0.1 \left( f_c' / f_y \right) A_c$$

ここに、 $A_s(H)$  = 梁の鉄筋断面積 (cm<sup>2</sup>)

$f_y$  = 鉄筋降伏強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

iii) 柱の鉄筋断面積は、次式で計算する

$$A_s(V) = 14 \left( V/f_y \right) \left( H/L \right) \leq 0.1 \left( f_c' / f_y \right) A_c$$

ここに、 $A_s(V)$  = 柱の鉄筋断面積 (cm<sup>2</sup>)

$f_y$  = 鉄筋降伏強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

H = 壁高さ

iv) 鉛直、水平補強部材には、せん断補強筋を入れる。柱上下端のせん断補強筋は、最少間隔 2.5d、あるいは最大 50cm 以下で配置する。

v) 梁のせん断補強筋は次式で計算し、最大間隔 d/2 以下とする。

$$A_v/s = 1.5V / (d \cdot f_y)$$

ここに、 $A_v$  = せん断補強筋面積 (cm<sup>2</sup>)

s = せん断補強筋間隔

d = 梁せい

(i) 床版の施工

連続する 2 つの階では、上階の構造壁は下階の壁の壁位置になければならない。

上階の補強部材は、下階の補強部材と適切に接合されていなければならない。

もし、上階の構造壁が下階の壁と一致しない場合は、鉛直、および水平方向に枠組補強されなければならない。

(j) 枠組積造の耐力

組積ユニットの圧縮強度  $f_m'$  は、次の 2 つの方法で定める

i) 方法 1 : プリズムテストから

試験体高さ 30cm、および  $2 < (\text{高さ}/\text{厚さ}) < 5$ 。 $f_m'$  は、プリズム試験体破壊時荷重を有効断面積で割った値。プリズム試験体破壊時荷重は、最初の引張りひ割れが生じた時点の荷重。

(高さ/厚さ) 比による補正係数は、表 2-10 のとおり。

表 2-10 プリズム形状による修正係数

高さ/厚さ	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
修正係数	0.73	0.80	0.86	0.91	0.95	0.98	1.00

プリズム試験体は、作成後 28 日間、18℃以下とならないように養生する。もし、7 日でテストを行う場合には、 $f_m'$  を 1.1 倍する。

最少試験体数は 5 体。もし変動係数 ( $V_v$ ) が平均値  $f$  の 0.1 以上なら、以下の式で補正する。

$$C=1-1.5(V_v-0.1)$$

ii) 方法2：組積ユニット強度から

プリズム試験ができない場合には、本方法を採用する。組積ユニット強度は、表 2-11 で与えられる標準値を用いる。組積ユニットの強度を保証するため、工場は証明書を発行しなければならない。

表 2-11  $f_m'$  値

材質	組積ユニットのタイプ	モルタル P1 あるいは P1-C	モルタル P2 あるいは P2-C
レンガ	I	15	15
	II	25	25
	III	35	35
	IV	45	40
	V	55	45
コンクリート	I	45	40
	II	25	25

(k) 許容応力度

応力計算

- ・ 応力を組積ユニットの実断面で計算するため、表 2-7 の寸法誤差を用いる。
- ・ 中実ユニットの場合は、全断面積を用いる。
- ・ 穴あきユニットの有効断面積は、全断面に占める穴の割合 (%) を引いて計算する。枠組組積造の許容応力度

i) 軸圧縮 ( $F_a$ )

$$F_a = 0.2f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

ii) 曲げ圧縮 ( $F_m$ )

$$F_m = 0.4f'_m$$

iii) せん断 ( $V_m$ )

$$\text{モルタルに石灰を含む場合： } V_m = 1.8 + 0.18f_d \leq 3.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{モルタルに石灰を含まない場合： } V_m = 1.2 + 0.18f_d \leq 2.7 \text{ kg/cm}^2$$

ここに、 $f_d$  = 固定荷重による圧縮応力

iv) 曲げ引張 ( $F_t$ )

$$\text{モルタルに石灰を含む場合： } F_t = 1.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{モルタルに石灰を含まない場合： } F_t = 1.00 \text{ kg/cm}^2$$

v) 軸応力 ( $F_{ca}$ )

$$\text{荷重が全断面に掛かる場合 } F_{ca} = 0.25f'_m$$

$$\text{荷重が、境界から } 1/4t \text{ 以上の離れた } 1/3 \text{ の断面に掛かる場合 } F_{ca} = 0.375f'_m$$

vi) 弾性係数 ( $E_m$ )



$$E_m = 500 f'_m$$

vii) せん断弾性係数 ( $E_v$ )

