

携帯型情報端末を用いた被災建築物応急危険度判定の支援について

Support of a "Post-Earthquake Quick Inspection of Damaged Buildings" Using Portable Information Devices

○石井 儀光¹, 寺木 彰浩²
Norimitsu ISHII¹ and Akihiro TERAKI²

¹独立行政法人建築研究所 住宅・都市研究グループ

Department of Housing and Urban Planning, Building Research Institute

²千葉工業大学 工学部建築都市環境学科

Department of Architecture and Civil Engineering, Chiba Institute of Technology

After the occurrence of large-scale earthquake disaster, in order to protect the safety of victims, to support the recovery and reconstruction activities, some on-site inspections of the affected buildings, such as "Post-Earthquake Quick Inspection of Damaged Buildings", should be conducted quickly and efficiently. So, we have developed a post-earthquake quick inspection support tool using iOS devices. On-the-job training of that support tool was conducted in some cities. The support tool has been improved based on training participants' opinion. In addition, we are trying to develop a method to measure quickly and accurately the slope of the affected building. Therefore, we conducted comparative experiments to measure the slope of the wall using iOS devices and a digital clinometer and a plumb bob.

Keywords: Field Survey, Earthquake Disaster, iOS devices, Clinometer, Plum Bob, Comparative Experiment

1. はじめに

大規模地震災害の発生後、被災者の安全を守り、復旧・復興活動を支援するために、被災建築物応急危険度判定などの被災建築物の現地調査を効率的かつ迅速に実施する必要がある。それらの調査を支援するため、建築研究所は国際航業（株）の協力を得て iOS 機器用「応急危険度判定支援ツール（訓練版）」（以下、支援ツール）を開発し¹⁾、地方自治体等が主催する応急危険度判定実地訓練における試用を通じて支援ツールの改善と普及活動を行っている。本稿では、それらの取組に加えて、応急危険度判定の際に被災建築物の傾斜測定に携帯型情報端末を用いる可能性を探るために行った実験について報告するものである。

2. 支援ツールの概要

図 1 は支援ツールの入力・表示のイメージを示したものである。携帯型情報端末の地図画面上で調査対象建物

の位置を指定すると調査項目の入力画面になり、画面をタッチして調査データを入力する。また、iPad 等の内蔵カメラを用いて写真を撮影し、調査データの 1 つとして管理することが可能である。データの入力が終了すると、調査した位置にピンが表示され、どの建物の調査が終わっているか簡単に把握できる。なお、ピンの色は応急危険度判定の判定結果を示している（赤：危険、黄：要注意、緑：調査済み）。

支援ツールの動作環境は、Apple 社の iOS5 以降が稼働する iOS 機器である。GPS 機能やデジタルカメラ機能を内蔵した iPad や iPhone 等の iOS 機器を用いることで、紙ベースの地図や複数の機器・ツールを用いて行ってきた従来の作業を 1 台の端末機器で行うことが可能となつた。

3. 支援ツールの特徴

(1) 調査対象建物の特定が容易



図 1 支援ツールの入力・表示のイメージ

従来は、紙の地図を頼りに調査対象を確認していたが、支援ツールでは、GPS機能を用いて画面地図上に現在地が表示されるため、調査対象建物に容易にたどり着くことが可能である。このため、応援等で他地域から派遣された現地に不慣れな判定士でも効率的な調査の実施が可能である。

(2) 現地でのデータ入力が容易

従来は、紙の調査表に手書きで記入していたが、支援ツールでは紙の調査表と同じレイアウトの入力画面が表示され、端末の画面をタッチして入力することが出来る。入力された調査内容に基づいて判定結果も自動で表示されるため、判定間違のリスクが軽減される。

(3) 調査後の整理・集計作業が容易

従来は、集計するために調査表からパソコンへのデータ入力（手作業）が必要であったが、iPad等のiOS機器をパソコンに接続してデータを転送し、Excel等に取り込んで集計・検索が可能である。入力作業が不要なので、時間短縮と労力削減ができる。また、転記ミスが無いため、入力内容の確認作業が不要となる。

次に、調査結果を地図に表示する場合、従来は手作業で住宅地図等に調査結果を転記する作業が必要であった。しかし、支援ツールの出力からKMLを生成し、GISソフトやGoogle Earth等を用いて地図表示が可能である（図2）。

