

地震発生直後の情報空白期の軽減に向けた 地震動分析情報の自動配信

片岡 正次郎¹・中尾 吉宏²・石井 洋輔³・大道 一步⁴

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路地震防災研究室長（〒305-0804 つくば市旭1）
E-mail:kataoka-s92rc@mlit.go.jp

²正会員 宮崎県 高速道対策局長（〒880-8501 宮崎県宮崎市橋通東2-10-1）
（元 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路地震防災研究室 主任研究官）

E-mail: nakao-yoshihiro@pref.miyazaki.lg.jp

³正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路地震防災研究室 研究員（〒305-0804 つくば市旭1）
E-mail: ishii-y92ta@mlit.go.jp

⁴正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路地震防災研究室 研究官（〒305-0804 つくば市旭1）
E-mail: oomichi-k85aa@mlit.go.jp

国総研は、中低層建物や一般橋の被害との相関が高いとされる周期1～2秒の地震動に着目し、強震記録の分析により地震発生直後に被害の規模感が把握できる情報を作成して災害対応従事者に自動配信する取り組みを行っている。本稿では、この取り組みの経緯、被害発生ラインと加速度応答スペクトルの比較により被害規模感を把握する方法および自動配信の仕組みを述べるとともに、配信するスペクトル分析情報が被害規模感把握に役立つかどうかを実被害と比較して検証した。その結果、被災道路橋の有無や被害が限定的な否かを概ね正確に判断でき、地震発生直後に被害の規模感を把握するための情報として有用であることが示された。

Key Words : earthquake spectrum information, ground motion characteristics, crisis management, disaster information, damage border

1. はじめに

国土交通省は、地震による強い揺れが観測されると直ちに所管施設の点検を開始する。発生時刻や被害の大きさ・分布によっては被害状況の把握に時間を要することもあるものの、災害対応従事者は、限られた情報の中でいち早く全体の状況を把握し、的確に対応を進める必要がある。

特に地震発生直後の情報空白期には、震度分布の他にはCCTVカメラ映像や報道情報しかなく、さらに夜間はこれらの映像から得られる情報も限られる。そのため、国土技術政策総合研究所（以下、国総研）では、地震発生直後に得られる情報の充足に向け、プローブ情報やSNS、光ファイバ線路監視を活用した被災状況の把握可能性を調査・検証してきている¹⁾。

地震発生直後に得られる情報として、上述の通り震度分布があるが、計測震度は建物被害率との相関には改善の余地があることが指摘されている²⁾。建物の弾性固有周期は0.2～0.5秒程度とされ、また計測震度は人体感覚への影響が大きい周期0.1～1秒の平均加速度応答・平

均速度応答との相関が高い指標である³⁾から、これらの周期帯は概ね対応している。にもかかわらず、建物被害率と計測震度との相関が高くないのは、建物の応答が弾性限界を超え、建物が塑性化し剛性が低下することで、その影響を考慮した固有周期（等価固有周期）が1～2秒程度にまで長くなるためと考えられている⁴⁾。

土木構造物にも同様に、被害と震度の相関が高くないものがある。例えば道路橋（一般橋）の弾性固有周期は振動試験から0.3～0.8秒程度（6橋）⁵⁾、強震観測結果の分析から0.3～0.5秒程度（2橋）⁶⁾といった結果があるが、強震動が作用し塑性域に入ると固有周期が長くなることから、周期1～2秒が卓越する1995年兵庫県南部地震のJR鷹取駅の記録等が一般橋の被害に影響の大きい記録とされている。

以上のような背景から、国総研では、中低層建物や一般橋の被害との相関が高いとされる周期1～2秒の地震動を主な対象として、強震記録の分析により地震発生直後に被害の規模感が把握できる情報を作成し、災害対応従事者に自動配信する取り組みを行っている。

本稿では、この取り組みの経緯と情報の内容および

震度の予想被害 見直し

震度階級関連解説表の主な内容

(震度6弱以上)

＜震度6弱＞立っていることが困難になる。固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。耐震性の低い木造住宅では倒壊するものがある。耐震性の高い住宅でも壁や柱が破損するものがある。

＜震度6強＞立っていることができません。はわなと動くことができない。固定していない重い家具のほとんどが移動、転倒する。戸が外れて飛ぶことがある。耐震性の低い木造住宅では倒壊するものが多い。耐震性の高い住宅でも壁や柱がかなり破損するものがある。

＜震度7＞揺れにほんろうされ、自分の意志で行動できない。ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある。耐震性の高い住宅でも傾いたり、大きく破損するものがある。

