

JST-JICA 地球規模課題チームによる現地被害調査

—その2 建築物の被害—

さいとう たいきくすのき こういち
齊藤 大樹、楠 浩一

独立行政法人建築研究所、横浜国立大学工学研究院

1. はじめに

科学技術振興機構（JST）から支援を受けて、本プロジェクトの調査団第3班は、建物被害と地震動・津波の状況調査を主たる目的として、平成22年4月26日～5月2日にかけて現地被害調査を行った。調査に際しては、日本建築学会調査団第2次隊と協働して行った。調査に参加した団員を以下に示す。

齊藤 大樹	建築研究所 JST 第3班団長
楠 浩一	横浜国立大学
Nelson Pulido	防災科学技術研究所
関口 徹	千葉大学
庄司 学	筑波大学
Carlos Zavala	CISMID, Peru
Patricia Gibu	CISMID, Peru
Jorge Alva	UNI, Peru
Fernando Lazares	CISMID, Peru

日本建築学会調査団 第2次隊

河野 進	調査団団長
楠 浩一	幹事 横浜国立大学
日比野 陽	東京工業大学
谷 昌典	神戸大学
松井 智哉	豊橋技術科学大学
金 裕錫	東京大学地震研究所

本報では、建築物の被害について報告する。

調査地の概略を図1に示す。調査日程は下記の通りである。表1に、調査建物を都市別に示す。表中の下線は、詳細調査建物を示す。

4/27	① Santiago
4/28	① Santiago
4/29	② Concepcion
4/30	② Concepcion
	③ Talcahuano
5/1	④ Viña Del Mar

2. 建物被害の概要

紙面の都合もあり、ここでは代表的な被害建物の被災状況を示す。

2.1 Sol Oriente 1 and 2 (Santiago : 中破)

建物外観を写真1に示す。この建物は地上18階、地下2階の鉄筋コンクリート造の集合住宅で、2007年竣工である。中央のエキスパンションジョイントを介して、左右対称の建物が隣接している。建物は連層耐震壁をフラットスラブでつないだ構造となっている。

この建物の被害は地下1階に集中しており、地下1階で、4スパン5構面中、3構面の壁に曲げ引張破壊（写真2）が生じており、端部主筋が破断していた（写真3）。

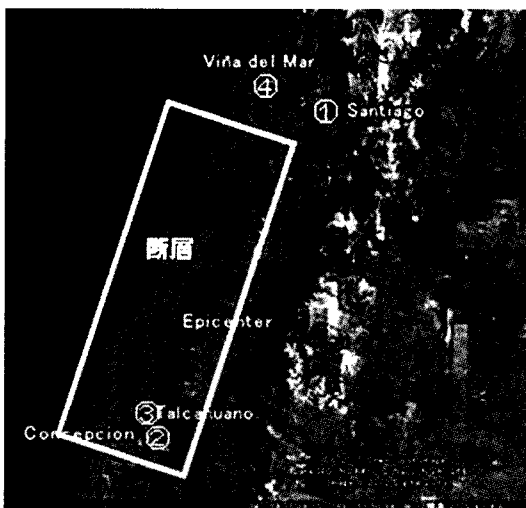


図1 調査地域

表1 調査建物（下線は詳細調査建物）

(Santiago)

- B1. Torre Titanium (制震)
- B2. Ciudad Empresarial
- B3. Edificio Leones 1300
- B4. Sol Oriente 1 and 2
- B5. Edificio Don Luis
- B6. Edificio Don Tristan
- B7. Edificio Don Luis 付近の無被害建物
- B8. Hall Arnoldo Hax (Catolica Univ.、免震)
- B9. Comunidad Andalucia (免震)

(Concepcion)

- B10. Torre AO' higgins 241
- B11. LINCOYAN 440 (Torre Livertad)
- B12. CAUPOLICAN 518
- B13. Alto Rio
- B14. SALAS 1343
- B15. LOS CARRERAS 1535
- B16. ROZAS 1145 (Edificio Don Feodra)
- B17. FREIRE 1965 (Edificio Centro Mayor)
- B18. Plaza Mayor
- B19. BARROS ARANA 272

