

PROCEEDINGS
OF
SYMPOSIUM ON
“Future of post-disaster assessment for
buildings”

政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム
「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」
報告書



Feb. 5, 2020

Tokyo

Building Research Institute (BRI)
National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS)

Published in August 2020 by the Building Research Institute, National Research and Development Agency

1, Tachihara, Tsukuba, Ibaraki, Japan 305-0802

Phone: +81-29-864-2151 Fax: +81-29-864-2989

Copyright © 2020 by the Building Research Institute, National Research and Development Agency, Japan

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning, or otherwise, without prior written permission of the publisher or the author(s).

政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム
「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」

Symposium on
“Future of post-disaster assessment for buildings”

目次
Table of contents

序/Introduction	1
1. 結果概要/Summary of the symposium	3
2. 当日配布資料/Handout	23

序

地震発生後、余震などによる倒壊の危険性や外壁・窓ガラスの落下、付属設備の転倒などの危険性を判定することにより、人命にかかわる二次的災害を防止するために被災建築物の応急危険度判定が行われます。

これまでの被災時における国内外の取組みや技術の動向等について情報交換し、今後取り組むべき課題について考えることを目的として、国立大学法人政策研究大学院大学と国立研究開発法人建築研究所が共催で、シンポジウム「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」を2020年2月5日に東京で開催しました。

シンポジウムのモデレーター、講演者、参加者の皆様、後援団体その他関係の皆様のご協力に感謝するとともに、このような国際的な情報交換を通じてさらに災害対策が推進されることを願っております。

建築研究所 構造研究グループ
シニアフェロー 奥田 泰雄
(2020年2月当時 構造研究グループ長)

建築研究所 国際地震工学センター
シニアフェロー 横井 俊明
(2020年2月当時 国際地震工学センター長)

政策研究大学院大学 教授 菅原 賢

Introduction

After an earthquake, quick inspection of damaged buildings is performed to prevent secondary damages that can affect people's lives. Such assessment is done by determining the risk of collapse of buildings, falls of exterior walls and window glass, as well as falls of attached equipment, which can arise when aftershock occurs.

The Symposium on Future of Post-disaster Assessment for Buildings held on February 5, 2020 in Tokyo under the co-host of the National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS) and the Building Research Institute (BRI). It aimed to exchange information on initiatives that have been taken at the time of earthquakes in Japan and in other countries and information on technological trends concerning disaster prevention. Also, challenges and issues to be addressed for the future were discussed.

We appreciate the cooperation of the moderators, speakers, participants, sponsoring organizations and other people working for the symposium. We hope that disaster countermeasures will be further developed through events for international information exchange like this one.

Yasuo Okuda	Senior Fellow, Department of Structural Engineering, BRI (Director of the above Department until March 31, 2020)
Toshiaki Yokoi	Senior Fellow, IISEE, BRI (Director of the above Institute until March 31, 2020)
Masaru Sugahara	Professor, GRIPS

1. 結果概要

政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」

日時：2020年2月5日（水）13:30-17:00

会場：政策研究大学院大学 1階 想海樓ホール

主催：国立大学法人政策研究大学院大学、国立研究開発法人建築研究所

後援：国土交通省国土技術政策総合研究所、一般財団法人日本建築防災協会、全国被災建築物応急危険度判定協議会、公益社団法人日本建築士会連合会、一般社団法人日本建築士事務所協会連合会、公益社団法人日本建築家協会、一般社団法人日本建築構造技術者協会、一般社団法人日本建設業連合会、一般社団法人マンション管理業協会、独立行政法人都市再生機構、独立行政法人住宅金融支援機構、一般社団法人日本建築学会、防災学術連携体、建築研究所共催コンソーシアム、国連教育科学文化機関（UNESCO）

参加者：一般参加130名、講師等関係者15名 合計145名

プログラム：

進行役：菅原 賢（政策研究大学院大学 教授）

13:30-13:40 主旨説明：奥田泰雄（建築研究所 構造研究グループ長）

13:40-17:00 講演及びパネルディスカッション モデレーター：中埜良昭（東京大学 教授）

13:40-15:50 講演

(1) 日本における応急危険度判定の適用事例と課題

五條 渉（日本建築防災協会 技術総括参与）

「応急危険度判定に関するこれまでの取組みと今後の課題」

平山 英（大阪府 住宅まちづくり部 建築防災課 総括主査）

「応急危険度判定の適用事例と課題等」

(2) 外国における応急危険度判定の適用事例と課題

小豆畑達哉（建築研究所 国際地震工学センター 上席研究員）

「開発途上国における日本の応急危険度判定の技術支援事例」

エドゥアルド・オルランド・ウルタド・ガハルド（チリ 公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長）

「チリにおける被災建築物の応急危険度判定」

鍾 立來（台湾 国家地震工学研究センター 副センター長、国立台湾大学 教授）

「台湾における応急危険度判定の技術とメカニズム」

デイヴ・ブランズドン（ニュージーランド ケストレル・グループ ディレクター）

「ニュージーランドにおける地震後の構造、地盤の応急危険度判定」

(3) 応急危険度判定に関する技術開発の最新動向

向井智久（建築研究所 構造研究グループ 主任研究員）

「3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状」

楠 浩一（東京大学 教授）

「応急危険度判定の効率化に向けた技術開発、実用化に向けた取組みと課題等」

15:50-16:00 休憩

16:00-17:00 パネルディスカッション：今後の応急危険度判定の取組み

ー広域的な地震被害があった場合の効率的なデータ収集や被害状況の分析手法についてー

17:00 閉会

講演

(1) 日本における応急危険度判定の適用事例と課題

五條 渉（日本建築防災協会 技術総括参与）

「応急危険度判定に関するこれまでの取組みと今後の課題」

日本における応急危険度判定のこれまでの歩みについて、1981年からの建設省の総プロで開発された技術をベースに基準やマニュアルが整備されたこと、阪神・淡路大震災を踏まえ、1996年に全国被災建築物応急危険度判定協議会が設立されたことなどを紹介。今後の課題として、調査結果の集計方法やデータベース化、体制整備、罹災証明などとの関係、広域的震災への対応、判定士の不足や高齢化問題、高層建築物への対応、ハイテク技術の応用などを言及。最後に、海外への技術移転として、トルコ、台湾の集集地震、中国の四川大地震について触れた。



平山 英（大阪府 住宅まちづくり部 建築防災課 総括主査）

「応急危険度判定の適用事例と課題等」

2018年の大阪府北部地震における応急危険度判定について、10日間で、延べ約1000名の判定士が、9361件を判定したこと、赤判定の要因、ブロック塀の転倒、発災後の動き、市ごとの判定の実施手法などを紹介。今回の課題として、被害状況の的確で速やかな把握、市町村と大阪府の連絡体制、被災建築物が点在する場合の判定方法、判定の平準化、住民に対する制度周知について言及。最後に、今後の備えとして、実施本部の体制整備と設置場所の事前確保、判定区割図の準備、判定資機材の確保、判定訓練と技術的な水準の継続、地震対応経験者のリストが重要と締めくくった。



(2) 外国における応急危険度判定の適用事例と課題

小豆畑達哉（建築研究所 国際地震工学センター 上席研究員）

「開発途上国における日本の応急危険度判定の技術支援事例」

国際地震工学研修の応急危険度判定や被災度区分判定等の講義を紹介。技術支援として、トルコでは、1999年の地震後、日本政府は専門家を派遣、2次被害防止の検査等をトルコ政府に提言、現地の大学と共同での応急危険度判定のガイドラインを提案。また、チリでは、2010年の地震後、日本政府は専門家を派遣、応急危険度判定シートの初版を発行。さらに、JICA KIZUNA プロジェクト、UNESCO の IPRED プロジェクトについて紹介。最後に、効率的なデータ収集や被害状況分析のための技術は世界で普及、日本も他国の経験を取り込めばいいのではないかと締めくくった。



エドゥアルド・オルランド・ウルタド・ガハルド (チリ 公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長)
「チリにおける被災建築物の応急危険度判定」

2010年のチリ地震当時、応急危険度判定のシートはなく、標準化され、信頼性のある判定法が欠如しており、2011年に日本の専門家から、地震後の建築物応急危険度判定、既存建築物の耐震評価・補強・改修、免震構造が提案されたことを紹介。応急危険度判定のシートは、その後の地震で明らかになった様々な課題を踏まえ、改善が続けられていることを言及。最後に、日本のような被災建築物応急危険度判定方法の確立、研修された判定者チームの維持、マニュアル等のツールの作成を目的とした、SWOT分析による今後の戦略を紹介した。



鍾 立來 (台湾 国家地震工学研究センター 副センター長、国立台湾大学 教授)
「台湾における応急危険度判定の技術とメカニズム」

判定方法は、簡潔、迅速、経済的、効果的、区別ができるもの、客観的であることが必要と言及。台湾では、黄色のプラカードは危険を示し、建物を使用するためには、落下物や傾いた部分などの危険の解消が必要であること、赤色のプラカードは、詳細な評価により適格とされるか修繕されない限り、建物は使用できないことを紹介。赤色は、傾斜、柱の基礎からの離脱、地盤の損傷、近隣の建物の損傷、建物の残留強度率0.5以下などにより判定されることを紹介。さらに、建物の残留強度率を部材の損傷度や部材の残留強度等から計算する手法を説明した。



デイヴ・ブランズドン (ニュージーランド ケストレル・グループ ディレクター)
「ニュージーランドにおける地震後の構造、地盤の応急危険度判定」

ニュージーランドにおける大震災を踏まえた、緑色から白色へのプラカードへの変更、TDE (対象建築物被災状況評価)、国のガイダンスの改定、2019年の建築法改正により非常事態宣言がなくても応急危険度判定が実施可能など最近10年の取組みを紹介。さらに、リーダーシップグループ、プロフェッショナル、若いエンジニアという階層別の人材育成について言及。最後に、法制度やガイドはあるが現場の運用や指導のリーダーが不足していること、建物の計測機器設置は増えているがデータの使い方のプロトコルがないことなどが課題であると締めくくった。



(3) 応急危険度判定に関する技術開発の最新動向

向井智久（建築研究所 構造研究グループ 主任研究員）

「3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状」

レーザースキャナーとは、レーザー光が跳ね返って戻る時間から距離を出して、当たった点の座標を特定する装置であると説明。建築研究所における3次元レーザースキャナーを用いた建物の損傷評価に関する研究として、被災観測データの解析により被災地の建築物を使い続けてよいかを迅速に評価・共有・表示するシステムの試行、熊本地震で杭が折れた建物の被害事例の調査、益城町の被災分布の調査を紹介。最後に、技術が普及した場合に、膨大な収集データからの緻密な損傷評価、既往の応急危険度判定等の迅速化に寄与できる面があると締めくくった。



楠 浩一（東京大学 教授）

「応急危険度判定の効率化に向けた技術開発、実用化に向けた取組みと課題等」

壊れていない建物をきちんと壊れていないと示すことは避難者を減らし在宅避難に誘導するためにも大切と言及。目視による判定は、時間がかかる、超高層や仕上げで覆われると困難、新しい設計法は全体崩壊形で困難などの課題があるため、技術開発の一例として、センサーを用いた等価線形化法を援用した方法を紹介。さらに、被災地から離れた専門家によるドローンの画像データからの倒壊建物の確認、GPS 観測による傾きのデータ収集などの技術開発があり、面的にリアルタイムに災害を把握できれば、応急危険度判定も軽減できるのではないかと締めくくった。



パネルディスカッション：今後の応急危険度判定の取組み

－広域的な地震被害があった場合の効率的なデータ収集や被害状況の分析手法について－



(中埜) 超広域な災害に対して本当に対処できるようなテクノロジーなり知恵なりがあるのだろうかという心配がある。非常に大きなエリアの震災では、被災地になかなか入れないこともあるため、国中の連携が必要になる。また、応援態勢、被災地にどうやってたどり着けるのか、経済的な支援などの問題が出てくる。まずは広域体制の現状がどうなっているのか。

(五條) 全国的な組織、都道府県の協議会、ブロック単位の協議会があり、大きな災害ではブロック同士が助け合う枠組はある。ただし、国としての危機管理的な対応のルールまではできていないと思う。実際にそうなったときにやらなければいけないこと、そのための準備としてこれからやらなければいけないことはたくさんあるという課題が明らかになっている状況と思う。新しい技術を使って迅速化する、離れたところでもできるようにするなど、技術も総動員して、できるだけ対応できるようにすることが必要と思う。

(中埜) 南海トラフ地震というと、大都市ということで、例えば名古屋や大阪がキーの都市になる。大阪府では、現在、南海トラフ地震が来たときに、まだ 100%準備万端ではないのだろうとは思いますが、どのようなことを想定されて対策を取られているか。

(平山) 昨年、大阪府内の市町村と南海トラフ地震を想定して、4 市町村が大被害を受けたという想定で訓練をしたところ、大阪府内の行政の判定士では人数が不足することが分かった。南海トラフ地震になると近隣で複数の府県が同時に被害を受けるということから、近畿圏内のみでの対応は困難であるため、近畿圏内でも被害想定がある程度少ない県に、全国支援の連絡調整窓口になってもらう話し合いを行っている。また、判定士の受入れ体制や判定実施本部の設置場所の確保も課題であり、公共施設は小・中・高校も含めて避難所の指定が多くほぼ利用できないため、判定実施本部の設置場所の確保について、大学との連携なども模索している。

(中埜) 陸路で入ってくるイメージか。

(平山) 電車はほぼ使えない想定で車が前提になるかと思う。

(中埜) 南海トラフ地震では、津波が来ているから、内陸から攻めていくより仕方がない。いろいろな地震のケースによって、幾つかのパターンを考えておかないといけないと思う。新しいテクノロジーは、広域的な被害に、どれぐらいリアリティのある技術になっているか。

(楠) 地震災害の特徴は、非常に広域になる可能性があること、災害が発生した時点で被害が出ていること。最初に必要な対応は、判定士をどこに送ればいいのかをいかに早くつかむかということ。衛星は静止衛星ではないので、なかなか良いところがないらしい。ドローンは、速度や航続距離に課題があり技術開発が必要。センサーは、いきなり全部に置くのは難しいが、なるべくばらけた形で置いて、被害の状況がある程度粗くても実測としてつかむことが重要。SNSは、飛んでいる画像も認識して、電柱やパトカー、救急車の側面の字を読んで、大体どの辺で災害が起きているのかを自動で認識していくシステムが、既にわが国では運用されているらしい。たくさんの民間のデータを災害対応で共有して利用できるシステムづくりも大切なのではないかと感じている。

(向井) 熊本地震の調査では、被害は、地図上にルールを持って壊れていくという分布ではなかったもので、迅速に拾い出すにはどうするべきかしっかり考えておかないといけない。耐震性能が高い建物がたくさんある中に弱いものが少しあるという状況になったときに、その計測をするためにどのような準備をするかということを考えておかないといけない。レーザーを持った航空機が津波でやられて飛ばせなくて、結局、東京から飛ばしたという話もあり、新たな計測方法、あまり慣れないようなものをやる時には、事前の準備も併せて必要と感じている。

(中埜) いざというときには、常に使っているような手法でないと実は使えないといったことが起こるので、できるだけ普段使いできるようなところでうまく忍び込ませておくことも非常に大事。チリは非常に南北に長い国であり、非常に長いエリアで被害が起こり得るが、もし起こったらどうするかということは何かお考えか。

(ウルタド・ガハルド) アメリカ、南米、中米に関しても、地震の経験のある世界中の国々との協力のレベルを上げる必要があると思う。地震被害の経験を持つ国々は、予算の面も考慮して投資する。他の国で地震があった場合に、被災地の判定を適切に行うことができるように、一貫した均一な手法を用いることができることが重要であり、被災経験のある国がそれを援助すべきである。

(中埜) チリが中心になって、スペイン語圏なので、違う国であっても一つのスタンダードを共有できれば、皆さんで共有できる、助け合うことができることはわれわれからすると非常にうらやましい。広域ということで、少し違う見方をすると、エリアが広いだけではなく、大都市がやられてしまったときには、大規模な建物もたくさんある。日本での応急危険度判定のターゲットは10階ぐらいまでと言っているが、大都市で地震が起こると、そうは言っていないのではないかと予想が付く。大きい建物も被害の程度が分かるような技術が、どれぐらい進みつつあるのか。

(向井) 現状、中低層の建屋をターゲットに検討しているので、まずは10層の建物ぐらいまで何とかいけないかということで進めている。レーザースキャナーの技術で、東京タワーなどのタワーのデータが幾つか取られているが、粗さが課題。ドローンは、事前にデータを取ろうと思っても、なかなか今のところは規制で飛べないということで、練習もできない状況。

(中埜) プライバシーや法的な課題もあり、なかなか難しい。台湾やニュージーランドでは建物のサイズや高さのリミットがあるのか。

(ブランズドン) 高さに関してリミットはない。しかし、きちんとスキルを持って構造上の評価をしなくてはならない。追加的なトレーニングが必要。

(鍾) 私たちの開発した手法は低層ビル、中高層ビルにフォーカスしている。高層ビルは、築年数が浅く、耐震設計がより良いこと、都市部に立地し活断層から離れていることから、あまり経験が積めていない。今の手法を高層ビルに拡張することはできると思う。エンジニアが残留強度率の計算に苦勞するのであれば、例えば大学の教授、経験のあるエンジニアをメンバーとして、委員会

体制として残留強度の判定をすればいいのではないかと思う。

(中埜) 鉄骨の建物はよく被覆してあったりするのですが、外から大丈夫そうに見えるが、実はボルトが飛んでいたことがあり、なかなか分からない。応急判定や被災度判定で結構困る問題。応急危険度判定、住家の被害認定、地震保険関係の調査について、個人情報など難しい問題はあるが、連携やデータの共有について、日本での可能性、課題、実際に動き始めているものがあるか。

(五條) 被災者の方々には違いがよく分からないため解決すべき課題だとは思う。技術的なところで統一あるいは相互に使えるような部分を増やすこと、体制面で兼ねてできるようなことを少しでも増やすことを少しずつやっていかなければならないと思う。非常に難しい面がいろいろあり、例えば地震保険などは、緊急に一斉にやって、必要な額を出し、責任もその範囲にとどまると思うが、そういうものと、個別の建物で、もし安全だと言って人が亡くなったら大変なことになるので、一つ一つきちんと出さなければいけないものとは目的の違いのようなものがあると思う。

(中埜) データについて、何かのメカニズムでうまくコラボレートして共有できるようなことを考えていかないと、広域な災害では、なかなか難しい問題が出てくると思う。海外で、応急危険度判定とは違うけれども似たような時期に行われるようなアクティビティでコラボレートができていて、あるいはできていなくて問題だというポイントがあれば、教えていただけるとありがたい。

(ブランズドン) 経験としては、応急危険度判定は、保険のより詳細な査定や福祉目的での評価とは違うが、ニーズはある。評価結果が共有できればよいが、プライバシーの問題はカンタベリー地震後には非常に大きいものであった。

(鍾) 台湾では、違う目的であっても全ての判定評価はプロのエンジニアが全て行うが、情報共有のチャンネルがないと思う。国に戻って関係省庁に話したり、保険会社などとも話して、何か可能性がないか、判定プロセスにおいてコミュニケーションを持つことはできないか聞いてみたい。

(中埜) どこも共通で、なかなか難しい問題があるようである。熊本地震のように、非常に強い余震が連続することがある。後の方が同等以上の地震が起こったときに、最初の判定で大丈夫としたものが被害を受けた場合に、誰がどうやって責任を持つのか、あるいは、評価・判定をする側はどのような心構えでやればいいのかという、ややもすると少しひるむようなポイントがある。

(平山) 現行の応急危険度判定制度では、判定結果の責任は、判定を実施する実施本部の市町村となり、市町村の判定結果になる。実施本部である行政で判定結果の説明責任を果たしていくことになると思われる。制度上、人的ミスをなくすために、判定士は必ず2名で現場の判定を行う。ただ、判定士の方が講習を受けてかなり時間が経過してから、突然、判定活動に参加するということになるので、判定事例の蓄積の共有が、判断のばらつきや責任問題が生じないようにする一番の備えと思う。また、所有者の方にきちんと伝えないといけないというところで、判定結果のみならず、判定理由のコメント欄が非常に重要だと判定士の皆さんと共有している。

(中埜) 判定のばらつきを少なくするというのも一つの工夫であって、とても大事なポイント。大阪府はトレーニング、実地訓練のようなものもやられているか。

(平山) 除却前の古い木造公営住宅を使って実地訓練を実施している。RC、Sの実地訓練が課題。

(中埜) レスポンシビリティについて、海外では、どのようになっているか。

(鍾) 台湾では、判定評価を行うと、建築物にどれだけの強度が残っているかだけ示す。その建物が次の地震でどうなるかということまでは言及しない。

(ブランズドン) エンジニアに説明責任を持たせるのは難しい。従って地方自治体を持たなければいけない。現場に派遣される際には余震が本震と同じぐらいの震度かもしれないということを念

頭に置いて判定するよう念押しする。リーダーシップグループの中に地震学者を入れて、エンジニア、判定士に対して知識をきちんと提供することも大事。

(ウルタド・ガハルド) 通常は判定する担当者が結果に対して責任を持つことになっている。しかし、責任を問うことはなかなか難しい。応急危険度判定は、特定の階に注目して行う。余震が起ると、三つほどのフロアを見て、一番高い階が赤色の判定を受け、残りの階が黄色の評価で、緑色ほどのフロアにも当てはめるつもりはなかった。

(中埜) 緑色と言って、もし次の地震で被害が出たらどうしようとか、そういうことを考えながらやると、どうしても黄色が多くなる傾向にはあるのだろうと思うが、最近はかなり習熟された判定士の方が多いので、割と緑色を付けられている印象がある。もしもより大きな地震が来るかもしれないということが頭をかすめているようなときには、どのようにして判定していくのか。

(向井) まだほとんど現地の情報がない状態で、被災エリアにどのようにアクセスするかということ、確かに壊れている建屋にどうやって近づくかという2段階があるかと思う。リアルタイムのデータが現地にはない状態で進んでいかなければいけないところはかなり大変さがあるので、そういうところが今後、もう危険だからやめてしまおうということになると調査にならないので、そこをうまくテクノロジーで補えるようなことにならないかと思っている。

(楠) 赤色がたくさん出ている中に点在している緑色は貼っていただけだと思うが、広域で緑色が出るので、一般的には緑色は貼りに来ないケースの方が多いと思う。一番心配なのは黄色。黄色が貼られるものは逃げられているケースが大体多くて、巻き込まれるとなると、判定士の方か、たまたま物を取りに帰られていた住民の方。黄色の範囲が広過ぎるのではないかと思っている。何かセンサーがあって、地表面加速度やその地点の震度が分かるだけでも、だいぶ違うと思う。防犯システムやエレベーターなど、いろいろなセンサーが実はもう建物の中に入っていますので、特段お金をかけなくても、コラボレーションで危険が少しでも減らせるのではないかと期待している。

(中埜) 少なくともオンサイトの震度ぐらいが分かれば、それと次に入るときに見比べながら、黄色と言ったけれども、それがだいぶ危ない方の黄色か、だいぶ緑寄りの黄色かということが分かりつつインスペクションができるような気がする。日本では、神戸の地震のときに初めて全国展開し、少しずつ経験を得てはリバイスをした。広域になってくると、人海戦術では限界があるので、新しいテクノロジーを活用していかなければならない。本当に使えるようなテクノロジーにまで昇華させるということで、よく産業のプロダクトのところでは valley of death (死の谷) というものがあって、そのギャップをどうやって飛び越えるかということが非常に大きなポイントになるが、社会に本当に使えるようなテクノロジーまで高めていって、実際に使えるようにするというところに防災の技術を持っていかなければならない。ソリューションをばつと皆さんに見せられるわけでは必ずしもないが、できるだけギャップがないような社会に本当に使えるようなテクノロジーまで昇華させたものを援用しながら、活用しながら、効率的にやっていくような方法を考えていく時期に来ていると改めて認識している。地震国に住んでいる限り、地震にいかにか備えているか、被災の程度を判断し、復旧につなげていくといったようなことも、レジリエントな社会につなげていくための第一歩である。今後もわれわれも一生懸命テクノロジーの開発をしていきますし、皆さんもユーザー側、あるいは一緒に開発していく側の方もおられるかもしれませんが、ぜひ一緒に協力していただいて、災害から早く立ち直れるような社会にしていくように努力したい。

1. Summary of the symposium

Symposium on “Future of post-disaster assessment for buildings”

Date and time: Wednesday, February 5, 2020 1:30pm – 5:00pm

Venue: Sokairo Hall, 1st Floor of GRIPS

Hosted by: National Graduate Institute for Policy Studies, Building Research Institute

Supported by: National Institute for Land and Infrastructure Management of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, The Japan Building Disaster Prevention Association, Japan Council for Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings, Japan Federation of Architects & Building Engineers Association, Japan Association of Architectural Firms, The Japan Institute of Architects, Japan Structural Consultants Association, Japan Federation of Construction Contractors, Condominium Management Companies Association, Urban Renaissance Agency, Japan Housing Finance Agency, Architectural Institute of Japan, Japan Academic Network of Disaster Reduction, Consortium for Building Research & Development, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

Number of participants: 145 (130 general attendees and 15 instructors and other people involved)

Program:

MC: Masaru SUGAHARA (Professor, GRIPS)

1:30-1:40pm Introductory Remarks: Yasuo OKUDA (Director, Dept. of Structural Engineering, BRI)

1:40-5:00pm Presentation and Panel Discussion

Moderator: Yoshiaki NAKANO (Professor, The University of Tokyo)

1:40-3:50pm **Presentation**

1. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Japan

Wataru GOJO (Senior Technical Counselor, Japan Building Disaster Prevention Association)

“History of Japan’s system and future options for improving it”

Suguru HIRAYAMA (Chief Examiner, Building Disaster Prevention Section, Osaka Prefectural Government)

“Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Osaka”

2. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in various countries

Tatsuya AZUHATA (Chief Research Engineer, IISEE, BRI)

“Technical Support Examples for Post-Earthquake Quick Inspection Methods to Developing Countries from Japan”

Eduardo Orlando HURTADO GAJARDO (Head of Engineering and Construction Department, Public Building Division, National Directorate of Architecture, Ministry of Public Works, Chile)

“Quick Inspection Method of Buildings Damaged by Earthquakes in Chile”

Lap-Loi CHUNG (Deputy Director General, National Center for Research on Earthquake Engineering, and Professor, National Taiwan University, Taiwan)

“Technology and mechanism on post-earthquake emergent evaluation of damaged buildings in Taiwan”

Dave BRUNSDON (Director, Kestrel Group, New Zealand)

“Rapid post-earthquake structural and geotechnical assessments in New Zealand”

3. Trend of R&D relevant to post-earthquake quick inspection of buildings

Tomohisa MUKAI (Senior Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI)

“Overview on damage evaluation for buildings subjected to severe earthquake using some 3D laser scanners”

Koichi KUSUNOKI (Professor, The University of Tokyo)

“Development and implementation of new technologies for the rapid inspection method”

Break 3:50-4:00pm

4:00-5:00pm **Panel Discussion: Future of post-disaster assessment for buildings**

- **Efficient methods for data collection and analysis on damages in case of wide area earthquake -**

5:00pm Closing

Presentation

1. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Japan

Wataru GOJO (Senior Technical Counselor, Japan Building Disaster Prevention Association)

“History of Japan’s system and future options for improving it”

As the history of post-earthquake quick inspection in Japan, Dr. Gojo introduced the development of standards and manuals based on the technologies developed through the Comprehensive Technology Development Project of the Ministry of Construction started in 1981, as well as the establishment of Japan Council for Quick Inspection of Earthquake-damaged Buildings of 1996 following the Great Hanshin Earthquake. As the issues to be addressed, Dr. Gojo mentioned about the method of aggregating the survey results and creating database, improvement of operation systems, association with other similar systems, response to wide-area earthquakes, shortage and aging of inspectors, and application of advanced technologies. Lastly, examples of technological transfer projects were introduced from the cases of the Kocaeli Earthquake in Turkey, Jiji Earthquake in Taiwan, and the Sichuan Earthquake in China.



Suguru HIRAYAMA (Chief Examiner, Building Disaster Prevention Section, Osaka Prefectural Government)

“Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Osaka”

In the post-earthquake quick inspection of buildings conducted after 2018 Osaka Earthquake, a total of 1,000 inspectors assessed 9,361 buildings in 10 days. Mr. Hirayama touched on the basis for the red tags, an accident of collapsed concrete-block walls, responds taken after the earthquake, and assessment procedures for different municipalities. The challenges raised included accurate and quick understanding of damages, communication systems between municipalities and the prefectural government, assessment method for the cases where damaged buildings are scattered, standardization of assessment, and publicity of the systems to local residents. Mr. Hirayama concluded the presentation by emphasizing that it is important to prepare the systems and designate sites for headquarters beforehand, to zone the specified areas for inspection, to secure equipment needed for inspection, to provide training to inspectors and maintain their technical standards, and to compile a list of inspectors who have experience in earthquake response.



2. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in various countries

Tatsuya AZUHATA (Chief Research Engineer, IISEE, BRI)

“Technical Support Examples for Post-Earthquake Quick Inspection Methods to Developing Countries from Japan”

Dr. Azuhata explained about the lectures on post-earthquake quick inspection and damage level assessment that are given in the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE) training. Then examples of technical support were shown. After the earthquake in Turkey in 1999, the government of Japan sent experts to Turkey and advised the Turkish government to carry out inspection to prevent secondary damages and suggested a guideline for post-earthquake quick inspection to be compiled in collaboration with a local university. After the earthquake in Chili in 2010, the Japanese government dispatched a group of experts to Chili and issued the first edition of the inspection sheet for post-earthquake quick inspection. In addition, Dr. Azuhata talked about the KIZUNA project by JICA and the IPRED project by UNESCO. Lastly, he stated that the techniques to efficiently collect data and analyze the damage conditions have been developed in other parts of the world and suggested Japan learn from experience by other countries.



Eduardo Orlando HURTADO GAJARDO (Head of Engineering and Construction Department, Public Building Division, National Directorate of Architecture, Ministry of Public Works, Chile)

“Quick Inspection Method of Buildings Damaged by Earthquakes in Chile”

When the Earthquake 27F hit Chile in 2010, post-earthquake quick inspection sheet has not been developed in the country, and no normalized and reliable methodology had been available. In 2011, Japanese experts visited Chile and suggested the Chilean authorities to work on post-earthquake quick inspection of buildings, seismic evaluation, reinforcement and remodeling of existing buildings, and seismic isolation of structures. A form of quick inspection sheet was developed and has been improved based on a variety of issues raised at the times of the subsequent earthquakes. Mr. Hurtado touched on future strategies using a SWOT analysis, which was aimed to establish a method for quick inspection of buildings as learned from the Japanese method, to maintain teams of trained inspectors, and to develop manuals and other technical instruments.



Lap-Loi CHUNG (Deputy Director General, National Center for Research on Earthquake Engineering, and Professor, National Taiwan University, Taiwan)

“Technology and mechanism on post-earthquake emergent evaluation of damaged buildings in Taiwan”

Dr. Chung stated that inspection method must be simple, fast, economical, effective, discriminative, and objective. In Taiwan, a yellow placard indicates danger. To use a building to which a yellow placard is assigned, dangerous items, such as fallen objects or inclined objects must be removed. A red placard indicates that the building cannot be used until it is recognized as “safe” by more detailed evaluation or it is retrofitted. Dr. Chung explained that red placards are issued based on the inclination of the structure, the disengagement of columns from the foundation, ground failure, damages of adjacent buildings or nearby buildings, or low residual strength ratio of the building (less than 0.5). The method to calculate the residual strength ratio of the building from damage degrees and residual strength ratios of members was introduced.



Dave BRUNSDON (Director, Kestrel Group, New Zealand)

“Rapid post-earthquake structural and geotechnical assessments in New Zealand”

Mr. Brunson talked about the measures taken in the last 10 years: the change of placard color from green to white; targeted damage evaluation (TDE); and the revision of the national guidance; and the legislative change of 2019, which now allows rapid building assessment without declaration of a state of emergency. The speaker also introduced human resource development for different levels, such as the leadership group, professionals, and young engineers. Lastly, Mr. Brunson pointed out some issues (by referring them as “gaps”): lack of operational leaders (although legal systems and guidance are available), lack of protocols for how to use the data (although the number of instrumented buildings is increasing), etc.



3. Trend of R&D relevant to post-earthquake quick inspection of buildings

Tomohisa MUKAI (Senior Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI)

“Overview on damage evaluation for buildings subjected to severe earthquake using some 3D laser scanners”

First, Dr. Mukai explained the mechanism of laser scanners: A laser scanner measures the time of flight of the laser beam coming out of the device, calculates the distance, and identifies the axis of the coordinate of the object. He introduced a study conducted by the Building Research Institute on damaged building assessment using a 3D laser scanner, which included experiment of a system that analyses damage observation data and quickly assess the buildings on whether it can be used, and then share and display the results. Other studies involved a survey on a building with a broken pile in Kumamoto and a survey on damage distribution in Mashiki Town. Lastly, Dr. Mukai stated that when the technology is further advanced, it will help precisely evaluate damages from a huge amount of data and accelerate the existing method of quick inspection.