「計算方法こそ問題」専門家指摘

解説表によると、震度の様子から決まっていた。6弱は「耐震性の低い木造住宅では倒壊するものが多い。しかし、6期から自動的に算出される月の手、宮城内陸地震システムに起因、判定速で6増だった。手手集集市、度は上がったが、震度と市上宮城県市でも、被害にずれが生じるケースが計6の棟で全体の約0.2%だった。7月に岩手県野田で6増となった震度では平均値だった。7月の地震は、95年の阪神大震災以前は、気象台や学会などの研究成果も踏まえて、解説表の記述を見直し、被害の食い違いを指摘する新聞記事¹⁰⁾

6強「倒壊多数」
実際と食い違い
気象庁方針

解説表によると、震度の様子から決まっていた。6弱は「耐震性の低い木造住宅では倒壊するものが多い。しかし、6期から自動的に算出される月の手、宮城内陸地震システムに起因、判定速で6増だった。手手集集市、度は上がったが、震度と市上宮城県市でも、被害にずれが生じるケースが計6の棟で全体の約0.2%だった。7月に岩手県野田で6増となった震度では平均値だった。7月の地震は、95年の阪神大震災以前は、気象台や学会などの研究成果も踏まえて、解説表の記述を見直し、被害の食い違いを指摘する新聞記事¹⁰⁾

気象庁は、それぞれの震度予想される被害を説明した「震度階級関連解説表」を公開することを決めた。6月7日に東北地方で相次いだ地震で、震度6強の地域の被害が解説表より大幅に小さかったため、記述を修正し、合わせて修正する。一方で、震度計を使っている震度の計算方法に誤差があるために過大な震度になったとして、記述見直しを「未定」と指摘する専門家もおり、見直しのめり方も議論になりつつある。

図-1 震度と被害の食い違いを指摘する新聞記事¹⁰⁾

自動配信の仕組みを紹介するとともに、被害規模感把握に役立つかどうかを実被害と比較して検証した結果を述べる。

2. 取り組みの経緯

(1) K-NET, KiK-netの活用

国総研では従前から、被害地震の際に観測された強震記録の加速度応答スペクトルを過去の代表的な被害地震、特に甚大な構造物被害をもたらした1995年兵庫県南部地震の強震記録と比較することにより、強震動と被害規模との関係を緊急調査速報⁷⁾や現地調査報告⁸⁾等で報告してきた。これらの報告では基本的に国土交通省の観測で得られた強震記録が用いられているが、加速度応答スペクトルの算出に必要な時刻歴波形データの取得には現地での回収作業が必要であり、上記の報告にも数週間を要することが多かった。

一方、(国研)防災科学技術研究所はK-NET, KiK-net⁹⁾で観測された時刻歴波形データをウェブサイトで公開しているため、夜間や休日等の参集を考慮しても、地震発生後数時間で加速度応答スペクトルを算出し比較することが可能になった。国総研ではK-NET, KiK-netウェブサイトから得たデータの解凍・分析・図化を容易に実行できるソフトウェアを開発し、応答スペクトルの比較等を速やかに実施できるようにした。

(2) スペクトル分析情報の作成・共有

2008年岩手・宮城内陸地震では震度と被害の食い違いが指摘され(図-1)、これらを契機として気象庁震度階級関連解説表が改定された¹¹⁾。2009年駿河湾の地震の際には災害対応従事者からも地震動の構造物への影響を把握したいという要望があり、国総研では記者発表¹²⁾を行

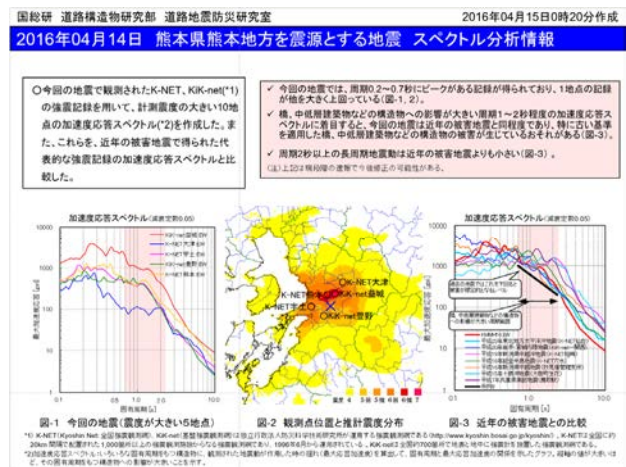


図-2 熊本地震(最大前震)のスペクトル分析情報

うとともに、最大震度6弱以上の地震発生時には同様の情報「スペクトル分析情報」を速やかに作成し、省内関係者間で共有することとした。

次に発生した最大震度6弱以上の地震は2011東北地方太平洋沖地震(最大震度7)であり、直後の停電によりK-NET, KiK-net観測データの公開が停止し¹³⁾、スペクトル分析情報を作成することができなかった。データ公開が再開された3月15日に発生した静岡県東部の地震以降は、同年4月7日の宮城県沖の地震、2013年淡路島の地震、2014年長野県神城断層地震等の際にスペクトル分析情報を作成、共有してきた。