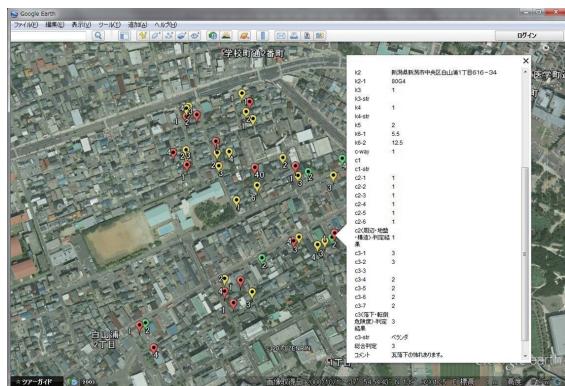


図2 Google Earth を用いた調査結果の地図化例

図2では、バルーンが調査建物位置を表し、バルーンの色は応急危険度判定結果（赤：危険、黄：要注意、緑：調査済み）を表している。バルーンをクリックすると調査表データが表示される。

(4) 写真の撮影と管理が可能

原則として、応急危険度判定調査において被災建築物の写真をとることは無いのだが、何らかの事情で調査時に写真を撮影する必要が生じた場合、iOS機器の内蔵カメラで撮影することが可能である。撮影時に写真と調査表が関連づけされた状態で保存されるため、後から関連づけを行う作業が不要であり、関連づけ作業を間違う心配が無い。

4. 支援ツールの配布

アップル社のiOS機器用のソフトウェア配布サイトである、App Storeにおいて「応急危険度判定支援ツール（訓練版）」というアプリ名で訓練版の無償配布を行っている（図3）。

平成26年7月末時点のダウンロード数は530である。なお、この数字は正確にはダウンロードしたユーザーの

Apple ID数であり、1つのApple IDで複数の端末にインストールしている場合などがあるため、インストールされた端末の台数を示すものでは無い。



図3 App Store の支援ツール配布画面

5. 支援ツールを用いた実地訓練等

地方自治体等が主催する応急危険度判定実地訓練等において支援ツールをインストールしたiOS機器を提供（貸与）し、屋外で実際の建物を対象とした応急危険度判定の訓練（写真1）を通じて、応急危険度判定士および地方自治体職員から、支援ツールの操作方法や運用方法について様々な意見・要望を収集した。表1はこれまでに協力した屋外の実地訓練の一覧である。



写真1 実地訓練の様子（京丹後市）

表1 屋外実地訓練の実施状況

実施年月	実施場所・訓練建物
H24年9月	静岡県(藤枝市)・市営住宅(木造)
H24年9月	静岡県(磐田市)・中学校校舎(RC造)、体育館(S造)
H24年9月	京都府(福知山市)・市営住宅(木造)
H25年3月	三重県(鳥羽市)・市営住宅(木造)
H25年9月	静岡県(富士市)・校舎(RC造)、体育館(S造)
H25年11月	新潟市・市営住宅(木造)
H25年11月	京都府(京丹後市)・市営住宅(木造)
H26年9月	埼玉県・県庁内倉庫(RC造)

また、都道府県等が実施する応急危険度判定の連絡会、講習会等において支援ツールをインストールしたiOS機器を提供（貸与）し、机上訓練ではあるが、支援ツール

の操作方法や運用方法について意見・要望を収集した。また、調査を行う判定士の立場だけでなく、調査実施本部を運営する側の立場から、調査後の集計方法や地図化方法等について意見や要望を収集した。

これらの実地訓練や説明会等で得られた意見や要望を踏まえて、支援ツールの課題を整理し、改善可能な部分は改善を行ってきている。

なお、建築研究所ホームページに支援ツールのサポートページを開設し^[2]、ツールの操作マニュアル等を公開するとともに、ユーザーからの改善要望等を受け付けている。

6. 支援ツールの課題と展望

支援ツールを実際の震災時に利用する上で、最大の課題は、調査に利用する iOS 機器の調達である。大規模な災害になれば相当数の iOS 機器が必要になるが、それを地方自治体が単独で整備することは難しい。仮にかなりの台数を保有できたとしても、日常からそれらの端末を利用してメンテナンスしておかなければ、いざという時に使い物にならない。現実的には、紙の調査表を用いた従来の調査方法が主体となり、限定的に携帯型情報端末を利用した調査が行われることになると思われる。紙による調査と携帯型情報端末を利用した調査を併用する場合の運用方法については、これまでの訓練の経験を踏まえて、マニュアルを作成する予定である。