Koichi KUSUNOKI (Professor, The University of Tokyo)

“Development and implementation of new technologies for the rapid inspection method”

Dr. Kusunoki claims that it is important to clearly identify undamaged and safe buildings because that can reduce the number of evacuees and help some evacuees go back to their houses. Visual observation is time-consuming and has some problems. Visual observation is difficult for high-rise buildings and buildings covered with finishing materials, and new designing methods lead to whole collapse configuration. As an example of technological development to deal with these problems, a technique using a capacity spectrum method with sensor was introduced. Other examples of technical development, including identification of fallen buildings by an expert located away from the affected area using visual data taken by a drone, and collection of data on inclination with GPS observation, were introduced. Dr. Kusunoki concluded his presentation by suggesting that real-time, areal data may help reduce the burden in post-earthquake quick inspection.



Panel Discussion: Future of post-disaster assessment for buildings

- Efficient methods for data collection and analysis on damages in case of wide area earthquake -



(Nakano) Do we have technologies and knowledge to cope with a super-wide-area disaster? That is a concern. In case of a super-wide-area disaster, we may not get into the affected site easily. Then we need nation-wide collaboration. How can we secure support schemes, access to the affected area, and financial support, and so forth? What is the current status for wide-area disasters?

(Gojo) There are nation-wide organizations, prefectural councils and regional councils. We have a framework of mutual cooperation among regions for large-scale disasters. However, the national government has not established specific crisis management rules. Now we are recognizing that there are many issues to be addressed and things to be prepared. We should accelerate the efforts and solutions using all the technologies available.

(Nakano) If the anticipated Nankai Trough Earthquake occurs, large cities, such as Nagoya and Osaka will be key players. I am afraid Osaka Prefecture would not be 100% prepared if the earthquake happens now. What are your assumptions for taking measures?

(Hirayama) We carried out a drill last year in cooperation with the municipalities in Osaka Prefecture with an assumption that four municipalities were damaged very badly. We found that official inspectors within the prefecture will not be enough. If the anticipated Nankai Trough Earthquake becomes a real, several prefectures in the area will be simultaneously hit, and it will be difficult to activate the measures within the Kinki Region. We are discussing to designate a prefecture away from the anticipated area of damage as a communication base for the support from other parts of the country. Also, we have to prepare a system to receive inspectors and secure a site for the inspection headquarters. Elementary, junior-high and high school facilities will be used as evacuation centers and not be available for the inspection headquarters. We are seeking cooperation from universities and colleges to use their facilities.

(Nakano) Are you assuming that inspectors will get in the area on land from other areas?

(Hirayama) We are assuming they will use vehicles, as trains may not be running.

(Nakano) In the event of the Nankai Trough Earthquake, tsunami may hit the area, and then land routes would be the only option. We should prepare different patterns to use for different types of earthquake events. How realistic is it to use new technologies to deal with wide-area damages?

How realistic is it to use new technologies to deal with wide-area damages?

(Kusunoki) Earthquake damage is unique in that the damage can occur in a significantly wide area, and that the damage can occur almost concurrently with the earthquake itself. Therefore, the first critical response would be to decide where to send inspectors. We may not rely on satellites as they are not stationary and would not be positioned in the right place. Drones are limited in their speed and flight distance, and further technical development is needed. As for sensors, although we cannot allocate sensors in every survey site, we can install some far from each other. Collecting actual damage data is important, even if resolution is low. SNS seems to have already been widely used. The SNS system recognizes images in the air and letters written on utility poles, patrol cars and ambulances to automatically identify the locations of damage. It is important to develop systems where we can share and use a great volume of privately-owned data.

(Mukai) In the case of the survey on the Kumamoto Earthquake, the damage was distributed without any obvious pattern or rule on the map. Therefore, we must have a good mechanism to quickly pick up the damaged sites. For example, you may have anti-earthquake reinforcements in many buildings in an area and yet there are some buildings that are very vulnerable. We have to know how to prepare to measure the damage on those buildings. In one case, laser-equipped aircrafts were damaged by tsunami and unusable, and they had to have aircrafts fly from Tokyo. When using a new measuring method, or any unfamiliar method, preparation is very important.

(Nakano) Unfamiliar techniques may not work well in emergency. So, we have to get used to them in ordinary practices as much as possible. In Chile, which is very long from north to south, damage can be distributed in a wide area. What are your thoughts on covering the whole area in case of an earthquake?

(Hurtado Gajardo) America, South America and Central America have to improve cooperation with other countries in the world that have experience of earthquakes. The countries with earthquake experience make investments in budget accordingly. It is important to have same methods available among different countries in order to properly evaluate the damage when an earthquake happens. The countries with earthquake experience should provide support for such preparation.

(Nakano) Chile can lead other Spanish-speaking countries in the area to share common standards and help each other. I wish Japan could do that. Let's view the wide areas from a different perspective. They may be geographically wide, but also if a big city is affected, it should contain many large buildings. In Japan, quick inspection is targeted for buildings up to 10 stories. But we can easily imagine that it cannot be the case if an earthquake hits a large city. How much advancement have we made regarding the technologies to assess the level of damage for large buildings?

(Mukai) Currently we are working with low- to middle-rise buildings—specifically, 10-story buildings are our current goal. Some sets of data have been collected using the laser scanner technology for Tokyo Tower and other tower buildings, but resolution is low. As for drones, regulations prevent us from flying a drone to take data in advance, or even to carry out a drill.

(Nakano) The issue of privacy and regulations are also making the use of drones difficult. Do you have limits for the size or height in Taiwan and New Zealand?

(Brunsdon) There are no height limits, but structural assessment must be done with proper skills. We need some additional training.

(Chung) The method we developed focused on the low-rise and mid- to high-rise buildings. We do not have much experience with high-rise buildings because they are relatively new and therefore have decent seismic design, and they are built in urban areas, which are far from the fault. However, we can apply the current methods to high-rise buildings. If the professional engineers have difficulty to determine the residual

engineers, for example—to determine the residual strength of buildings.

(Nakano) Buildings made with steel reinforcement are often covered with finishes. They may look robust from outside, but some bolts may be lost inside. It is hard to tell. It is one of the difficult issues we face in quick inspection or damage assessment.

How do we see the collaboration and data sharing among quick inspection, damage certification of houses, and survey for earthquake insurance? We do have to deal with the issue of personal information protection. Nonetheless, is information sharing practical in Japan? What are the challenges and are there any movement already in place?

(Gojo) This is an issue that needs to be solved because people affected by earthquake often do not see why they have to have their house inspected repeatedly for different purposes. We need to integrate and coordinate different inspection needs, so that a greater part of technical information can be shared. Still, it is very difficult. For example, for certification for insurance, inspection should be done quickly and at once to make calculation for payments. On the other hand, some other inspections must be done more carefully because the conclusion may affect the life of the resident. Each inspection has different purposes.

(Nakano) We have to come up with a good mechanism for collaboration to share data. It may become even more difficult in a case of a wide-area disaster. I would like to hear any cases in other countries where collaboration is made for quick inspection or any other activities done in similar events. If collaboration is still an issue, what made it difficult?

(Brunsdon) From my experience, although post-earthquake quick inspection is different from inspection for insurance or welfare purposes, which are more detailed, there is a clear need for sharing of assessment results. However, the privacy issue was very serious in the process after the Canterbury earthquakes.

(Chung) In Taiwan, all assessment and evaluations are carried out by professional engineers regardless of the purposes. However, there is no channel to share information. I would like to talk with authorities, insurance companies, and other related organizations after returning to the country and discuss the possibilities of developing a communication channel for evaluation processes.

(Nakano) It seems that some difficult issues are there and common among countries.

As we saw in the case of Kumamoto, we may experience a series of aftershocks. If a building is evaluated as “safe” in the first quick assessment and gets damage from an aftershock with an equal or greater intensity, who will take the responsibility and how? How should inspectors and assessors be prepared? These are rather discouraging issues.

(Hirayama) Under the current system of quick assessment, the municipality of the assessment headquarters is responsible for the results. The results are of the municipality. The headquarters, i.e., the government, will be responsible for the accountability of the results. The system requires inspectors to work in pair to avoid human errors. Some inspectors, however, may have not done inspection for a long time after receiving training. Therefore, accumulation of assessment cases and sharing the information among inspectors are most important to avoid variability among results and to avoid issues of responsibility. For efficient communication with the owners of the buildings and houses, we tell the inspectors that reasons for the assessment results must be well documented in the report.

(Nakano) Reducing the variability in assessment results is an effective strategy and an important issue. Is practical training provided in Osaka?

(Hirayama) Yes. We save old, wooden, public housing to be demolished and use them for practical training. We need Reinforced Concrete and Steel buildings for training.

We need Reinforced Concrete and Steel buildings for training.

(Nakano) Do you have issues of responsibilities in your countries?

(Chung) In Taiwan, only the information on how much strength is left in the building is provided after the assessment. We do not mention the prospected safety of the building in the next earthquake.

(Brunsdon) It is very difficult to leave accountability with engineers. The responsibility really does need to sit with the local authority. We remind the inspectors going to rapid assessment that aftershocks could well be of equal magnitude and intensity as the main shock. It is also important to include a seismologist in the leadership group to provide correct information to the inspectors.

(Hurtado Gajardo) In Chile, the person who evaluates the building usually has the responsibility to the results. However, it is difficult to take responsibility. Quick inspection focuses on a specific floor. When aftershock occurred, inspectors assessed three or so floors. The highest floor was rated red and other floors were rated yellow. We did not intend to give green to any of the floors.

(Nakano) The buildings may be rated green and get damage in the next earthquake. If inspectors have to worry about such situations, they may tend to assign more yellow tags. Nevertheless, we have more experienced inspectors recently, so I have an impression that more green tags are given. So, how would you do the inspection when an idea of possible larger earthquake goes through your mind?

(Mukai) There may be two steps of questions: how to access to the affected area when almost no information is available, and how to get to the obviously damaged building. The difficulty lies when inspectors have to work without real-time data on site. But we cannot give up the inspection only because it is too dangerous. I hope technologies can fill the gap.

(Kusunoki) If safe buildings are scattered in an area dominated by red-rated buildings, inspectors would place green tags for safe buildings. But usually, many safe buildings are located in a wide area and inspectors would not come to place green tags in most cases. The most worrisome is yellow tags. Often, people have already evacuated from yellow-tagged buildings. So, if someone is caught in an aftershock, it is usually an inspector or the resident who came back home to retrieve something. The criteria for yellow may be too wide. It would make a big difference if we can measure ground-level acceleration and the seismic intensity of the particular area with some kind of a sensor. Different kinds of sensors are now used in buildings for security systems and elevators, which have lowered the costs. I expect proper collaboration can reduce risks.

(Nakano) The area may have received yellow tags, but we want to know which side of yellow it is: close to a dangerous level, or close to green? If we can have the intensity, on-site intensity at least, we can compare the data when getting into the site next time and do inspection with a better idea.

We deployed national-level quick inspection first time in Japan at the time of Kobe earthquake. Since then, we have been revising the method little by little with experience. When it comes to a wide area of inspection, manpower is limited, and we have to use new technologies. When developing technologies to a practically useful level, especially in product development, we may face the issue of “valley of death.” It is very important to find a way to get across the valley, or a gap. We have to improve disaster response technology so that it is really useful. We cannot necessarily show the solution right in front of you, but we recognize that we have reached the point where we must do inspection efficiently, using technologies that have been improved: technologies that erase the gap, or technologies that are really useful to society.

As long as we live in a country stricken by earthquakes, we need to prepare for the earthquakes, make accurate post-earthquake assessment of the damage, and work for reconstruction. That is a first step for a resilience society. We will keep working on development of technologies. We ask the attendees today, either users or developers of the technologies, to work in collaboration to build a society where quick recovery can be achieved in an event of disaster.

2. 当日配布資料

※五條氏の発表資料は、当日使用版に差し替え
※差し替えに対応してページ番号更新

政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム

「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」

配布資料
(和文版)

2020年2月5日

政策研究大学院大学 想海樓ホール



主催：国立大学法人政策研究大学院大学、国立研究開発法人建築研究所

後援：国土交通省国土技術政策総合研究所、一般財団法人日本建築防災協会、全国被災建築物応急危険度判定協議会、公益社団法人日本建築士会連合会、一般社団法人日本建築士事務所協会連合会、公益社団法人日本建築家協会、一般社団法人日本建築構造技術者協会、一般社団法人日本建設業連合会、一般社団法人マンション管理業協会、独立行政法人都市再生機構、独立行政法人住宅金融支援機構、一般社団法人日本建築学会、防災学術連携体、建築研究開発コンソーシアム、国連教育科学文化機関（UNESCO）

目次

プログラム	1
モデレーター・講演者プロフィール	2
五條 渉 (日本建築防災協会 技術総括参与) 「応急危険度判定に関するこれまでの取組みと今後の課題」	3
平山 英 (大阪府 住宅まちづくり部 建築防災課 総括主査) 「応急危険度判定の適用事例と課題等」	9
小豆畑達哉 (建築研究所 国際地震工学センター 上席研究員) 「開発途上国における日本の応急危険度判定の技術支援事例」	26
エドゥアルド・オルランド・ウルタド・ガハルド (チリ 公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長) 「チリにおける被災建築物の応急危険度判定」	29
鍾 立來 (台湾 国家地震工学研究センター 副センター長、国立台湾大学 教授) 「台湾における応急危険度判定の技術とメカニズム」	33
デイヴ・ブランズドン (ニュージーランド ケストレル・グループ ディレクター) 「ニュージーランドにおける地震後の構造、地盤の応急危険度判定」	37
向井智久 (建築研究所 構造研究グループ 主任研究員) 「3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状」	41
楠 浩一 (東京大学 教授) 「応急危険度判定の効率化に向けた技術開発、実用化に向けた取組みと課題等」	44



政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム
「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」



趣 旨：地震発生後、余震などによる倒壊の危険性や外壁・窓ガラスの落下、付属設備の転倒などの危険性を判定することにより、人命にかかわる二次的災害を防止するために被災建築物の応急危険度判定が行われます。本シンポジウムでは、これまでの被災時における国内外の取組みや技術の動向等について情報交換し、今後取り組むべき課題について考えます。

日 時：2020年2月5日（水）13:30～17:00（受付は13:00から）

会 場：政策研究大学院大学1階想海樓ホール（定員300名）

言 語：日本語／英語（同時通訳）

主 催：国立大学法人政策研究大学院大学、国立研究開発法人建築研究所

後 援：国土交通省国土技術政策総合研究所、一般財団法人日本建築防災協会、全国被災建築物応急危険度判定協議会、公益社団法人日本建築士会連合会、一般社団法人日本建築士事務所協会連合会、公益社団法人日本建築家協会、一般社団法人日本建築構造技術者協会、一般社団法人日本建設業連合会、一般社団法人マンション管理業協会、独立行政法人都市再生機構、独立行政法人住宅金融支援機構、一般社団法人日本建築学会、防災学術連携体、建築研究開発コンソーシアム、国連教育科学文化機関（UNESCO）

プログラム

進行役：菅原 賢（政策研究大学院大学 教授）

13:30-13:40 主旨説明：奥田泰雄（建築研究所 構造研究グループ長）

13:40-17:00 講演及びパネルディスカッション モデレーター：中埜良昭（東京大学 教授）

13:40-15:50 講演

(1) 日本における応急危険度判定の適用事例と課題

五條 渉（日本建築防災協会 技術総括参与）

「応急危険度判定に関するこれまでの取組みと今後の課題」

平山 英（大阪府 住宅まちづくり部 建築防災課 総括主査）

「応急危険度判定の適用事例と課題等」

(2) 外国における応急危険度判定の適用事例と課題

小豆畑達哉（建築研究所 国際地震工学センター 上席研究員）

「開発途上国における日本の応急危険度判定の技術支援事例」

エドゥアルド・オルランド・ウルタド・ガハルド（チリ 公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長）

「チリにおける被災建築物の応急危険度判定」

鍾 立來（台湾 国家地震工学研究センター 副センター長、国立台湾大学 教授）

「台湾における応急危険度判定の技術とメカニズム」

デイヴ・ブランズドン（ニュージーランド ケストレル・グループ ディレクター）

「ニュージーランドにおける地震後の構造、地盤の応急危険度判定」

(3) 応急危険度判定に関する技術開発の最新動向

向井智久（建築研究所 構造研究グループ 主任研究員）

「3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状」

楠 浩一（東京大学 教授）

「応急危険度判定の効率化に向けた技術開発、実用化に向けた取組みと課題等」

15:50-16:00 休憩

16:00-17:00 パネルディスカッション：今後の応急危険度判定の取組み

一広域的な地震被害があった場合の効率的なデータ収集や被害状況の分析手法について

17:00 閉会

政策研究大学院大学 案内図
東京都港区六本木7-22-1

入場無料（事前登録制）

以下のフォーム又はQRコードから、できるだけ2020年2月3日（月）までにお申込み下さい。

申込：<https://forms.gle/STUfDkkUKNQ62szD6>

定員になり次第申込を締切らせていただきますのでご了承下さい。

連絡先：政策研究大学院大学（E-mail: grips.dms@gmail.com）

※JSCA 建築構造士更新評価点対象



モデレーター・講演者プロフィール



中埜良昭 (東京大学 教授)

専門はコンクリート系構造物の耐震性能評価、耐震補強工法の開発と評価、地震被災建築物の残存耐震性能評価とその復旧技術の開発、建築物の対津波性能評価。2011年東日本大震災、2011年ニュージーランド・クライストチャーチ地震、2008年中国四川地震など多数の国内外の被害地震において被害調査と復旧支援を行う。現在、国際地震工学会副会長、日本地震工学会会長。



五條 渉 (日本建築防災協会 技術総括参与)

1980年に建設省に入省し、建築行政などを担当。1996年より2017年まで建築研究所・国土技術政策総合研究所において建築構造基準のあり方などを研究し、建築災害対策研究官、構造研究グループ長などを歴任。2017年より日本建築防災協会勤務。博士(工学)。



平山 英 (大阪府 住宅まちづくり部 建築防災課 総括主査)

平成6年大阪府入庁。主に建築基準法関係業務を担当(建築基準適合判定資格者)。大阪府北部を震源とする地震における被災建築物応急危険度判定活動の支援本部を担当。



小豆畑達哉 (建築研究所 国際地震工学センター 上席研究員)

平成5年千葉大学博士課程修了。平成5年建設省入省。住宅局、国土技術政策総合研究所等を経て、平成26年より建築研究所国際地震工学センターにおいて国際地震工学研修を担当。



エドゥアルド・オルランド・ウルタド・ガハルド (チリ 公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長)

1998年チリ・カトリック大学の土木技師、チリ大学で、公共施設のエネルギー効率と太陽熱エネルギーの学位を取得。民間部門で、建築物、舗装の設計と整備及びコンクリート産業に従事後、チリ中央大学で、構造、施工管理及び高速道路設計のコースのアカデミック・コーディネーター及び教授、2008年より財政構造検査官、2012年より公共事業省国立建築局エンジニアリング建設課長。



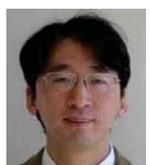
鍾 立來 (台湾 国家地震工学研究センター 副センター長、国立台湾大学 教授)

鍾立來は、国立台湾大学で土木工学の学士、ニューヨーク州立大学バッファロー校で修士と博士を取得。1992年に、国家地震工学研究センターに入所し、地震災害の軽減に従事。研究対象は、耐震設計、耐震評価、耐震改修及び振動制御。



デイヴ・ブランズドン (ニュージーランド ケストレル・グループ ディレクター)

1984年カンタベリー大学工学修士。ニュージーランド技術者協会名誉フェロー。ニュージーランド地震工学会及びニュージーランド構造技術士協会の終身会員。様々な政府機関及び地方公共団体の主席技術顧問。



向井智久 (建築研究所 構造研究グループ 主任研究員)

1999年東京理科大において修士(工学)、2003年同大学院で博士(工学)を取得。現在、国立研究開発法人建築研究所構造研究グループ主任研究員であり、主として鉄筋コンクリート造の構造安全基準の改正等や建築物の性能に基づく耐震設計手法の構築、近年、特に損傷評価手法の検討に注力している。



楠 浩一 (東京大学 教授)

平成9年：東京大学大学院工学系研究科建築学専攻博士課程修了、同年東京大学生産技術研究所 第一部助手、平成12年 建設省建築研究所 第四部研究員、平成13年 独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ主任研究員、平成18年 横浜国立大学大学院 工学研究院 准教授、平成26年 東京大学地震研究所准教授を経て、平成30年より同 教授。博士(工学)。

五條 渉(日本建築防災協会 技術総括参与)
「応急危険度判定に関するこれまでの取組みと今後の課題」

政策研究大学院大学・建築研究所共催シンポジウム
「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」

(1)日本における応急危険度判定
の適用事例と課題

応急危険度判定に関する
これまでの取組みと今後の課題

2020.2.5

日本建築防災協会 五條 渉

1

1. 応急危険度判定の歴史・役割

1-1 応急危険度判定の歴史

▶1995年の兵庫県南部地震では、全国からの協力を得て、**応急危険度判定が実施**された。その後、応急危険度判定士の育成等、**体制作りが全国的に実施**された。

▶その後の地震被害（1995年新潟の地震、1997年鹿児島北薩地震）においても応急危険度判定が実施された。

▶これらの地震において応急危険度判定の重要性が確認され、1998年、「被災度判定基準・復旧技術指針」の応急危険度判定部分が「**被災建築物応急危険度判定マニュアル**」としてまとめなおされた。

▶米国では、1985年のメキシコ地震の後、Applied Technology Council (ATC)において「Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings (ATC20)」がまとめられた。この手法は1989年ロマ・プリエータ地震、1994年ノースリッジ地震などで利用されている。

4

1. 応急危険度判定の歴史・役割

- 1-1. 応急危険度判定の歴史
- 1-2. 応急危険度判定の役割

2. 日本の応急危険度判定

- 2-1. 判定法
- 2-2. 実施体制

3. 最近の適用事例と今後の課題

- 3-1. 適用事例
- 3-2. 今後の課題

▶海外への技術移転について

※ 1及び2の主な参考資料：
2002年度 建設技術移転指針策定調査(応急危険度判定)報告書
(2003年3月 国土交通省、(社)国際建設技術協会)

2

1. 応急危険度判定の歴史・役割

1-2 応急危険度判定の役割

▶**地震被害を受けた建築物に必要な対策**の流れを次の図に示す。
以下の2つの対策がある：

◆本震による被災建築物が、その後の余震により被害が進行し人命が危険にさらされないようにする**応急的な対策（応急危険度判定、応急復旧）**

◆建築物の継続使用を目的とした対策（**被災度区分判定、恒久復旧**）

▶余震に対する**応急危険度判定**、恒久使用に対する**被災度区分判定**、さらには**既存建築物の耐震診断**は、ほぼ同様な技術の上に成り立っており、時として混同される可能性がある。

▶その他の混同されやすい、あるいは類似目的の調査として、公的補助を受けるための**住家被害認定（罹災証明）**や、地震保険の支払を受けるための**被害認定**がある。

5

1. 応急危険度判定の歴史・役割

1-1 応急危険度判定の歴史

▶建設省総合技術開発プロジェクト「**震災構造物の復旧技術の開発**」において、**建築物の応急危険度判定法**および**恒久被災度判定法**が**1985年に開発**された。

▶これらは日本から派遣されたJICA 専門家チームにより**1985年**メキシコ地震被害に適用された。

▶その後、日本建築防災協会に検討委員会（委員長梅村魁東大名誉教授）を設け、使い易い「普及版」として「**震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針**」にまとめなおされ、その中的一部分として「**応急危険度判定**」の**基準**が示された。

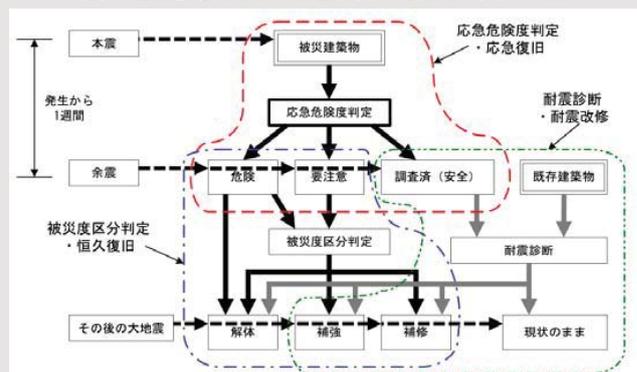
▶応急危険度判定の体制は**静岡県、神奈川県**で講習を実施し、**判定士の登録**が始まったが、全国的に普及するにはいたらなかった。

3

1. 応急危険度判定の歴史・役割

1-2 応急危険度判定の役割

図 地震被害を受けた建築物に必要な対策の流れ



6

五條 渉(日本建築防災協会 技術総括参与) 「応急危険度判定に関するこれまでの取組みと今後の課題」

1. 応急危険度判定の歴史・役割 1-2 応急危険度判定の役割

- ▶目的は、大地震により被災した建築物を調査し、その後に発生する余震などによる倒壊の危険性や外壁・窓ガラスの落下、付属設備の転倒などの危険性を判定することにより、人命にかかわる二次的災害を防止することである。
- ▶応急危険度判定は、地震直後(概ね1週間以内)に実施することになる。また、建築物が本来持っていた耐震性能が本震によりどの程度低下したかを推定し、本震より小さい余震に対しての危険性を判定することになる。
- ▶そのため本震より大きな別の地震が被災建築物に作用した時の安全性の判定を行っているものではない。これは応急危険度判定の限界とも言える。

7

2. 日本の応急危険度判定 2-1 判定法(調査方法)

▶隣接建築物・周辺地盤の危険度の判定：

判定対象の建築物自体の被害程度が軽度であっても、隣接建築物やがけ、周辺地盤などが危険な状態であれば、その建築物も安全であるとはいえない。

そのため、調査対象建築物の存する敷地の危険性として、隣接する建築物が傾いていて、その敷地に倒れこむ危険性や、隣接の斜面やがけ等が崩壊して影響を及ぼす危険性について調査する。

10

2. 日本の応急危険度判定 2-1 判定法

- ▶判定は、訓練された技術者(判定士)により行われ、結果は、「危険(赤)」・「要注意(黄)」・「調査済(緑)」の3ランクの危険度の総合判定により示される。
- ▶結果は、建築物の見やすい場所に表示し、居住者はもとより、付近を通行する歩行者などに対しても情報提供される。
- ▶応急危険度判定のための調査は、構造種別(木造、鉄骨造、鉄筋及び鉄骨鉄筋コンクリート造)ごとの判定調査表に基づいて行われる。調査にあたっては、外観調査が基本だが、必要に応じて使用者等の承諾を得て、内観調査を行う。

8

2. 日本の応急危険度判定 2-1 判定法(調査方法)

▶構造躯体の危険度の判定：

構造躯体の危険度の調査は、その後の余震に対して、その建築物が耐えうるか否かについて、構造種別ごとの主要なポイントについて調査する。

◆鉄骨造建築物では、不同沈下や傾斜はもとより、部材の座屈や筋交いの破断、柱梁接合部の破壊、柱脚の破損などの被害とともに、鉄骨の腐食の有無について調査する。

11

2. 日本の応急危険度判定 2-1 判定法(調査方法)

- ▶判定の具体的な手順は、以下のとおりである。
- ▶一見して危険かどうかの判定：
調査にあたっては、判定士の安全確保が第一であり、明らかに危険と考えられる建築物については、無理に接近してまで調査は行わない。このような場合には、「一見して危険」として、その他の調査を省略して「危険(赤)」と判定する。

9

2. 日本の応急危険度判定 2-1 判定法(調査方法)

◆鉄筋及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物では、阪神・淡路大震災で見られたように中間階が崩壊する様な、ある階に被害が集中することが多いことなどから、構造部材の調査は、損傷度Ⅲ以上の柱の有無と、被害が最も多く見られる階の柱のうち、損傷度Ⅳ及びⅤの柱の占める割合を調査する。
(損傷度:部材または部位の破壊の程度をいい、破壊程度の小さい順にレベルⅠからⅤの5段階にわかれる。)

12

2. 日本の応急危険度判定
2-1 判定法(調査方法)

▶落下・転倒危険物の危険度の判定：

落下・転倒危険物の危険度の調査は、**屋根瓦、窓ガラス、外装材、屋外階段などの部材の落下や、看板、エアコンの屋外機、ブロック塀、自動販売機などの付帯設備の落下や転倒が、建築物使用者や歩行者などに及ぼす危険性を考えて行う。**

13

2. 日本の応急危険度判定
2-1 判定法

▶適用範囲(鉄筋コンクリート造)は、以下のとおり：

- 1) 地震被害を受けた鉄筋コンクリート造の**ラーメン構造または壁式構造**の建築物等
- 2) 規模は、**10階程度、または高さ30m程度まで**
- 3) **高層建築物は、慎重な判定を要する。**
 - ◆再度被害を受けた場合の社会的影響度が大きい
 - ◆柱が高軸力となっている可能性がある
 - ◆転倒モーメントによる柱軸力の増大

16

2. 日本の応急危険度判定
2-1 判定法(調査方法)

▶総合判定：

最終的な応急危険度の判定は、「一見して危険」で「危険」(赤)と判定した場合以外は、**それぞれの危険度の判定のうち、より危険度の大きいほうを「総合判定」とし、調査対象建築物の危険度として、「判定ステッカー」を貼る。**
また、応急危険度判定の目的は、被災した建築物の危険性を情報提供することにより、二次的災害を未然に防ぐことなので、判定ステッカーの「注記欄」には、**何が「危険(要注意)」なのか、それを read した人が正しく判断できるように、具体的に、わかりやすく書き込む。**

14

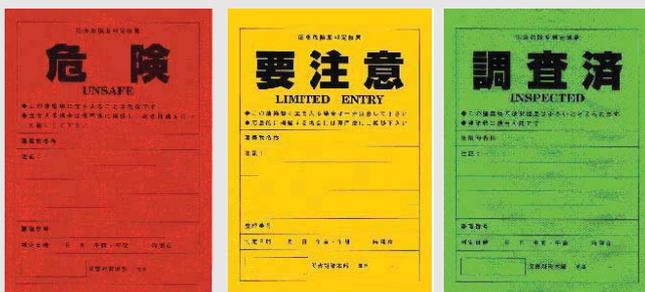
2. 日本の応急危険度判定
2-2 実施体制

- ▶応急危険度判定は地震直後から判定士の召集を開始し、震災後**1週間**程度までの**短期間に実施**する必要あり。
判定は**2人1組(1人が調査・もう1人は記録)**で実施。一般に、鉄筋コンクリート造の**中層ビルでは30～60分程度**の時間を要する。
▶**1995年の阪神・淡路大震災**のときは、急遽全国各地から集まった建築士等に対して、短時間の講習を行った後判定活動に従事してもらい、延べ人数約**6,400人**で約**46,600棟**の建築物について判定した。

17

2. 日本の応急危険度判定
2-1 判定法

◆判定ステッカー



15

2. 日本の応急危険度判定
2-2 実施体制

- ▶日本では次のように体制等の整備を行っている：
- 1) 応急危険度判定基準を**1991年**に開発(**1998年**に改訂)
 - 2) **静岡県・神奈川県**でそれぞれ**1991年・1992年**から講習を実施し判定士を登録
 - 3) **1996年**に**全国被災建築物応急危険度判定協議会**を設置(国、都道府県、建築関連団体等で構成)。**各都道府県**に協議会を設置し、**全都道府県**で判定士を養成・登録。1998年に登録の相互認証制度を整備
 - ※現在は、全国被災建築物応急危険度判定協議会が関連する業務を実施している(事務局：日本建築防災協会)
 - ※現在**全国**で約**11万人**の判定士を登録
 - 4) **1997年**に「被災建築物応急危険度判定要綱」、**1998年**に「被災建築物応急危険度判定業務マニュアル」を策定。その後も内容を充実

18

2. 日本の応急危険度判定
2-2 実施体制

- 5) 判定マニュアルの全国標準化。ビデオ作成(2000年)
- 6) 民間判定士の判定の傷害補償・施設賠償について損害保険会社と契約。1998年に補償制度運営要綱を整備。保険料は各公共団体が負担
- 7) 1999年に民間判定士の経費負担の基本的な考え方のガイドラインを策定(原則として被災した公共団体が負担)。2004年に活動経費等の一部の国による補助を制度化
- 8) パンフレット(英語版を含む)作成、広報紙の発行、ホームページの公開
- 9) 全国連絡訓練・各地の判定訓練等を適時実施

19

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

- 2018年に将来に向けた課題のアンケート調査を実施
- 運用面での課題例：
 - ◆調査結果の集計方法・データベース化の改善
 - ◆各自治体の実施本部などの体制整備
 - ◆被災度区分判定、住家被害認定(罹災証明)などとの連携・関係整理
 - ◆南海トラフ巨大地震等の広域的震災における応急危険度判定体制の検討
 - ◆判定士の不足・高齢化対策
 - ◆判定活動への経済的支援の拡充
 - ◆情報発信の改善