(3) 自動配信の試行

2016年熊本地震は2つの大きな前震と本震が夜間に発生したこともあり、スペクトル分析情報(図-2)は被害の規模感を知る貴重な情報となった。一方、職員が参集したのちデータのダウンロードを行い分析・図化・資料作成等を行う必要があったため、最大前震や本震では発生後3~4時間を要し、地震発生直後の情報空白期に活用

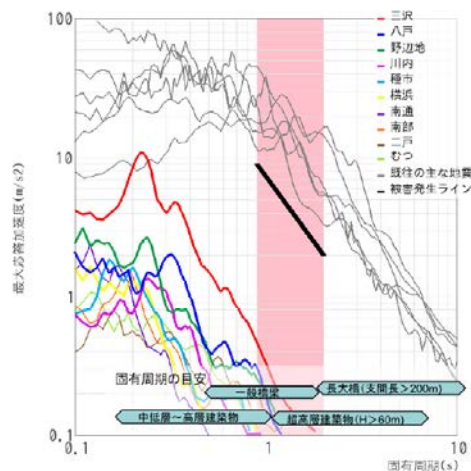


図1 近年の被害地震との比較

K-NET(*1)の観測記録で、計測震度の大きい上位10地点(震度2以上)の加速度応答スペクトル(*2)を作成し、被害発生ラインや近年の被害地震の観測記録と比較。

*1) K-NET (Kyoshin Net: 全国強震観測網)は国立研究開発法人防災科学技術研究所が運用する強震観測網である(<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)。全国に約20km 間隔で配置された1,000箇所以上の強震観測施設から強震観測データあり、1996年6月から運用している。

*2) 加速度応答スペクトル(いろいろな固有周期をもつ構造物に、観測された地震動が作用した時の揺れ)最大応答加速度を算出して、固有周期と最大応答加速度の関係を示したグラフ。縦軸の値が大きいほど、その固有周期をもつ構造物への影響が大きいことを示す。

*3) 地図上の行政界度は、対象行政界の最大震度を色分けしているため、地図上のK-NET観測点震度が行政界震度よりも低く表示されている場合がある。

*3)地図上の行政界震度は、対象行政界の最大震度を色分けしているため、地図上のK-NET観測点震度が行政界震度よりも低く表示されている場合がある。

- 構造物に被害をもたらす揺れが否かを把握するため、地震動の観測記録と被害発生目安(被害発生ライン)を対比(左図)
- 観測記録が即時に公開されるK-NET(*)の観測に基づき作成
(気象庁等の観測網でより大きな揺れが観測され得ることに留意)
- 観測点の位置を、震度分布図に表示(下図)



図2 震央、震度分布と揺れの観測点(*3)(震度分布は地震直後に入手可能な気象庁情報による。)

図-3 スペクトル分析情報 (イメージ)

することはできなかった。

このような状況を改善するため、SIP防災研究「レジリエントな防災・減災機能の強化」の国総研担当課題「インフラ被災情報のリアルタイム収集・集約・共有技術の開発」において、K-NET即時公開データを活用してスペクトル分析情報を自動配信する仕組みを構築することとした。本課題で開発した情報分析・意思決定支援システム^{14) 15)}に自動配信機能を組み込み、試験運用を経て、2017年4月から試行として国土交通本省、地方整備局等の関係部局に電子メールでの自動配信を行っている。

配信は最大震度を基準に震度3以上からアドレスごとに選択できるようになっており、現時点では全てのアドレスで震度4以上または震度5弱以上のいずれかが選択されている。

3. スペクトル分析情報

(1) 情報内容

図-3は自動配信されるスペクトル分析情報のイメージを示したものである。図-3左図は得られたK-NET観測記録から計測震度の大きい上位10地点の加速度応答スペクトル（減衰定数5%，水平2成分合成）とともに、被害発生ライン（後述）および近年の被害地震の代表的な観測記録（表-1）の加速度応答スペクトルを表示している。

図-3右図は行政界で区分した震度分布に加速度応答ス

表-1 スペクトル分析情報に加速度応答スペクトルが表示されている近年の被害地震の代表的な強震記録

地震	観測点	観測機関
1995 年兵庫県南部	JR 鷹取駅	JR 総研
2003 年十勝沖	大樹町生花	国土交通省
2004 年新潟県中越	妙見堰管理支所	国土交通省
2008 年岩手・宮城内陸	KiK-net 一関西	防災科研
2011 年東北地方太平洋沖	K-NET 仙台	防災科研
2016 年熊本	KiK-net 益城	防災科研

