

2017 年韓国・浦項（Pohang）地震の被害調査速報

1. 被害調査の目的と概要

2017 年 11 月 15 日に韓国の南東部に位置する浦項（Pohang）市の北部でマグニチュード 5.4 の地震が発生した。学校建物、ピロティ構造建物や非構造部材を中心に被害が生じていることが、現地からの散発的な報告により明らかになったことを受けて、取り急ぎ建物被害の概略を把握するため、直ちに現地調査を行うこととした。計画した調査内容は、1) 被災地域の被害の概要を把握すること、2) 被災地域で用いられる建築構造とその詳細、各構造に特徴的な被害を把握すること、3) 個別建物における詳細な調査により、主要な被害原因を抽出すること、建物の被災度を分析すること、などである。

本報告は、2017 年 11 月 19 日から 11 月 21 日にかけて実施した現地調査結果の速報である。調査団の構成および行程の概要は下記の通りである。

構成 崔 琥 （東京大学・生産技術研究所・助教）
協力者：李 康碩 （韓国・全南大学・教授）
楊 元植 （韓国・光云大学・助教授）

行程

11 月 18 日 : 日本→ソウル→浦項
11 月 19 日～11 月 21 日 : 浦項を基点とする被害調査
11 月 22 日 : 浦項→ソウル→日本

2. 地震の概要

2017 年 11 月 15 日 14 時 29 分（現地時間）に韓国の南東部に位置する浦項市の北部（北緯 36.109 度，東経 129.366 度，深さ 9km）を震源とするマグニチュード 5.4 の地震が発生した（図 1）。震源に近い地域には MMI 震度 VI と発表され，韓国全域で揺れを感じたようである。図 2 に，昨年 9 月 12 日発生したマグニチュード 5.8 の慶州（Kyeongju）地震，今回の地震および近くの原子力発電所の位置関係を示す。同図より，慶州地震と浦項地震は Yangsan 断層付近で発生したことがわかる。また，この地域には Yangsan 断層を含むいくつかの断層が確認されており，断層の近くに Wolsung および Gori 原子力発電所が稼働されている。

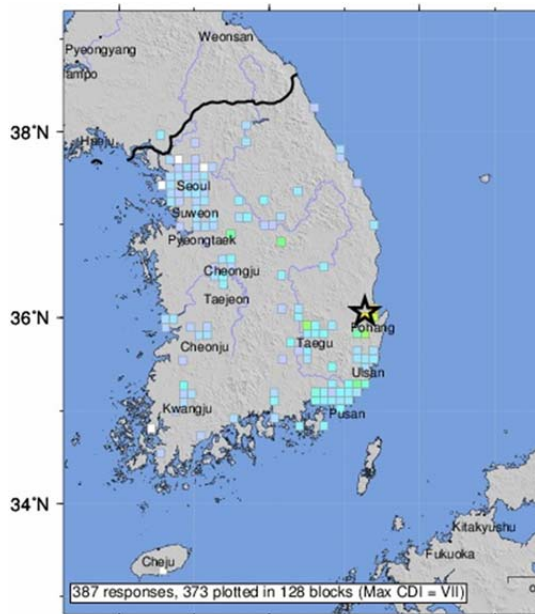


図1 震源 (USGS Website より)