22

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-1 適用事例

➢判定棟数が1,000を超えた適用事例は以下のとおり。

年月	地震名	判定人数	判定棟数
1995.1	兵庫県南部地震	6,468	46,610
1997.3/5	鹿児島県薩摩地方を震源とする地震	220	2,048
2000.10	鳥取県西部地震	332	4,080
2001.3	芸予地震	636	1,763
2003.7	宮城県北部を震源とする地震	743	7,245
2004.10	新潟県中越地震	3,821	36,143
2005.3	福岡県西方沖地震	444	3,148

20

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

- 技術的な課題例：
 - ◆高層建築物、特殊な構造などへの対応
 - ◆ブロック塀の判定基準整備
 - ◆危険度の原因の区別明確化(建物か落下物か等)
 - ◆基準全体の改正検討
- 共通の課題例
 - ◆判定資機材の改善・充実
 - ◆調査の電子化・効率化の推進
 - ◆本震と同等以上の強い余震への対応

23

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-1 適用事例

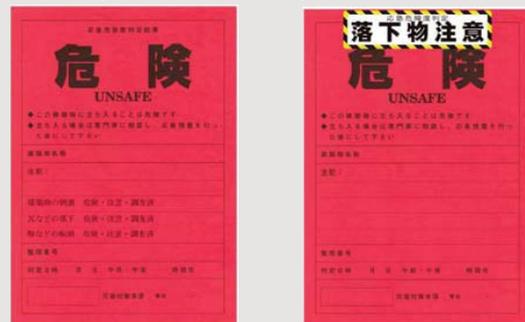
年月	地震名	判定人数	判定棟数
2007.3	石川県能登半島地震	391	7,600
2007.7	新潟県中越沖地震	2,758	34,048
2008.6	岩手・宮城内陸地震	624	4,139
2011.3	東北地方太平洋沖地震	8,541	95,381
2011.3	長野県北部を震源とする地震	229	2,318
2016.4	平成28年熊本地震	6,819	57,570
2016.10	鳥取県中部を震源とする地震	450	7,311
2018.4	島根県西部を震源とする地震	198	6,627
2018.6	大阪府北部を震源とする地震	1,091	9,457

※ 2018年の大阪府北部を震源とする地震については、次のプレゼンテーション参照

21

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

➢「危険度の原因の区別明確化(建物か落下物か等)」への対応：判定ステッカーの見直し



注記欄の見直し

シールの貼付

6

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

▶技術的検討例1：建物健全性モニタリングによる応急

危険度判定の効率化手法の検討（日本建築防災協会が学識経験者、国土技術政策総合研究所、建築研究所等の参加をえて実施）

- ◆ 建物健全性モニタリング等の**新技術の活用**により、現行の応急危険度判定の適用範囲外である**10階以上の高層建築物などを対象**とし、かつ、**迅速かつ高精度の被災建築物応急危険度判定の実施を可能とするための技術的課題及び運用上の課題の整理等**を実施
- ◆ それらを踏まえて、有識者からの意見を参考としつつ、建物健全性モニタリングによる応急危険度判定の効率化手法を検討

24

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

◆参考：新システム（テンプレート）のイメージ



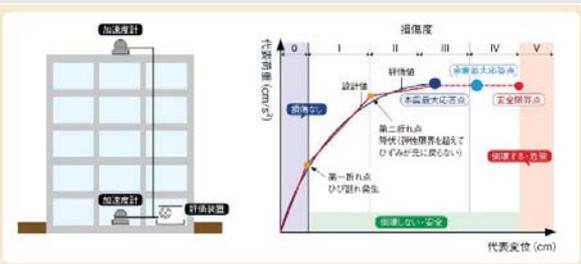
◆出展：建築研究所ニュース

27

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

◆参考：概念図

建物の数カ所に安価な**加速度計**を設置し、**評価装置**（安価なコンピュータ）とケーブルでつなぐ。地震を感じると、評価装置が**自動で加速度から建物にかかる力（荷重）と建物の変形（変位）の大きさを求め**、その値を縦軸と横軸に取った性能曲線を描く。**最大応答点の位置から建物の損傷度がわかる**。さらに本震最大応答点から**余震での最大応答点を推定**し、それが安全限界より手前であれば建物は余震に対して安全、越えていれば危険と判定する。



◆出展：東京大学地震研究所ニュースレター

25

▶ 海外への技術移転

◆ これまでの主な実績

- ◆ 1999年9月～ トルコ・コジャエリ地震の後、現地政府の要請を受け、建築物危険度診断（応急危険度判定）専門家が派遣され、危険度診断実施に関する技術支援を実施。現地に適用可能なマニュアルを開発
- ◆ 1999年10月 台湾・集集地震において、建築危険度判定（応急危険度判定）専門家が派遣され、危険度診断実施に関する技術支援を実施
- ◆ 2008年7月～ 中国・四川大地震に係る復旧・復興支援策パッケージの一環として、建築物の応急危険度判定に関する技術支援を実施

3. 最近の適用事例と今後の課題
3-2 今後の課題

▶技術的検討例2：携帯型端末を活用した「応急危険度判定支援ツール」の開発（建築研究所が中心となり実施）

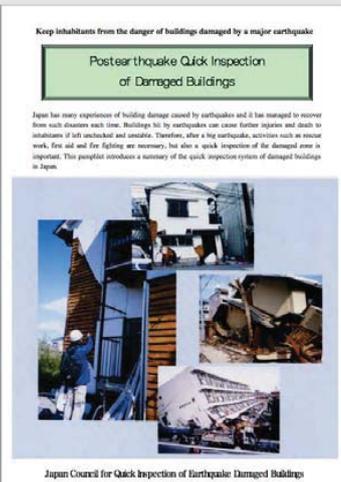
- ◆ 建築研究所において、阪神淡路大震災以降に開発に着手
- ◆ 2013年にiOSが稼働するスマートフォンやタブレットで利用可能な「**応急危険度判定支援ツール（訓練版）**」をApple社の“App Store”において公開（無償配布）
- ◆ 訓練における試用などを通じて、実用化に向けた課題の抽出と対応の検討を実施
- ◆ 2020年に、**AndroidとWindowsに対応し、クラウドGISサービスを活用すること等により入力から集計までの実用性を改善した新システム（訓練版）**を公開（無償配布）

26

▶ 海外への技術移転

◆ 英語版パンフレット

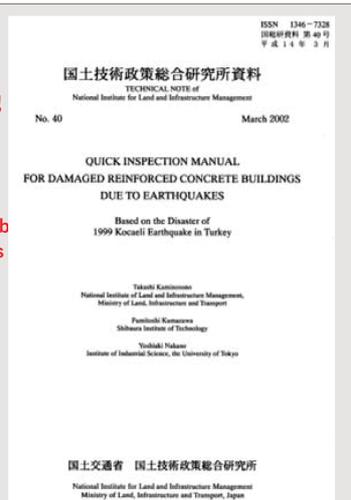
(http://www.kenchiku-bosai.or.jp/files/2013/11/oc_eng.pdf)



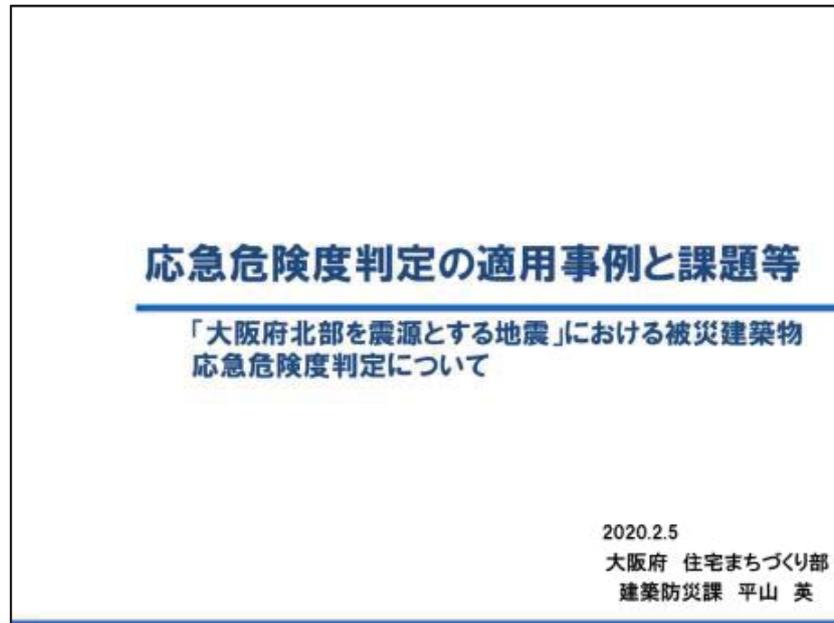
➤ 海外への技術移転

◆ トルコ・コジャエリ地震の際に開発されたマニュアル（国総研資料 No.40）

(<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0040pdf/ks0040.pdf>)



平山 英(大阪府 住宅まちづくり部 建築防災課 総括主査)
「応急危険度判定の適用事例と課題等」



○大阪府の平山と申します。

○私からは、2018年6月に、大阪府北部地震で実施した応急危険度判定の適用事例と課題について説明させていただきます。

大阪府の概要と大阪府北部を震源とする地震(以下大阪府北部地震という)の概要

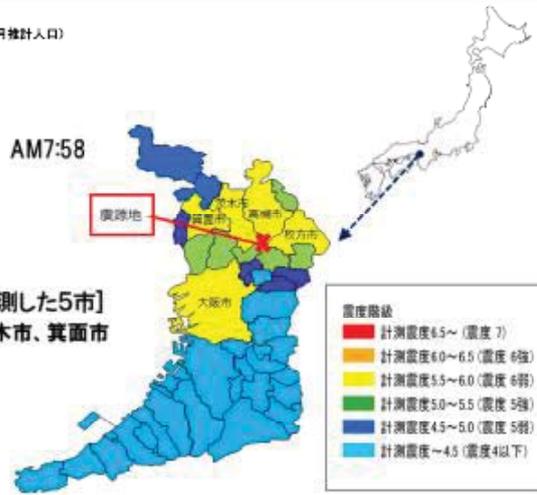
大阪府の概要(2019.12.1大阪府毎月推計人口)

- ・人口 8,825,588人
- ・世帯数 4,091,315世帯

地震発生日時 2018.6.18 AM7:58

地震規模 最大震度 6弱

[大阪府内で震度6弱を観測した5市]
大阪市、高槻市、枚方市、茨木市、箕面市



○大阪府の概要ですが、昨年末現在の人口は、約882万人、世帯数は約409万世帯です。

○今回の地震は、大阪府の北部地域で発生し、最大震度6弱を、大阪市と大阪府の北部にある4市の計5市で観測しました。

○地震の発生時刻が、7時58分であり、勤務時間の開始前であったため、大阪府と市町村との連絡がなかなかとれず、また、電車等の交通機関が停止したため、職員の出勤に時間がかかり、建築物の被害状況の把握に時間を要しました。

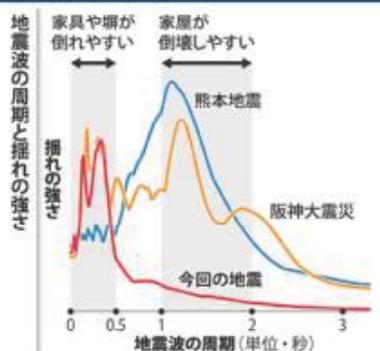
大阪府北部地震の被害

人的被害及び住家被害の状況（2018年11月2日12時00分時点）

人的被害（人）		
死者 （ ）は関連死	重傷者	軽傷者
6（1）	22	347

住家被害（棟）		
全壊	半壊	一部損壊
18	512	55,081

出典：大阪府ホームページ「大阪府北部を震源とする地震に関する被害状況等について」



（横有記・筑波大学教授が、観測データから今回の地震波を分析した結果を、毎日新聞が掲載）

今回の地震は、極短周期の揺れが強かったため、建物構造まで被害を及ぼす全壊や半壊の被害は少なく、住家被害の多くは一部損壊。また、ブロック塀の倒壊や割れ、傾き等の被害が生じた。

2

○地震の特性としましては、右側のグラフのとおり、地震波の周期が0.5秒以下の極短周期の揺れが強かったため、建物構造まで被害を及ぼす全壊や半壊の被害は少なく、住家被害の多くは一部損壊でした。また、ブロック塀の倒壊等の被害が生じました。

応急危険度判定結果

・判定実施期間:6月19日～28日(10日間)

・判定士延べ人数:1,029名

	判定件数	調査済(緑)	要注意(黄)	危険(赤)
大阪市北区(震度6弱)	5,010	5,367 96.8%	236 4.2%	13 0.2%
茨木市(震度6弱)	1,766	572 32.4%	941 53.3%	253 14.3%
高槻市(震度6弱)	1,714	714 41.1%	838 48.9%	177 10.0%
箕面市(震度6弱)	83	49 77.8%	14 22.2%	0 0%
摂津市(震度6強)	157	47 29.9%	87 55.4%	23 14.7%
島本町(震度5強)	45	21 46.7%	22 48.9%	2 4.4%
合計	9,361	6,760 72.2%	2,138 22.8%	463 5.0%

うち、コンクリートブロック塀が要因で要注意や危険の判定を行った件数
 要注意判定 2,138件中、360件(16.8%) 危険判定 463件中、69件(14.9%)

3

○応急危険度判定の結果です。

○判定の実施期間は10日間、判定士延べ人数1,029名で、合計9,361件の判定活動を行いました。

○判定割合ですが、合計欄のとおり、危険の判定が約5%、要注意の判定が約23%でした。



○危険(赤)と判定された463件の、危険度要因についての市町別と構造別の内訳及び落下物等の危険判定の内訳です。

○左側の市町村別の表の合計欄ですが、判定の調査1で「一見して危険」と判定されたものが4%、調査2で「構造躯体のみが要因で危険」と判定されたものが8%、調査3で「落下物等のみが要因で危険」と判定されたものが55%、「構造躯体と落下物等の両方が原因で危険」と判定されたものが33%でした。

○右上は、建築構造別の表ですが、建築構造別でも同様の結果となっております。

○右下の表は、落下物等の危険(赤)判定の内訳で、壁の外装材の危険判定が48%、瓦の危険判定が35%、ブロック塀等の危険判定が13%となっています。

実施本部、判定現場の状況



実施本部で判定士への説明



判定現場

5

○こちらは、実施本部での判定士への説明や判定現場の写真です。

判定現場の写真(今回の地震で多く生じたブロック塀の転倒)



6

○この写真は、今回の地震で多く生じたブロック塀の転倒写真です。

地震発生から翌日にかけての動き	
(6月18日)	(6月19日)
7:58 地震発生	2:30 茨木市から大阪府へ判定支援依頼
8:05 府から府内市町村へ被害状況確認の連絡開始	9:00 茨木市で判定申込み受付開始
10:55 大阪市から大阪府へ判定支援依頼	9:00 高槻市から大阪府へ判定支援依頼
11:20 鳥取県より判定協力の連絡	10:00 鳥取県の先行派遣班へ茨木市の支援を依頼
11:30 府内市町村へ派遣可能判定士数の報告依頼	11:00 大阪市北区で判定活動をスタート
14:00 府内市町村の判定実施要否状況を概ね確認	11:30 建築関係団体へ民間判定士の派遣を依頼
16:00 府内市町村からの派遣可能判定士数をとりまとめ(80名)	13:00 高槻市で判定申込み受付開始
18:25 島本町から大阪府へ判定支援依頼	13:30 茨木市で判定活動をスタート
	14:20 大阪府から兵庫県へ近畿圏の判定支援依頼

○こちらは、地震発生時直後から、2日間の大阪府と市町、近隣府県とのやりとりをまとめたものです。

○地震発生から約3時間で大阪市が北区において判定実施を決定しました。大阪市では、事前に震度6弱を観測した地域は、判定を実施することを決めていました。

○以降、地震発生から約10時間後に島本町、約18時間後に茨木市が現場調査の実施による被害状況の把握のうえ、検討を行い判定実施を決定しました。

○地震直後は、市町村への連絡がとれず、被害状況の把握が進みませんでした。今回の地震では、電話等の通信手段や電車等の交通機関の復旧も早かったことから、地震発生から約8時間後の16:00には、被害の少なかった市町村から応援判定士80名の派遣ができる状況が整い、翌日からスムーズな判定活動を行うことができました。

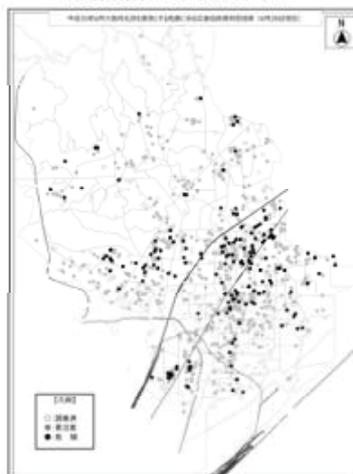
各市町における判定実施手法

今回の地震は最大震度が6弱と大きかったが、建築物の被害は面的に集中せず、各市町内の広域に点在して建築物に被害が発生。

そのため、判定を要する区域設定が難しく、応急危険度判定をどのオペレーションタイプに選択するか、各市町において判断に苦慮する状況。

各市町の被災状況に応じた手法により判定を実施。

判定建築物の分布(茨木市)



8

○各市町における判定の実施手法です。

○今回の地震は、建築物の被害は面的に集中せず、各市町内の広域に点在して建築物に被害が生じました。

○右図は参考ですが、茨木市の判定建築物の分布図です。黒色のマークは、判定結果が危険(赤)となった建築物で、広域に点在しています。

○判定を要する区域設定が難しく、応急危険度判定をどのオペレーションタイプに選択するか、各市町において判断に苦慮する状況となり、各市町の被害状況に応じた手法により判定を実施しました。

各市町における判定実施手法

1. 区域指定で実施

(大阪市北区)

震度6弱以上が観測された北区において部分的に区域指定で判定

2. 一部区域指定と申込みの判定で実施

(高槻市)

現場確認で被災住宅が集中していた一地区を区域指定で判定、その他は、被災住宅が市域全域に点在している状況であったため、区域指定せず、申込みにより判定

3. 申込みの判定で実施

(茨木市・箕面市・摂津市・島本町)

現場確認では、被災住宅が市域全域に点在している状況であったため、区域指定せず、申込みにより判定

区域指定部分の判定区割図(高槻市)



9

1. 大阪市(北区)では、震度6弱以上が観測された北区を、部分的に区域指定し、判定を実施しました。

2. 高槻市では、地震直後に行った現場確認で被害の大きい建築物が集中していた一地区を区域指定で判定、その他は、被害の大きい建築物が市域全域に点在している状況であったため、判定区域の指定は行わず、住民からの申込みにより判定を実施しました。右図は区域指定部分の判定区割図です。

3. 茨木市・箕面市・摂津市・島本町では、地震直後に行った現場確認では、被害の大きい建築物が市域全域に点在している状況であったため、判定区域の指定は行わず、住民からの申込みにより判定を実施しました。

今回の地震における被災建築物応急危険度判定の課題

- ①被害状況の的確で速やかな把握
- ②市町村(実施本部)と大阪府(支援本部)間の確実な連絡体制
- ③被災建築物が点在している場合の判定手法と判定区域指定の考え方
- ④判定の平準化
- ⑤住民への制度周知

10

○今回地震の被災建築物応急危険度判定における5項目の課題です。

- ①被害状況の的確で速やかな把握
- ②市町村(実施本部)と大阪府(支援本部)間の確実な連絡体制
- ③被害の大きい建築物が点在している場合の判定手法と判定区域指定の考え方
- ④判定の平準化
- ⑤住民への制度周知

今回の地震における被災建築物応急危険度判定の課題				
①被害状況の的確で速やかな把握				
○情報収集を行う手順と目安時間の設定(検討中案のイメージ)				
地震発生直後から作業開始 (地震発生後、6時間以内を目安)	<p>【情報収集】</p> <ul style="list-style-type: none"> ※初動速報に収集した被災状況で、1階・2階の被害、1階区域の認定、1階下法の判断を行う重要作業 ○地震発生後6時間以内を目安とし管内現場調査(夜間発生の場合は夜明け後6時間以内) ○判定する可能性が出てきた時点で、速やかに長本部へ連絡 <p>【現場調査の実施例】(現地3～4時間を目安)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・公用車(2名1組)で、管内を調査エリア割って現場調査 ・公用車(2名1組)で、主要市道や道路脇沿道、若くは密集地帯を中心現場調査 <p>※現場チェックリスト(住宅地図等活用し、被災が直時的地点から把握)</p>			
○情報収集時の現場チェックリスト(検討中案のイメージ)				
調査口 (○月○日)	チェック事項	○○時(丁日)の観測件数	○○時(丁日)の観測件数	○○時(丁日)の観測件数
地盤	地盤沈下			
	宅地・道路の割れ 掘削のくずれ・割れ			
建築物	全壊・崩壊			
	傾き 外壁の亀裂や剥落			
落下、転倒物	瓦の落下			
	窓ガラスの割れ・落下 ブロック塀の転倒・傾き			

11

○まず、一点目ですが、①被害状況の的確で速やかな把握についてです。

○事前に現場の把握体制や手法を決めておかないと、被害情報の把握が網羅的にできず、判定実施の判断に時間を要することから、情報収集の作業を、的確かつ、速やかに実施するための手順や目安を、現在、大阪府内の市町村と検討調整し、作成を進めております。

○上の表は、情報収集のための現場調査の実施例と目安の時間です。地震発生後から6時間以内での実施を目安としています。

○下の表は、現場の調査を行う職員は、応急危険度判定業務が未経験の担当者が多いことから、現場で把握する項目や被害ポイントのバラツキをできるだけ少なくするため、現在作成中の現場チェックリストのイメージです。

今回の地震における被災建築物応急危険度判定の課題

②市町村(実施本部)と大阪府(支援本部)間の確実な連絡体制

(課題)

今回の地震では発生時刻が、勤務時間外であったため、固定電話や行政防災無線で連絡がとれず、また、地震直後は、携帯電話がつながらず、行政間での情報伝達ができなかった。

(対応)

初動期における情報伝達は、応援体制の整備など重要であるため、今回の地震でも発災直後から通信が可能であった携帯電話メールによる連絡体制を、大阪府と市町村で設け、連絡訓練を毎年1月に実施している。

12

○二点目ですが、②市町村(実施本部)と大阪府(支援本部)間の確実な連絡体制についてです。

○課題として、今回の地震では発生時刻が、勤務時間外であったため、固定電話や行政防災無線で連絡がとれず、また、地震直後は、携帯電話がつながらず、行政間での情報伝達ができなかった状況でした。

○対応ですが、初動期における情報伝達は、応援体制の整備など重要であるため、今回の地震でも発災直後から通信が可能であった携帯電話メールによる連絡体制を、大阪府と市町村で設け、連絡訓練を毎年1月に実施しているところです。

今回の地震における被災建築物応急危険度判定の課題

③被災建築物が点在している場合の判定手法と判定区域指定の考え方

(住民からの申込みによる判定の課題)

- ・市内全域をフォローできるが、判定の申込件数や申込の集中時期の想定ができず、判定を計画日程どおり進めることが困難。
- ・申込み時期の違いにより、判定した住宅の隣接の住宅を別の日にあらためて判定を行うことも生じる。
- ・申込み判定のため、現地で住民が立会い、住宅内部の相談等を受けるケースも多く、判定に時間を要する。
- ・申込みを締め切る時期の判断が難しい。

(区域指定を行う場合の課題)

- ・対象区域の絞り込みが難しく、設定の目安となる被害状況の指標や数値基準を設ける等の検討が必要。

(対応)

- ・調査単位区域内における被害建築物の割合(被害率等)による一定の数値基準及び現場の状況と過去実施事例による判断ができるようなマニュアルづくりが必要。

13

○三点目ですが、③被災建築物が点在している場合の判定手法と判定区域指定の考え方です。

○申込みによる判定の課題ですが、

- ・市内全域をフォローできるが、判定の申込件数や申込の集中時期の想定ができず、判定を計画日程どおり進めることが困難。
- ・申込み時期の違いにより、判定した住宅の近隣住宅を、別の日にあらためて判定を行うことも生じるため不効率。
- ・申込み判定のため、現地で住民が立会い、住宅内部の相談等を受けるケースも多く、判定に時間を要する。
- ・申込みを締め切る時期の判断が難しい。

○区域設定を行う場合の課題ですが、

- ・対象区域の絞り込みが難しく、設定の目安となる被害状況の指標や数値基準を設ける等の検討が必要。

○今後の対応ですが、

- ・調査区域内における被害建築物の割合(被害率等)による一定の数値基準及び現場の状況と過去実施事例による判断ができるようなマニュアルづくりが必要と考えております。



○四点目ですが、判定の平準化です。

○判定士資格講習の受講後一定期間が経過している判定士も多く、地震が起これば判定基準を復習する時間もなく判定作業に従事することになるため、被災状況に応じた判断に苦慮する事案が多く生じました。

○そのため、大阪府では、今回の地震と過去の地震での判定事例をとりまとめ、判定士が判定現場で行う判断の参考となる判定事例集を2019.5月に作成しました。

応急危険度判定を円滑に行うための備え

1. 判定実施本部の体制整備と設置場所の確保
2. 判定区割図の作成
3. 判定用の資機材の整備
4. 判定訓練の実施
5. 地震対応経験者(実施本部、支援本部、判定士)リスト

16

○最後にですが、応急危険度判定を円滑に行うための備えについてです。

1. 判定実施本部の体制整備と設置場所の確保
2. 判定区割図の作成
3. 判定用の資機材の整備
4. 判定訓練の実施
5. 地震対応経験者(実施本部、支援本部、判定士)リストの作成更新

○今回の経験を踏まえてですが、この5つの事項も判定活動を円滑に進めていくうえで重要ですので、今後も引き続き取り組んでまいります。

○以上で、大阪府北部地震における応急危険度判定の適用事例と課題等の説明を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

2. トルコでの事例

いかに適用したか

参考文献

T. Kaminosono, F. Kumazawa and Y. Nakano: Quick Inspection Manual for Damaged Reinforced Concrete Buildings Due to Earthquakes, Based on the Disaster of 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey, Technical Note of NILIM, No. 40, March 2002

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutn/tnn0040.htm>



7

(3) 適用に当たっての調整事項

- 構造躯体の損傷度(A-C)と、それを構成する構造部材の損傷度(I-V)との関係を修正

日本の場合

	A	B	C
Ratio of Damage V	[] < 1%	[] 1 - 10%	[] > 10%
Ratio of Damage IV	[] < 10%	[] 10 - 20%	[] > 20%

トルコの場合

	A	B	C
Ratio of Damage IV or V	[] < 1%	[] 1 - 10%	[] > 10%
Ratio of Damage III	[] < 12.5%	[] 12.5 - 25%	[] > 25%

参考文献の付録2より

構造部材の損傷度と残余性能との関係が日本とトルコで同じではない。

10

(1) 経緯

- 1999年8月17日、トルコ西部イズミット市付近でコジャエリ地震発生
 - (死者・行方不明者: 約4万人、負傷者: 約4万5千人、被害建物: 約20万棟)
- 日本政府は、復興支援のため専門家チームを派遣
- 専門家チームは、被害地域の調査に基づき、2次被害防止のための被害建築物検査等が至急必要とトルコ政府に提言
- トルコ政府のリクエストに基づき、日本政府は、主に応急危険度判定法の策定を目的に、第2次専門家チームを派遣

8

3. チリでの事例

いかに展開されているか

- The Chile earthquake occurred on 2010.2.27.
- The Japanese government dispatched specialists to support seismic disaster recovery.
- Chile and Japan conducted チリ政府の要請に基づき、2011年より、地震・津波災害の対応能力向上に係る共同プロジェクトを実施
- 同プロジェクトの一環として、日本政府は、応急危険度判定、耐震診断・耐震改修等の技術支援と助言のため専門家を派遣
- 2012年、チリにて、応急危険度判定シートの初版を発行



Exercise of the PQI using an actual damaged building by Japanese instructor (2011.2)

11

(2) 応急危険度判定法の策定について

- イスタンブール工科大学と日本側専門家チームが現地被害調査等に基づき、協力して策定
- 応急危険度判定法は、基本的に日本の過去の経験を踏まえて策定
- ガイドラインには、構造部材の損傷度判定例を多数、掲載

9

4. 情報共有化の取組み

共創に向けて

関連する建築研究所の活動

- JICA KIZUNAプロジェクト (2015 - 2019FY)
- UNESCO IPREDプロジェクト (2007-)

12

(1) KIZUNAプロジェクトについて

チリ  日本
MOP BRI, NILIM

JICA ホームページより

「KIZUNAプロジェクト」は、両国で蓄積してきた防災の技術と知見を、同じく自然災害が頻発する中南米・カリブ諸国に普及し、チリを防災分野の人材育成拠点とするため、今年3月に宮城県仙台市で開催された「第3回国連防災世界会議」で立ち上げられた。

研修タイトル: 建築物の地震リスク管理

対象: 行政官を主とする

内容: ・応急危険度判定
・被災区分判定
・耐震診断、改修
・その他

目指すのは、防災に取り組む研究者や行政官などの人材育成と、域内の防災ネットワーク構築。チリ政府をはじめ、地方自治体や大学、研究機関、地域社会などと連携しながら、中南米・カリブ諸国の研究者や行政官らをチリに招へい。橋梁の耐震力強化や地震後の建築物のリスク診断、地域の防災計画などをテーマにした研修、セミナーなどを開き、5年間で2,000人の能力強化を図る。

https://www.jica.go.jp/topics/2015/20151019_02.html

国立研究開発法人 建築研究所・国際地震工学センター

IISEE, BRI

アクションプランについて

IPREDでは、活動内容を具体化するため、現在、16のアクションプランを定めている。そのうちのひとつとして、アクションプラン14「脆弱性に関する地震前、地震後の調査手法の普及、高度化の推進」に取り組んでいる

前出のユネスコホームページ参照

アクションプラン14

IPRED参加国内で、応急危険度判定の現況に関するアンケート調査

- ・技術基準の策定状況
- ・判定シートの構成
- ・検査員の資格
- ・その他

E-learningに関する情報提供と提案(メキシコ)



応急危険度判定の普及、高度化のためのガイドラインの作成

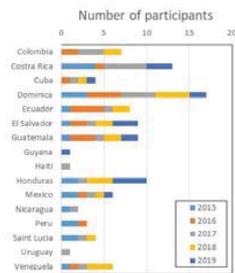


E-learning (メキシコ)の広告

国立研究開発法人 建築研究所・国際地震工学センター

IISEE, BRI

研修参加国と参加人数: 16カ国、101名



国立研究開発法人 建築研究所・国際地震工学センター

IISEE, BRI

広域的な地震被害があった場合の効率的なデータ収集や被害状況の分析手法について

国立研究開発法人 建築研究所・国際地震工学センター

IISEE, BRI

(2) IPREDプロジェクトについて

UNESCO ホームページより (発表者和訳)

IPRED(International Platform for Reducing Earthquake Disaster)は、地震学と地震工学における共同研究、研修及び教育のためのプラットフォームである。国際地震工学センター(IISEE)が本プラットフォームのCOEの役割を果たす。この取組みの主な目的は、以下の通りである。

- ・共同研究、研修及び教育に関する情報交換と計画の提案
- ・地震災害リスク軽減とHyogoフレームワーク遂行に関連した政策課題への提言
- ・地震後の現地調査と将来に向けたリスク軽減対策を得るための地震被害国への専門家派遣体制の確立

<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/special-themes/disaster-risk-reduction/geo-hazard-risk-reduction/networking/ipred/>

参加国: 日本のほか、メキシコ、ペルー、チリ、インドネシア、カザフスタン、エジプト、トルコ、ルーマニアの9カ国が参加

国立研究開発法人 建築研究所・国際地震工学センター

IISEE, BRI



チリにおける被災建築物の応急危険度判定 公共建築物における経験

「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」に関するシンポジウム
2020年2月5日 於：東京

エドゥアルド・ウルタド・ガハルド
チリ・カトリック大学 土木エンジニア
公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長

公共建築物の応急危険度判定における主な出来事

推定時期	マイルストーン、行動、出来事など
2010年 下期	マウレ地震発生。(Mw=8.8、25年ぶりの大地震)
2010年 下期	地震によるインフラ被害確認のため日本人専門家来訪
2010年 11月	関教授による公共事業省国立建築局向けの建築物応急危険度判定の最初のコース。
2011年 2月	加藤専門家・関教授による3つの政府実施提案： 1. 地震後の建築物応急危険度判定 2. 既存建築物の耐震評価、耐震補強、耐震改修 3. 免震構造
2012年 1月	現場の公共事業省専門家のための建築物応急危険度判定の考え方に関する研修。公共事業省の公共建築物事務所の建築物に関する応急判定シート(ver.1)作成。JICA主催、公共事業省アカデミー主導、国立建築局協力。

- ### チリの公共建築物における 2010年チリ地震(27F)後の課題
- 標準化され、信頼性のある地震による被災建築物応急危険度判定法の欠如。
 - 建築物応急危険度判定検査の範囲と目的についての混乱。
 - 建物の将来性判定を主旨とする包括的な特徴を備えたシートなど、目的の異なる評価シートが複数存在。
 - 統一された評価基準がないこと。判定者により用語認識が異なり、混乱が生じること。
 - 判定者が適正な研修を受けておらず、認識が多様であること。体系的に研修を受け、統一判定基準を持っている判定者がいないこと。
 - 構造への考慮はあるが、建物の有用性や居住者の生命へのリスクに対する配慮が少ないこと。二次的・非構造的要素の重要性。

公共建築物の応急危険度判定における主な出来事 (つづき)

推定時期	マイルストーン、行動、出来事など
2014年 3月	イキケ地震(MW=8.2)発生。建築物応急判定シート(ver.2)が作成され、エンジニアリング建設課および建築・遺産課における検討の結果、判定シート(ver.3)が完成。2010年チリ地震(27F)後、エンジニアリング建設課により初めて試用された。
2015年 3月	アカタマ洪水後、判定シートが修正され洪水も項目に追加された。
2015年 4月	X地方、ロス・ラゴス州カルポ火山噴火。判定シートの被害原因項目に火山活動が追加された。
2015年 9月	イヤベル地震(M=8.5)発生。地域の建築士や土木エンジニアにより応急判定シートが集中的に使用され、シートが改善された。シートの再発注が提案される。
2017年 1月	メリンカ地震(Mw=7.6)発生。地域の建築士や土木エンジニアにより応急判定シートが集中的に使用された。シートに木造の被災建築物を含める必要性が求められる。
2017年	内部研修や対話形式の聞き取り調査によりイヤベル地震、メリンカ地震の経験をまとめる必要性が求められる。
2019年 1月	トンゴイ市付近コキンボ地震では災害危機管理システムが適用された。GPSを用いて対象エリアの被災建築物に優先順位をつけ、対象エリアに判定に必要な器具を送った。

- ### チリの公共建築物における 2010年チリ地震(27F)後の課題(つづき)
- エンジニアリング建設課は、公共建築部から委任され、認定被害判定基準を用い、関連パラメーターを含む損傷度把握、対象建築物危険度判定を目的とした、可能な限り、建築物の評価過程が合理化された一枚のシートの作成に取り組んだ。
 - 勧告や取得データは、公共事業省の緊急システムに反映予定。

- ### 公共事業省 国立建築局が採用した建築物応急危険度判定法の目的
- 判定者が異なっても、ばらつきなく効果的に同一建造物を評価できる追跡可能な方法を持つこと。
 - 余震による被害の回避。
 - アクションを起こす前の初期の段階でリスクの度合いを定義すること。
 - 復興又は解体のための情報源。
 - 当局への毎日の信頼できる報告。

被災建築物応急判定シート及び被害チャート

FICHA DE EVALUACIÓN DE DAÑOS PARA INSPECCIÓN RÁPIDA DE EDIFICIOS PÚBLICOS Versión 1.0 (2014)

5. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

8. ALCANCE

9. IDENTIFICACIÓN DEL INSPECTOR

10. IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE

11. SISTEMA ESTRUCTURAL

12. INSPECCIÓN GENERAL

13. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

14. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

15. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

16. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

17. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

18. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

19. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

20. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

21. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

22. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

23. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

24. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

25. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

26. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

27. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

28. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

29. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

30. MUROS DE HORMIGÓN ARMADO, MURO AISLADO O PILA FUERTE. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN CON TRACCIÓN DIAGONAL. CÓDIGO IBC.