表-2 被害が限定的であった地震のリスト

地震	気象庁マグニチュード	最大震度	全壊住家棟数
2003 年宮城県沖	7.1	6 弱	2
2005 年宮城県沖	7.2	6 弱	1
2008 年岩手県沿岸北部	6.8	6 弱	1
2009 年駿河湾	6.5	6 弱	0
2011 年静岡県東部	6.4	6 強	0
2013 年淡路島付近	6.3	6 弱	8
2016 年内浦湾	5.3	6 弱	0
2016 年茨城県北部	6.3	6 弱	0

ペクトルを表示した観測点の位置を重ねた地図であり、被害発生ラインを超えた観測点は強調表示される。

(2) 被害発生ライン

被害発生ラインは構造物被害発生の目安を表す。ある地震で得られたK-NET観測記録の加速度応答スペクト

ルが被害発生ラインを一部でも超えれば被害発生のおそれあり、超えなければ被害は限定的と推察する。また、多くの加速度応答スペクトルが被害発生ラインを超えていけば、それだけ広い地域で被害発生のおそれありと推察する。

強い地震動が生じた地域に構造物がなければ被害は発生しないため、ある地震の構造物被害が限定的であったとしても、同じ地震動が別の地域で生じれば被害が発生する可能性がある。このような地域差を小さくするためには、全国に数多く存在する構造物の被害に着目する必要がある。例えば道路橋（橋長2m以上は約69万橋⁽⁶⁾）と比較して住宅（約6242万戸⁽⁷⁾）は全国に約90倍存在しており、住宅被害の方が道路橋被害よりも観測される地震動強度との統計的な対応が良いと考えられる。

ここでは全壊住家棟数が10棟未満の地震を「被害が限定的であった地震」と定義し、これに該当する地震（表-2）の際に得られたK-NET観測記録の加速度応答スペクトルを算出した結果を図-4に示す。固有周期1～2秒を対象にこれらの記録の上限をもとにした両対数グラフ上の線分を被害発生ラインとしている。

(3) 参考情報

スペクトル分析情報を受信する災害対応従事者は人事異動等で入れ替わるため、情報の理解を助けることも求められる。図-5はスペクトル分析情報とあわせて配信する参考情報であり、図-3と図-5の3枚の情報を一つのPDFファイルとして配信している。

参考情報Aは上記(2)で述べたスペクトル分析情報の見方や被害発生ラインを説明したもの、参考情報Bは近年の代表的な被害地震とその被害を説明したものである。参考情報Bは表-1と同じ地震を対象に、国土交通省や消防庁等から公表されている災害情報等に基づく被害の数量（全壊住家棟数、インフラ被害箇所数など）とともに、各地震や被害の特徴を説明している。

(4) 自動配信の仕組みと配信条件

K-NET即時公開データのダウンロードからスペクトル分析情報の自動配信に至る仕組みを図-6に示す。記録のアップロードにはある程度の時間を要する一方、情報配信のタイミングが遅くなることや複数の地震が連続して発生した場合のデータの混同を避ける必要もあるため、試行錯誤の結果、現時点では、地震発生後8分間データを蓄積してから分析を開始することとしている。これにより、地震発生後概ね15分以内での情報配信ができています。

即時公開データのアップロードがない場合、アップロードされた記録の数や震度階が基準に達しない場合には、不要な情報や誤った安全情報を配信しないよう、ス

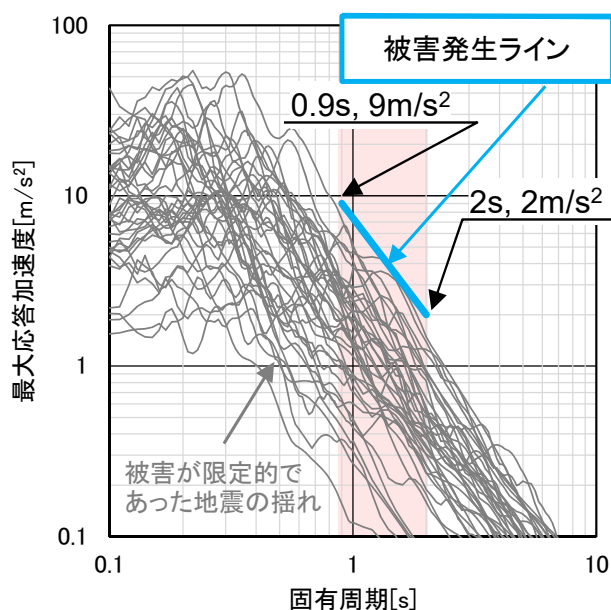
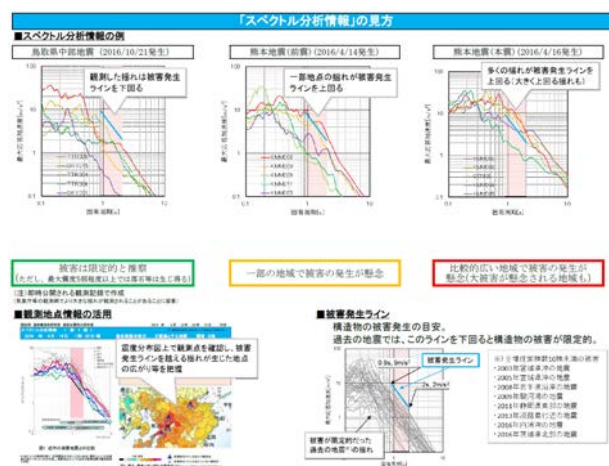