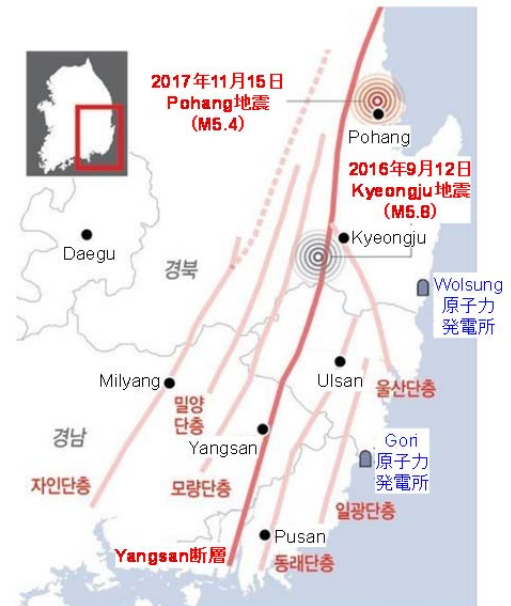


図2 Yangsan 断層と浦項地震, 慶州 (Kyeongju) 地震

3. 調査地域と被害調査建物

3.1 調査地域

震源よりおよそ 2km 西に位置する Heunghae-eup および震源よりおよそ 3~5km 南東に位置する浦項市北区を中心に被害調査を実施した. 図3に調査地域を示す.

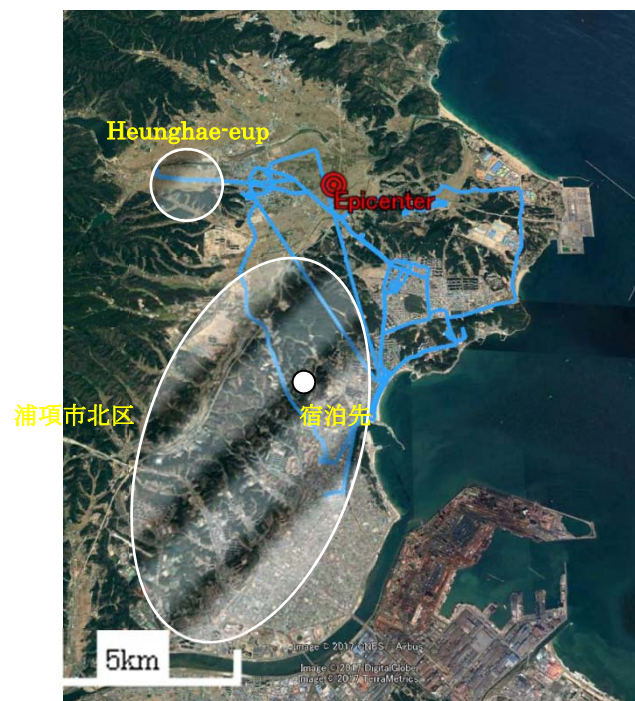


図3 調査地域 (軌跡は調査の全行程を示す, Google Earth より)

3.2 被害調査建物

3.2.1 学校建物の被害

【H 小学校】

- ・震源から西側に約 1.5km のところに位置し、RC 造 3 階建て校舎 3 棟が建てられている (写真 1)。
- ・建設年度は不明だが、建物 A は 50 年前、建物 B は 20 年前、建物 C は 30 年前にそれぞれ建てられたようである。
- ・建物 A：今回の調査で最も被害を受けており、損傷度 V と判断した柱は 5 本あり (写真 2)、損傷度 IV および III (写真 3) も多数確認された。50 年前に建てられていることで、コンクリートの品質が悪く、建設された頃の骨材の規定は 24mm 以下のであるが、50mm 以上のものがかなり混入されている (写真 4)。また、せん断補強筋の間隔は 300mm、フックは 90°であるが (写真 5)、耐震規定がなされていない時期に建てられているため、設計不良ではない。しかし、フックの施工不良のところが確認された (写真 5)。建物内部の柱は、両側に 400mm 程度の組積造袖壁を有しているものと、両側に組積造腰壁を有しているものの、大きく 2 種類があった。経験上、組積造袖壁と組積造腰壁は耐震性能にほとんど寄与しないと思われたが、組積造袖壁を有している柱の損傷は小さいのに対し、組積造腰壁を有する柱の損傷度 IV と大きかった (写真 6)。この建物は立ち入り禁止となっており、立ち入り禁止用の仮設工事と、軸崩壊防止サポート設置工事が行われている (写真 7)。



写真 1 H 小学校の全景 (建物 A)