トンゴイ市付近、コキンボ地震（2019年）

- リンクプランと基本危機管理計画への適用。公共建築物（2016年11月）
- 緊急事態発生時、現場に行く前に行うべきことを策定。
- 重要ポイントの明確化
 - 単位・数（量）の定義
 - ジオリファレンス、地方自治体、建築物、住所、市・町の連絡先が記載された一覧表
 - 都市名記載の地図
 - 地域名記載の地図



イキケ・アリカ地震の経験より（2014年）

- 倒壊を定義する統一パラメーターが無く、被害の過大査定が起きる。一例として比較的小さなひび割れでも「一部倒壊」と判定された。
- 非構造的側面が関係する等といった大胆な見解については、チャートの見直しが必要。建物の被害状況を分類するためには非構造的・構造的損傷の重要性を鑑みる必要がある。
- 現場経験の不足。損傷が地震前からあるものなのか、地震によって生じたのかの区別。例えば、ピカの建物における梁変形は地震によるものではなかった。
- 被災建築物損傷の評価についての詳細な研修。

トンゴイ市付近、コキンボ地震（2019年）（つづき）



イヤペル地震の経験より（2015年）

- 被害状況判定研修不足。
- 損傷記録による構造被害判定研修の必要性。
- 構造的・非構造的損傷の区別ができていない判定者もいた。
- シート記入が効率的でない。
- 損傷度合判定がシートに記載されている分類と必ずしも一致しないことがある。
- 非構造的損傷、生命に関わる損傷を区別すべき。損傷度判定の研究が必要。

メリンカ地震の経験より（2017年）

- 木造建築物への被害に焦点を当てた。同様の被害がチロエでも確認された。
- 評価シートにスマホで記入できるようなアプリを開発すべき。

トンゴイ市付近、コキンボ地震（2019年）（つづき）

VERSION	EQUIPO 1					
16.07.17 19:00 hrs	ANTOPAGUSTA					
DEPENDENCIA	Email					Nº Celular
COMANDO	Liziana Orellana					569 9958 8392
CHOFER	Patricia Almaguer					569 9720 2893
PROFESIONAL 1	Cristian Cabello					569 9050 1615
PROFESIONAL 2	Cristian Camilo					569 7305 4987
ALQUILER	Chañaral					
46° 1' 2						
1705° 20' 17 Y 18° 05' 17						
Contacto: Mauricio Panguel +569 71 87 53 95						
RUTA						
PID GOOGLE EARTH	COMUNA	LOCALIDAD	DENOMINACION SERVICIO	DIRECCION	SECTOR	
1	CHAÑARAL	CHAÑARAL	IGLESIA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	CALLE DEL TEMPLO Nº 337	PATRIMONIO	
2	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CASA MOLINA	CALLE DEL TEMPLO Nº 338	PATRIMONIO	
3	CHAÑARAL	CHAÑARAL	TEMPLO PRESBITERIANO	MERINO JARPA Nº 732	PATRIMONIO	
4	CHAÑARAL	CHAÑARAL	OFICINA REGISTRO CIVIL	Buín Nº 462	ADMINISTRACION	
5	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CUARTEL POL. ANTITERRORISMO	MERINO JARPA Nº 1388	SEGURIDAD	
6	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CUARTEL POL. BRIGADA DE INVESTIGACION CRIMINAL	MERINO JARPA Nº 1400	SEGURIDAD	
7	CHAÑARAL	CHAÑARAL	GOBERNACION PROVINCIAL	Buín Nº 462	ADMINISTRACION	
8	CHAÑARAL	CHAÑARAL	OFICINA PROVINCIAL SEMAFESCA	Buín Nº 26, Of. S.A. Frente a la Plaza de Armas	ADMINISTRACION	
9	CHAÑARAL	CHAÑARAL	11 COMISARIA	LOS CARRERAS Nº 777	SEGURIDAD	
10	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CUARTEL DE BOMBEROS Nº 14	MERINO JARPA Nº 570	SEGURIDAD	
11	CHAÑARAL	CHAÑARAL	MUNICIPALIDAD DE CHAÑARAL	ALMIRANTE LA TORRE Nº 700	ADMINISTRACION	

SWOT分析

【弱み】

1. 建築物応急危険度判定者の継続的で正式な研修がないこと。
2. アプリを利用できるほどの知識がなく、まだ活用できていないこと。
3. 専門家の交代により、災害対応を学ぶ必要があること。
4. 緊急書類が正式な方法で提出されていないものもあるため、遅鈍や出直しが生じること。
5. 緊急報告は、電子的手段の利用により簡略化される傾向があること。
6. 建築物応急危険度判定に、時間、業務、目的を割ける正式の危機部局や専門家が不在であること。正式の危機部局や専門家は、緊急時に、計画、改善、知識の適用、政策提案、ツール開発を行うことができる。
7. 大地震が発生せず、震災の記憶が薄れることにより、正式な担当部局の維持の重要性が低くなること。運営コストがかかることから、震災対策の重要性の認識が低下し、他の緊急事項が優先される。

チリの被災建築物応急危険度判定のSWOT分析

目的

1. 日本の判定法を参考に、公共建築物を対象とした被災建築物応急危険度判定法を開発、統合する。
2. 建築物の応急危険度判定のために、研修された判定者チームを維持する。
3. 応急危険度判定の正しい理解・活用のためにマニュアル等のツールを作成する。

【機会】

- チリは、兵庫と仙台の枠組を採用し、運営省庁による災害危機管理の方針・行動計画の作成を当該省庁の運営機能の一部として義務付けた。
- 国立建築局は、エンジニアリング建設課を通じ、国家緊急対策室（ONEMI）の国会災害危機管理（RDM）の政策に積極的に参加する。
- チリでは、ONEMIが国内の緊急時政策をとりまとめている。
- OOPPの国家緊急対応計画では、庁内の緊急対応部署が、戦略的な製品や運用の分野における公共事業省の行動計画の策定・実施を担当するとしている。
- ONEMIは、全ての計画が認められた方法・用語を用いた統一様式とすることとし、これにより関係省庁は、同様に指示をまとめることとなった。
- 公共事業省の行政幹部は、災害危機管理に興味を示し、当省庁の統合政策となってきた。
- 公共事業省のアカデミーが毎年の判定者教育を担当している。

【強み】

1. 2015年以来、公共事業省国立建築局による危機管理計画があること。
2. 2015年以来、公共事業省国立建築局に緊急時のリンクプランがあること。
3. 2014年以来、日本の判定法に基づいた建築物応急判定シートがあること。
4. 2014年以来、チリにおける典型的な構造の建物の典型的な損傷について評価ガイドがあること。
5. 2014年に基本的な緊急事態対応チームが結成され、2017年のコキンボ地震後、さらに強化されたこと。事前準備により成功裏に終わったこと。
6. 2018年に建築物応急危険度判定シートアプリが開発されたこと。
7. 2014年に作成された建築物応急危険度判定シートの内容報告が大臣レベルにまで行き届いたこと。

【脅威】

1. 国レベルでも、実施計画を策定するような災害危機管理（RDM）専属の専門家を雇う予算や予算情報がないこと。
2. 建築物応急判定者を対象とした訓練や正式な定期研修がないこと。
3. 当局が変わると、管理方法も含め、すべての災害危機管理（RDM）プロセスが振り出しに戻る。
4. 法的な意味合いと災害危機管理の責任範囲の問題で、災害時の義務事項を定めた書類の統一が困難なこと。
5. 専門家の交替により、大災害を前にして、それまでに培った知識や労力が振り出しに戻ってしまう可能性があること。
6. しばらくの間大地震がなかったことにより、当該地域内での正式な部署維持の重要性が軽視されること。



ご清聴ありがとうございました。

質問はございませんか？

「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」に関するシンポジウム
2020年2月5日 於：東京

エドゥアルド・ウルタド・ガハルド
チリ・カトリック大学 土木エンジニア
公共事業省 国立建築局 公共建築部 エンジニアリング建設課長

鍾立來(台湾 国家地震工学研究センター 副センター長、国立台湾大学 教授)
「台湾における応急危険度判定の技術とメカニズム」

NAR Labs 國家實驗研究院
國家地震工程研究中心

「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」に関するシンポジウム
政策研究大学院大学 (GRIPS)・
国立研究開発法人建築研究所(BRI)

台湾における応急危険度判定の技術とメカニズム

ラプロイ・チャン(鍾立來)
国立地震工学研究所

www.narlabs.org.tw

黄色のプラカード

外部の落下物
ガラス窓、外壁(カーテン・ウォール)、軒、バルコニー、パラペット、貯水槽、エアコン、看板、外階段、...

内部の落下物
天井、シャンデリア、天井ファン、配管、仕切り壁、高いキャビネット、室内階段など、....

NAR Labs 國家實驗研究院

震災後の応急判定

簡潔
迅速
経済的
効果的
区別
目的

NAR Labs 國家實驗研究院

赤色のプラカード

詳細な評価によって適格とされるか、修繕されるまで建物は使用されない。



NAR Labs 國家實驗研究院

黄色のプラカード

危険な事項が解消されるまで、建物は一時的に使用されない。



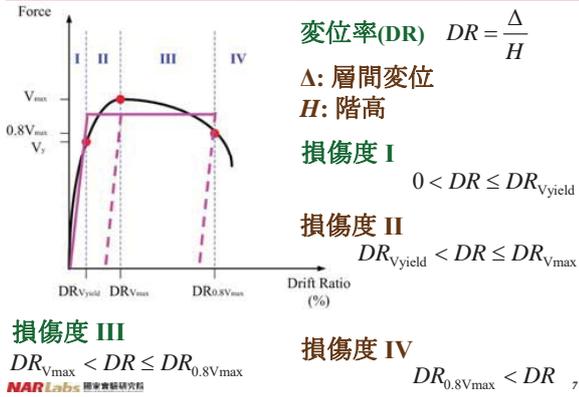
NAR Labs 國家實驗研究院

赤色のプラカード

建物が1/60以上傾斜。
10%以上の柱が基礎から離脱。
地盤損傷による中程度から重度の脅威。
近隣建物の損傷による中程度から重度の脅威。
建物の残留強度率 $S_R: \leq 0.5$ 。

NAR Labs 國家實驗研究院

層間変位と損傷度



損傷度 III

中度～重度の損傷
 限界に近づいてはいるが強度は8割まで低下していない。

外側コンクリート剥落



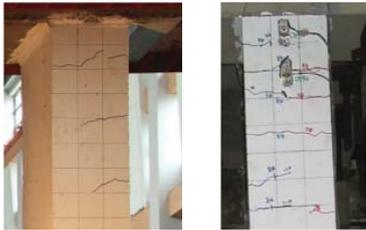
3 mm < ひび割れ幅 ≤ 3 mm
 1 mm < せん断ひび割れ幅

NAR Labs 国家建築研究所

10

損傷度 I

損傷無し～軽度の損傷
 降伏なし



ひび割れ幅 ≤ 0.3 mm

NAR Labs 国家建築研究所

8

損傷度 IV

重度の損傷または倒壊
 強度が最大の8割以下に低下



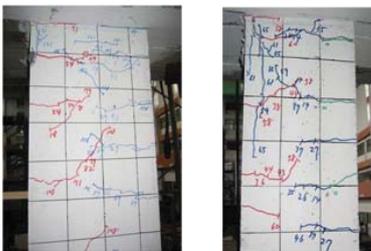
内部コンクリートの崩壊
 主筋の曲がり
 せん断補強筋の外れ

NAR Labs 国家建築研究所

11

損傷度 II

軽度～中度の損傷
 降伏が見られるが最大限には達していない

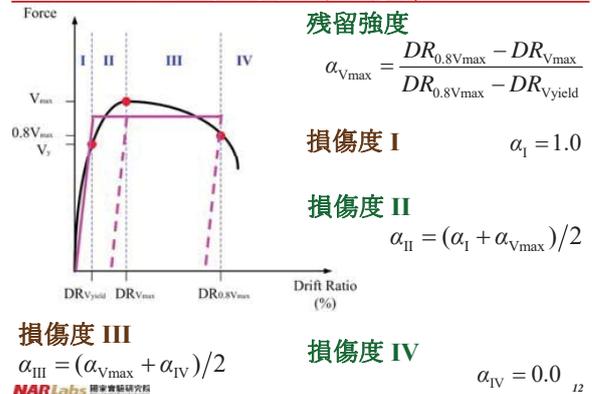


0.3 mm < ひび割れ幅 ≤ 3 mm
 せん断ひび割れ幅 < 1 mm

NAR Labs 国家建築研究所

9

残留強度と層間変位



12

柱の実験結果

Spec.	A.R.	L.R.R. (%)	T.R.R. (%)	(変位率,%)			F.M.
				降伏	V _{max}	0.8V _{max}	
C1	9.16	1.76	0.08	1	2	6	F.F.
C2	11	2.12	0.08	1	2	6	F.F.
C3	11	2.16	0.08	1.5	3	7	F.F.
C1W	7.08	1.76	0.08	1	1.5	3	F.S.F.
C2W	8.5	2.12	0.08	0.75	1.5	2.5	F.S.F.
PF-2	10	2.29	0.11	1	2	7	F.S.F.
PF	10	3.38	0.11	1.5	3	6	F.S.F.

Spec.: 被検査物
 A.R.: アスペクト比 (高さ・奥行)
 L.R.R.: 縦鉄筋比率 (面積)
 T.R.R.: 横鉄筋比率 (量)
 F.M.: 破壊形態
 F.F.: 曲げ破壊
 F.S.F.: せん断破壊

NAR Labs 建築実験研究科

13

部材強度の荷重係数

部材	荷重	
柱 (W _C)	1	
煉瓦壁	開口無し (W _{BW})	2
	開口有り (W _{BWO})	0.5
RC壁	開口無し (W _{RCW})	10
	開口有り (W _{RCWO})	2.5

NAR Labs 建築実験研究科

16

柱の残留強度

被検査物	残留強度				
	α _{Vmax}	α _I	α _{II}	α _{III}	α _{IV}
C1	0.80	1.0	0.90	0.40	0.0
C2	0.80	1.0	0.90	0.40	0.0
C3	0.73	1.0	0.86	0.37	0.0
C1W	0.75	1.0	0.88	0.38	0.0
C2W	0.57	1.0	0.79	0.29	0.0
PF-2	0.83	1.0	0.92	0.42	0.0
PF	0.67	1.0	0.83	0.33	0.0
平均	0.74	1.0	0.87	0.37	0.0

NAR Labs 建築実験研究科

14

建物の残留強度

$$S_R = \frac{W_C \sum_{i=1}^{N_C} \alpha_C(i) + W_{BW} \sum_{i=1}^{N_{BW}} \alpha_{BW}(i) + W_{BWO} \sum_{i=1}^{N_{BWO}} \alpha_{BWO}(i) + W_{RCW} \sum_{i=1}^{N_{RCW}} \alpha_{RCW}(i) + W_{RCWO} \sum_{i=1}^{N_{RCWO}} \alpha_{RCWO}(i)}{W_C N_C + W_{BW} N_{BW} + W_{BWO} N_{BWO} + W_{RCW} N_{RCW} + W_{RCWO} N_{RCWO}}$$

N_C: 柱の数
 N_{BW}, N_{BWO}: 開口無・開口有の煉瓦壁数
 N_{RCW}, N_{RCWO}: 開口無・開口有のRC壁数
 W_C: 柱の荷重
 W_{BW}, W_{BWO}: 開口無・開口有の煉瓦壁荷重
 W_{RCW}, W_{RCWO}: 開口無・開口有のRC壁荷重
 α_C: 柱の強度
 α_{BW}, α_{BWO}: 開口無・開口有の煉瓦壁強度
 α_{RCW}, α_{RCWO}: 開口無・開口有のRC壁強度

NAR Labs 建築実験研究科

17

部材の残留強度

	α _{Vmax}	α _I	α _{II}	α _{III}	α _{IV}
柱 (せん断, 曲げせん断)	0.74	1.0	0.87	0.37	0.0
柱 (せん断)	0.56	1.0	0.78	0.28	0.0
煉瓦壁	0.57	1.0	0.79	0.29	0.0
RC壁	0.49	1.0	0.75	0.25	0.0

NAR Labs 建築実験研究科

15

建物の残留強度

$$S_R = \frac{W_C \sum_{i=1}^{N_C} \alpha_C(i) + W_{BW} \sum_{i=1}^{N_{BW}} \alpha_{BW}(i) + W_{BWO} \sum_{i=1}^{N_{BWO}} \alpha_{BWO}(i) + W_{RCW} \sum_{i=1}^{N_{RCW}} \alpha_{RCW}(i) + W_{RCWO} \sum_{i=1}^{N_{RCWO}} \alpha_{RCWO}(i)}{W_C N_C + W_{BW} N_{BW} + W_{BWO} N_{BWO} + W_{RCW} N_{RCW} + W_{RCWO} N_{RCWO}}$$

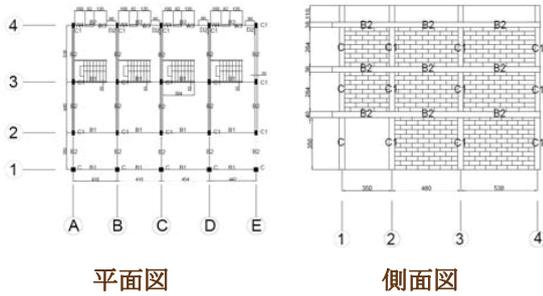
S_R: ≤ 0.5, 赤札発行!

NAR Labs 建築実験研究科

18

建物例 1

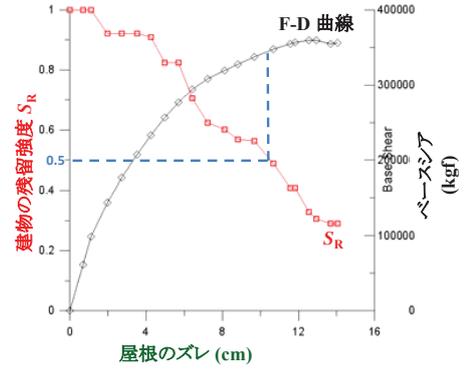
3階建RC造建築物



NAR Labs 建築実験研究科

19

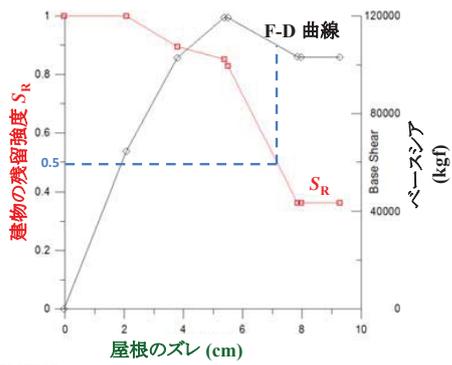
建物例 2



NAR Labs 建築実験研究科

22

建物例 1



NAR Labs 建築実験研究科

20

震災後の応急判定

- 部材の損傷度
- 部材の残留強度
- 建物の残留強度
- 赤札発行する・しない

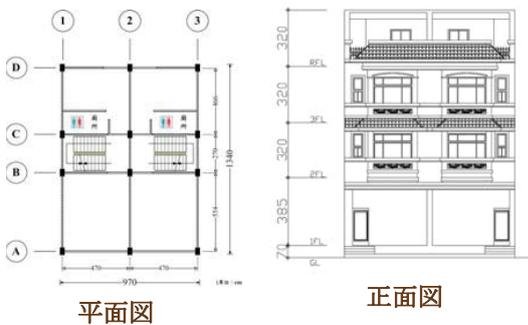
ご清聴ありがとうございました

<https://www.youtube.com/channel/UCkqFe9pQB9u5bYvmuRrIZTw>

NAR Labs 建築実験研究科

23

建物例 2



NAR Labs 建築実験研究科

21

デイヴ・ブランズドン(ニュージーランド ケストレル・グループ ディレクター)
「ニュージーランドにおける地震後の構造、地盤の応急危険度判定」



ニュージーランドにおける 地震後の構造・地盤の応急危険度判定



デイヴ・ブランズドン

2020年2月5日
「自然災害直後の建築物の危険度判定の今後」シンポジウム(東京)



建築物危険度判定の実例

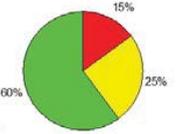
2010年9月4日ダーフィールド地震(マグニチュード7.1)

- 応急危険度判定:
 - 商業用建物 1,300(レッド7%、イエロー22%、グリーン71%)
 - 住宅用建物 7,000(レッド4%、イエロー14%、グリーン 82%)
- 約75名のエンジニアおよび175名の建築物検査員
- 9月4日から16日まで地域内で非常事態宣言



2011年2月22日クライストチャーチ地震

- 応急危険度判定
 - 商業用建物 8,000(レッド15%、イエロー25%、グリーン60%)
 - 住宅用建物 70,000(レッド1,800棟)
- 約500名のエンジニアおよび300名の建築物検査員
- 2か月にわたり全国に非常事態宣言




プレゼンテーションの概要

- 2010年と2011年のカンタベリー地震、および2016年のカイクウラ地震後にニュージーランドで取られた制度上の重要な改善策
- 応急危険度判定の限界を知る
- 地震後の建物管理全体において応急危険度判定が果たす役割について知る
- ニュージーランドの現行制度、その実効性と課題



カンタベリー地震後の施策



- 新しい現場対応マニュアル
 - 地震、浸水、地盤の各災害に対応
- 新書式



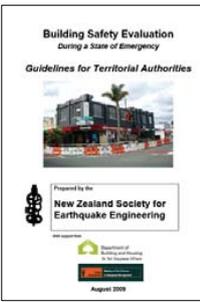
- 新しい掲示板一色の変更と平易な言葉遣いの採用
- ウェブ上で有用な情報を提供

www.building.govt.nz



ニュージーランドにおける危険度判定制度の発展

- ATC-20に基づき、1990年代に初めてガイドラインを設定
- 2007年ギズボーン地震を経て2009年に改訂
- 2009年インドネシア・パダン沖地震の経験を反映した改訂
- 2010年9月4日ダーフィールド地震後に実施
- 2011年2月22日クライストチャーチ地震後に改訂
- 2016年11月14日カイクウラ地震から新しい教訓を得る
- 法律ならびに書類を改訂




応急構造危険度判定

レベル1:

一般的には建物外部の検査のみで判定を行う

1棟当たりの所要時間は通常20分

判定後の実施事項:

- 危険度を建物に表示
- 本部で集計(追加の評価が必要な建物にはマーク付け)
- 危険な地域への立ち入り禁止措置を勧告

レベル2:

建物外部および内部の検査に基づいて判定を行う

1棟当たりの所要時間は通常2時間から4時間

6



応急地盤危険度判定

判定の対象となる不安定地盤の種類:

- 地すべり
- 巨礫の落石
- がけ崩れ(落石)
- 土石流



判定評価(人命に対するリスクおよび建物の使用適性):

低リスク
中リスク
高リスク

対象建築物被災状況評価

- 対象建築物被災状況評価(Targeted Damage Evaluation、略称TDE)という判定方法が早急に考案され、特定の建物タイプに対する判定を行うこととした(www.sesoc.org.nz)
- ウェリントンにある5階建てから15階建てのコンクリート製でプレキャスト床がある建物約70棟を対象に3か月にわたって判定を実施

- 約50%の建物において応急危険度判定では分からなかった問題が明らかになった。



2016年カイクウラ地震が提起した新たな課題

政策研究大学院大学
NATIONAL GRADUATE INSTITUTE
FOR POLICY STUDIES

地方自治体およびエンジニア向けの新しいガイダンス

- 2018年にビジネス・イノベーション・雇用省が政府の新しいガイダンスを発行
- 非常事態発生後の建物管理に関する理解を深めるために、地方自治体向けの支援策やトレーニング方法を開発中



11

政策研究大学院大学
NATIONAL GRADUATE INSTITUTE
FOR POLICY STUDIES

2016年カイクウラ地震で確認された新たな課題

- 断層破壊によって、南島の遠隔地コミュニティが影響を受けるとともに、大規模な地滑りが発生
- 3地域において建築物応急危険度判定を実施したものの、実施方法を完全に理解できていなかった
- 大都市と遠隔地の両方に対応するための技術者不足
- ウェリントンでは非常事態が宣言されなかったために、危険度判定の実施指令あるいは建物所有者に対する情報提供指令が行われなかった。

9

政策研究大学院大学
NATIONAL GRADUATE INSTITUTE
FOR POLICY STUDIES

緊急時の建物管理

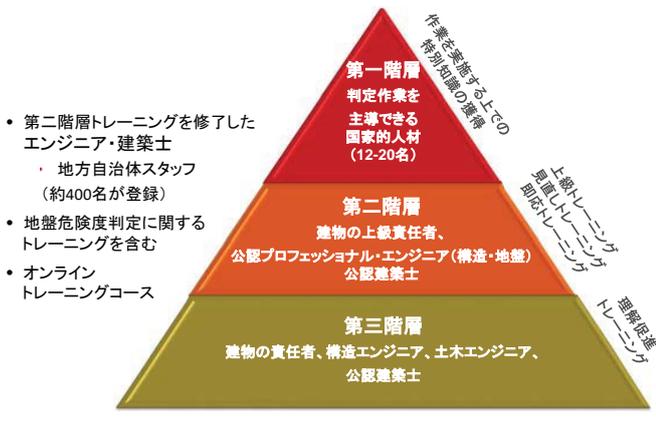
重要項目:

1. 緊急事態の程度、および被害を受けた地域内にある建物に対してどのような影響があるのかについて把握する
2. 建物の内部あるいは周囲における公共の安全に対して懸念があると判断される区域内で、応急の建物危険度判定を実施する
3. 応急の建物危険度判定を行うあらゆる区域の内外における公共安全課題に対処する
4. 緊急事態によって引き起こされた問題に対処することによって、被害を受けたコミュニティが通常の状態に復帰できるようにする

12

政策研究大学院大学
NATIONAL GRADUATE INSTITUTE
FOR POLICY STUDIES

応急建物危険度判定:獲得能力、人数枠、トレーニング内容



居住適性

FEMAの住宅関連政策において、居住適性には、「安全である」こと、「衛生的である」こと、「機能的である」ことのすべての側面が含まれるとしている

- 「安全である」とは、災害によって起きる危険な状況あるいは脅威から居住者が守られていることをいう
- 「衛生的である」とは、災害によって発生する衛生上のリスクが無いことをいう
- 「機能的である」とは、使用目的に沿った形で住居が使用できることをいう

16

2019年の建築法改訂

- 新しい建築法に「緊急時の建物管理」が追加
- 建物の検査、掲示板の設置、入場制限、リスク緩和、所有者の報告義務、建物の欠陥の調査などに関する権限
- 大臣の承認があれば、「非常事態」あるいは「移行期間」が宣言されていない場合でも適用可能
- 状況に応じた適用が求められる – 人権・財産権を守るための枠組も設定

14

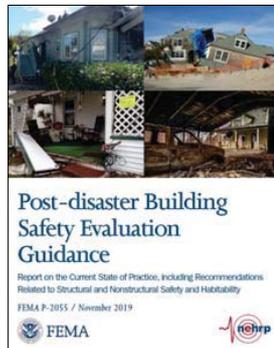
まとめ:ニュージーランドの制度およびその実効性

- ニュージーランドでは、応急危険度判定を実施するために訓練された人材が、カンタベリー地震以降大幅に増加した
- 現場においてデータを電子的に記録することに関しては、機器および記録方法の進歩が見られた
- 新しい法律および政府の計画によって、建物管理者と緊急事態管理者の間の連絡システムが明確になった
- 一言で言えば、ニュージーランドにおいては、今や判定システムの完成に必要な要素がすべて揃っている:「現場マニュアルまで法律を浸透させよう」

17

その他の国際的な動き

- 2019年11月にアメリカの連邦緊急事態管理庁が「被災後の建物安全度評価のガイドダンス」(FEMA P-2055 *Post-disaster Building Safety Evaluation Guidance*)を発行
- 安全度評価の実施現況報告書
- 構造上の安全性に加え居住適性に関する課題にも言及



15

まとめ:直面する課題

- 緊急即応時における重要項目の優先付けができていない
- 効果的な備えをしておくためには、地方自治体によるリーダーシップおよび真剣な取り組み、そして国の建築行政を掌るビジネス・イノベーション・雇用省の支援が必要
- 具体的な不足事項:
 - 現場を指導するリーダーの人選とトレーニング
 - 初期対応段階において建物の計測機器データにアクセスしデータを活用するための規定

18



ありがとうございました。質問をどうぞ。



デイヴ・ブルズドン (Dave Brunson)
db@kestrel.co.nz



向井智久(建築研究所 構造研究グループ 主任研究員)
 「3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状」

3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状

国立研究開発法人 建築研究所
 構造研究グループ 向井 智久

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

0

3次元レーザースキャナーとは

目的にあった計測手法の選択が必要

高い	点の解像度	低い
狭い	計測可能範囲	広い
良い	可搬性	悪い
安い	コスト	高い

リーグルジャパンより提供

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

4

本発表の流れ

1. レーザースキャナーとは？
地上固定型・飛行型
2. レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究による取組み
部材レベルの損傷評価、実建物での検討
3. まとめ

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

1

本発表の流れ

1. レーザースキャナーとは？
地上固定型・飛行型
2. レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究による取組み
部材レベルの損傷評価、実建物での検討
3. まとめ