(Talcahuano)

B20. Edificio de Biblioteca Municipal de Talcahuano

(Viña del Mar)

- B21. Building Festival
- B22. ACHS (Asociacion Chilena de Seguridad)
- (免震)
- B23. Efdicio Rio Petrohue

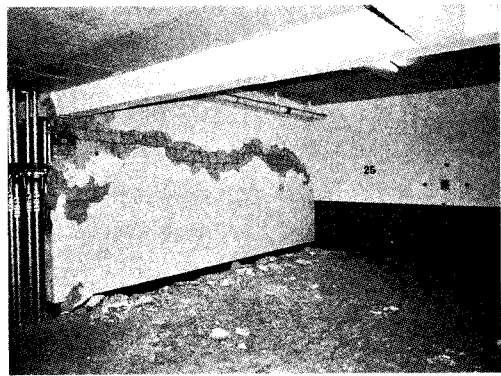


写真2 地下1階耐震壁

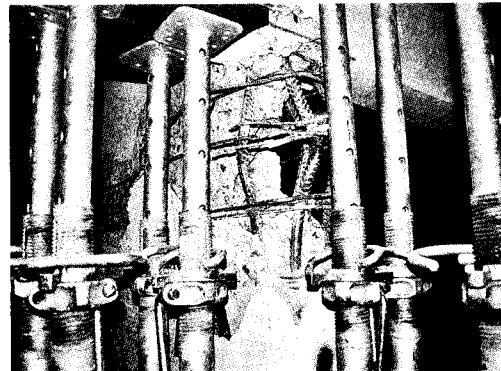


写真3 耐震壁端部の被害

図2に建物平面図、図3に建物断面略図を示す。チリでは比較的良好に見受けられる様式であるが、地下に駐車場を設け、地上部の面積に比べて駐車場が地下で広がっている。この建物の場合には地下で北側に面積が広がっている。更に、建物直下の耐震壁が、車の通路と干渉するため、上階の連層耐震壁に比べて1,200mm短くなっている。その為、北側の連層壁の地下1階は、1階に比べて曲げ強度は低くなり、かつ南向きの方向に対しては直交壁も存在しないため、北向き方向より曲げ強度が低くなる。その為、北側連層壁が南側方向に曲げ引張破壊したと考えられる。北側連層壁の引張側となった1階以上の壁端部位置の1階スラブおよび梁に、上方向に変形した（連層耐震壁が回転した）ことによるひび割れが観察された。