$$E_v = 0.40 E_m$$

(1) 無補強壁の許容応力度

せん断応力は、次式による。せん断応力以外は、(k)に示した値を用いる。

i) モルタルに石灰を含む場合： $V_m = 0.9 + 0.09 f_d \leq 1.6 \text{ kg/cm}^2$

ii) モルタルに石灰を含まない場合： $V_m = 0.6 + 0.09 f_d \leq 1.3 \text{ kg/cm}^2$

ここに、 $f_d$ =固定荷重による圧縮応力

### 2-2-3 建築確認・許可申請制度

2006年に建物の建築に関する新しい規制 (Reglamento Nacional de Edificación、MVCS 所管) が作成された。これによると、各郡庁で地盤調査などを行い、Plan Director de Provincia (郡都市開発計画) を策定することになっている。各郡 (または区) では建築基準に加え、この都市開発計画に照らして建築許可申請を審査することになった。都市開発計画には、地域別に建物の高さ、建ぺい率、道路からの距離、地盤の強さ等による建築制限が設けられている。建築許可を出した自治体は、許可した条件を遵守させる責任を負い、これを実施するために査察官を任命して、違法建築の取り締まりなどを行うことになっている。

MVCS から得た情報では、建築許可制度の改正法が最近 (2007 年) 可決され、細則が作成されるのを待って (現在の見通しでは 2008 年 4 月ごろ) 施行される。制度改正の狙いは、建築許可取得を容易にすることで、建築確認申請の件数を増やして建築事業を把握し、それによってより多くの建築物について施工段階での検査を行うことである。その背景にあるのは、従来から大半の住宅が許可を受けずに建築されてきたが、地方行政は建築確認申請の提出がなされない限り、そのような建築事業の存在自体を把握するのが困難であり、規制も難しいためである。新しい法律では、従来なら場合によっては 1 年近く掛かっていた複雑な建築許可手続きを簡素化して、迅速に許可が下りるようになる。申請後 20 日以内に区役所・郡庁から申請に対する回答が無い場合は自動的に許可が下りることになる。その代わりとして、中間検査、および完工検査をより厳しくすることで、建築基準の遵守を図る。また、建築許可を出す地方政府の責任が軽くなり、設計や施工業者の責任が重くなる。

ペルーにおける都市開発の問題点は、地方政府の力が弱く専門の技術者が少ないことである。そのため、不法占拠や違法建築によって、都市の周辺への拡大が無秩序に進んでいる。再建される住宅の耐震性を確保するためには、住民、建設作業員、技術者の意識を向上させ、建築に係わる法令を遵守させることが重要である。また、地方政府の建築行政能力の強化も必要となる。今後、被災者への補助金給付が始まるが、技術者が施工監理することが補助金受給の条件となる。

全ての区役所 (及び郡庁) には都市計画を担当する課があり、建築申請の審査を実施することになっている。ただし、実際は都市計画課がない区や、建築技術者も 1 名いるかないかという所もある。通常、地方行政の担当者を責任者とし、建築士協会から派遣されるペルー建築技術者 2 名と、ペルー工学会から派遣される技術者 3 名 (構造、衛生、等) から構成される委員会を設け審査を行う。例えば、イカ区では審査委員会を 2 回/月開催していたが、イカ郡全体では全 13 区のうち審査委員会を開催していたのは 4 区だけで、他の 9 区では開催されていなかった。チンチャ郡での聞き取りによると、チンチャ・アルタ区 (郡庁所在区) では 12 人の担当職員が建築確認に当たっており、震災前

は年間平均 700 件の建築許可を出していた。

建築確認申請に必要な書類は、設計図面と申請書である<sup>5</sup>。確認申請には、総工費の 0.45%を申請費として区に支払うことになっている。建築確認申請料には、図面審査および工事検査の費用が含まれている。震災後、緊急対応状況が続き申請料が最低限に抑えられているので、工事検査を行う技術者を雇えない状況にある。

新築ばかりでなく、構造躯体に手を加えるような大規模な改修を行う場合も、建築許可の取得が必要である（軽微な修理の場合は不要）。本来は工事開始前に許可を取る必要があるが、これまでは建設後に許可申請をするケース（不動産登記に必要であるため、事後的に許可を申請するケース）も多い。これから被害を受けた住宅の再建が始まると、申請数が急増することは明らかで、増員が必要であるという指摘が聞かれた。

#### 2-2-4 施工段階における中間・完工検査制度

施工中間段階での検査と完工検査は、従来から義務付けられていた。区役所・郡庁の職員とペルー建築士協会、ペルー工学会の代表者によって構成される工事監督技術委員会が、基礎、壁、屋根のそれぞれについて検査する。工事完了時にも検査を行い、工事終了およびゾーニング証明書を発行することになっている。しかし、従来の制度では建築許可の取得が難しかったため、全建築件数の 30%程度しか正式な手続きを経ていなかったと推測されており、残り 70%は建築の届出自体が為されなかったため規制の網に掛からないという問題があった。また、区役所・郡庁の人員不足で、施工段階での検査には対応し切れていないのが実状のようである。