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

5

3次元レーザースキャナーとは

測定原理: TOF(タイム・オブ・フライト方式)

$$r_m = \frac{c \cdot (T_{st} - T_{st'})}{2}$$

Speed of light
 $c_0 = 299\,792\,458 \text{ m/s}$

リーグルジャパンより提供

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

3

建築研究所における取組み

○建築研究所研究課題:基礎検討
既存建築物の地震後継続使用のための耐震性評価技術の開発(2016年~2018年)
 目的:被災建築物の地震後継続使用性を早期に判定する技術の調査・抽出・検証

アドオン

OPRISM(官民研究開発投資拡大プログラム)課題:実用化
迅速な被災度等判定システム及びデータプラットフォームの構築に関する研究(2018年~)
 目的:被災観測データの解析により被災地の建築物を使い続けてよいか迅速に評価・共有・表示できるシステムを開発

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

6

取組み状況

- 部材レベル：浮き剥落の局所的損傷を評価可能
- 実大架構試験体：水平残留変位の評価が概ね可能
- 熊本で杭基礎が被災し上部構造物が傾斜した建築物：柱の沈下量の評価が概ね可能。床の鉛直変位分布や各柱の傾斜角も評価できる可能性あり。益城町周辺の被害分布について表示できた。今後詳細検証が必要。
- 端島の30号棟：過去2年間の劣化性状の比較を行い、点群計測データの活用方法を提示。
- 建築研究所本館に損傷模擬材を取り付けて被災前後状態を想定した各種レーザー機器による計測を行い、その適用を確認。

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

9

実大5層架構試験体の残留変形計測結果

直交部材面の切出

点群から算定した各階残留変形が変位計測値に対して概ね整合

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

13

実大5層架構試験体の残留変形計測

壁つきフレーム構面

窓サッシの損傷計測(1階)

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

10

被害事例：1981年以前に設計された耐震補強建築物

耐震補強された庁舎で杭が損傷した事例：杭の損傷により上部構造物の傾斜を確認

1980年3階建て庁舎(2012年補強)
Is値：補強前0.3程度 補強後0.7以上
上部構造の被災度：中破
傾斜したまま使用、取壊し済み

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

14

実大5層架構実験状況

1層中柱

全景

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

11

上部構造物の多様な損傷調査

○構造部材の損傷度調査(専門技術者の目視, 高解像度カメラ, 地上型3次元レーザースキャナー, 微動計, 材料抜き取り)

技術者目視

高解像度カメラ

3Dレーザースキャナー

コンクリートコア

鉄筋

微動計測

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

15

基礎構造の損傷調査
 ○杭基礎、フーチング、基礎梁部材の損傷度調査（掘削工事と技術者による目視判定、基礎部材のコア抜き）

Building Research Institute

16

まとめ

建築研究所で取り組んでいる研究内容として、3次元レーザースキャナーを用いた被災建築物の損傷評価に関する研究の現状について紹介した

レーザースキャナーの特徴を活かした適切な計測を行うことで、被災建物の損傷情報を高密度かつ高品質に得ることができる。

このような技術が広く普及した場合、膨大な損傷情報を収集できることから、より**高精度に被災建築物の損傷性状を把握**できるとともに、**既往判定のための調査の迅速化**に寄与できる可能性もある。

Building Research Institute

23

基礎構造の損傷調査
 ○杭基礎、フーチング、基礎梁部材の損傷度調査（掘削工事と技術者による目視判定、基礎部材のコア抜き）

Y1構面（東西方向）の基礎構造の変形状況

基準地点高さ

西 東

47mm
 ⑦ 50mm 6.4%
 ③ 2.9%
 ① 50mm 3.8%

X2構面（南北方向）の基礎構造の変形状況

基準地点高さ

南 北

47mm 78mm 123mm 168mm
 ⑦ 3.7%
 ⑧ 1.4%
 ⑪ 1.9%
 ⑫ 2.9%

Building Research Institute

17

3次元地上型レーザースキャナーによる計測調査結果

構面	階	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
V1	BF	-	1/203	1/212	1/466	1/291	1/294	1/291	1/185	1/146	1/194
	DF	-	1/151	1/172	1/187	1/223	1/166	1/233	1/133	1/130	1/145
	1F	-	1/198	1/198	1/152	1/223	1/203	1/181	1/147	1/147	1/102
	平均	-	1/207	1/192	1/213	1/242	1/200	1/226	1/152	1/141	1/137
V2	BF	-	1/168	1/223	1/139	1/114	1/214	1/130	1/141	1/152	1/108
	DF	-	1/190	1/146	1/181	1/105	1/120	1/106	1/162	1/114	1/123
	1F	-	1/187	1/166	1/152	1/117	1/131	1/114	1/131	1/142	1/142
	平均	-	1/181	1/173	1/155	1/112	1/145	1/116	1/144	1/134	1/123
V3	BF	1/276	1/141	1/168	1/179	1/132	1/173	1/230	1/212	1/161	1/151
	DF	1/216	1/265	0	1/175	1/173	1/143	1/152	1/146	1/112	1/107
	1F	1/126	1/179	1/111	1/138	1/156	1/101	1/139	1/122	1/140	1/150
	平均	1/185	1/183	1/200	1/161	1/152	1/133	1/165	1/152	1/135	1/132
V4	BF	1/192	1/117	1/108	1/116	1/105	1/121	1/128	1/140	1/81	1/99
	DF	1/104	1/146	1/147	1/160	1/156	1/189	1/428	1/155	1/156	1/82
	1F	1/187	1/162	1/146	1/99	1/123	1/166	1/123	1/124	1/111	1/137
	平均	1/116	1/134	1/131	1/140	1/125	1/153	1/164	1/138	1/108	1/101

Building Research Institute

18

楠 浩一(東京大学 教授)

「応急危険度判定の効率化に向けた技術開発、実用化に向けた取組みと課題等」

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

応急危険度判定の効率化に向けた技術開発、実用化に向けた取組みと課題等

東京大学 地震研究所
楠 浩一

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

応急危険度判定の現状

- 技術者の目視による
 - 日数がかかりすぎる
 - 兵庫県南部地震では5,068人で46,000棟調査するのに19日
- 多くの「要注意」の判定
- 技術者により判定結果がばらつく



自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

応急危険度判定

- 本震直後には
建物の残余耐震性能を早急に判断
- 必要な耐震性能を有しない建物
 - 余震による被害を軽減する
- 必要な耐震性能を有する建物
 - 避難者の数を減らす

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

応急危険度判定の現状

- 超高層建物ではそもそも目視調査は非現実的
- 一般的には大きな被害が生じるとは考えにくい。
- 仮に、目立った被害が見受けられなくても、被害調査結果がないと、事業再開が出来ない。

→ダウンタイムの増加
安全であることが分かるだけでもニーズがある



自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

応急危険度判定とは

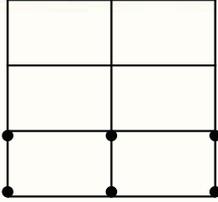


調査シートを用いた目視による判断

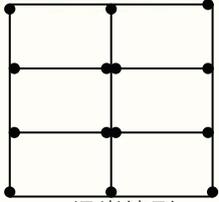
自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

応急危険度判定の現状



柱崩壊型



梁崩壊型

- 柱の損傷を調査
- 全階の梁の損傷を調査

梁崩壊型となる全体崩壊型が推奨されている
→天井仕上げなどで、調査も困難

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

熊本地震



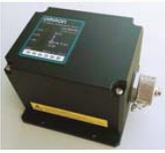

- 4月14日 Mw = 6.2
- 4月16日 Mw = 7.0
- 死者 120名

目視では間に合わない!

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

センサおよびサーバ



センサ
IoLAM
20万円
PoE



センサ
Tinker
1.2万円
AC 5V



サーバ
Mac Mini
20万円
25 ch



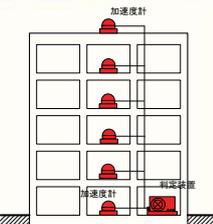
サーバ
ラズベリーパイ
6千円
5 ch

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

センサーの利用(Sensors)

- 建物にセンサーを設置して建物の状態を判断できないか?
- センサーを用いる利点
 - 地震後速やかに判断できる
 - 目視できなくても判断できる
 - IoT技術を使えば、早急に情報を集約できる

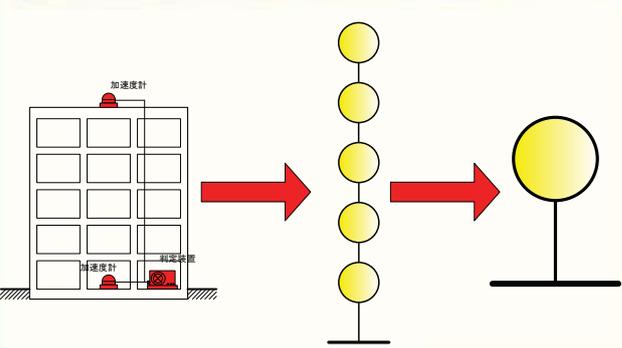


既に多くの建物にセンサーは設置されている。

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

建物全体の挙動を1自由度系に



自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

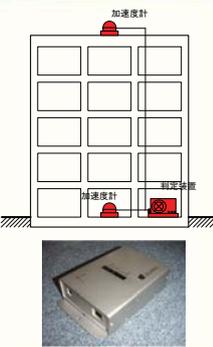
Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

モニタリング手法の一例

- 目視の問題を解決するために・・・

**性能曲線と要求曲線を比較
機械で計測**

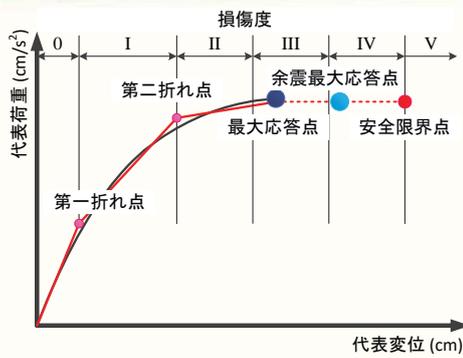
- 数個の安価な加速度計を設置
- 応答変位は計測加速度から
- 限界耐力計算法を援用



自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

本震と余震の損傷度



損傷度

代表荷重 (cm/s²)

代表変位 (cm)

第一折れ点

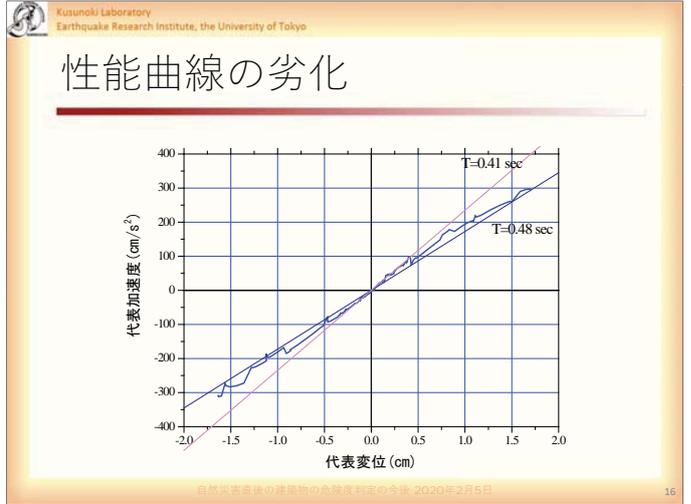
第二折れ点

最大応答点

余震最大応答点

安全限界点

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日



Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

例1 横浜国立大学

- 建築学棟
- SRC構造
- H= 30.8 m
- 8-story + 1 BF
- 2008年計測開始
- 東北地震前に補強

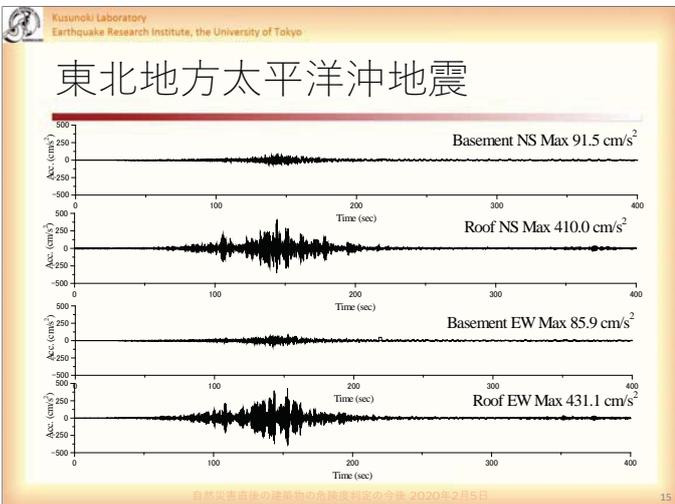
自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日 14

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

実際の被害程度

- 連層壁の脚部に軽微な曲げひび割れ
- 実被害状況とよく対応している
- システムは有効に稼働
- 結果は、建築学棟の教員に伝達された

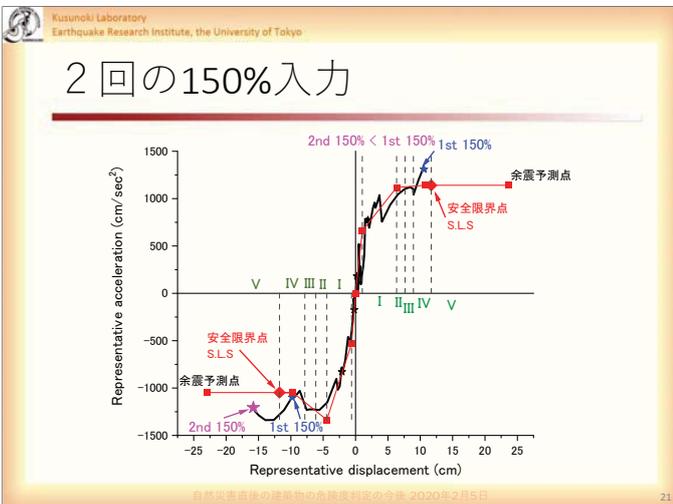
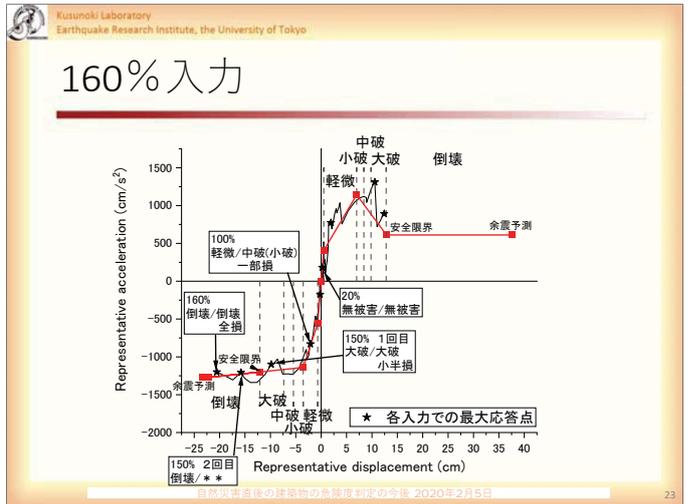
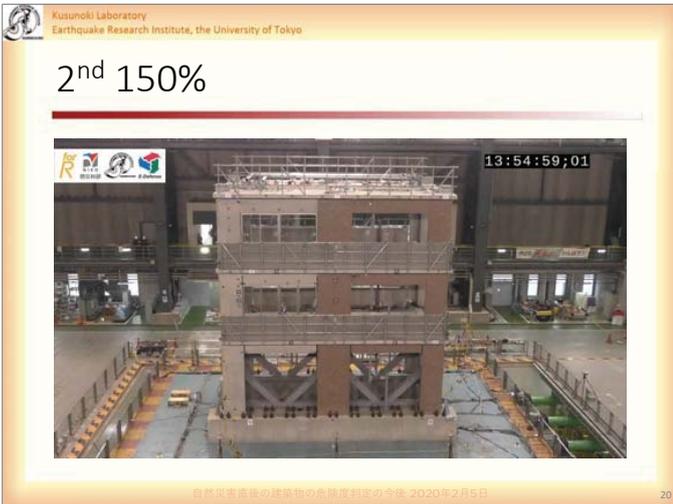
自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日 17



Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

実大3層RC造試験体

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日 18



- Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo
- ### 課題
- 応急危険度判定/被災度区分判定とモニタリング結果の関係の明確化
 - モニタリング技術の整理
 - 精緻な計測 簡易な計測
 - 数値モデルの利用 実測のみから判断
 - 技術的な問題点
 - 観測ノイズ, データ転送形式, ビッグデータ
 - 観測データの学術利用
- 自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

Droneを用いた被害調査

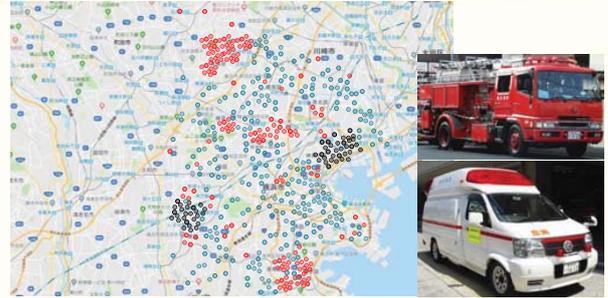
- GPS搭載により、自律性が高い
- 姿勢制御による安定性
- 完全自立飛行タイプもある
- ローターが高速回転する
- 比較的軽い（1～2kg）
- 電波干渉に注意
- 天候に左右される
- 電池のもち
（エンジン化？）



自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

25

地域の被災状況把握



- 地域の被災状況を面的にリアルタイムで把握

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

28

Droneによる頂部の調査



大阪大学 真田准教授 撮影

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

26

Thank you for your kind attention

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

29

その他の技術：GPS観測



G-1～8（30号棟設置機器）：屋上の柱に治具固定＋
電源は3号棟のソーラーパネルから送電

BRI: Tomohisa Mukai

自然災害直後の建築物の危険度判定の今後 2020年2月5日

27

2. Handout

※Presentation materials of Mr. Gojo and Mr. HURTADO GAJARDO are replaced by the materials used in the symposium.
※Page numbers are revised accordingly.

Symposium on

“ Future of post-disaster assessment for buildings ”

HANDOUT (English ver.)

February 5, 2020
Sokairo Hall, GRIPS



Hosted by: National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS), Building Research Institute (BRI)
Supported by: National Institute for Land and Infrastructure Management of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, The Japan Building Disaster Prevention Association, Japan Council for Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings, Japan Federation of Architects & Building Engineers Association, Japan Association of Architectural Firms, The Japan Institute of Architects, Japan Structural Consultants Association, Japan Federation of Construction Contractors, Condominium Management Companies Association, Urban Renaissance Agency, Japan Housing Finance Agency, Architectural Institute of Japan, Japan Academic Network of Disaster Reduction, Consortium for Building Research & Development, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

Contents

Program	1
Profile of Moderators and Presenters	2
Wataru GOJO (Senior Technical Counselor, Japan Building Disaster Prevention Association) “History of Japan’s system and future options for improving it”	3
Suguru HIRAYAMA (Chief Examiner, Building Disaster Prevention Section, Osaka Prefectural Government) “Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Osaka”	9
Tatsuya AZUHATA (Chief Research Engineer, IISEE, BRI) “Technical Support Examples for Post-Earthquake Quick Inspection Methods to Developing Countries from Japan”	26
Eduardo Orlando HURTADO GAJARDO (Head of Engineering and Construction Department, Public Building Division, National Directorate of Architecture, Ministry of Public Works, Chile) “Quick Inspection Method of Buildings Damaged by Earthquakes in Chile”	29
Lap-Loi CHUNG (Deputy Director General, National Center for Research on Earthquake Engineering, and Professor, National Taiwan University, Taiwan) “Technology and mechanism on post-earthquake emergent evaluation of damaged buildings in Taiwan”	34
Dave BRUNSDON (Director, Kestrel Group, New Zealand) “Rapid post-earthquake structural and geotechnical assessments in New Zealand”	38
Tomohisa MUKAI (Senior Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI) “Overview on damage evaluation for buildings subjected to severe earthquake using some 3D laser scanners”	42
Koichi KUSUNOKI (Professor, The University of Tokyo) “Development and implementation of new technologies for the rapid inspection method”	45



Symposium on
“Future of post-disaster assessment for buildings”

Hosted by National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS) and Building Research Institute (BRI)



Post-earthquake quick inspection of damaged buildings aims to prevent secondary disasters by inspecting the buildings hit by large earthquakes and evaluating the risks including building collapse, fall of exterior walls and window glass and the overturn of building equipment that may be caused by aftershocks. In the symposium, presentation will be made on the lessons from the past disasters and relevant R&D both within and outside Japan, and issues on future of post-disaster assessment for buildings will be explored.

Date and time: Wednesday, February 5, 2020 1:30pm – 5:00pm Open from 1:00pm

Venue: Sokairo Hall, 1st Floor of GRIPS (See map below) (Max. 300 persons)

Language: Japanese/English (simultaneous translation provided)

Hosted by: National Graduate Institute for Policy Studies, Building Research Institute

Supported by: National Institute for Land and Infrastructure Management of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, The Japan Building Disaster Prevention Association, Japan Council for Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings, Japan Federation of Architects & Building Engineers Association, Japan Association of Architectural Firms, The Japan Institute of Architects, Japan Structural Consultants Association, Japan Federation of Construction Contractors, Condominium Management Companies Association, Urban Renaissance Agency, Japan Housing Finance Agency, Architectural Institute of Japan, Japan Academic Network of Disaster Reduction, Consortium for Building Research & Development, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

Program:

MC: Masaru SUGAHARA (Professor, GRIPS)

1:30-1:40pm Introductory Remarks

Yasuo OKUDA (Director, Dept. of Structural Engineering, BRI)

1:40-5:00pm Presentation and Panel Discussion

Moderator: Yoshiaki NAKANO (Professor, The University of Tokyo)

1:40-3:50pm Presentation

1. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Japan

Wataru GOJO (Senior Technical Counselor, Japan Building Disaster Prevention Association)

“History of Japan’s system and future options for improving it”

Suguru HIRAYAMA (Chief Examiner, Building Disaster Prevention Section, Osaka Prefectural Government)

“Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Osaka”

2. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in various countries

Tatsuya AZUHATA (Chief Research Engineer, IISEE, BRI)

“Technical Support Examples for Post-Earthquake Quick Inspection Methods to Developing Countries from Japan ”

Eduardo Orlando HURTADO GAJARDO (Head of Engineering and Construction Department, Public Building Division, National Directorate of Architecture, Ministry of Public Works, Chile)

“Quick Inspection Method of Buildings Damaged by Earthquakes in Chile”

Lap-Loi CHUNG (Deputy Director General, National Center for Research on Earthquake Engineering, and Professor, National Taiwan University, Taiwan)

“Technology and mechanism on post-earthquake emergent evaluation of damaged buildings in Taiwan ”

Dave BRUNSDON (Director, Kestrel Group, New Zealand)

“Rapid post-earthquake structural and geotechnical assessments in New Zealand”

3. Trend of R&D relevant to post-earthquake quick inspection of buildings

Tomohisa MUKAI (Senior Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI)

“Overview on damage evaluation for buildings subjected to severe earthquake using some 3D laser scanners”

Koichi KUSUNOKI (Professor, The University of Tokyo)

“Development and implementation of new technologies for the rapid inspection method”

Break 3:50-4:00pm

4:00-5:00pm Panel Discussion: Future of post-disaster assessment for buildings

- Efficient methods for data collection and analysis on damages in case of wide area earthquake -

5:00pm Closing

Access to GRIPS
 7-22-1 Roppongi, Minato-ku, Tokyo

Free of charge (Pre-registration required)
 Please register from the link below or QR code
 by 3rd February, 2020

<https://forms.gle/STUfDkkUKNQ62szD6>

Contact: GRIPS E-mail: grips.dms@gmail.com



Profile of Moderator and Presenters



Yoshiaki NAKANO

Professor, The University of Tokyo

Yoshiaki Nakano, Ph.D., is professor of the Institute of Industrial Science, The University of Tokyo. His expertise is structural performance evaluation and its upgrading, post-earthquake/tsunami damage assessment, especially of reinforced concrete and masonry infilled buildings. He is currently serving as a Vice President of International Association of Earthquake Engineering (IAEE) and the President of JAEE.



Wataru GOJO

Senior Technical Counselor, Japan Building Disaster Prevention Association

Dr. Wataru Gojo (PhD in engineering) started his career in 1980 at Ministry of Construction, and joined Building Research Institute (BRI) and National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIN) in 1996 to research structural safety of building and performance-based standard for more than 20 years.



Suguru HIRAYAMA

Chief Examiner, Building Disaster Prevention Section, Osaka Prefectural Government

Entered Osaka Prefectural Government in 1994, mainly responsible for the Building Standard Law related works (Building Regulation Conformity Inspectors). Responsible for the headquarters of post-earthquake quick inspection of damaged buildings after the Northern Osaka Prefecture Earthquake.



Tatsuya AZUHATA

Chief Research Engineer, IISEE, BRI

Ph.D. in Earthquake Engineering at Chiba University, in 1993. Entered Ministry of Construction in 1993. After working at the Housing Bureau, National Institute for Land and Infrastructure Management, etc., he has been engaging in the international training program at the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE, BRI) since 2014.



Eduardo Orlando HURTADO GAJARDO

Head of Engineering and Construction Department, Public Building Division, National Directorate of Architecture, Ministry of Public Works, Chile

Civil Engineer, Pontifical Catholic University of Chile, in 1998, and Diploma in energy efficiency and solar energy thermal in public building, University of Chile. After working in construction building, design and construction of pavement and concrete industry at private sector at the beginning, next as Academic Coordinator and Professor in Courses Structure, Construction Management and Highway Design at the Central University of Chile, has worked since 2008 as Fiscal Structures Inspector and since 2012 Head of Department of Engineering and Construction, at National Directorate of Ministry of Public Works.



Lap-Loi CHUNG

Deputy Director General, National Center for Research on Earthquake Engineering, and Professor, National Taiwan University, Taiwan

Lap-Loi Chung got the B.S. degree in Civil Engineering from National Taiwan University, and M.S. and Ph.D. degrees from State University of New York at Buffalo. He joined National Center for Research on Earthquake Engineering in 1992 and dedicated to mitigation of earthquake disasters. His research interests include seismic design, seismic evaluation, seismic retrofit and vibration control.



Dave BRUNSDON

Director, Kestrel Group, New Zealand

1984 Master of Engineering from the University of Canterbury; Distinguished Fellow of Engineering New Zealand; Life Member of the NZ Society for Earthquake Engineering and the Structural Engineering Society of NZ; Principal Engineering Adviser to a range of government agencies and local authorities.



Tomohisa MUKAI

Senior Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI

Dr. Mukai received his Ph.D. in Faculty of Science and Engineering from Tokyo University of Science in 2003, M.S. from Tokyo University of Science in 1999. His research focus on performance based seismic design for buildings, especially damage evaluation of RC structure.



Koichi KUSUNOKI

Professor, The University of Tokyo

1999: Doctor (Engineering) from the University of Tokyo (UoT), research associate of the Institute of the Industrial Science, UoT, 2002: Researcher of Building Research Institute(BRI), 2003: Senior Researcher of BRI, 2006: Associate Professor of Yokohama National University, 2014: Associate Professor of Earthquake Research Institute (ERI), UoT, and 2018: Professor of ERI.

Wataru GOJO (Senior Technical Counselor, Japan Building Disaster Prevention Association)
 “History of Japan’s system and future options for improving it”

Symposium on
 “Future of post-disaster assessment for buildings”

1. Practices and issues on post-earthquake quick inspection of buildings in Japan

History of Japan’s system and future options for improving it

February 5, 2020

GOJO Wataru, Japan Building Disaster Prevention Association

1

1. History and role of post-earthquake quick inspection of buildings
 1-1 History

- In 1995 Kobe earthquake, post-earthquake quick inspection of buildings was conducted widely with the cooperation of the whole country, which was a trigger to establish the application system nationwide, including training system of risk inspectors.
- After that, post-earthquake quick inspection of buildings was applied for subsequent earthquakes including 1995 Niigata earthquake and 1997 Kagoshima earthquake.
- Through these experiences, the importance of post-earthquake quick inspection was confirmed, and, in 1998, the “post-earthquake quick inspection” part of “the Standard for Detailed Damage Assessment and the Restoration Technical Guidelines of Earthquake Damaged Buildings” was reorganized and published separately as “Manual for Post-earthquake Quick Inspection of Damaged Buildings”.
- In the United States, “Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings (ATC20)” was compiled by the Applied Technology Council (ATC) after 1985 Mexico Earthquake, which were used in 1989 Loma Prieta earthquake and 1994 Northridge earthquake.

4

1. History and role of post-earthquake quick inspection of buildings
 1-1. History
 1-2. Role

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
 2-1. Inspection method
 2-2. Implementation system

3. Recent application examples and future issues
 3-1. Examples
 3-2. Future issues

➢ Information on international technology transfer

※ Main reference materials for 1 and 2: FY2002 Construction Technology Transfer Guidelines Formulation Survey (post-earthquake quick inspection) Report (March 2003, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism; International Construction Technology Association)

2

1. History and role of post-earthquake quick inspection of buildings
 1-2 Role

- The next figure shows the flow of necessary measures for buildings damaged by earthquakes, which have two different objectives:
 - ◆ Emergency measures (post-earthquake quick inspection of buildings, and emergency restoration) to prevent damaged buildings by the main shock from being damaged again by aftershocks and endangering human lives
 - ◆ Measures for continuous use of buildings (detailed damage assessment, and permanent restoration)
- Post-earthquake quick inspection of buildings for aftershocks, detailed damage assessment for permanent use, and seismic capacity evaluation of existing buildings are based on similar technology and may be confused at times.
- Other inspections which may be confused or have similar purposes include housing damage evaluation (disaster damage certificate) for public assistance and damage certification for earthquake insurance payments.

5

1. History and role of post-earthquake quick inspection of buildings
 1-1 History

- In 1985, methods for “post-earthquake quick inspection” and “detailed damage assessment” of buildings were developed by the Ministry of Construction’s Comprehensive Technology Development Project called “Development of Restoration Technology for Post-Earthquake Structures”.
- These methods were applied experimentally to 1985 Mexico Earthquake damaged buildings by a JICA expert team dispatched from Japan.
- Then, the Japan Building Disaster Prevention Association established a committee (chaired by Hajime Umemura, Professor Emeritus of Tokyo University) to compile “the Standard for Detailed Damage Assessment and the Restoration Technical Guidelines of Earthquake Damaged Buildings” as an easy-to-use “popular edition” of above-mentioned methods, a part of which was the standard for post-earthquake quick inspection.
- The course of lectures on post-earthquake quick inspection of buildings and registration system of “risk inspectors” were started in Shizuoka and Kanagawa prefectures, but this movement did not spread nationwide.

3

1. History and role of post-earthquake quick inspection of buildings
 1-2 Role
 Flow of necessary measures for buildings damaged by earthquakes

6

1. History and role of post-earthquake quick inspection of buildings 1-2 Role

- The purpose of quick inspection is to examine buildings damaged by a large earthquake and determine the danger of collapse, falling of outer walls and window glass, falling of attached equipment, etc. due to aftershocks, thus prevent secondary disasters affecting people's lives.
- The post-earthquake quick inspection will be conducted immediately after the earthquake (within **about** one week at longest) to estimate how much the original seismic performance has declined due to the main shock. Consequently, the objective of the quick inspection is to judge the risk against aftershocks less affective than the mainshock.
- In other words, the quick inspection is not to ensure the safety when earthquakes larger than the main shock act on the damaged building. This can be said to be the limit of quick inspection.

7

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan 2-1 Inspection method (Procedures)

➤ Inspection of hazard from damage to adjacent buildings and surrounding ground:

Even a building does not immediately appear dangerous, if its surroundings and/or the site where the building is situated are deemed dangerous, the building is classified as unsafe. Thus inspectors inspect not only damaged buildings but also the possibility of collapse of damaged neighboring buildings and surrounding ground slopes/cliffs.

10

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan 2-1 Inspection method

- Quick inspections are performed by trained technicians (risk inspectors). After inspection, each building is categorized into one of the three classifications: "UNSAFE (red)", "LIMITED ENTRY (yellow)" and "INSPECTED (green)".
- The result of inspection is to be posted on each building such that not only the occupants but also pedestrians passing nearby can be easily aware of it.
- Quick inspection is conducted using one of the three types of inspection sheets prepared for wooden structures, steel structures, and reinforced concrete structures. It is basically performed through visual examination from outside the building. But, if necessary, upon the owner's consent, inside may be inspected.

8

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan 2-1 Inspection method (Procedures)

➤ Inspection of hazard from damage to building structural members :

Inspectors inspect building structural members to observe whether they will be able to resist aftershocks or not. Major points of inspection are described for each structural type.

- ◆ Steel structures require inspectors to inspect differential settlement, inclination of the building, buckling of members, fracture of bracings and damages of beam-column joints and column bases. The conditions of rust should also be inspected.

11

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan 2-1 Inspection method (Procedures)

- Procedures of quick inspection are as follows:
- Overall damage to buildings:
Inspection should be started by overall damage survey. When the building is obviously unsafe, to ensure their own safety, inspectors must not come too close to it and indicate "Unsafe (red)" without further inspection.