北側連層壁の北端の端部主筋は、大きな引張を受けて、その後圧縮を受けた際に破断したと推察される（写真3）。なお、耐震壁には梁型・柱型は見られなかった。



写真1 Sol Oriente 1 and 2 建物外観

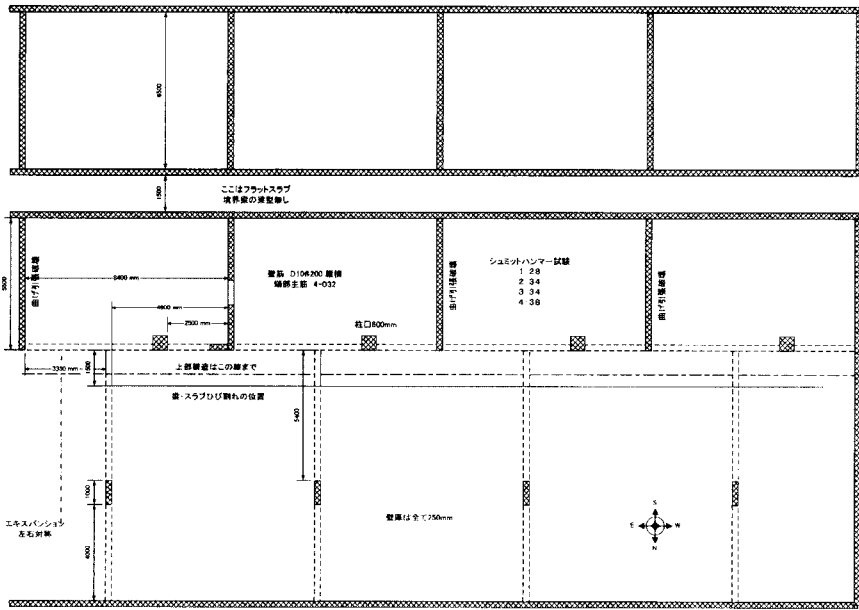


図2 建物平面図

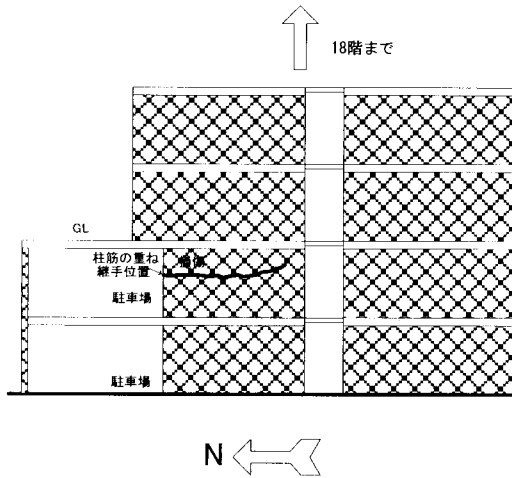


図3 建物断面略図



写真4 Alto Rio 建物倒壊状況

2.2 Alto Rio (Concepcion : 倒壊)

地上14階建て、地下2階建ての鉄筋コンクリート造集合住宅で、1階脚部付近で回転し、倒壊した。2階床下部は、写真5に示すように完全に横を向いる。1階の壁は、完全に破壊しているが、写真6に示すように、端部曲げ筋などは、コンクリートより引き抜けているように見受けられる。建物周辺は厳重に警備されており、建物に近づいて調査することは不可能であった。建物は図4に示すように、倒壊方向に地下下部で建築面積が広がっており、駐車場が

付設されている。本建物の倒壊の要因としては、写真に見られるように引張側の鉄筋が引き抜けるとともに、圧縮側の1階あるいは地下階の鉛直材が水平力を負担することが出来なくなって破壊し、転倒に至ったと推測されるが、圧縮側の破壊を確認することは出来なかった。

2.3 SALSA 1343 (Concepcion : 軽微と大破)

本建物は地上13階の集合住宅で、地下駐車場は建物とは別に設けられている。建物外観を写真7に示す。竣工は2007年である。建物は2棟から成り、L型配置で、角部においてエクスパンションジョイ