次に大きな課題は、支援ツールで利用する地図の準備である。支援ツールの訓練版では、オンラインで地図を取得する仕様になっているため、被災地においてオフライン環境下では訓練版を利用することが困難となる。端末にオフラインで利用出来る地図を準備しなければならないのだが、自前で利用可能な地図を整備していない場合には、地図整備だけでもかなりの費用がかかることになる。

次に、携帯型情報端末そのものに関する課題として、被災地での利用を想定した防水性や防塵性、耐衝撃性、炎天下での視認性、バッテリーの持続性、軽量性などが問題となる。これらハードウェアに関する課題については、携帯型情報端末の進化に期待するところである。

7. 被災建物を想定した壁面の傾斜測定実験

(1) 実験の目的と概要

被災建築物応急危険度判定において、被災建築物の傾斜を測定する調査項目がある。調査の実施要領では、下げ振りを用いて傾斜を測定することになっているのだが、測定には時間と手間がかかることが難点である。一方、携帯型情報端末のセンサーを用いた傾斜計アプリが複数開発されているため、それらを活用できれば短時間に傾斜を測定することが期待できる。そこで、携帯型情報端末の傾斜計アプリはどの程度正確に被災建築物の傾斜を測定することができるのか、実験を行うこととした。

(2) 実験機材

実験に際し、4 種類の異なる角度の傾斜を持つ実験装置を作成した（写真 2）。実験装置の寸法は、幅 1,200mm、奥行き 900mm、高さ 1,800mm で、重量は 40kg である。

傾斜角は、1/90、1/60、1/30、1/20、の 4 種類とした。木造建物調査において、傾斜の被災ランクの基準が A) 1/60 以下、B) 1/60～1/20、C) 1/20 超、であることから、これら 4 種の傾斜を設定した。

次に、傾斜を測定する機材について、1) iPad、2) iPhone、3) デジタル傾斜計（Digi-Pas 製、DWL-280）、4) 下げ振り²⁾（タジマ製パーフェクトキャッチ G3-450）の 4 種類を用いることとした。なお、iPad 及び iPhone による傾斜測定アプリとして、plaincode 社の”Clinometer HD- bubble level and slope finder”を用いた³⁾。



写真 2 傾斜測定用の実験装置

(3) 実験方法

実験は、千葉工業大学建築都市環境学科の学生および教員 1 名の合計 70 名を対象に行った。調査は 2 人 1 組で実施し、1 人が計測した数値を読み上げ、もう 1 人が調査表に数値を記入した（写真 3）。



写真 3 iPad を用いた測定の様子（上）と
下げ振りを用いた測定の様子（下）

また、機材毎に測定に要した時間も記録した。測定が終わると、ペアで役割を入れ替えて測定した。1つの傾斜版の傾斜を、iPad→デジタル傾斜計→下げ振り→iPhone の順番で測定し、次の傾斜版の測定に移るという流れで調査を行った。なお、測定の習熟による測定精度の影響を除くため、傾斜版の測定順序を変更したパターンを4つ用意して、被験者に割り振った。

(4) 実験結果

まず、板毎・測定機材毎に、傾斜の測定結果の平均値を表2に示す。上の行の設計値とは、実験装置の傾斜角の設計上の値である。なお、表2では便宜上傾斜角を%表示している。

設計値との差が最も少ないのが下げ振りであり、特に板I(傾斜角1/90)の設計値との差は極めて小さく、小数点以下1桁まで数値が一致している。しかし、傾斜角が大きくなるにつれて、設計値との差が大きくなってしまっている。とはいっても、板IからIVまで全ての板について下げ振りの測定結果が設計値と最も差が少ないと変わることは無い。

下げ振りに次いで結果がよいのはiPadであり、傾斜角が大きい板IVでは下げ振りの結果にかなり近付いているが、他の板では約0.3%程度下げ振りよりも傾斜角が小さい値を示している。これでは、傾斜角が1/60以上のものを誤ってそれ以下と判定してしまうことになりかねず、応急危険度判定において利用することは難しい。