9

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan 2-1 Inspection method (Procedures)

- ◆ Reinforced concrete structures require inspectors to inspect the columns with the damage rank III and/or worse, and also the rate of number of columns with the damage rank IV and V to the total number of columns on the most severely damaged floor.
Damaged structural members are divided into five damage levels: ranks I (slight damage), II (light damage), III (medium damage), IV (heavy damage) and V (collapse).

12

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
2-1 Inspection method (Procedures)

➤Inspection of falling and/or overturning hazards:

- Inspectors are required to inspect the falling and/or overturning hazards to occupants and pedestrians of nonstructural members and facilities including roof tiles, window glass, finishing materials, exterior stairways, signboards, air conditioning facilities, concrete block walls and vending machines.

13

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
2-1 Inspection method

➤The scope of application (Reinforced concrete structure) is as follows:

- 1) Damaged reinforced concrete structure with general construction methods
- 2) Up to about 10 story or about 30m in height
- 3) High-rise buildings require careful judgment because:
 - ◆social impact would be greater if damaged again,
 - ◆columns may have high axial force, and
 - ◆axial force of columns may be increased due to overturning moment.

16

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
2-1 Inspection method (Procedures)

➤Overall rating

Inspectors decide the overall rating as the result of inspection by choosing the highest ratings of inspection categories, and post the evaluation placard.

They also write specific comments to inform the users/occupants of recommendations about the inspected hazards.

14

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
2-2 Implementation system

➤Post-earthquake quick inspection must be started immediately after the earthquake, and must be conducted in a short period of time, about 7 days after the earthquake.

Inspection should be conducted by two inspectors. Generally, it takes about 30 to 60 minutes for a reinforced concrete middle-rise building.

➤At the time of 1995 Kobe earthquake, *Kenchikushis* and other building engineers from all over Japan engaged in quick inspection activities after a short training course. About 46,600 buildings were inspected by a total of about 6,400 inspectors.

17

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
2-1 Inspection method

◆Placards of the final result



15

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in Japan
2-2 Implementation system

➤In Japan, the system has been developed as follows:

- 1) Development of the Standard for Post-earthquake Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings in 1991 (revised in 1998)
- 2) The course of lectures on post-earthquake quick inspection and registration system of "risk inspectors" were started in Shizuoka and Kanagawa prefectures in 1991 and 1992 respectively.
- 3) Established "Japan Council for Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings" in 1996 (consisting of central and prefectural governments, building-related organizations, etc.; secretariat: Japan Building Disaster Prevention Association). Local councils were set up in all prefectures to train and register inspectors. A mutual certification system for registered inspectors was established in 1998.
 - ※ Currently, the Japan Council conducts most of related activities.
 - ※ Currently, about 110,000 inspectors are registered nationwide
- 4) In 1997, the "Guideline of Post-earthquake Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings" and, in 1998, the "Operation Manual for Post-earthquake Quick Inspection of Earthquake Damaged Buildings" were formulated.

18

2. Post-earthquake quick inspection of buildings in 2-2 Implementation system

- 5) In 2000, inspection manuals were standardized nationwide, and video training material was created.
- 6) Contracted with insurance company of liability insurance to cover injury compensation and facility compensation for private inspectors, premiums of which are borne by local governments.
- 7) In 1999, guidelines for the basic concept of the cost payment of private inspection were formulated (in principle, paid by the local organizations of affected area). Subsidy system by the national government supporting inspection was established in 2004.
- 8) PR activities including publication of brochures (including English version) and periodical PR papers, and creation of the website
- 9) Nationwide liaison training and local inspection drills are implemented periodically.

19

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

- Conducted a survey on future issues in 2018
- Operational challenges
 - ◆ Improvement of methods for inspection results aggregation and database creation
 - ◆ Improvement of the operation system of each local government
 - ◆ Coordination with other similar systems such as detailed damage assessment (for permanent use) and housing damage evaluation (disaster damage certificate)
 - ◆ Establishment of operation system for quick inspection after wide-area/huge scale earthquakes such as the Great Nankai Trough Earthquake
 - ◆ Measures against shortage and aging of inspectors
 - ◆ Expand financial support for inspection activities
 - ◆ Improvement of information dissemination method

22

3. Recent application examples and future issues 3-1 Examples

➤ Examples of quick inspection operated for 1,000 or more buildings are as follows:

Year/month	Name of earthquake	inspectors	buildings
1995.1	Kobe	6,468	46,610
1997.3/5	Satsuma, Kagoshima	220	2,048
2000.10	Western Tottori	332	4,080
2001.3	Geiyo	636	1,763
2003.7	Northern Miyagi	743	7,245
2004.10	Chuetsu, Niigata	3,821	36,143
2005.3	Western offshore of Fukuoka	444	3,148

20

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

- Technical challenges:
 - ◆ Development of standard/procedures of inspection for high-rise buildings (more than 10 story) and special (uncommon) structures
 - ◆ Development standard/procedures of inspection for concrete block walls
 - ◆ Clarification of the cause of hazard for the occupants (building collapse or falling object, etc.)
 - ◆ Review of the standard
- Other challenges
 - ◆ Improvement and enhancement of equipment/material for inspection
 - ◆ Promotion of computerized and efficient inspection
 - ◆ Measures against strong aftershocks

23

3. Recent application examples and future issues 3-1 Examples

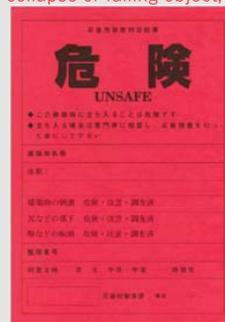
Year/month	Name of earthquake	inspectors	buildings
2007.3	Noto Peninsula, Ishikawa	391	7,600
2007.7	Chuetsu offshore, Niigata	2,758	34,048
2008.6	Iwate & Miyagi inland	624	4,139
2011.3	Great Tohoku	8,541	95,381
2011.3	Northern Nagano	229	2,318
2016.4	Kumamoto	6,819	57,570
2016.10	Central Tottori	450	7,311
2018.4	Western Shimane	198	6,627
2018.6	Northern Osaka	1,091	9,457

※ Please refer to the following presentation for the 2018 northern Osaka earthquake.

21

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

- Revision of placards as a countermeasure for the issue "Clarification of the cause of hazard for the occupants (building collapse or falling object, etc.)"



Revision of the format for "comments"



Additional sticker

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

➤ Technical Study Example 1: Examination of an efficient method for quick risk inspection/assessment by building Integrity monitoring technology (Implemented by the Japan Building Disaster Prevention Association with the participation of academics, the National Institute of Land and Infrastructure Management, the Building Research Institute)

- ◆ Utilize new technologies such as building health monitoring to make quick inspection more quick and accurate. The main target is high-rise buildings with 10 stories or more that are outside the scope of the current quick inspection. There remain both technical and operational challenges.

24

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

◆ Reference: Image of new system (template)

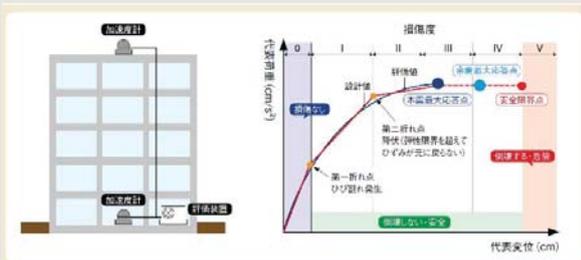


◆ 出展：建築研究所 ニュース

27

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

◆ Reference: Conceptual diagram
Inexpensive accelerometers are installed in several places in the building, and connected to evaluation devices (inexpensive computers) with cables. When an earthquake is detected, the evaluation device automatically calculates, from the acceleration, the magnitude of the force (load) applied to the building and the magnitude of the deformation (displacement) of the building, and draws a performance curve using the values on the vertical and horizontal axes. The degree of damage to the building can be determined from the position of the maximum response point. Furthermore, the maximum response point in the aftershock is estimated from the maximum response point of the main shock, and if it is before the safety limit, the building is determined to be safe for the aftershock, and if it exceeds, it is determined to be dangerous.



◆ 出展：東京大学地震研究所 ニュースレター

25

➤ International technology transfer

◆ Examples of achievements so far:

- September 1999- After **1999 Kocaeli Earthquake in Turkey**, at the request of the Turkish Government, Japanese experts of building risk assessment (emergency risk assessment) were dispatched to provide technical. They developed a **manual applicable to Turkey**.
- October 1999 During **1999 Chi-Chi Earthquake in Taiwan**, Japanese experts of building risk assessment (emergency risk assessment) were dispatched to provide technical assistance.
- July 2008- Japanese experts provided technical support for emergency risk assessment of buildings as part of the recovery and reconstruction support package for **2008 Sichuan Earthquake in China**.

3. Recent application examples and future issues 3-2 Future issues

➤ Technical Study Example 2: Development of "Quick inspection Support Tool" Utilizing Portable Terminal (Conducted mainly by the Building Research Institute)

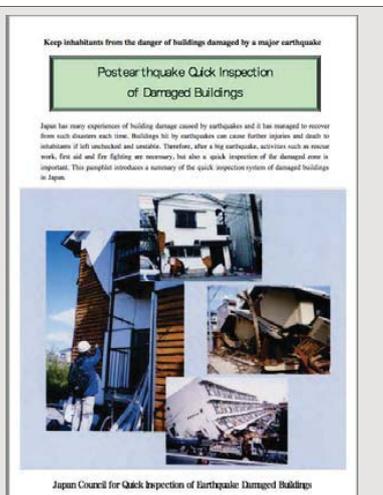
- ◆ Development started at the Building Research Institute after 1995 Kobe earthquake
- ◆ "Post-earthquake quick inspection support tool (training version)" that can be used on smartphones and tablets running iOS will has been released on "App Store" in 2013 for free distribution.
- ◆ Through trials in training, etc., issues for practical use have been clarified.
- ◆ In 2020, a new system (training version) with improved practicality by utilizing cloud GIS services, etc., has been released for Android and Windows (free distribution).

26

➤ International technology transfer

◆ Brochure in English

(http://www.kenchiku-bosai.or.jp/files/2013/11/oq_eng.pdf)



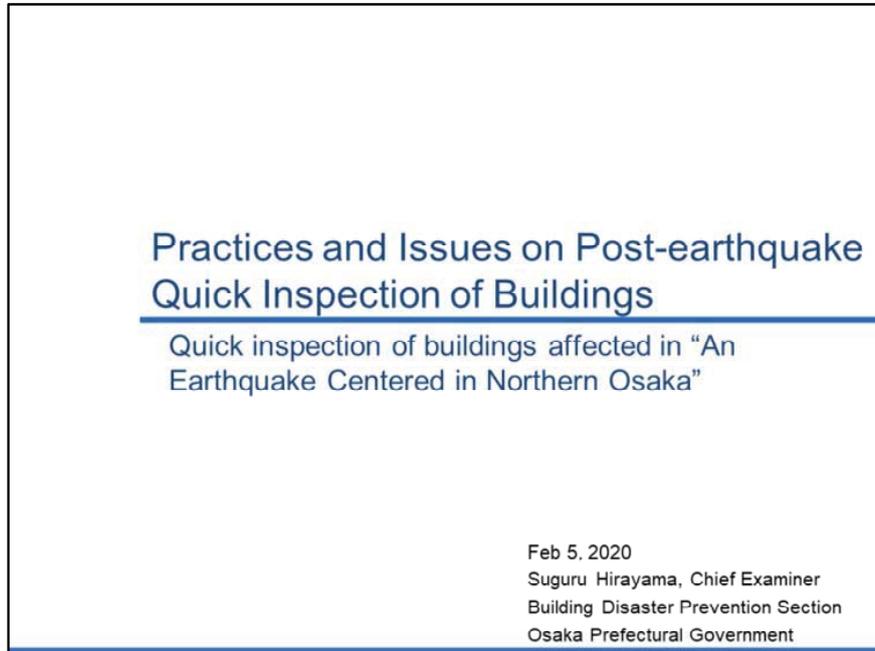
7

➤ International technology transfer

◆ QUICK INSPECTION MANUAL FOR DAMAGED REINFORCED CONCRETE BUILDINGS DUE TO EARTHQUAKES -Based on the Disaster of 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey-

(<http://www.nilim.go.jp/lab/bc/g/siryou/tnn/tnn0040pdf/ks0040.pdf>)





○ I am Hirayama from Osaka Prefecture.

○ I would like to explain how quick building inspection (emergency safety check) was applied in practice after the North Osaka Earthquake, which occurred in June 2018, and challenges identified through the practice.

Overview of Osaka Prefecture and the North Osaka Earthquake

Overview of Osaka Prefecture

(Monthly population estimate of Osaka Prefecture as of Dec. 1, 2019)

- Population: 8,825,588
- Households: 4,091,315

Date and time of earthquake occurrence:

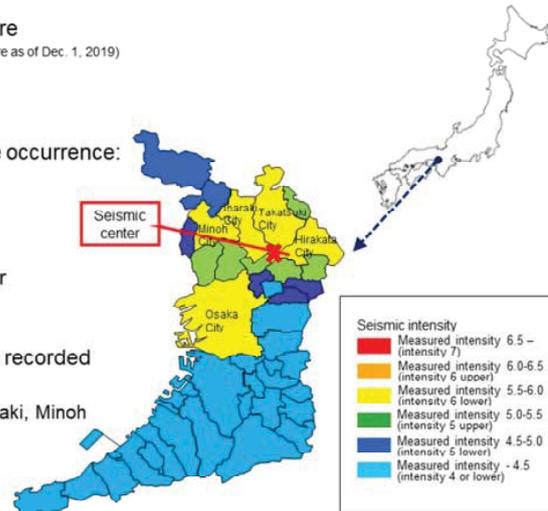
Jun. 18, 2018 AM7:58

Earthquake magnitude:

Maximum intensity of 6 lower

[5 cities in Osaka Prefecture recorded seismic intensity of 6 lower]

Osaka, Takatsuki, Hirakata, Ibaraki, Minoh



○ Let me give an overview of Osaka Prefecture. Its population was approximately 8.82 million and the number of households around 4,091 thousand as of the end of 2019.

○ This earthquake occurred in the northern part of Osaka Prefecture. Maximum seismic intensity of 6 lower was registered in 5 cities in total, Osaka City and 4 other cities in the northern part of Osaka Prefecture.

○ The earthquake broke out at 7:58 in the morning. It was right before the start of office hours, which made it difficult for Osaka Prefecture to take contact with the municipality governments in the prefecture. Furthermore, trains and some other public transportation systems became unavailable, inhibiting the mobility of prefectural staff, requiring a longer time to grasp the building damage situation.

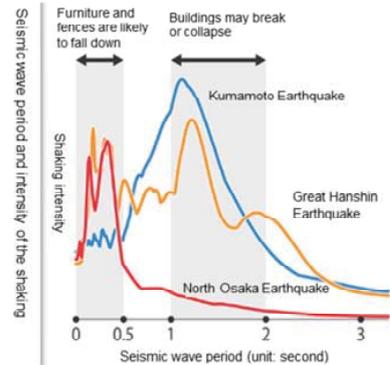
Damage caused by the North Osaka Earthquake

Personal and housing damage situation
(As of 12:00 AM, November 2, 2018)

Personal damage (number of casualties)		
Deaths The number in () represents related deaths	Seriously injured	Slightly injured
6 (1)	22	347

Building damage (number of buildings)		
Complete collapse	Half collapse	Partially damaged
18	512	55,081

Source: Osaka Prefecture website
"Situation of damage caused by the North Osaka Earthquake"



(Excerpt from Mainichi Shimbun: The graph shows the result of seismic wave analysis performed by Professor Yuki Sakai of Tsukuba University based on observation data)

Very short-period waves were strong among the wave components in the North Osaka Earthquake. As a result, few housings suffered damage to the building's construction as in cases of complete or half collapse, and most of the affected housings were only partially damaged. Collapse, crack and tilting of concrete-block fences were also observed.

2

○ The North Osaka Earthquake was characterized by very short-wave components (waves with periods of 0.5 seconds or less) as shown in the graph on the right. As a result, few housings suffered damage to the building's construction as in cases of complete or half collapse, and most of the affected housings were only partially damaged. Collapse, crack and other damages to concrete-block fences were also observed.

Results of the quick building inspection (emergency safety check)

- Inspection period: June 19 – 28 (10 days)
- Number of inspectors: 1,029 man-days

	Number of housings inspected	Inspection completed (Green)	Caution needed (Yellow)	Dangerous (Red)
Osaka City North Ward (Seismic intensity: 6 lower)	5,616	5,367 95.6%	236 4.2%	13 0.2%
Ibaraki City (Seismic intensity: 6 lower)	1,766	572 32.4%	941 53.3%	253 14.3%
Takatsuki City (Seismic intensity: 6 lower)	1,714	704 41.1%	838 48.9%	172 10.0%
Minoh City (Seismic intensity: 6 lower)	63	49 77.8%	14 22.2%	0 0%
Settsu City (Seismic intensity: 5 upper)	157	47 29.9%	87 55.4%	23 14.7%
Shimamoto Town (Seismic intensity: 5 upper)	45	21 46.7%	22 48.9%	2 4.4%
Total	9,361	6,760 72.2%	2,138 22.8%	463 5.0%

Housings that were identified as "Caution needed" or "Dangerous" due to damage caused to concrete-block fences.
 "Caution needed": 360 out of 2,138 cases (16.8%) "Dangerous": 69 out of 463 cases (14.9%)

3

- This slide shows the results of the quick building inspection.
- The inspections were carried out over a period of 10 days by inspectors totaling 1,029 man-days. A total of 9,361 housings were inspected.
- The inspection results were as shown in the "Total" row of the table. Approximately 5% of the inspected housings were identified as "Dangerous" and 23% as "Caution needed".

Risk factor breakdown of 463 housings identified as “Dangerous” (Red)

Risk factor breakdown by inspection item (by municipality)

Municipality	Looks dangerous at first glance [Inspection 1]	Damage to building construction only [Inspection 2]	Danger due to potential falling objects, etc. only [Inspection 3]	The two factors of Inspections 2 and 3 combined
Osaka City	15%	8%	54%	23%
Ibaraki City	5%	7%	49%	39%
Takatsuki City	2%	8%	64%	26%
Settsu City	5%	26%	30%	30%
Shimamoto Town	0%	0%	50%	50%
Total	4%	8%	55%	33%

* None of the housings inspected in Minoh City were identified to be “Dangerous”

Risk factor breakdown by inspection item (by type of construction)

Structure	Looks dangerous at first glance [Inspection 1]	Damage to building construction only [Inspection 2]	Danger due to potential falling objects, etc. only [Inspection 3]	The two factors of Inspections 2 and 3 combined
Wooden construction	3.5%	9.2%	51.3%	36%
Steel construction	16%	4%	76%	4%
RC construction	0%	0%	100%	0%

Breakdown of risk of potential falling objects red)

Exterior materials	48%
Roof tiles	35%
Concrete-block fences	13%
Others	4%

4

○ This slide shows the breakdown of the 463 cases identified as being “Dangerous” (Red), by risk factor, municipality and construction type.

○ Please take a look at the “Total” row of the table on the left showing risk factor breakdown by municipality. 4% of the inspected housings were identified through Inspection 1 as “Looks dangerous at first glance”; 8% were identified through Inspection 2 as “Dangerous due to structural damage to building construction”; 55% were identified in Inspection 3 as “Dangerous due to possibility of falling objects, etc.”; and 33% were identified through Inspections 2 and 3 as “Dangerous due to both structural damage and possibility of falling objects”.

○ The table on the upper right shows breakdown by type of construction. A similar trend can be seen in this breakdown as well.

○ The table on the lower right shows breakdown of risk of potential falling object (red). 48% were identified as dangerous due to the possibility of exterior materials falling; 35% due to roof tile; and 13% due to concrete-block fences.

Photo of inspection headquarters and on-site inspection



Inspectors were briefed at the headquarters



On-site inspection

5

○ The photo on the left shows inspectors being briefed at the headquarters, and the right one is a shot from on-site inspection.

On-site inspection
(One of the many sites where a concrete-block fence fell down)



6

○ This photo shows a collapsed concrete-block fence, a typical damage caused by the North Osaka Earthquake.

Actions taken over the two days since the occurrence of the earthquake	
(June 18)	(June 19)
7:58 Outbreak of earthquake	2:30 Received request from Ibaraki City for support on post-earthquake quick inspection
8:05 Osaka Prefectural Government starts contacting municipalities in Osaka to collect information on damage situation	9:00 Started accepting applications for quick inspection in Ibaraki City
10:55 Received request from Osaka City for support on post-earthquake quick inspection	9:00 Request from Takatsuki City for support on post-earthquake quick inspection
11:20 Received offer from Tottori Prefecture to support quick inspection activities	10:00 Requested the first team to arrive from Tottori Prefecture to assist in the quick inspection activities in Ibaraki City
11:30 Requested municipalities within Osaka to report on how many inspectors they could dispatch	11:00 Started quick inspection activities in the North Ward of Osaka City
14:00 Completed checking which municipalities needed post-earthquake quick inspection	11:30 Requested construction industry associations to dispatch inspectors from the private sector
16:00 Confirmed the number of inspectors that could be dispatched from municipalities in Osaka (Total: 80)	13:00 Started accepting applications for quick inspection in Takatsuki City
18:25 Received request from Shimamoto Town for support on post-earthquake quick inspection	13:30 Started quick inspection activities in Ibaraki City
	14:20 Osaka Prefecture requested Hyogo Prefecture for support on quick inspection activities within the Kinki Area

7

- This slide shows how the Osaka Prefectural Government cooperated with the municipalities in Osaka and neighboring prefectures over the two days since the outbreak of the earthquake.
- Osaka City made the decision to implement quick building inspection in the North Ward within three hours since the outbreak of the earthquake. Osaka City had previously decided that it would implement quick building inspection in areas where seismic intensity of lower 6 or above is recorded.
- Shimamoto Town and Ibaraki City decided to implement quick building inspection approximately 10 hours and 18 hours, respectively, after the outbreak of the earthquake. These two municipalities made their decision after grasping the damage situation through initial on-site surveys.
- Immediately after the earthquake, we had difficulty contacting the municipalities to collect information on the damage situation. However, given the quick recovery of communication means including telephone and transportation means such as railways, by 4:00 PM, roughly 8 hours after the occurrence of the earthquake, we were able to make arrangements to have 80 inspectors dispatched from municipalities that did not suffer much damage, and smoothly implement quick inspection activities from the following day.

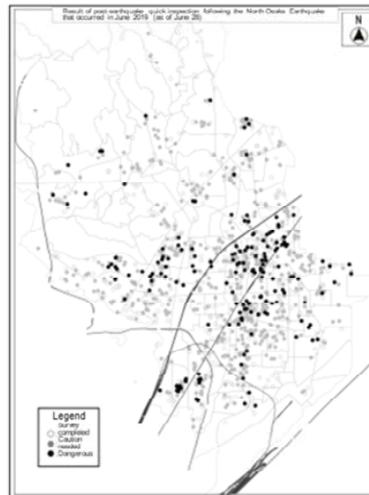
The methods of quick building inspection by municipalities

Distribution of buildings that were inspected (Ibaraki City)

While the maximum seismic intensity of North Osaka Earthquake was high at 6 lower, buildings that suffered damage were not concentrated in the limited areas, but were widely scattered across wide areas in each of the affected municipalities.

It was therefore difficult to identify which areas needed quick building inspection and which operation type should be employed.

Each municipality chose and carried out inspection methods according to the actual damage situation of the municipality.



8

○ This slide shows the methods of the quick building inspection implemented by respective municipalities.

○ Buildings that suffered damage from the earthquake were not concentrated in small areas but were scattered across wide areas in the affected municipalities.

○ As a reference, I have posted a map on the right showing the distribution of inspected buildings in Ibaraki City. The black dots represent buildings that were identified to be “dangerous” (red) in the inspection, which are dispersed across a large area.

○ The municipalities had a hard time identifying which areas needed quick building inspection and which operation type should be employed. Each municipality chose and carried out inspection methods according to the actual damage situation of the municipality.

The methods of quick building inspection by municipalities

1. Implemented quick inspection in specified areas

(North Ward of Osaka City)

Part of the North Ward recorded seismic intensity of 6 lower and above. This area was specified as inspection area.

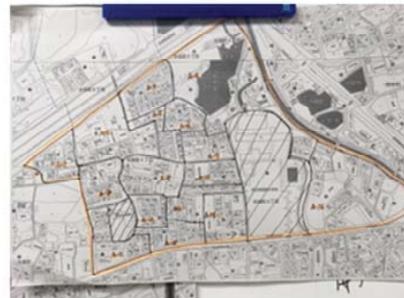
2. Implemented quick inspection in specified areas and through application for inspection (Takatsuki City)

It was confirmed through initial on-site surveys that damaged buildings were concentrated in a certain area. This area was specified as inspection area. For other areas of the city where damaged housings were dispersed, quick inspection was carried out on an application basis.

3. Implemented quick inspection based on application (Ibaraki City, Minoh City, Settsu City and Shimamoto Town)

On-site surveys found that damaged housings were scattered across the city, and therefore inspection was carried out on an application basis without specifying any inspection areas.

Zoning map of specified inspection area (Takatsuki City)



9

1. In the North Ward of Osaka City

Part of the North Ward which recorded seismic intensity of 6 lower and above was specified as inspection area.

2. In Takatsuki City

It was confirmed through initial on-site surveys that damaged buildings were concentrated in a certain area. So, this area was specified as inspection area. For other areas of the city where damaged housings were dispersed, quick inspection was carried out based on application from the residents. The map on the right shows the zoning of the specified inspection area.

3. In Ibaraki City, Minoh City, Settsu City and Shimamoto Town

Initial on-site surveys found that damaged housings were scattered across the city, and therefore inspection was carried out based on application from the residents without specifying any inspection areas.

Issues identified in post-earthquake quick inspection of buildings

- (1) Accurate and prompt understanding of the damage situation
- (2) Reliable contact system for smooth communication between the municipalities (implementation HQ) and Osaka Prefectural Government (support HQ)
- (3) Policy for determining the method and zoning of quick building inspection when damaged buildings are scattered across a wide area
- (4) Standardization of inspections
- (5) Publicity to inform residents of the quick inspection system

10

○ We identified five issues through our quick building inspection activities carried out in response to the North Osaka Earthquake.

- (1) Accurate and prompt understanding of the damage situation
- (2) Reliable contact system for smooth communication between the municipalities (in charge of implementing the inspection) and Osaka Prefectural Government (who supports the municipalities' inspection activities)
- (3) Policy for determining the method and zoning of quick building inspection when damaged buildings are scattered across a wide area
- (4) Standardization of inspections
- (5) Publicity to inform residents of the quick inspection system.

Issues identified in post-earthquake quick inspection of buildings				
(1) Accurate and prompt understanding of the damage situation				
○ Procedure for information collection and setting of target timeline (proposal under consideration)				
Start immediately after earthquake	(Information collection) * This is an important step as whether quick inspection is necessary or not, zoning of specified inspection areas and operation type of inspection will be decided based on the damage situation information collected through initial survey.			
(Target: to complete within 6 hours from outbreak of earthquake)	○ Initial on-site survey of the jurisdiction to be completed within 6 hours from the outbreak of the earthquake (6 hours from dawn if the earthquake occurred during nighttime) ○ Promptly contact the support HQ as soon as potential need for quick inspection is identified			
	Initial on-site survey (takes about 3-4 hours on site) - Divide the jurisdiction into multiple survey zones and send a pair of staff members to each zone on official vehicles - Mainly check main city streets, evacuation routes, and areas where old buildings are concentrated * On-site survey checklist (Use residential maps to grasp the spread of damaged buildings: whether concentrated in certain areas or scattered)			
○ Checklist of on-site survey for information collection (draft under consideration)				
Survey date (Date, Month)	Check item	Approximate number of cases in xx cho (yy chome)	Approximate number of cases in xx cho (yy chome)	Approximate number of cases in xx cho (yy chome)
Ground/soil	Subsidence			
	Cracks/fissures on housing lots, roads			
	Collapse/cracks of retaining walls			
Building structures	Complete/half collapse			
	Tilt			
	Cracks/chipping of exterior walls			
Fallen objects	Roof tiles			
	Broken/fallen window glasses			
	Fallen/tilted concrete-block fences			

○ The first issue we identified is: (1) Accurate and prompt understanding of the damage situation.

○ We learned that the procedures for initial on-site surveys need to be determined beforehand in order to smoothly and comprehensively grasp the damage situation, and promptly decide whether to carry out quick inspection. Therefore, we are now working in collaboration with the municipalities of Osaka to establish the procedures and target timeline for accurate and prompt information collection.

○ The upper table shows examples of how on-site surveys are carried out for information collection and time required for the survey. We have set a target to complete the initial survey within 6 hours from the outbreak of the earthquake.

○ The table below shows a draft of checklist of on-site survey for information collection. Since many of the staff members who will carry out the initial survey have little experience in building inspections or emergency safety checks, we are working to prepare a checklist of items to check during on-site surveys and the damage points to minimize variability of survey observations.

Issues identified in post-earthquake quick inspection of buildings

(2) Reliable contact system for smooth communication between the municipalities (implementation HQ) and Osaka Prefectural Government (support HQ)

Issues:

The earthquake broke out early in the morning before the start of office hours. We therefore could not communicate via land-line telephones and administrative disaster prevention radio. In addition, cell phone services were also temporarily unavailable immediately after the earthquake, which greatly inhibited information communication among administrative entities.

Responses:

Communication at the initial post-disaster stage is very important for launching effective support activities. Based on the lessons learned, Osaka Prefecture and its municipalities have established a contact system based on cell-phone text message, which was available even right after the earthquake. We plan to carry out an emergency contact drill in January every year.

12

○ The second issue is: (2) Reliable contact system for smooth communication between the municipalities (implementation HQ) and Osaka Prefectural Government (support HQ).

○ As the issues, the earthquake broke out early in the morning before the start of office hours. We therefore could not communicate via land-line telephones and administrative disaster prevention radio. In addition, cell phone services were also temporarily unavailable immediately after the earthquake, which greatly inhibited information communication among administrative entities.

○ As the responses, communication at the initial post-disaster stage is very important for launching effective support activities. So, Osaka Prefecture and its municipalities have established a contact system based on cell-phone text message, which was available even right after the earthquake. We plan to carry out an emergency contact drill in January every year.

Issues identified in post-earthquake quick inspection of buildings

(3) Policy for determining the method and zoning of quick building inspection when damaged buildings are scattered across a wide area

Issues related with application-based quick building inspection:

- While application-based inspection is a good way to respond to damages dispersed over a wide area, it is difficult to carry out inspection according to schedule, as the number and timing of applications are difficult to predict.
- Residents apply for inspection in a sporadic manner, so it often happens that inspectors have to visit the same neighborhood on a number of different days due to differences in the timing of application.
- Residents who apply for quick inspection usually wish to attend the inspection. They have many questions to ask and wish to consult the inspectors about various issues including damages to the interior of their homes. This is very time consuming and inhibits progress of quick inspection.
- It is difficult to decide the time limit for applications.

Issues related with specifying inspection areas:

- It is difficult to narrow down and specify areas requiring inspection. We need to consider establishing certain guidelines or numerical criteria to help determine specified inspection areas.

Responses:

- It is necessary to establish numerical criteria regarding the ratio of damaged buildings (damage ratio, etc.) within unit survey areas as well as guidelines for determining specified inspection areas based on the actual situation and past examples.

13

○ The third issue is: (3) Policy for determining the method and zoning of quick building inspection when damaged buildings are scattered across a wide area.

○ Issues related with application-based quick building inspection:

- While application-based inspection is a good way to respond to damages dispersed over a wide area, it is difficult to carry out inspection according to schedule, as the number and timing of applications are difficult to predict.
- Quite inefficient because it often happens that inspectors have to visit the same neighborhood on a number of different days due to differences in the timing of application.
- Residents who apply for quick inspection usually wish to attend the inspection. They have many questions to ask and wish to consult the inspectors about various issues including damages to the interior of their homes. This is very time consuming and inhibits progress of quick inspection.
- It is difficult to decide the time limit for applications.

○ Issues related with specifying inspection areas:

- It is difficult to narrow down and specify areas requiring inspection. We need to consider establishing certain guidelines or numerical criteria to help determine specified inspection areas

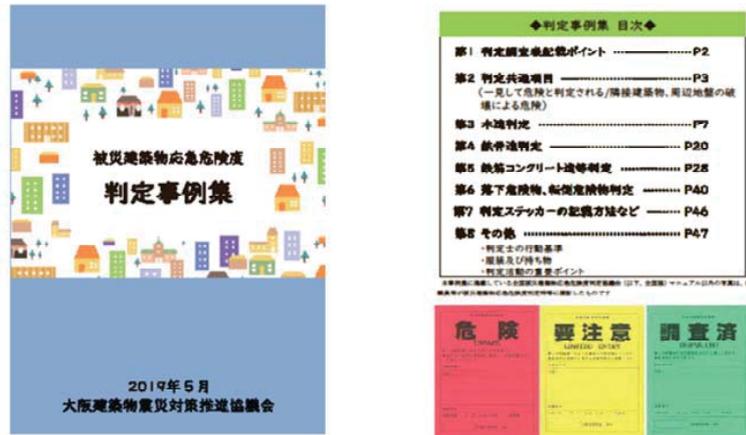
○ Future responses:

- We consider that it is necessary to establish numerical criteria regarding the ratio of damaged buildings (damage ratio, etc.) within unit survey areas as well as guidelines for determining specified inspection areas based on the actual situation and past examples.