ペルーでは、建築工事を始めるには建築主が管轄する区役所・郡庁から建築許可を得る必要がある。比較的大規模な建設（例えば公共工事）では、法令に則って工事が行われており、配筋検査等の施工段階での検査も厳密に行われているようである。しかし、一般の住宅では、建設会社が施工することは少なく、地元の親方的な職人が労働者を集めて施工するため、建築許可を得ていないことも多い。また、地方では区役所・郡庁へのアクセスが悪く、建築確認申請をおこなうことがいっそう少ないようである。自分の家を自分で建てることは、基本的には違法行為となるが、区役所・郡庁側から建築確認申請が出ていない建物の検査に出向くことはまず無いようである（そもそも建築確認申請が提出されていない建築工事は区役所・郡庁が把握していないため）。一方、INDECI によれば、INDECI 職員と契約した技術者が任意に建築物の検査に出向き、違法建築については区役所・郡庁への通報、使用禁止措置を行うこともあるとの説明であった<sup>6</sup>。

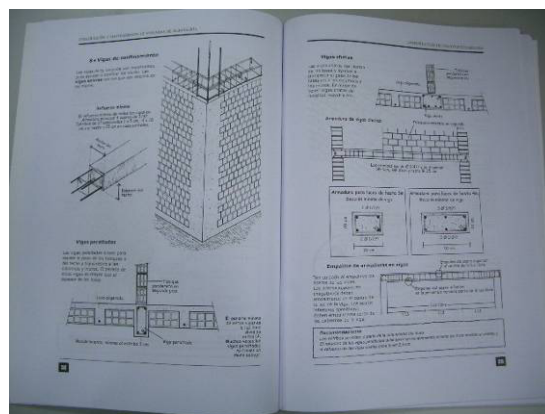
イカ州政府では、地震後、再建される建築物の検査をサンプル検査という形で始めている。検査の内容は、建築基準を満たした建築資材を使用しているかどうか、耐震基準に合った建築物であるかどうかを主にチェックしている。このような検査は、郡庁の役割であるが、現在は州政府住宅局の技術部が行い、結果を郡や区へ報告している。

<sup>5</sup> 土地の登記簿などは不要とのことだが、真偽は不明。

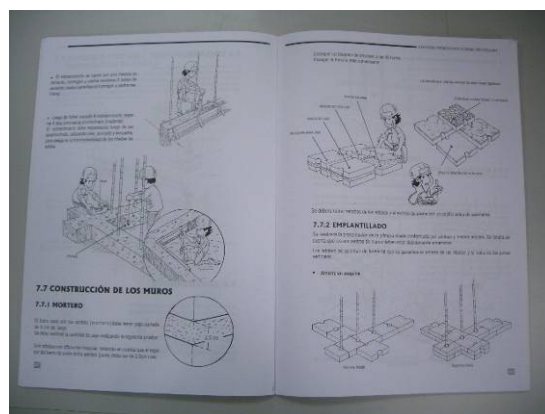
<sup>6</sup> 日本の消防検査のようなものと推測される。既に来上った建物について、構造的な検査を行うことはあまりなく、明らかに構造的な問題がある場合に限り指摘するとのことである。



- 測量士
- 土木作業員
- 大工・棟梁
- コンクリート検査補助
- 土質検査補助



建築技術研修テキスト（組積造偏）（写真 2-2）



建築技術研修テキスト（アドベ造偏）（写真 2-3）

## (2) ペルー建設業協会（CAPECO）

建設会社、建築資材・サービスを提供する企業から構成される非営利団体 CAPECO では、登録業者に対して法的、技術的、情報工学的、経済的な側面からアドバイスを行っている。

具体的な活動のひとつとして、技術者、技能者のための様々な研修コースの開講、学生から一般人まで幅広い対象者に向けたセミナー・ワークショップの開催を行っている。研修コースはリマにある建設高等技術研究所でのみ行われている。短期研修コース（2ヶ月～）には、電気、ガス、衛生設備、測量、図面読み取り、仕上げ工事、CAD等がある。また、大工・棟梁になるための長期研修コース（3年間）では、測量、建設・土木工事、工事監督、工事監理などについて学ぶ。2007年は事前調査を実施した12月までに約3,500名が研修を修了し、現在、約1,300名が研修を受けている。なお、研修は会員以外の一般人にも公開されている。

そのほか、CAPECO では毎月機関誌を発行している。ペルー国の建設業界に関する最新情報が掲

載され、巻末資料としてペルー国内の建築市場動向や各種資材費、労務費などの情報を提供している。

### (3) 市民防衛庁 (INDECI)

2007年9月28日付けで INDECI と SENCICO は組織間協力協定を結び、その枠組み内で共同技術訓練を実施することを決めた。これまで INDECI は SENCICO と共同して、「アドベのより良い家」と題するアドベ造りの耐震住宅建設のマニュアルを改訂、再版している。