表2 傾斜角の平均値

	傾斜角(%)			
	板I	板II	板III	板IV
設計値	1.111	1.667	3.333	5.000
下げ振り	1.102	1.542	2.942	4.596
iPad	0.849	1.230	2.647	4.560
iPhone	0.694	1.134	2.414	4.381
デジタル傾斜計	0.503	0.899	2.182	4.057

次に、傾斜角の測定値の標準偏差を表3に示す。平均値では優れていた下げ振りの標準偏差が最も大きく、ばらつきが大きい事が分かる。一方で、平均値がよくなかったデジタル傾斜計の標準偏差が最も小さかった。なお、いずれの機材も標準偏差が安定していることから、板IIIと板IVの傾斜角の設計値と実際の値が何らかの理由で外れてしまったために、表2に示した結果が悪くなっている可能性がうかがえる。

表3 傾斜角の標準偏差

	板I	板II	板III	板IV
デジタル傾斜計	0.151	0.135	0.161	0.118
iPhone	0.237	0.235	0.241	0.206
iPad	0.386	0.358	0.373	0.328
下げ振り	0.366	0.363	0.400	0.377

次に、測定にかかった時間(単位:秒)を表4に示す。概ね、iPhoneの測定時間が最も短いが、デジタル傾斜計もほぼ同じ所要時間である。次いで、iPadがやや時間が

かかっている。下げ振りは最も所要時間が長く、他の方法の3~4倍程度の時間がかかってしまっている。

表4 測定時間の平均値(単位:秒)

	板I	板II	板III	板IV
iPhone	10.2	8.2	9.2	7.7
デジタル傾斜計	9.9	8.5	9.4	7.9
iPad	12.1	10.5	10.9	9.9
下げ振り	34.5	34.5	32.2	35.7

(5) まとめと今後の課題

下げ振りによる傾斜角の測定をiPadやiPhoneで代替できるのではないかとの期待を持って、傾斜角を測定する比較実験を行ったが、iPadやiPhoneの測定精度は下げ振りに遠く及ばない結果であった。今後、iPad等の結果がよくなかった原因がデバイスにあるのかソフトウェア側にあるのか、あるいはその両方が探るとともに、測定結果を改善する見込みがあるのかどうか検討したい。

今回の結果からは、精度を重視して従来通り、下げ振りを用いて測定すべきと判断される。しかし、下げ振りの場合、屋外では風でおもりが揺れる事により、今回のような屋内での計測よりも更に時間がかかるため、計測時間や手間を短縮するための方法を引き続き検討したい。

8. おわりに

本稿では、大規模地震災害後の被災建築物応急危険度判定を迅速かつ効率的に実施するため、携帯型情報端末を用いて調査表入力を支援するツールについて紹介した。既に述べたように支援ツールを用いた方法を実際の災害時に用いるには多くの課題が残されている。また、被災建築物の壁面の傾斜を携帯型情報端末で計測する方法についても課題が多いため、今後もそれらの改善に努めたい。

謝辞

支援ツールを用いた実地訓練や説明会等では、全国被災建築物応急危険度判定協議会をはじめとして、訓練等の実施主体である各地域の応急危険度判定協議会及び都府県市、建築士会等の皆様、そして、ご参加頂いた判定士や自治体職員の皆様に多大なご協力を頂いた。また、傾斜測定実験は、千葉工業大学建築都市環境学科寺木研究室の本田諒氏と吉野聰将氏に多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

補注

- 支援ツールの開発に際して、携帯型情報端末を用いて現地調査を行う場合の機能要件等を整理し^[1]、可能な限りそれらを反映している。
- 下げ振りの紐の長さは1,200mmとした。
- iPadおよびiPhoneについては、実験前にキャリブレーションを1回だけ行った。

参考文献

- [1] 石井儀光・寺木彰浩・他：「建築物の現地調査に求められる携帯型情報端末の機能要件」、地理情報システム学会講演論文集(CD-ROM)、Vol.21、B-7-1、2012年。
- [2] 応急危険度判定支援ツールの開発、
<http://www.kenken.go.jp/japanese/research/hou/topics/oq/index.html>