写真5 2階床下面が見える



写真7 SALSA 1343 建物外観
左：大破 右：軽微

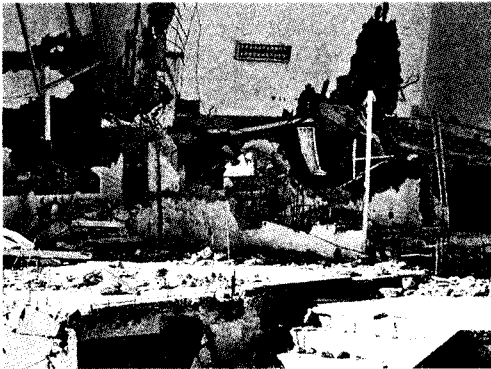


写真6 壁の縦筋も抜けている

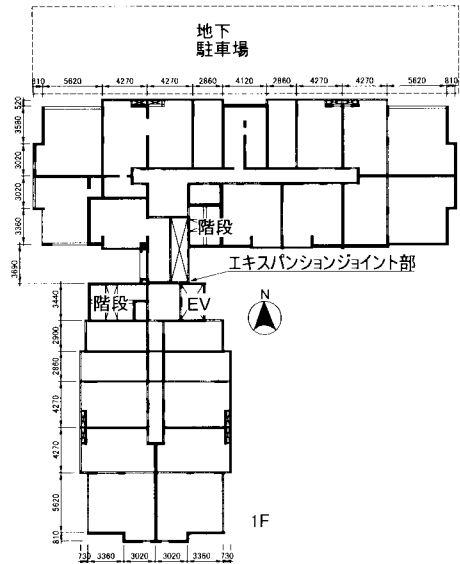


図5 建物平面図

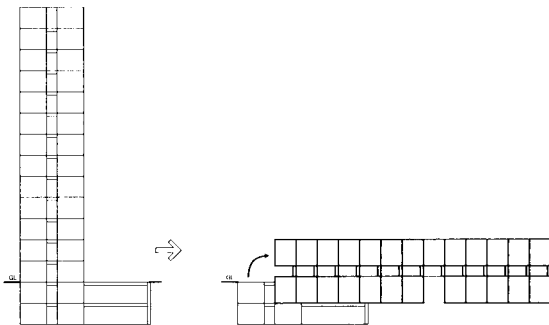


図4 倒壊の予測

ントで結ばれている。両建物ともに中廊下式で、壁量は桁行き方向の方が多い。張間方向が東西方向となる建物は被害が軽微であったが、南北方向となる建物では大破となった。建物平面図を図5に示す。

南側の大破した建物では、特にエキスパンションジョイント側の、EV 回りに相対的に耐震壁が多く存在し、その結果、ねじれ振動を励起したことが推測される。南側妻壁では脚部で西方向の曲げ破壊を生じていた(写真8)。また、東構面・西構面にあ



写真8 南妻壁(大破建物)

る壁柱では、面外に曲げ破壊し、頭部でずれて鉛直方向に下がっていた（写真9）。

2.4 Lincoyan 440 (Concepcion : 大破)

本建物は地上17階建ての鉄筋コンクリート造建物で、下3層は商業施設であり、4階より上は集合住宅である。設計年は1973年である。建物の外観を写真10に示す。1階の平面略図を図6に示す。本建物は、耐力壁が十字の形状で配置されており、さらに4つの隅角部にL型の耐力壁が更に配されている。1F、2Fでは壁が曲げ引張破壊しており、端部の主筋が破断もしくは座屈している（写真11および写真12）。北東、南西方向の耐力壁に被害が集中しており、直交する方向の壁の損傷はほとんど見られなかった。また、上層に行くほど、非構造のレ