図-4 被害発生ラインと被害が限定的であった8地震で得られた強震記録の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%、水平 2 成分合成）



(a) 参考情報 A（スペクトル分析情報の見方）

近年の代表的な被害地震とその被害の概要（観測データ提供、国土交通省災害情報等から、簡略化して示す）									
地震名	震度	発生時刻	震源地	最大震度	震度階	発生時刻	震源地	最大震度	震度階
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3
東日本大震災	約16m	3/11 14:04	マグニチュード 9.0	約16m	7.3	東日本大震災	約16m	3/11 14:04	7.3

(b) 参考情報 B（近年の代表的な被害地震とその被害の概要）

図-5 スペクトル分析情報の参考情報

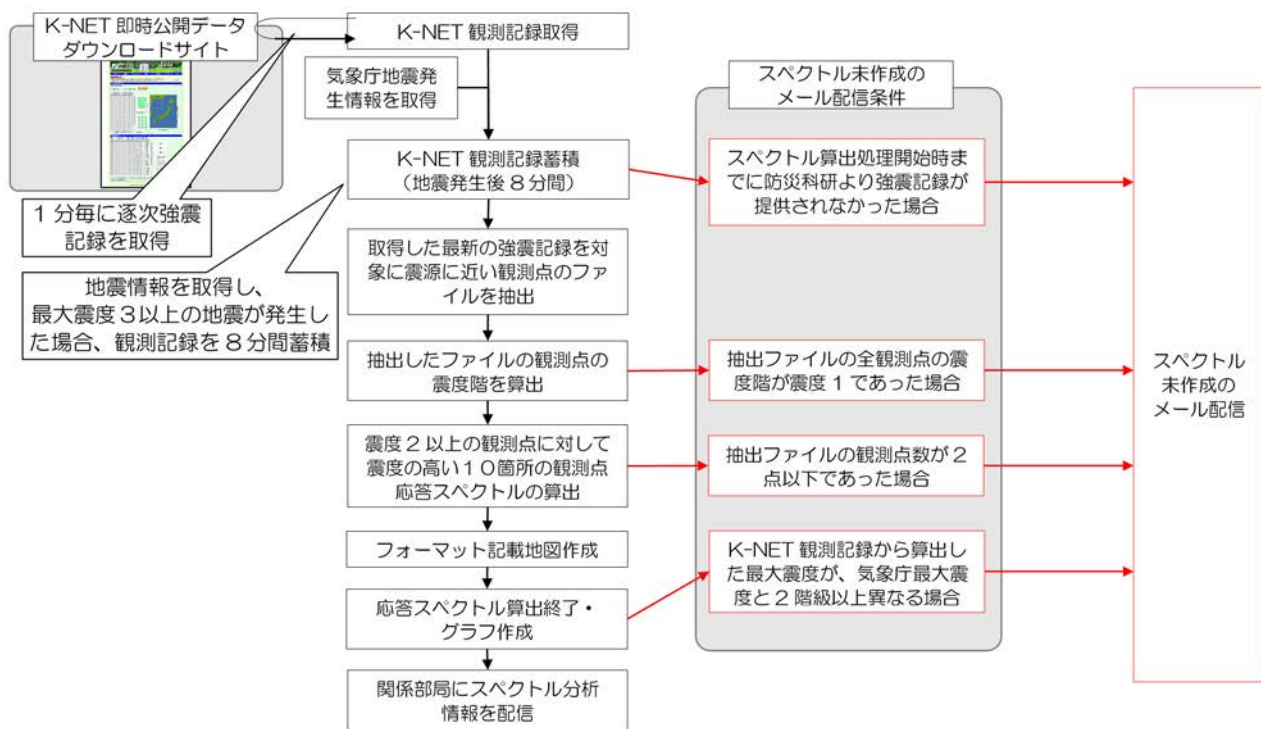


図-6 スペクトル分析情報の自動配信の仕組みと配信のための条件

ペクトル分析情報を作成しなかったことを通知している。例えば2003～2018年に発生した最大震度6弱以上の22地震では、気象庁の最大震度よりもK-NET観測記録の最大震度階級が2階級以上小さくなる地震が3つ（後出表-3参照）あり、これら3地震ではスペクトル分析情報の自動配信はなされたかったことになる。