写真 2 損傷度 V の柱



写真 3 損傷度 IV の柱



写真 4 50mm 以上の骨材が混入されている様子



写真 5 補強筋間隔と 90°フックの施工不良



写真6 組積造袖壁と組積造腰壁を有している柱の損傷

写真7 軸崩壊防止サポート設置工事

- ・建物B：本建物は建物Aと断面サイズが全く同様であるが、目立った躯体の被害は見られなかった（写真8）。建物Bが建物Aに比べて被害が少なかった原因としては、建設年度が異なることでコンクリートの品質が建物Aに比べて少しはよいことと、この建物は階段室が建物の両側と中央部に3か所あるのみ対し、建物Aは中央部に1つしかないことなどが挙げられる。



写真8 建物Bの損傷状況

- ・建物C：本建物は目立った躯体の被害は確認されていなかった。一方、本建物はなぜか梁間方向の両外側に耐震補強が施されていた。耐震ブレースのアンカーが全体的に抜けており、これはアンカーの施工不良であると思われる（写真9）。



写真9 建物Cの耐震補強の様子とアンカーの損傷

【H 女子中学校】

- ・震源から南東側に約 4km のところに位置
- ・RC 造 4 階建て建物（1991 年竣工，図 10）
- ・全面にわたって組積造仕上げ材が施されている（ひび割れが大きいところは 10mm 程度，図 11）
- ・柱にせん断ひび割れ発生（損傷度：II，図 12）
- ・組積造壁にひび割れ発生（図 13）
- ・4 階の EXPJ のカバーに損傷（図 14）
- ・建物の被災度は「軽微」



写真 10 H 女子中学校の全景



写真 11 学校建物の組積造仕上げ材の損傷



写真 12 柱の損傷（損傷度：II）



写真 13 組積造壁の損傷



写真 14 EXPJ の損傷

【H 中学校】

- ・震源から西側に約 1.5km のところに位置
- ・RC 造 4 階建て建物（写真 15）と屋内運動場（写真 16）
- ・屋内運動場：屋根トラスに大きな損傷を受けており、現在トラス材の撤去作業が行われている（写真 17）
- ・教室棟：外側組積造仕上げ材にひび割れ発生．建物内部のひび割れ発生個所に補修作業施工中（写真 18）



写真 15 H 中学校の教室棟の全景



写真 16 屋内運動場の全景

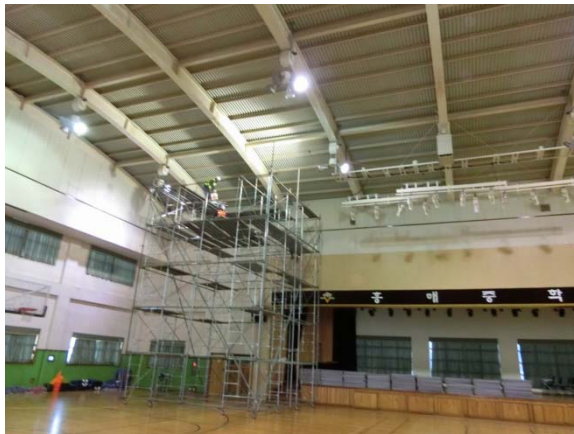


写真 17 屋内運動場の屋根ブレースの撤去作業の様子と撤去された曲がったブレース材



写真 18 外側組積造仕上げ材と建物内部のひび割れ発生個所に補修作業施工の様子

【P 小学校】

- ・震源から南側に約 5km のところに位置
- ・RC 造 3 階建て建物 4 棟と屋内運動場（写真 19）
- ・後で施工されたエレベーター室と本館の間に損傷発生（写真 20）
- ・屋内運動場の屋根ブレースに大きな損傷⇒屋根ブレースの座屈・落下およびその痕跡確認（写真 21）．ターンバックルの破断確認．ブレースの穴にかけるだけの施工（写真 22）．
- ・屋内運動場の壁仕上げ材の剥落⇒壁側の座金と仕上げ材の施工不良（写真 23）