Issues identified in post-earthquake quick inspection of buildings

(4) Standardization of inspections

- Creation of a collection of inspection case studies



14

- The fourth issue is: (4) standardization of inspections.

○ While all qualified inspectors have been trained for performing quick building inspection, many of them were trained quite some time ago. Once an earthquake breaks out, however, they would need to perform quick building inspection without being given any time for refreshing their memory. There were many cases in which inspectors had difficulty making an appropriate judgment according to the actual damage situation.

○ Therefore, Osaka Prefecture created a collection of case studies in May 2019 as a reference guide for inspectors. The collection is comprised of inspection cases experienced following the North Osaka Earthquake and other past earthquakes.

Issues identified in post-earthquake quick inspection of buildings

(5) Publicity to inform residents of the quick building inspection system

○ A flyer handed out during inspection activity

被災建築物応急危険度判定とは
余震による二次災害を防ぐための調査です

大地震発生時に、余震による二次災害を防ぐため、市町村が必要があると判断したとき、被災建築物の応急危険度判定を行います。判定結果を参考に、適切な適切な行動をお願いします。

被災建築物応急危険度判定の流れ

1. 被災建築物の調査
被災建築物の調査員が、被災建築物の調査を行います。

2. 被災建築物の応急危険度判定
調査員が、被災建築物の応急危険度判定を行います。

3. 応急危険度判定書の交付
調査員が、被災建築物の応急危険度判定書（応急危険度判定書）を交付します。

応急危険度判定書の交付

「応急危険度判定書」は、被災建築物の応急危険度判定の結果を記載した書面です。被災建築物の応急危険度判定書は、被災建築物の応急危険度判定の結果を記載した書面です。被災建築物の応急危険度判定書は、被災建築物の応急危険度判定の結果を記載した書面です。

地震時の建物被害調査は、他にも色々なものがあります

地震で建物が被災した場合、各種被災被害調査の適用判断や保険金を請求する際にも必要な「被災被害調査」を行うための調査など、目的や実施主体が異なる様々な調査があります。

調査名	実施主体	目的
被災建築物の応急危険度判定	市町村が実施主体として、被災建築物の調査員（市町村職員）が実施します。	余震による二次災害の発生を防ぐため、被災建築物の応急危険度を判定し、適切な行動を促すことです。
被害被害調査	被災建築物の被災状況の調査（応急危険度判定）	被災建築物の被災状況を調査し、被災建築物の応急危険度を判定し、適切な行動を促すことです。
被災建築物の応急危険度判定	被災建築物の被災状況の調査（応急危険度判定）	被災建築物の被災状況を調査し、被災建築物の応急危険度を判定し、適切な行動を促すことです。
被災建築物の応急危険度判定	被災建築物の被災状況の調査（応急危険度判定）	被災建築物の被災状況を調査し、被災建築物の応急危険度を判定し、適切な行動を促すことです。

お問い合わせ先
○○市 ○○○ ○○○ 電話 FAX
(※) 市町村等被災調査（被災被害）に関すること
○○○-○○○ 電話 FAX

※ 「被災建築物の応急危険度判定」、「被災被害調査」のいずれも被災建築物が調査の対象となるものではありません。

15

- The fifth issue is: (5) Publicity to inform residents of the quick inspection system.
- Many residents confuse this quick building inspection with the Building Damage Assessment necessary for having a “Disaster Victim Certificate” issued.
- Because of this confusion, our office gets flooded with inquiry calls after earthquakes. Dealing with these inquiries takes away a lot of valuable time.
- We have created flyers to provide the press with information and to hand out during inspection activities, as it is necessary to inform residents of the quick building inspection activities to ensure its smooth implementation.

Preparations for smooth implementation of quick inspection of buildings

1. Securing a place and developing the procedures for setting up a quick building inspection implementation HQ
2. Creation of quick building inspection zoning map
3. Maintaining the tools and equipment used in quick building inspections
4. Providing quick building inspection training
5. Creating lists of staff members who have experience in earthquake response operations (implementation HQ, support HQ, qualified inspectors)

16

○ Finally, I would like to share a few key points in preparing for smooth implementation of quick building inspection.

1. Securing a place and developing the procedures for setting up a quick building inspection implementation HQ
2. Creation of quick building inspection zoning map
3. Maintaining the tools and equipment used in quick building inspections
4. Providing quick building inspection training
5. Creating and updating lists of staff members who have experience in earthquake response operations (implementation HQ, support HQ, qualified inspectors)

○ These 5 points are also what we learned to be important for ensuring smooth implementation of quick building inspection activities through our experience in responding to the North Osaka Earthquake. We will continue to work on these points.

○ That's it with my presentation on Practices and Issues on Post-earthquake Quick Inspection of Buildings. Thank you for your attention.

Technical Support Examples for Post-Earthquake Quick Inspection Methods to Developing Countries from Japan

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, BRI

Tatsuya Azuhata

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, JAPAN

(1) Lecture in the IISEE training program

Subject: Post-Earthquake Quick Inspection, Damage Evaluation and Rehabilitation
 Lecturer: Dr. Masanori TANI (Kyoto University)
 Date: March 18, 2020 (Planned)

From syllabus

- (1) Background
- (2) Post-Earthquake Quick Inspection
 - 1) Outline and role of quick inspection
 - 2) Judgement procedure and criteria
 - 3) Case studies
- (3) Post-Earthquake Damage Evaluation [Omitted]
- (4) Rehabilitation Technique Examples for Damaged Buildings

The role of PQI in the reconstruction process will be clarified in the lecture.

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

CONTENTS

1. International Training Program for Seismology and Earthquake Engineering
2. Technical Support to Turkey in 1999
3. Technical Support to Chile in 2011
4. Sharing of Technical Information

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(2) From Lecture Note

Concepts for evaluation of residual performance

Damage level

Restoring force vs. displacement

Inspection sheet

Layout of inspection sheet

Inspection No. as	DATE
Description of inspected building	
1. Utmost at a glance	
2. Safety of structure and furnishings	
3. Safety of non-structural elements	
Judgement	
Comment	

Displaying of results

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

1. IISEE Training Program

➤What information should we provide?

- The BRI has been conducting international training of seismology and earthquake engineering for young researchers and engineers in developing countries for about 60 years.
- The number of participants for the one-year training program is 1,193 from 81 countries (as of September 2019.)

<http://iisee.kenken.go.jp/>

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(3) From Lecture Note

Japan council for quick inspection of earthquake damaged buildings and inspectors

Decision making process

Training of Inspector

Statistics of PQI in the 2016 Kumamoto Earthquake

System for implementation

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

2. Technical Support to Turkey in 1999

➤ How did they apply the PQI?

Reference

T. Kaminosono, F. Kumazawa and Y. Nakano: Quick Inspection Manual for Damaged Reinforced Concrete Buildings Due to Earthquakes, Based on the Disaster of 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey, Technical Note of NILIM, No. 40, March 2002

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0040.htm>



International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(3) Adjustments for Application

- Modification of the relationship between damage degree (A-C) of structural frame and damage degree (I-V) of structural members that compose it.

For Japanese buildings

	A	B	C
Ratio of Damage V	[] < 1 %	[] 11 - 10 %	[] > 10 %
Ratio of Damage IV	[] < 10 %	[] 10 - 20 %	[] > 20 %

For Turkish buildings

	A	B	C
Ratio of Damage IV or V	[] < 1 %	[] 11 - 10 %	[] > 10 %
Ratio of Damage III	[] < 12.5 %	[] 12.5 - 25 %	[] > 25 %

From the appendix II of the reference

The relationship between the degree of damage of structural members and residual performance is not the same in Japan and Turkey.

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(1) Background

- The Kocaeli earthquake occurred near Izmit city, western Turkey, on August 17, 1999.
 - ✓ (Dead and missing: about 40,000, injured: about 45,000, damaged buildings: about 200,000)
- The Japanese government dispatched a team of experts to support recovery.
- The expert team advised the Turkish government that urgent inspection of damaged buildings, etc. to prevent secondary damage was necessary based on the survey of the affected area.
- At the request of the Turkish government, the Japanese government dispatched a second team of experts, mainly to develop the PQI.

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

3. Technical Support to Chile in 2011

➤ How do they develop the PQI?

- The Chile earthquake occurred on 2010.2.27.
- The Japanese government dispatched experts to support reconstruction from seismic disaster.
- Chile and Japan implemented a joint project to improve the capacity to resist disasters due to earthquakes and tsunamis since 2011.
- As part of the project, the Japanese government dispatched experts for technical assistance and advice for PQI, seismic diagnosis, and seismic retrofit.
- The first edition of the inspection sheet for PQI was issued in Chile in 2012.



Exercise of PQI using an actual damaged building by Japanese instructor (2011.2)

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(2) Application of PQI in Turkey

- Istanbul Technical University and Japanese experts collaboratively developed the PQI procedure based on survey results of damaged buildings due to the earthquake.
- The developed PQI procedure was based on experience in Japan.
- The guideline contains many examples of structural member damage assessment.

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

4. Sharing of Technical Information

➤ Toward 'co-creation'

Activities of the BRI relating to this topic

- JICA KIZUNA Project (2015 - 2019FY)
- UNESCO IPRED Project (2007-)

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(1) KIZUNA Project



From homepage of JICA

The KIZUNA Project was launched at the Third U.N. World Conference on Disaster Risk Reduction (held in March 2015 in Sendai, Miyagi Prefecture). The aim of the project is to disseminate disaster risk reduction technologies and knowledge that Japan and Chile have acquired over the years to Latin American and Caribbean countries where natural disaster often occur and establish Chile resources for disaster risk reduction as a hub for the development of human.

The project aims to develop the capacity of personnel — including researchers and administrative officers engaged in disaster risk reduction — and to create a disaster risk reduction network within the region. In collaboration with the Chilean government, local governments, universities, research organizations, local communities and others, JICA invites researchers and administrative officers from Latin American and Caribbean countries to Chile to attend training programs and seminars on a variety of themes (such as enhanced seismic resistance for bridges, post-earthquake risk diagnosis for buildings, and disaster prevention plans for local communities) with a view to enhancing the capabilities of 2,000 people in five years.

https://www.jica.go.jp/english/news/field/2015/151102_01.html

Program title: Seismic Risk Management of Buildings

Main Target: Government officers

Contents:

- Quick Inspection
- Seismic Damage Classification
- Seismic Diagnosis and Retrofit
- Others

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

Action Plans of the IPRED

The IPRED has the 16 action plans to get concrete achievements corresponding to its objectives, now. The No. 14 Action Plan, which one of these plans, is "Promotion of techniques for pre- and post-earthquake investigation for vulnerability assessment."

of homepage of UNESCO

No. 14 Action Plan

Questionnaire survey on current status of the PQI in the IPRED member countries

- Guidelines issued
- Constitution of inspection sheets
- Qualification of inspectors
- Others

Information provision and suggestion for E-learning of the PQI (by Mexico)



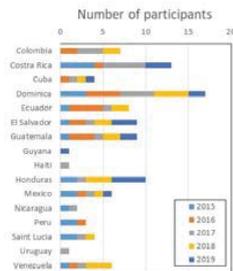
Publication of guideline for dissemination and sophistication of the PQI



Flyer of E-learning (Mexico)

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

Numbers of participants and countries:
101 participants from 16 countries



International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

Efficient methods for data collection and analysis on damages in case of wide area earthquake

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan

(2) IPRED Project

From homepage of UNESCO

The **International Platform for Reducing Earthquake Disaster** (IPRED) is a platform for collaborative research, training and education in the field of seismology and earthquake engineering. The International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE) acts as this platform's 'Centre of Excellence'. The main objects of this initiative are the following:

- To **exchange information** and **propose plans** on collaborative research, training, and education
- To **address policy-relevant issues** related to the reduction of earthquake disaster risks and implementation of the Hyogo Framework for Action
- To **establish a system to dispatch experts to earthquake stricken countries** in order to carry out post-earthquake field investigations and draw lessons for future risk reduction

<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/special-themes/disaster-risk-reduction/geohazard-risk-reduction/networking/ipred/>

Member countries: In addition to Japan, nine countries are participating: Mexico, Peru, Chile, Indonesia, Kazakhstan, Egypt, Turkey and Romania.

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (IISEE), BRI, Japan



Quick Inspection Method of Buildings Damaged by Earthquakes in Chile. Experience in Public Building.

Symposium on “Future of post-disaster assessment
 for buildings” Tokyo Japan. February 5th, 2020

Eduardo Hurtado Gajardo
 Civil Engineer - Pontifical Catholic University of
 Chile
 Head of Department of Engineering and
 Construction
 Public Building Division – National Directorate
 of Architecture MOP

Milestones of Quick Inspection Building Method in Public Building.

ESTIMATED DATE	MILESTONES, ACTIONS AND/OR EVENTS
Second Semester	2010 Maule’s Earthquake Mw = 8,8, broke seismic silence of 25 years of big seismic disaster
Second Semester	2010 Visit of Japanese experts to verify earthquake infrastructure disasters
November	2010 First Course in the field of Quick Inspection Buildings for the Department of Architecture of the Ministry of Public Work, by Professor Seki in Talca.
February	2011 Report Expert Kato and Seki Professors, with recommendations on need to implement three topics from the government: 1.- Quick Inspection Buildings after Earthquakes 2.- Seismic Evaluation and Reinforcement and Seismic Rehabilitation of Existing Buildings 3.- Seismic Isolation of Structures
January	2012 Quick Inspection Building Course in Concepción for MOP Professionals in the field. The first version of the Quick Inspection Sheet for Buildings of the MOP Architecture Office for Public Building is created. Sponsored by JICA, led by MOP Academy, and supported by the Architecture Department.

- ### Problems Detected in Public Building in Chile after Earthquake 27F
- Lack of a Normalized and Reliable Methodology for Quick Inspection Building** after Earthquake.
 - Confusion about scope and Purposes** in Quick Inspection Building.
 - Multiple Assessment Sheets with different objectives.** Some assessment sheets with exhaustive character to decide on a visit the future of a building.
 - Non-uniform evaluation criterion.** Terms and perception of evaluators are confused.
 - Evaluators are not properly trained.** Diverse perceptions. There are no trained evaluators systematically and with a single criteria.
 - Tendency to consider the state of the structure and not the serviceability and risk to the life of the occupants. Importance of Secondary and / or non-structural elements.

Milestones of Quick Inspection Building Method in Public Building. Cont.

ESTIMATED DATE	MILESTONES, ACTIONS AND/OR EVENTS
March	2014 Iquique’s Earthquake Mw = 8,2. Version 2 of the Quick Inspection Buildings Sheet is created, and after a conversation of the Department of Engineering with the Departments of Architecture and Heritage was born version 3 of the File, it was tested first time by the Engineering Department in a real seismic event after 27F.
March	2015 The Atacama Aluvión occurs and the sheet is adjusted so that it counts in addition to the state of installations.
April	2015 Eruption of the Calbuco Volcano in Los Lagos , X Region. Adapt the sheet to include as another the source of damage to volcanoes.
September	2015 Illapel’s Earthquake Mw= 8.5. Intensive use of Quick Inspection Sheet by Architects and Civil Engineers of RegionImprovements derived from the use of the card. Reordering is suggested.
January	2017 Melinka’s Earthquake Mw = 7,6. Intensive use of Quick Inspection Sheet by Architects and Civil Engineers of Región. The need to include damaged wooden structures is required.
	2017 Need to consolidate the experiences of Illapel and Melinka through an internal workshop day or interactive survey.
January	2019 Coquimbo’s Earthquake nearTongoy City, it is applied disaster management system based on a prioritized prioritization of damaged buildings via GPS on maps of the area of interest for sending evaluation equipment

- ### Problems Detected in Public Building in Chile after Earthquake 27F(Cont.)
- Department of Engineering commissioned** by the Directorate of Architecture, who addresses **the mission of developing, as far as possible, a single sheet that rationalizes the process of evaluating a building**, with approved standards of damage assessment, including relevant parameters, and being able to weight the damage in order to establish a judgment of the state of the property.
 - Recommendations and data obtained will serve the MOP Emergency System.

- ### Objective of Quick Inspection Buildings Method adopted by National Architectural Directorate MOP
- To have a **traceable methodology that allows us to reduce the variability of the evaluation of the same building** by two evaluators efficiently
 - To **Avoid damage by aftershocks.**
 - Define level of risk initially** to make investment
 - Source of information for restoration or demolition.
 - Reliable reports to authority daily.**

Quick Inspection Building Sheet and Damage Chart.

Coquimbo's Earthquake near Tongoy City. 2019.

- It Applies LINK PLAN + BASIC CONTINGENCY PLAN. PUBLIC BUILDING (Nov. 2016)
- Need to manage emergency before goes to field is developed
- IDENTIFICATION Critical Points
 - TO DEFINE Universe and/or quantity (amount)
 - TABLE – georeference; commune; building; addresses; contact at city/town
 - MAP Cities
 - MAP Regional



Iquique and Arica Experience. 2014.

- Overestimation of damages, there are no uniform parameters to define a collapse. For example Smaller cracks could be declared as partial collapse.
- A chart calibration must be performed for drastic conclusions based on non-structural aspects considered relevant. It needs to review Weighting of Non-Structural vs. Structural Damages to classify judgment of estate status.
- Lack of Field Experience. Distinction between static faults in front of faults caused by the earthquake. For example case of a deformed beam in a Pica building was not provoked by an earthquake .
- Detailed training on interpretation of damages at field for buildings.

Coquimbo's Earthquake near Tongoy City. 2019. Cont.



Illapel Experience. 2015.

- Lack of training in damage review.
- Training is required in the classification of structural damage according to injury records.
- Problem for some evaluators in Distinguish structural damages from non-structural.
- Filling the sheet is not efficient.
- Perception of damage does not always agree with classification in sheet.
- It needs to separate Non-structural damages risks for life. Study your weighting.

Melinka Experience. 2017.

- Focus on damage to wooden structures. This kind of damage was seen in Chileo
- It should generate a mobile application for the sheet.

Coquimbo's Earthquake near Tongoy City. 2019. Cont.

VERSION	EQUIPO 1				
18.07.17 19:00 HRS	ANTOFAGASTA				
DEPENDENCIA	Email				Nº Celular
ORGANISMO REGIONAL	Yviana Ovaluna	Yviana.Ovaluna@cipa.gov.cl	569 9959 8392		
CHORE	Pedro Alzamora	Pedro.Azamora@cipa.gov.cl	569 8720 2893		
PROFESIONAL 1	Cristian Cabello	Cristian.Cabello@cipa.gov.cl	569 8050 5815		
PROFESIONAL 2	Cristian Camaró	Cristian.Camaro@cipa.gov.cl	569 7305 4987		
ALDARAMIENTO	Chañaral				
Ida 1 y 2	CHAÑARAL				
17.05.2017 y 18.05.17	Contacto: Mauricio Pangue +569 71 97 53 95				
RUTA					
PID GOOGLE EARTH	COMUNA	LOCALIDAD	DENOMINACION SERVICIO	DIRECCION	SECTOR
1	CHAÑARAL	CHAÑARAL	IGLESIA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	CALLE DEL TEMPLO Nº 337	PATRIMONIO
2	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CASA MOLINA	CALLE DEL TEMPLO Nº 338	PATRIMONIO
3	CHAÑARAL	CHAÑARAL	TEMPLO PRESBITERIANO	MERINO JARPA Nº 712	PATRIMONIO
4	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CRONICA REGISTRO CIVIL	Buín Nº 462	ADMINISTRACION
5	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CUARTEL PDI - ANTIVIOLO	MERINO JARPA Nº 1388	SEGURIDAD
6	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CUARTEL PDI - BRIGADA DE INVESTIGACION CRIMINAL	MERINO JARPA Nº 1400	SEGURIDAD
7	CHAÑARAL	CHAÑARAL	GOBERNACION PROVINCIAL	Buín Nº 462	ADMINISTRACION
8	CHAÑARAL	CHAÑARAL	OFICINA PROVINCIAL SERMAPESA	Buín Nº 26, Of. S.A. Frente a la Plaza de Armas	ADMINISTRACION
9	CHAÑARAL	CHAÑARAL	1 COMARSA	LOS CARRERAS Nº 777	SEGURIDAD
10	CHAÑARAL	CHAÑARAL	CUARTEL DE BOMBARDOS Nº 14	MERINO JARPA Nº 572	SEGURIDAD
11	CHAÑARAL	CHAÑARAL	MUNICIPALIDAD DE CHAÑARAL	ALDARANTE LA TORRE Nº 700	ADMINISTRACION

INFORMATION FLOW OF FIELD EVALUATION FOR AUTHORITIES



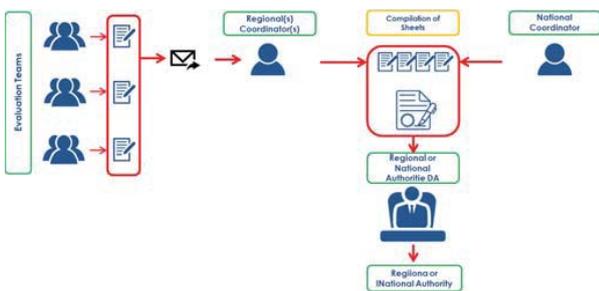
From Rafael Novoa's Presentaion. Architect. Plan de Emergencia Sectorial MOP. 2019

SWOT ANALYSIS FOR QUICK INSPECTION BUILDING IN CHILE

OBJECTIVES

1. Develop and consolidate the quick inspection building method, adapted from the Japanese method, for evaluation of public buildings after earthquakes
2. To have constantly trained teams for quick inspection buildings
3. Develop technical instruments like manuals for understand and use correctly quick inspections building

INFORMATION FLOW OF FIELD FOR OWNERS BUILDING



From Rafael Novoa's Presentaion. Architect. Plan de Emergencia Sectorial MOP. 2019

STRENGHTS.

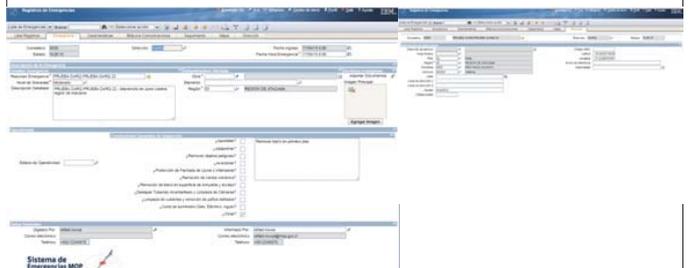
1. There is a **contingency plan** of the Architecture Directorate MOP since 2015
2. There is an **link plan for emergency** of the Architecture Directorate MOP since 2015
3. There is a **quick inspection building sheet** based on the Japanese method since 2014
4. There is a guide of interpretation of typical damage sheet based on typical structures in Chile since 2014.
5. A **basic emergency team had born since 2014** and reinforced in 2017 after earthquake in Coquimbo. The needing of planning before act was applied at that time with success
6. An **app for quick inspection building sheet** has been created in 2018
7. **Reports** at the high authorities' ministerial level **are made on a central platform, SIEMOP-FEM** with information extracted from the quick inspection building sheet created in 2014.
8. Web site <http://arquitectura.mop.cl/emergencias/Paginas/documentacion.aspx> from documents, in pdf and spanish.



SWOT ANALYSIS.

STRENGHTS. Cont.

1. Platform from MOP at Central Level was built based on result of Quick Inspection Sheet adapted from Japanese Method



WEAKNESSES.

1. There is no constant, **formal training of field professionals** in Quick Inspection Building.
2. The **app is not operational yet** at the level of knowledge of its use
3. The **professional rotation** makes you know how to react to a disaster
4. **Several of the emergency documents are not yet sent by formal means**, which creates inertia and restart with each change of government as it is not a service policy.
5. There is a **tendency to simplification using electronic methods** of emergency reporting
6. There is **no formal emergency department or professionals with hours, tasks and goals assigned to this function**, that they can dedicate hours to plan, improve and adapt knowledge, propose policies and develop instruments to act in emergencies when they appear.
7. **The lack of memory of seismic disaster because of silence seismic of big earthquakes reduce the importance of maintain a formal unity or department** because it requires an increase in operational costs whose convenience is not perceived as a priority yet, against other ones more urgent.

OFFENSIVE STRATEGY S+O

1. If we make a proposal to systematically integrate disaster risk reduction management (DRRM) into public buildings, we can develop a management and professional training plan for DRRM through the MOP Academy.

OPPORTUNITIES.

1. **Chile signed the Hyogo and SENDAI framework**, which obliges the operational Ministries to make policies and action plans in disaster risk management, and to include it as a function of the operational areas.
2. **The National Directorate of Architecture** by Department of Engineering seeks to **actively participate in the national Risk Disaster Management (RDM) policy at ONEMI**.
3. There is an agency that integrates the emergency in Chile, ONEMI, in which the country's emergency policies are deposited
4. **MOP has a national emergency plan**, for which, through its Emergency Department, it designs and implements the MOP's action policy in its strategic products and operational areas
5. **ONEMI formally requested that all plans conform to a single approved format with agreed strategies and terms**, which obliges the Ministries to consolidate its instructions in the same line
6. The High Public Administration of MOP is interested in Disaster Risk Management becoming an integral policy of the Ministry.
7. There is a **Public Works Academy of MOP** responsible formally, for providing instruction to the Fiscal Inspectors.

REORIENTATION STRATEGY W+O

1. The formalization of emergency documents and the quick inspection building form will enable the formalization of training of professionals in this area through formal channels.
2. It is suggest and convenient that the creation of a formal course of use and application of quick inspection building method must be managed using the MOP Academy.
3. A panel of professionals must be generated to validate the FIR app in times of absence of seismic disasters.
4. Quick Inspection Sheet and FIR should be studied in cases of steel and wood structures and develop interpretation of injuries

THREATS.

1. There is no evidence of **budget or budget glossary to hire professionals with exclusive dedication to the RDM**, even at the national level that design the action of the service in this area.
2. There is **no training or formal periodic training courses for operational professionals in Quick Inspection Building** through their formal channels of instruction
3. The **change of authorities makes everything come back to the beginning** to implement the RDM, including its management
4. The **legal implications and scope of responsibilities for disaster management** make it difficult to formalize documents that formalize the obligations in the face of a disaster
5. The **professional rotation** can leave the subject Service without knowledge and force to restart everything just in the face of a great disaster
6. The silence of major seismic disasters makes relativize the importance of maintaining a formal department in this area that works on it

DEFENSIVE STRATEGY S+T

1. The creation and consolidation of a formal Emergency Unit in the Service will allow management before the competent authority of the creation of a gloss that allows to allocate necessary resources for professionals dedicated to Quick Building Inspection and disaster risk management in a comprehensive way.

SURVIVING STRATEGY W+T

1. The direct training of professionals in the quick inspection building sheet and the reaction to a disaster reduces the threat of dedicating efforts to continually reinforce the field service professionals in carrying out a correct rapid assessment of a building to focus the assignment of resources in decision making after an earthquake disaster



Foto from Eduardo Hurtado, Civil Engineer. Working at field applying QIB Sheet at field Earthquake 2015 Coquimbo.



Foto from Eduardo Hurtado, Civil Engineer. Course sponsored by JICA 2011 with Academy MOP. Professor Kato from Japan conduce a course at field teaching to applying QIB Sheet at field using building affected by Earthquake February 27th, 2010.



**THANKS FOR YOUR ATTENTION
QUESTIONS?**

Symposium on **“Future of post-disaster assessment for buildings”** Tokyo Japan. February 5th, 2020

Eduardo Hurtado Gajardo
Civil Engineer - Pontifical Catholic University of Chile
Head of Department of Engineering and Construction
Public Building Division – National Directorate of Architecture MOP

NAR Labs 國家實驗研究院
國家地震工程研究中心

Symposium on
“Future of post-disaster assessment for buildings”
National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS)
and Building Research Institute (BRI)

Technology and mechanism on
post-earthquake emergent evaluation of
damaged buildings in Taiwan

Lap-Loi Chung (鍾立來)
National Center for Research on Earthquake Engineering

承 諾 · 創 新 · 共 同
www.narlabs.org.tw

Yellow Placard

Exterior falling objects
Glass windows, exterior (curtain) walls, eaves,
balconies, parapet walls, water tanks, air
conditioners, signboards, exterior stairs, ...

Interior falling objects
Ceilings, chandeliers, ceiling fans, piping,
partition walls, high cabinets, interior stairs,

NAR Labs 國家實驗研究院

Post-Earthquake Emergency Evaluation

Simple
Fast
Economic
Effective
Discrimination
Objective

NAR Labs 國家實驗研究院

Red Placard

Building not used
Until qualified by detailed evaluation or retrofitted.



NAR Labs 國家實驗研究院

Yellow Placard

Building not used temporarily
Until dangerous items eliminated.



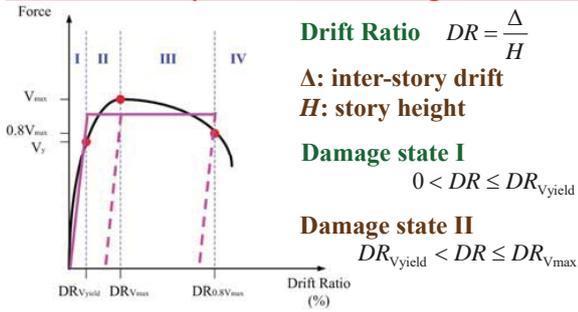
NAR Labs 國家實驗研究院

Red Placard

Building inclines more than 1/60.
More 10% columns disengaged from foundation.
Ground failure induces moderate to severe threat.
Nearby building failure induces moderate to severe threat.
Building residual strength ratio $S_R \leq 0.5$.

NAR Labs 國家實驗研究院

Inter-Story Drift and Damage State



Drift Ratio $DR = \frac{\Delta}{H}$
 Δ : inter-story drift
 H : story height

Damage state I
 $0 < DR \leq DR_{V_{yield}}$

Damage state II
 $DR_{V_{yield}} < DR \leq DR_{V_{max}}$

Damage state III
 $DR_{V_{max}} < DR \leq DR_{0.8V_{max}}$
 NAR Labs 國家實驗研究院

Damage state IV
 $DR_{0.8V_{max}} < DR$

Damage State III

Moderate to severe damage
 Maximum strength developed but not degraded to 0.8 times yet

Cover concrete spalling



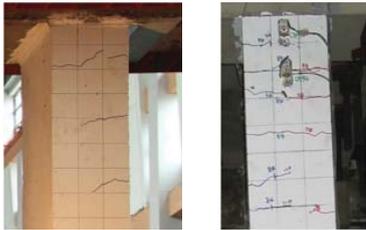
3 mm < Flexural crack width ≤ 3 mm
1 mm < Flexural shear crack width

NAR Labs 國家實驗研究院

10

Damage State I

No to light damage
 Yielding strength not developed yet



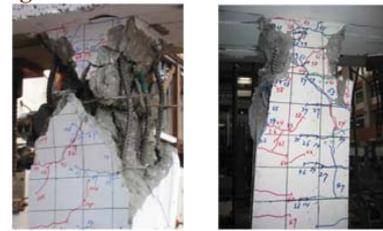
Flexural crack width ≤ 0.3 mm

NAR Labs 國家實驗研究院

8

Damage State IV

Severe damage to no capacity
 Strength degraded below 0.8 times maximum



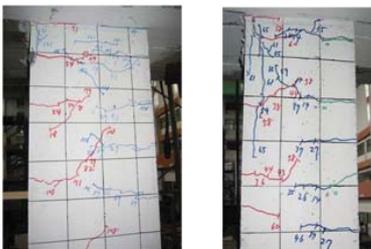
Core concrete crushes
Longitudinal rebar buckles
Shear rebar disengages

NAR Labs 國家實驗研究院

11

Damage State II

Light to moderate damage
 Yielding strength developed but not maximum yet

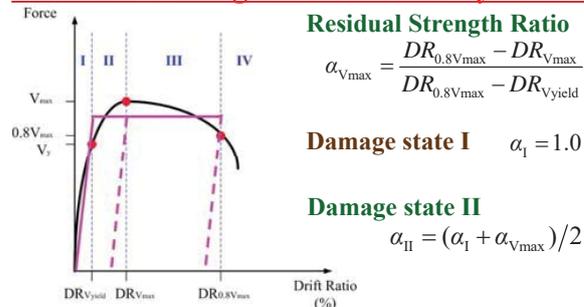


0.3 mm < Flexural crack width ≤ 3 mm
Flexural shear crack width < 1 mm

NAR Labs 國家實驗研究院

9

Residual Strength and Inter-Story Drift



Residual Strength Ratio
 $\alpha_{V_{max}} = \frac{DR_{0.8V_{max}} - DR_{V_{max}}}{DR_{0.8V_{max}} - DR_{V_{yield}}}$

Damage state I $\alpha_I = 1.0$

Damage state II
 $\alpha_{II} = (\alpha_I + \alpha_{V_{max}}) / 2$

Damage state III
 $\alpha_{III} = (\alpha_{V_{max}} + \alpha_{IV}) / 2$

Damage state IV
 $\alpha_{IV} = 0.0$

NAR Labs 國家實驗研究院

12

Column Experimental Results

Spec.	A.R.	L.R.R. (%)	T.R.R. (%)	(Drift Ratio,%)			F.M.
				yield	V _{max}	0.8V _{max}	
C1	9.16	1.76	0.08	1	2	6	F.F.
C2	11	2.12	0.08	1	2	6	F.F.
C3	11	2.16	0.08	1.5	3	7	F.F.
C1W	7.08	1.76	0.08	1	1.5	3	F.S.F.
C2W	8.5	2.12	0.08	0.75	1.5	2.5	F.S.F.
PF-2	10	2.29	0.11	1	2	7	F.S.F.
PF	10	3.38	0.11	1.5	3	6	F.S.F.