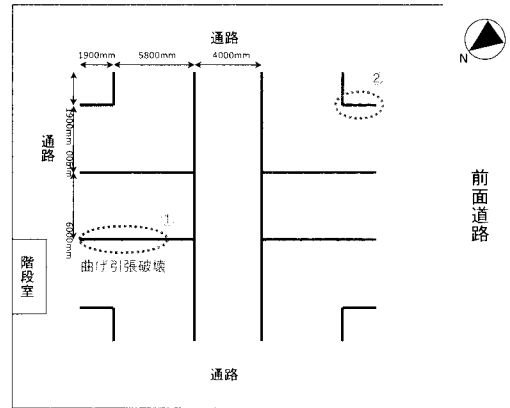


図6 1階平面略図



写真9 東構面北側壁柱の被害（大破建物）

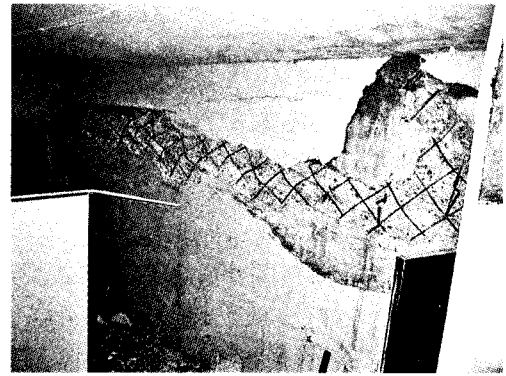


写真11 壁の曲げ引張破壊（図6中①）

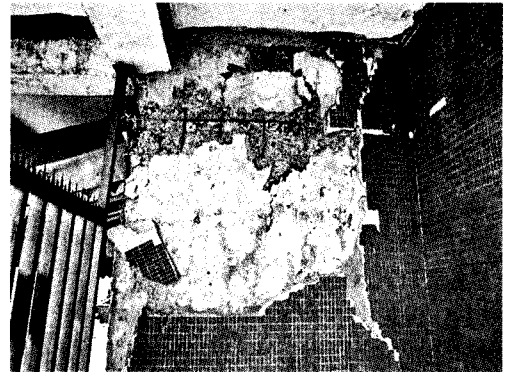


写真12 壁の曲げ引張破壊（図6中②）



写真10 Lincoyan 440 建物外観（大破）

ンガ壁の崩落が激しかった。壁端部の主筋は実測でD27（図面では $\phi 26$ ）、壁厚は曲げ引張破壊した1階、2階の北東、南西方向の壁では300mm、直交する方向の壁では400mmとなっており、かぶりかほとんど無くて鉄筋が腐食している箇所が見受けられた。シュミットハンマーによりコンクリート強度を推測した結果、曲げ引張破壊した1F直交壁で

50MPa、曲げ引張破壊していない1F主方向壁で45～50MPa、3F踊り場の主方向壁で26～27MPa、最上階17Fで45MPaであった。

本建物の中央部（C-D通り、3・4通りで囲まれた範囲）は階段室となっており、C-D通り間の床が相対的に少ない。このため、中央1スパンで分断された2つの連層壁が独立して曲げ変形した結果、T字断面のウェブにあたる北東、南西方向の壁に被害が集中したものと考えられる。

3. 建物被害調査のまとめ

建物被害調査のまとめとして、その他の建物の調査から得られた知見も含めて以下に列挙する。

- ・壁に枠柱はなく、フラットスラブ構造で梁もないものが多い。
- ・壁端部には曲げ主筋は配されており、拘束筋（あるいは幅止め筋）も配されている。
- ・柱の代わりに配している壁柱は、駐車場の関係で、張間方向に長手が配置されている。その為、桁行きの曲げ強度・剛性が低いと考えられる。
- ・連層耐力壁は、地下の駐車場部分で車の通行のた

め壁長さが削られる場合がある。

- ・建物地下に駐車場を配し、一方向に地下で大きくなっている場合がある。つまり、建物直下の3辺には擁壁があるが、桁行きの1辺は、擁壁がセットバックしている。
- ・張間方向の壁、あるいは壁柱に直交壁が付かない場合がある。例えば擁壁がない側の張間方向壁や、ピロティ部分（地上駐車場部分）の壁柱。その場合、直交壁がない側が引張となるときの曲げ強度が低くなり損傷が起きたと考えられる。
- ・建物階数が比較的多く、細長比も高い。結果として、曲げ引張破壊を生じている壁が多い。更に、圧縮側が層せん断力を負担できないと倒壊に至る場合があると考えられる。

本報告書は、JST調査団第3班および日本建築学会被害調査団第2次隊の合同調査結果をとりまとめたものです。最後に、チリ地震で尊い命を失われた方、怪我をされた方、被害を被った方々及びその家族の方々に哀悼の意を表し、結びと致します。

「全国ネットワーク委員会ニュース」原稿募集!!

原稿募集!!

「全国ネットワーク委員会ニュース」の頁では、全国の参加団体、幹事団体、地方公共団体からの耐震診断、耐震改修に関するニュース、動き、質問、ご意見等を広く募集いたします。耐震診断、耐震改修に関する各地の動き、各判定委員会の問題等ご意見ご質問をふるってお寄せください。FAX送付も結構です。

原稿送り先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-3-20 虎ノ門YHKビル3F
(財)日本建築防災協会 全国ネットワーク委員会ニュース係宛
電話 03-5512-6451 FAX 03-5512-6455