写真 19 P 小学校の全景



写真 20 エレベーター室と本館の間の損傷の様子



写真 21 屋内運動場の屋根ブレースの損傷状況と落下したブレース材



写真 22 ブレースの穴にかけるだけの施工



写真 23 屋内運動場の壁仕上げ材の剥落

【H 大学】

- ・震源から東側に約 2km のところに位置
- ・H 大学の Jeong, Sang-Mo 教授との打ち合わせおよび被害調査実施
- ・耐震設計有無にかかわらず敷地内にある建築物の構造材に目立った損傷はない
- ・組積造仕上げ材の剥落（組積造仕上げ材と構造部材との緊結材はない，写真 24）と EXPJ の被害（写真 25）か観察



写真 24 組積造仕上げ材の被害



写真 25 EXPJ の被害

【H 西部小学校】

- ・震源から西側に約 4km のところに位置
- ・RC 造 2 階建て教室棟（写真 26）と URM 給食棟（+木造トラス，写真 27）
- ・教室棟：ほぼすべての柱に損傷度 I あるいは II 程度のひび割れ発生⇒被災度：小破程度（写真 28）．
組積造壁に損傷（写真 29）
- ・給食棟：妻壁に損傷⇒妻壁の組積ユニットの落下および亀裂（写真 30）．給食棟は二つの部屋があったが，間仕切り壁を取っ払って上部の組積部のみを残し，その下を鉄骨材で補強（写真 31）



写真 26 H 西部小学校の教室棟の全景



写真 27 給食棟の全景



写真 28 柱の曲げひび割れ（損傷度：II）



写真 29 組積造壁の損傷



写真 30 給食棟の妻壁の損傷



写真 31 間仕切り壁の取っ払った様子

3.2.2 ピロティ構造集合住宅群の被害

- ・震源から南東側に約 2.5km のところに位置

【K 集合住宅】

- ・RC 造 4 階建て建物（2011 年竣工，写真 32）
- ・ピロティ構造建物の中で，最も被害が大きい
- ・階段室がコーナー偏っており，その対角線上の 3 本の柱が大きく損傷を受けた（柱が折れるほどの損傷，いずれも損傷度 V，写真 32 および写真 33）
- ・軸崩壊を防ぐためのサポートが施されている（写真 33）
- ・せん断補強筋間隔：250mm（現在の規定では，主筋径（D22）の 8 倍，補強筋径（D10）の 24 倍，断面最小寸法の 1/2（断面サイズ：700×400mm），300mm のうち最小値となっており，計算すると最小値が 176mm 以下となるので，設計は 150mm 程度とするはず）
- ・この周辺ではクリスタル建物を含む 3 棟程度以外のピロティ構造建物には目立った損傷はない
- ・全体的に，階段室がコーナーより中央部に位置するピロティ構造建物の損傷は少ない

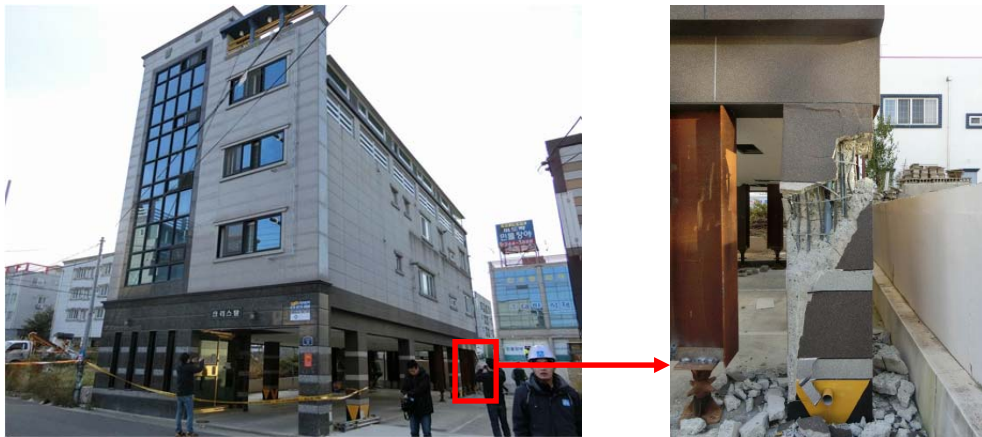


写真 32 K 集合住宅の 1 階柱の損傷（損傷度 V）



写真 33 1 階柱の損傷とサポートの設置様子

【B 集合住宅】

- ・ RC 造 4 階建て建物（写真 34）
- ・ 柱：損傷度 IV, V 程度の損傷（写真 34），壁：損傷度 III 程度の損傷（せん断補強筋に錆が観察, 写真 35）