なお、自動配信がなされない場合も含め、KiK-net等で強い地震動の時刻歴波形データが公開されたときには、必要に応じて手動で加速度応答スペクトルと被害に関するコメントを追記したスペクトル分析情報を図-2のような形式で第2報等として配信している。

4. スペクトル分析情報の検証

本章では、被害発生ラインを構造物被害発生の目安とすることの妥当性を評価する。表-3は2003～2018年に発生した最大震度6弱以上の22地震を対象に、配信条件の適否、被害発生ラインを一部でも上回る加速度応答スペクトルの数、被災道路橋数と全壊住家棟数を示したものである。

被災道路橋は道路交通に影響する被災度B（中被害：耐力力の低下に影響のある損傷）¹⁹⁾以上と判断されるものを国総研資料・国総研報告等¹⁹⁾²⁷⁾をもとに計上した。ただし被災橋梁数が多い2011年東北地方太平洋沖は岩手県、宮城県、福島県、NEXCO東日本、国土交通省等の

橋梁被害を集計したデータ²⁸⁾のうち損傷原因が「地震動」と整理された道路橋²⁹⁾から計上した。同様に2016年熊本地震は大分県、熊本県、NEXCO西日本、国土交通省で実施された緊急点検の結果のうち地震動の作用により被害を受けたとみられる道路橋³⁰⁾から計上した。2018年北海道胆振東部地震は（公社）土木学会の地震被害調査報告書³¹⁾からパイルベントの破断や支承部のやや大きな損傷が生じたものを計上した。市町村管理のものを含めた全ての道路橋被害を網羅することは困難であるが、現時点で入手可能な情報をもとに抽出・計上している。なお、2016年熊本地震で被災度B以上となった50橋の主な損傷部位は、基礎が6橋、橋脚が4橋、支承部が40橋で、支承部の損傷が大半を占めている³⁰⁾。

全壊住家棟数は消防庁災害情報³²⁾に基づいている。2011年東北地方太平洋沖地震は沿岸部の市区町村を対象外としたもの³³⁾を用いた。

なお、2011年東北地方太平洋沖地震の余震と2016年熊本地震の前震・余震は、被害数を本震と分離することが困難なため対象外とした。

(1) 被災道路橋数と全壊住家棟数による検証

配信条件に適合する19地震のうち、被害発生ラインを一部でも上回る加速度応答スペクトルがあったものは9地震あり、これら9地震では少なくとも1橋の被災道路橋と30棟の全壊住家が生じている。

同じく配信条件に適合する19地震のうち、被害発生ラ

表-3 被害発生ラインを基準とする構造物被害規模の評価（2003～2018年に発生した最大震度6弱以上の地震）

地震	最大震度	配信条件	上回る数 ^{a)}	被災道路橋		全壊住家	
				数	評価 ^{b)}	棟数	評価 ^{c)}
2003年宮城県沖	6弱	○	0	0	○	2	－
2003年宮城県北部	6強	×	0	1	×	1,276	×
2003年十勝沖	6弱	○	4	4	○	116	○
2004年新潟県中越	7	○	2	16	○	3,175	○
2005年福岡県西方沖	6弱	○	1	1	○	144	○
2005年宮城県沖	6弱	○	0	0	○	1	－
2007年能登半島	6強	○	2	3	○	686	○
2007年新潟県中越沖	6強	○	1	3	○	1,331	○
2008年岩手・宮城内陸	6強	○	2	5	○	30	○
2008年岩手県沿岸	6弱	○	0	0	○	1	－
2009年駿河湾	6弱	○	0	0	○	0	－
2011年東北地方太平洋沖	7	○	2	29	○	8,203	○
2011年長野県北部	6強	×	0	3	×	72	×
2011年静岡県東部	6強	○	0	0	○	0	－
2013年淡路島付近	6弱	○	0	0	○	8	－
2014年長野県神城断層	6弱	○	0	0	○	77	×
2016年熊本	7	○	4	50	○	8,667	○
2016年内浦湾	6弱	○	0	0	○	0	－
2016年鳥取県中部	6弱	○	0	0	○	18	×
2016年茨城県北部	6弱	×	0	0	○	0	－
2018年大阪府北部	6弱	○	0	0	○	21	×
2018年北海道胆振東部	7	○	2	3	○	469	○