Spec.: specimen

A.R.: aspect ratio (height to depth)

L.R.R.: longitudinal reinforcement (area) ratio

T.R.R.: transverse reinforcement (volume) ratio

F.M.: failure mode

F.F.: flexural failure

F.S.F.: flexural shear failure

NAR Labs 國家實驗研究院

13

Member Strength Weighting Factors

Member	Weighting	
Column (W _C)	1	
Brick wall	w/o opening (W _{BW})	2
	w opening (W _{BWO})	0.5
RC wall	w/o opening (W _{RCW})	10
	w opening (W _{RCWO})	2.5

NAR Labs 國家實驗研究院

16

Column Residual Strength Ratio

Specimen	Residual strength ratio				
	α _{Vmax}	α _I	α _{II}	α _{III}	α _{IV}
C1	0.80	1.0	0.90	0.40	0.0
C2	0.80	1.0	0.90	0.40	0.0
C3	0.73	1.0	0.86	0.37	0.0
C1W	0.75	1.0	0.88	0.38	0.0
C2W	0.57	1.0	0.79	0.29	0.0
PF-2	0.83	1.0	0.92	0.42	0.0
PF	0.67	1.0	0.83	0.33	0.0
Average	0.74	1.0	0.87	0.37	0.0

NAR Labs 國家實驗研究院

14

Building Residual Strength Ratio

$$S_R = \frac{W_C \sum_{i=1}^{N_C} \alpha_C(i) + W_{BW} \sum_{i=1}^{N_{BW}} \alpha_{BW}(i) + W_{BWO} \sum_{i=1}^{N_{BWO}} \alpha_{BWO}(i) + W_{RCW} \sum_{i=1}^{N_{RCW}} \alpha_{RCW}(i) + W_{RCWO} \sum_{i=1}^{N_{RCWO}} \alpha_{RCWO}(i)}{W_C N_C + W_{BW} N_{BW} + W_{BWO} N_{BWO} + W_{RCW} N_{RCW} + W_{RCWO} N_{RCWO}}$$

N_C: number of columns

N_{BW}, N_{BWO}: number of brick walls without and with openings

N_{RCW}, N_{RCWO}: number of RC walls without and with openings

W_C: weighting of columns

W_{BW}, W_{BWO}: weighting of brick walls without and with openings

W_{RCW}, W_{RCWO}: weighting of RC walls without and with openings

α_C: strength ratio of columns

α_{BW}, α_{BWO}: strength ratio of brick walls without and with openings

α_{RCW}, α_{RCWO}: strength ratio of RC walls without and with openings

NAR Labs 國家實驗研究院

17

Member Residual Strength Ratio

	α _{Vmax}	α _I	α _{II}	α _{III}	α _{IV}
Column (flexural, flexural shear)	0.74	1.0	0.87	0.37	0.0
Column (shear)	0.56	1.0	0.78	0.28	0.0
Brick wall	0.57	1.0	0.79	0.29	0.0
RC wall	0.49	1.0	0.75	0.25	0.0

NAR Labs 國家實驗研究院

15

Building Residual Strength Ratio

$$S_R = \frac{W_C \sum_{i=1}^{N_C} \alpha_C(i) + W_{BW} \sum_{i=1}^{N_{BW}} \alpha_{BW}(i) + W_{BWO} \sum_{i=1}^{N_{BWO}} \alpha_{BWO}(i) + W_{RCW} \sum_{i=1}^{N_{RCW}} \alpha_{RCW}(i) + W_{RCWO} \sum_{i=1}^{N_{RCWO}} \alpha_{RCWO}(i)}{W_C N_C + W_{BW} N_{BW} + W_{BWO} N_{BWO} + W_{RCW} N_{RCW} + W_{RCWO} N_{RCWO}}$$

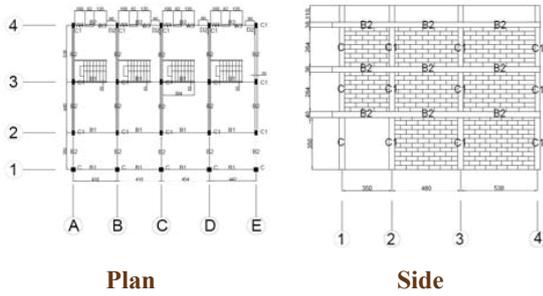
S_R ≤ 0.5, red placard issued!

NAR Labs 國家實驗研究院

18

Example Building 1

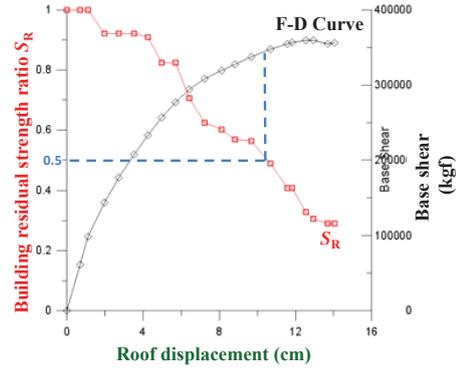
3-story RC building



NAR Labs 國家實驗研究院

19

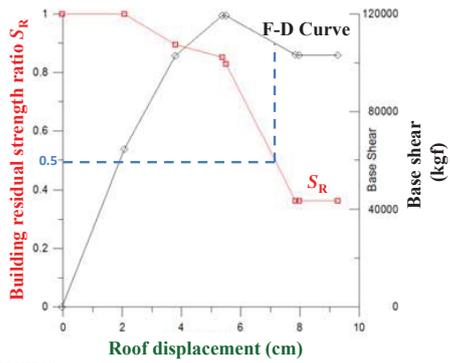
Example Building 2



NAR Labs 國家實驗研究院

22

Example Building 1



NAR Labs 國家實驗研究院

20

Post-Earthquake Emergency Evaluation

Member damage state

Member residual strength ratio

Building residual strength ratio

Issued red placard or not?

Thank You!

<https://www.youtube.com/channel/UCkqFe9pQB9u5bYymuRrIZTw>

NAR Labs 國家實驗研究院

23

Example Building 2



NAR Labs 國家實驗研究院

21

Dave BRUNSDON (Director, Kestrel Group, New Zealand)
 “Rapid post-earthquake structural and geotechnical assessments in New Zealand”




Rapid Post-earthquake Structural and Geotechnical Assessments in New Zealand





Dave Brunson

Symposium on the Future of Post-disaster Assessment for Buildings
 5 February 2020, Tokyo



Building assessment in practice

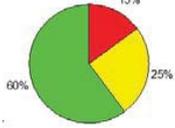
Darfield earthquake 4 September 2010 M_w7.1

- Rapid assessment:
 - Commercial 1300 (7% red, 22% yellow, 71% green)
 - Residential 7000 (4% red, 14% yellow, 82% green)
- Approx. 75 engineers and 175 Building inspectors
- Local state of emergency 4 Sept to 16 Sept



Christchurch earthquake 22 February 2011

- Rapid assessment
 - Commercial 8,000 (15% red, 25% yellow, 60% green)
 - Residential 70,000 (1800 red)
- Approx 500 engineers and 300 Building inspectors
- National state of emergency for two months




Presentation Overview

- Key enhancements to New Zealand's arrangements following the 2010/11 Canterbury and 2016 Kaikoura earthquakes
- Understanding the limitations of Rapid Building Assessments
- Understanding how Rapid Building Assessment fits within the overall task of managing buildings following earthquakes
- New Zealand's current arrangements, capability and challenges



Developments Post-Canterbury Earthquakes




- New field guides - earthquake, flooding, geotechnical
- New forms

CAN BE USED

RESTRICTED ACCESS

DO NOT REMOVE THIS NOTICE

RESTRICTED ACCESS

DO NOT REMOVE THIS NOTICE

ENTRY PROHIBITED

DO NOT REMOVE THIS NOTICE

- New placards – colour change and plain English
- Resources on www.building.govt.nz



The development of NZ arrangements

- Guidelines first developed in 1990s, based on the ATC 20 document
- Revised in 2009, following Gisborne earthquake 2007
- Refined following experience in Padang, Indonesia 2009
- Implemented following Darfield earthquake 4 September 2010
- Improvements following the 22 February 2011 Christchurch earthquake
- New lessons from the 14 November 2016 Kaikoura earthquake
- Revised documentation and legislation

Building Safety Evaluation
During a State of Emergency
Guidelines for Territorial Authorities



Prepared by the
New Zealand Society for Earthquake Engineering
August 2009



Rapid Structural Assessments

Level One:

Assessment generally based on exterior inspection only
Usually 20 mins per building

Level Two:

Building assessment based on exterior and interior inspection
Usually 2 to 4 hours per building

Outcomes:

- ① Placarding of buildings
- ② Central records (flags for buildings requiring further assessment)
- ③ Recommendations for cordoning off unsafe areas

6



Rapid Geotechnical Assessments

Types of land instability covered:

- Landslide
- Boulder roll (rock fall)
- Cliff collapse (rockfall)
- Debris flow



Assessment outcomes (risk to life and building usability):

Low risk
Moderate risk
High risk

Targeted Damage Evaluation

- Targeted Damage Evaluation (TDE) procedure quickly developed to assess a specific category of buildings (www.sesoc.org.nz)
- Approximately 70 Wellington concrete buildings of 5 to 15 storeys with precast flooring were assessed over three months

- Approximately 50% had issues that were not uncovered in the original rapid assessments



New Issues from the 2016 Kaikoura Earthquake

Wellington

Kaikoura

Christchurch

Epicentre

政策研究大学院大学
NATIONAL GRADUATE INSTITUTE
FOR POLICY STUDIES

New Guidance for Councils and Engineers

- New national guidance issued in 2018 by MBIE
- Support and training under development for Councils to better understand the building management process following emergencies



11

New Issues from the 2016 Kaikoura Earthquake

- Fault rupture affected isolated South Island communities, along with significant landslide issues
- Three districts undertook rapid building assessments, but didn't fully understand the processes
- Insufficient engineering capacity to respond across both rural and metropolitan districts
- No state of emergency declared in Wellington, therefore no mandate to undertake assessment or require owners to provide further information

9

Building Management in Emergencies

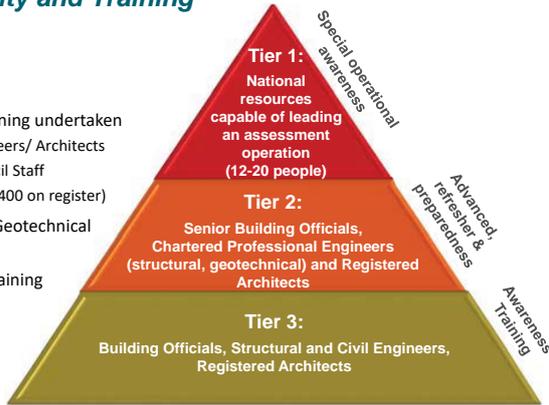
The key elements are:

1. Understanding the extent of the emergency and the nature of its impact on buildings within the affected community
2. Carry out a rapid building assessment operation within an identified area where there is cause for concern for public safety in or around buildings
3. The management of public safety issues both inside and outside any rapid building assessment operational area
4. Managing the issues caused by the emergency to enable the community to recover to business as usual.

12

Rapid Building Assessment: Capability, Capacity and Training

- Tier 2 training undertaken
 - Engineers/ Architects
 - Council Staff (approx 400 on register)
- Includes Geotechnical training
- On-line training modules



Habitability

FEMA residential policies consider habitability as encompassing the aspects of *safe, sanitary* and *functional*:

- 'Safe' refers to being secure from disaster-caused hazards or threats to occupants
- 'Sanitary' refers to being free of disaster-caused health hazards
- 'Functional' refers to a home capable of being used for its intended purpose

16

2019 Changes to the Building Act

- The Building Act now includes for Building Management in Emergencies
- Powers to inspect, placard, restrict entry, mitigate risk, require owners to provide information, and investigate building failure
- Can be used when no 'state of emergency' or 'transition period' declared, if approved by Minister
- Requires proportionate use – framework provided for recognising personal and property rights

14

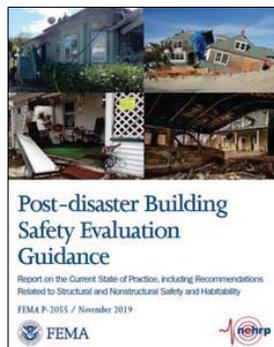
Summary: NZ Arrangements and Capability

- New Zealand has significantly more trained resources available to undertake rapid assessments than prior to the Canterbury earthquakes
- There have been some advances in tools and processes for electronically recording data in the field
- New legislation and national plans that enable a clear interface between building and emergency management aspects
- In summary, New Zealand now has all the system elements lined up: 'Legislation through to Field Guides'

17

Other International Developments

- FEMA P-2055 *Post-disaster Building Safety Evaluation Guidance* issued in November 2019
- Reports on the current state of practice
- Introduces the issue of habitability beyond structural safety



15

Summary: Current Challenges

- Prioritisation of the critical preparedness elements is lacking
- Effective preparation requires *leadership* and *engagement* by local councils, and support from MBIE as the national building regulator
- Specific gaps include:
 - The designation and training of operational leaders
 - Protocols for accessing and utilising data from building instrumentation in the early stages of a response

18



Thank You and Questions Please



Dave Brunson
db@kestrel.co.nz



Current research situation on damage evaluation for damaged buildings using 3d laser scanners

Building Research Institute (BRI)
 Structural Engineering Group
 Tomohisa MUKAI

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

0

What is laser scanner?

Choice of measurement method corresponding to objectives is needed

High	Resolution	Low
Narrow	Measurable Scope	Wide
Good	Portability	Bad
Low	Cost	High

Courtesy to Riegl Japan

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

4

Presentation flow

1. What is Laser scanner ? (Introduction)
Fixed laser type • Flight vehicles laser type
2. Current research situation (Main body)
Damage Evaluation for local and global level including actual damaged buildings
3. Conclusions

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

1

Presentation Flow

1. What is Laser scanner ? (Introduction)
Fixed laser type • Flight vehicles laser type
2. Current research situation
Damage Evaluation for local and global level including actual damaged buildings
3. Conclusions

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

5

What is laser scanner?

Measurement Principle: Time Of Flight)

$$r_m = \frac{c \cdot (T_{st} - T_{st0})}{2}$$

Speed of light $c_0 = 299\,792\,458 \text{ m/s}$

Courtesy to Riegl Japan

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

3

Research Effort by BRI

OBRI Inhouse research item: for basic study
 Development on seismic performance evaluation technique for post-EQ functional use of existing buildings (2016~2018)
 Objectives: Survey, Pick out, Investigation of specific technique to judge post-EQ functional use of damaged buildings quickly

Add on

OPRISM (**P**ublic/**P**riate **R**&D **I**vestment **S**trategic **E**xpansion **P**rogram) item: for practical use
 Research on establishment of Quick damage level judgement system and data platform (2018~)
 Objectives: Develop quick system (evaluable, sharable, displayable) for post-EQ functional use of damaged buildings using measured value on site

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

6

Summary of current research situation

- Component Level** : Local damage such as Floating/Spalling can be evaluated
- Full-scale frame specimen** : residual deformation and damage distribution of members can be evaluated.
- Tilted building due to pile failure in Kumamoto EQ** : Settlement and drift angle of each column/ vertical deformation distribution can be evaluated. Distribution of damaged buildings in Mashiki-town can be displayed, accuracy must be investigated.
- Old RC condo at Hashima** : Deterioration states of this condo during past 2 years is compared, utilization of point clouds data can be shown.
- BRI's Main building** with damage simulant material which assume damage state due to EQ was measured by each laser scanners, the applicability was confirmed.

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

9

Residual displacement measurement result

Extract orthogonal member

Good agreement between calculated residual disp. using point clouds and measured value

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

13

Full-scale 5 story specimen at BRI

壁つきフレーム構面

窓サッシの損傷計測 (1階)

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

10

Damage case: retrofitted building designed before 1981

Retrofitted municipality building had piles failure and superstructure was tilted.

3 story (retrofitted in 2012)
Is value : before retrofit 0.3 after over than 0.7
Damage level of superstructure : medium
After EQ, the tilted building was used for 2 years and demolished.

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

14

Structural test and damage states

1層中柱

全景

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

11

Various damage survey for superstructure

○damage survey for structural components (visual judgement, high-reso camera, 3D laser scanner, micro tremor, extract material(Concrete, steel))

Visual check High-reso camera 3D laser scanner(TSL)

extract material extract material micro tremor

国立研究開発法人 建築研究所 Building Research Institute

15

Damage survey for foundation structure

○pile, footing foundation/foundation beam (visual judgement after digging work, extract concrete)

Building Research Institute

16

Conclusions

Current research situation for damage evaluation of damaged buildings using 3d laser scanners was introduced.

1. High dense and quality damage data can be obtained by proper laser scanner measurement.
2. Using big damage data(point clouds), damage states can be understood with a high accuracy and speed-up of on-site survey for existing judgement method can be expected.

Building Research Institute

23

Damage survey for foundation structure

○pile, footing foundation/foundation beam (visual judgement after digging work, extract concrete)

Damage states of foundation structure at Y1 bay (EW)

E W

⑦ ③ ①

47mm 50mm 5mm

6.4% 2.9% 3.8%

Damage states of foundation structure at X2 bay (NS)

S N

⑦ ⑧ ⑪ ⑫

47mm 78mm 123mm 168mm

90mm 3.7% 1.4% 1.9% 2.9%

Building Research Institute

17

Measurement by 3d laser scanner Results

断面	測点	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
V1	BF	-	1/203	1/212	1/166	1/291	1/294	1/291	1/185	1/146	1/194
	ZF	-	1/151	1/172	1/187	1/223	1/166	1/233	1/133	1/130	1/145
	IF	-	1/198	1/198	1/152	1/223	1/203	1/181	1/147	1/147	1/102
	平均	-	1/207	1/192	1/213	1/242	1/200	1/226	1/152	1/141	1/137
V2	BF	-	1/168	1/223	1/139	1/114	1/214	1/130	1/141	1/152	1/108
	ZF	-	1/190	1/146	1/181	1/105	1/120	1/106	1/162	1/114	1/123
	IF	-	1/187	1/166	1/152	1/117	1/131	1/114	1/131	1/142	1/142
	平均	-	1/181	1/173	1/155	1/112	1/145	1/116	1/144	1/134	1/123
V3	BF	1/276	1/141	1/168	1/179	1/132	1/173	1/230	1/212	1/161	1/151
	ZF	1/216	1/265	0	1/175	1/173	1/143	1/152	1/146	1/112	1/107
	IF	1/126	1/179	1/111	1/138	1/156	1/101	1/139	1/122	1/140	1/150
	平均	1/185	1/183	1/200	1/161	1/152	1/133	1/165	1/152	1/135	1/132
V4	BF	1/192	1/117	1/108	1/116	1/105	1/121	1/128	1/140	1/81	1/99
	ZF	1/104	1/146	1/147	1/160	1/156	1/189	1/428	1/155	1/156	1/82
	IF	1/187	1/162	1/146	1/99	1/123	1/166	1/123	1/124	1/111	1/137
	平均	1/116	1/134	1/131	1/140	1/125	1/153	1/164	1/138	1/108	1/101

Building Research Institute

18

Koichi KUSUNOKI (Professor, The University of Tokyo)
 “Development and implementation of new technologies for the rapid inspection method”

Kusunoki Laboratory
 Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Development and implementation of new technologies for the rapid inspection method

Koichi KUSUNOKI
 Earthquake Research Institute,
 The University of Tokyo

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
 Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Present situation of the quick Inspection

- Investigated by visual observation by engineers...
 - It needs many days to investigate
 - 19 days for 46,000 buildings with 5,068 engineers
 - Many “Limited Entry” judgment
 - The judgment can vary according to engineers’ experiences




Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
 Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Rapid Inspection

- After an earthquake...
 - Residual seismic capacity should be evaluated**

Without adequate residual seismic capacity

- To reduce enormous harm due to an aftershock

With adequate residual seismic capacity

- To reduce the number of refugees

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
 Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Simplified SHM

It is worth to apply

- For example, concern of the high-rise building owner is “business continuity”.
 - “Elastic or non-elastic” evaluation is the most important for owners
 - If it is evaluated as damaged, the damage level somehow does not interest them.
- “Downtime” needs to be reduced!



Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
 Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Rapid inspection

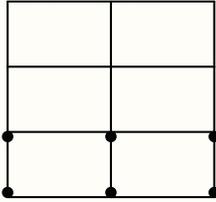



Based on visual observation with inspection sheets

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

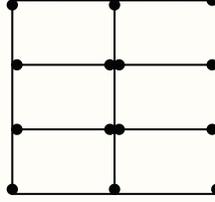
Kusunoki Laboratory
 Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Current situation of the quick Inspection



Story failure mode

- Damaged story is investigated



Total yielding system
 Whole beam ends need to be investigated

Total yielding system is now recommended for structural design
 →Ceiling system makes investigation difficult

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Kumamoto Earthquake

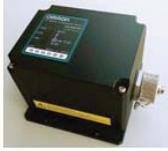



- April 14 Mw = 6.2
- April 16 Mw = 7.0
- Casualties 49

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Sensors & servers



Sensor
IoTAM
\$2,000
PoE



Sensor
Tinker
\$120
AC 5V



Server
Mac Mini
\$2,000
25 ch



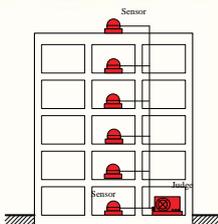
Server
Raspberry PI
\$60
5 ch

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Building instrumentation

- Sensors should be instrumented to buildings to evaluate their conditions.
- Advantages to use sensors
 - Bld. be evaluated right after an EQ
 - Bld. be evaluated w/o observation
 - Evaluation result be collected immediately with IoT

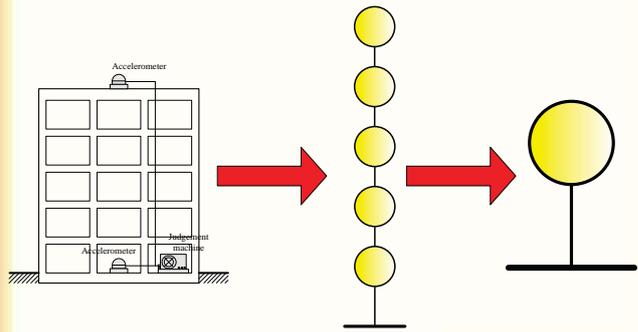


Many buildings had been instrumented already.

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Simplified down to SDOF system



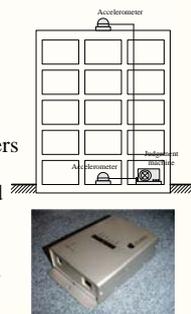
Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Proposed System

Performance and demand curves are measured

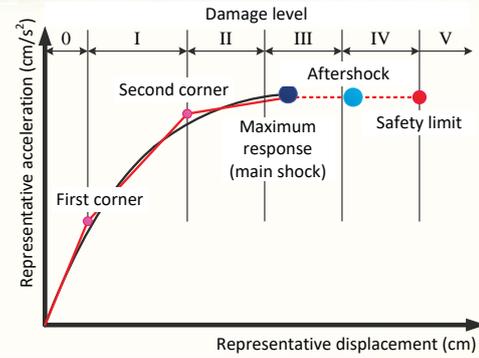
- Place few inexpensive accelerometers
- Derive displacement from measured acceleration
- Evaluate by comparing these curves



Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Damage evaluation and prediction



Damage level

Representative acceleration (cm/s^2)

Representative displacement (cm)

0 I II III IV V

First corner

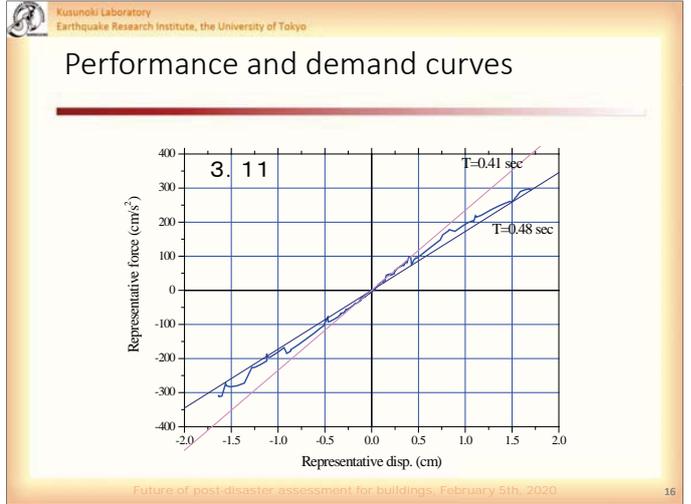
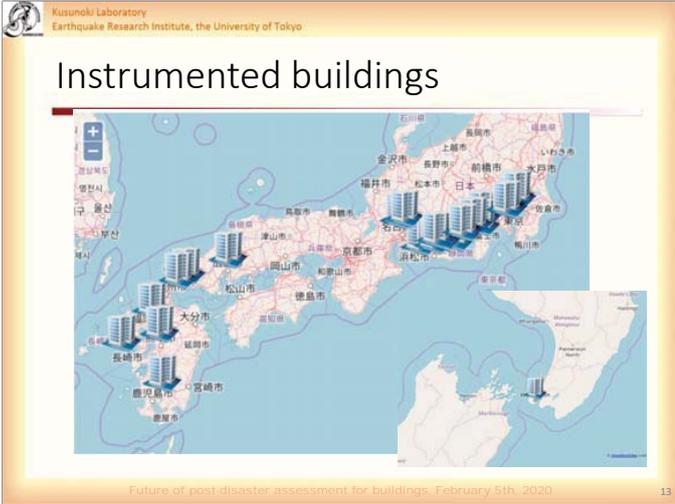
Second corner

Maximum response (main shock)

Aftershock

Safety limit

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020



Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Building Example Yokohama National Univ.

- Department of architecture
- SRC structure
- H= 30.8 m
- 8-story + 1 BF
- Retrofitted before Tohoku EQ

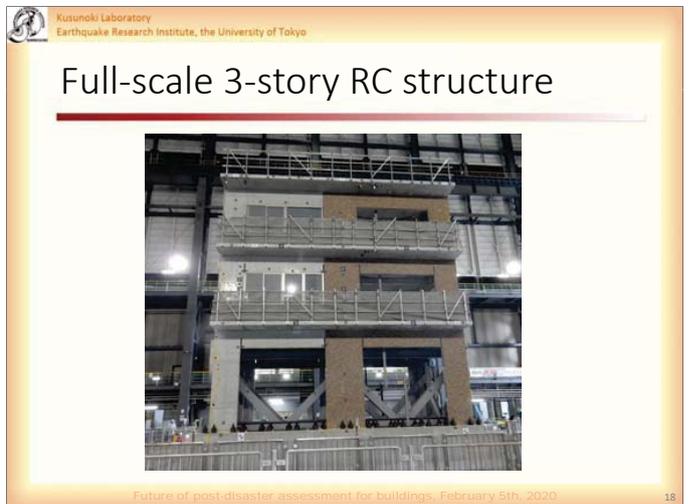
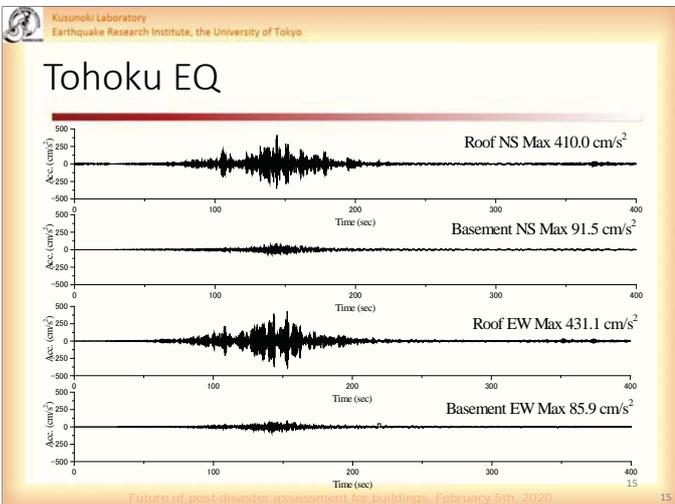
Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020 14

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Damage evaluation

- Flexural cracks were observed at the bottom of walls
- Detected damage level coincide the observed level
- The system worked well
- The result was informed to all staffs.

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020 17



Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

1st 150% input

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

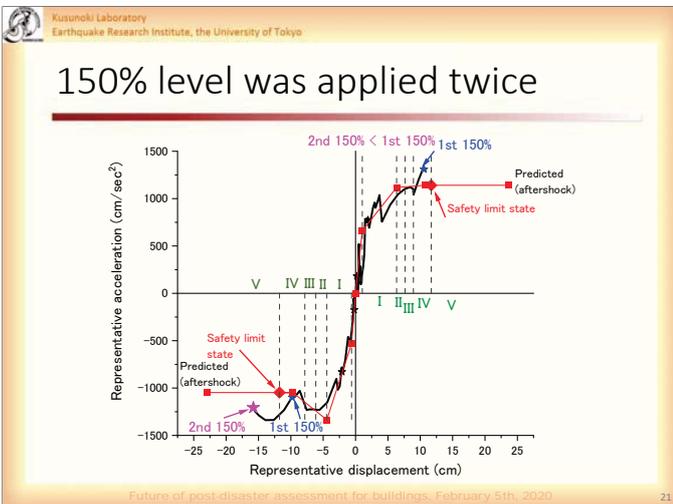
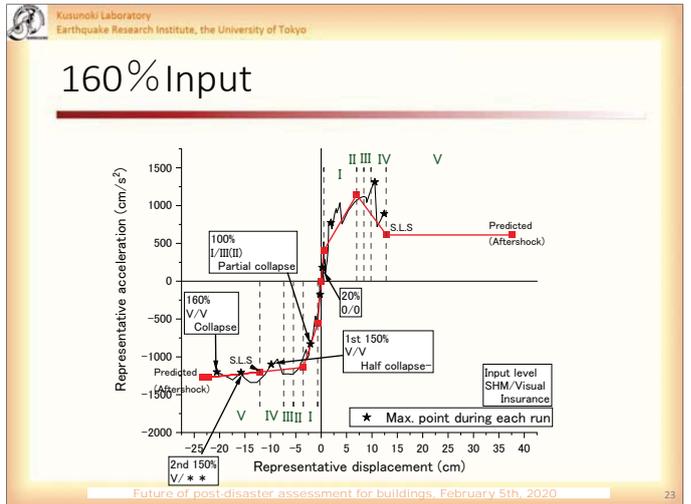
Last input (160%)

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

2nd 150% input

Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020



- Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo
- ## Problems to be solved
- How to translate the SHM result to rapid inspection result/damage classification result
 - Clarify the difference of SHM techniques
 - Precise measurement Simplified measurement
 - Use numerical model Only with records
 - Technical problems
 - Noise, Data transfer protocol, Big data
 - How to get approval to use records for academic purpose.
- Future of post-disaster assessment for buildings, February 5th, 2020

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Damage inspection with Drone

- Easy to control by using GPS
- Stable
- Self-controlled drone is also available.
- Rota-lifter
- Light weight (1 ~ 2 kg)
- Weak against raid interference
- Weather
- Battery life
(Use engine?)



Future of post-disaster assessment for buildings: February 5th, 2020 25

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Damage evaluation of cities



- Damage condition of cities can be evaluated soon after an EQ

Future of post-disaster assessment for buildings: February 5th, 2020 28

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Visual inspection with Drone



大阪大学 真田准教授 撮影

Future of post-disaster assessment for buildings: February 5th, 2020 26

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Thank you for your kind attention

Future of post-disaster assessment for buildings: February 5th, 2020 29

Kusunoki Laboratory
Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Other technique : GPS observation



Solar power supply is used on GUN-KAN Jima island,
BRI: Tomohisa Mukai

Future of post-disaster assessment for buildings: February 5th, 2020 27