写真 34 B 集合住宅の 1 階柱の損傷（損傷度 V）



写真 35 壁の損傷（損傷度：III）とせん断補強筋の錆の様子

【M 集合住宅】

- ・ RC 造 4 階建て建物（写真 36）
- ・ 柱と壁に損傷度 II, III, IV 程度の損傷発生（写真 36）

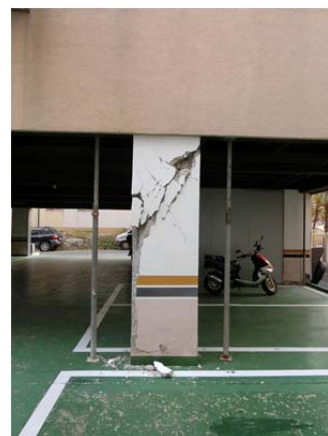


写真 36 M 集合住宅の 1 階柱の損傷（損傷度 IV）

3.2.3 マンションの被害

【T マンション】

- ・震源から南東側に約 2.5km のところに位置
- ・RC 造 18 階建て建物（写真 37）
- ・ほぼ前開口部間の壁にせん断ひび割れ発生（写真 37）
- ・補修業者によると、ひび割れが生じた部分の壁厚は 50mm 程度（ボイラ関係のパイプが通っているところで、設計・施工不良のようである）
- ・この周辺の高級マンション群となっており、他の施工会社によるマンションには同様な被害なし



写真 37 T マンションの外壁の被害の様子

【D マンション】

- ・震源から西側に約 1.5km のところに位置
- ・RC 造 5 階建て建物 6 棟のうち、E 棟の半部分が傾いている（マスコミによると 4° 程度、写真 38）
- ・マスコミにより液状化の可能性があるとして放送されたが、確認したところ GL 部の壁の損傷によるものである（写真 38）
- ・H 大学の先生によると、地震の前からひび割れなどの損傷がひどく、撤去の議論が行われたようである



写真 38 D マンションの被害（建物の傾斜被害）

3.2.4 避難建物の様子

【H 室内体育館】

- ・避難建物として使用されている（写真 39）
- ・調査の際に、新たな避難住民が入っていた（写真 40）
- ・H 屋内体育館の内部の様子．4 畳程度のテントが設置されている（写真 41）
- ・体育館の周りには、行政施設と生活に必要な施設が作られている（写真 42）



写真 39 避難建物となった H 屋内体育館の全景



写真 40 新たな避難住民の入居の様子



写真 41 避難建物内部の様子



写真 42 避難建物の周りの様子

4. まとめ

- ・学校建物の校舎および屋内運動場，ピロティ構造建物，高層マンションの外壁に構造部材の損傷が確認できた．しかし，これらの構造部材の甚大な被害は，そのほとんどが耐震規定がなされる前に建てられた建物や設計不良あるいは施工不良によるものである．
- ・今回のようなマグニチュード 5.4 程度の地震では，現行の耐震規定に従い設計・施工された建物は，甚大な被害は起こらないことがわかった．
- ・近年，韓国で建物被害を伴う地震は 2 回（2016 年慶州（Kyeongju）地震と今回の地震）しか発生していないこともあり，専門家による調査体制がまだ不十分である印象を受けた．この件については今回の調査の際の協力者である李康碩先生（韓国・全南大学・教授）と話しており，これから近い将来に起こり得る発災に備えていち早く整備できることを期待している．