^{a)}被害発生ラインを一部でも上回る加速度応答スペクトルの数。

^{b)}上回る数が0で被災道路橋数が0，または上回る数が1以上で被災道路橋数が1以上のとき○。これら以外は×

^{c)}上回る数が0で全壊住家棟数が10未満，または上回る数が1以上で全壊住家棟数が10以上のとき○。これら以外は×

網掛けは配信条件に適合しない，または被害発生ラインの決定に用いたため評価対象外としたもの。

インを上回る加速度応答スペクトルがなかった10地震では被災道路橋がみられない。したがって，被害発生ラインは被災道路橋の有無を推測するための良い目安となっていることがわかる。

同じ10地震から被害発生ラインの決定に用いた7地震を除外すると，残りの3地震では77棟，18棟，21棟の全壊住家が生じ，「被害が限定的であった地震」の定義から外れている。この原因を考えてみる。

2014年長野県神城断層地震では，全壊住家77棟のうち33棟が白馬村堀之内地区で生じている一方で，K-NET白馬観測点の周辺地区では全壊住家は生じていない³⁴⁾。K-NET白馬観測点の周辺と堀之内地区で実施された余震観測³⁵⁾によれば，堀之内地区は震度5強を記録したK-NET白馬観測点よりもかなり揺れやすい結果を示しており，局所的に強い揺れが生じた可能性がある。

このように局所的な強い揺れにより集中的な被害が生じた場合，K-NET観測記録に基づくスペクトル分析情報は誤った情報になる可能性がある。スペクトル分析情報の活用に当たり，災害対応従事者はこのような情報のもつ限界を理解しておく必要がある。

(2) 気象庁最大震度との比較

表-3から，最大震度6強以上の地震では，被害発生ラインを一部でも上回る加速度応答スペクトルが得られている場合が多く，配信条件に適合する8地震のうち，2011年静岡県東部の地震以外の7地震が該当する。また，配信条件に適合する最大震度6弱の11地震では，2003年十勝沖地震と2005年福岡県西方沖地震で被害発生ラインを一部でも上回る加速度応答スペクトルが得られている。したがって，最大震度6弱の地震は被害が限定的，最大震度6強以上はそうではない，と考えても，19地震のうち16地震では被害発生ラインによる判断と同じである。一方，2011年静岡県東部の地震の被害は限定的，2003年十勝沖地震と2005年福岡県西方沖の地震ではやや多くの被害が発生しているため，この3つの地震に関しては被害発生ラインによる判断の方が実被害に近い結果になっている。

ただし，配信条件に適合しなければスペクトル分析情報は配信されない。したがって，どちらか一方ではなく，震度情報に加え配信された場合にはスペクトル分析情報もあわせて，広域連携体制の構築判断など災害対応に活用していくことが望ましい。

5. まとめ

本稿では、強震記録の分析により地震発生直後に被害の規模感が把握できる情報を作成し、災害対応従事者に自動配信する国総研の取り組みを過去の経緯も含め紹介した。また、配信するスペクトル分析情報が被害規模感の把握に役立つかどうかを実被害と比較して検証した。その結果、被災道路橋の有無や全壊住家棟数が限定的か否かを概ね正確に判断でき、被害規模感を把握するための情報として気象庁震度とあわせて有用であることが示された。

気象庁震度は全国に速報される体制が整っている唯一の地震動指標であるが、構造物の被害との関連付けには限界があり、工学的に意味がある指標に基づいて構造物の被害と揺れの強さの関係を説明していくことが重要である³⁰⁾。すでに述べたようにスペクトル分析情報は地方整備局等の災害対応従事者に配信され、耐震設計基準に示されている加速度応答スペクトルとはどのような指標で、構造物の被害に影響する地震動とはどのようなものかという地震常襲国日本の構造物管理上きわめて重要かつ基本となる知識が、地震工学に馴染みのなかった幅広い技術者にも理解されるようになってきている。国総研ではこのような啓蒙効果も重要と考えて情報配信に取り組んでいる。

スペクトル分析情報は、観測記録の取得、情報の内容や限界が利用者によりよく理解される説明や配信方法も含め、随時改善・充実を図っている。本稿の内容は執筆時点のものである点をご理解いただきたい。

謝辞：本研究では、(国研)防災科学技術研究所、(財)鉄道総合技術研究所および国土交通省が観測・収集した強震記録を使用した。本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理人: JST)によって実施されたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 片岡正次郎, 白石萌美: ETC2.0プローブ情報を活用した熊本地震時の道路通行可否判断の評価, 第8回インフラライフライン減災対策シンポジウム講演集, pp. 83-88, 2018.
- 2) 原田あすか, 今長信浩, 片岡正次郎: 大規模災害時におけるSNSを活用した道路情報の収集・管理に関する一考察, 第8回インフラライフライン減災対策シンポジウム講演集, pp. 77-82, 2018.
- 3) 猿渡基樹, 前田安信, 片岡正次郎: 光ファイバ線路監視を活用した道路被災把握の可能性, 第8回インフラライフライン減災対策シンポジウム講演集, pp. 71-76, 2018.
- 4) 境有紀, 神野達夫, 額綱一起: 建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002.
- 5) 栗林栄一, 岩崎敏男: 橋梁の耐震設計に関する研究(Ⅲ) - 橋梁の振動減衰に関する実験結果 -, 土木研究所報告, 第139号, 1970.
- 6) 片岡正次郎: 観測された道路橋の地震応答, 東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会 最終報告書, (公社)土木学会地震工学委員会, 2015.
- 7) 例えば, 国土技術政策総合研究所・土木研究所・建築研究所・港湾空港研究所合同緊急調査団: 2003年5月26日宮城県沖の地震緊急調査速報, 土木技術資料, Vol. 45, No. 7, pp. 4-11, 2003.
- 8) 例えば, 国土技術政策総合研究所: 平成15年5月26日宮城県沖地震被害に係わる現地調査報告書, 国土技術政策総合研究所資料, No. 115, 78p., 2003.
- 9) 国立研究開発法人防災科学技術研究所: 防災科研K-NET, KiK-net, doi:10.17598/NIED.0004, 2019.
- 10) 毎日新聞夕刊, 2008年10月27日.
- 11) 国土交通省気象庁, 総務省消防庁: 震度に関する検討会報告書, 2009.
- 12) 国土技術政策総合研究所: 駿河湾を震源とする地震動の構造物への影響について(速報値), 平成21年8月13日, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/kako/journal/20090813.pdf> (2019年9月5日閲覧).
- 13) 功刀卓, 青井真, 鈴木亘, 中村洋光, 森川信之, 藤原広行: 2011年東北地方太平洋沖地震の強震動, 防災科学技術研究所主要災害調査, 第48号, pp. 63-71, 2012.
- 14) 片岡正次郎: インフラ被災情報のリアルタイム収集・集約・共有技術の開発, 日本地震工学会・大会-2017梗概集, 4p., 2017.
- 15) Shiraiishi, M., Ashiya, H., Konno, A., Morita, K., Noro, T., Nomura, Y. and Kataoka, S.: Development of real-time collection, integration, and sharing technology for infrastructure damage information, *Journal of Disaster Research*, Dr14-2-9602, pp. 333-347, 2019.
- 16) 国土交通省道路局: 道路実延長内訳の総括表, 道路の現況, 道路統計年報2018, <https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2018/nenpo02.html> (2019年9月6日閲覧).
- 17) 総務省統計局: 平成30年住宅・土地統計調査住宅数概数集計結果の概要, 2019.
- 18) (社)日本道路協会: 道路震災対策便覧(震災復旧編)平成18年度改訂版, 2007.
- 19) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 平成15年5月26日宮城県沖地震被害に係わる現地調査報告書, 国土技術政策総合研究所資料, No. 115, 78p., 2003.
- 20) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 平成15年7月26日宮城県北部地震被害に係わる現地調査報告書, 国土技術政策総合研究所資料, No. 133, 77p., 2003.

- 21) 国土交通省国土技術政策総合研究所：平成15年(2003年)十勝沖地震被害に係わる現地調査報告書，pp. 69-73, 2005.
- 22) 国土技術政策総合研究所・土木研究所・港湾空港研究所合同緊急調査団：2005年3月20日福岡県西方沖の地震の緊急調査速報，土木技術資料，Vol. 47, No. 5, pp. 6-9, 2005.
- 23) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所：平成16年(2004年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告，国土技術政策総合研究所研究報告，Vol. 27, 244p., 2006.
- 24) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所，独立行政法人建築研究所：平成19年(2007年)能登半島地震被害調査報告，国土技術政策総合研究所資料，No. 438, 243p, 2008.
- 25) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所，独立行政法人建築研究所：平成19年(2007年)新潟県中越沖地震被害調査報告，国土技術政策総合研究所資料，No. 439, 246p., 2008.
- 26) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所，独立行政法人建築研究所：平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震被害調査報告，国土技術政策総合研究所資料，No. 486, 239p., 2008.
- 27) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所：平成23年(2011年)長野県北部の地震による道路橋等の被害調査報告，国土技術政策総合研究所資料，No. 770, 54p., 2013.
- 28) (公社) 土木学会 地震工学委員会 東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会：最終報告書，土木学会，2015.
- 29) 中尾吉宏，片岡正次郎：平成23年東北地方太平洋沖地震による道路橋被害の統計分析，土木学会論文集A1 (構造・地震工学)，Vol. 73, No. 4 (地震工学論文集第36巻)，pp. I_628-I_633, 2017.
- 30) 猿渡基樹，中尾吉宏，片岡正次郎：平成28年(2016年)熊本地震による道路橋被害の統計分析，土木学会論文集A1 (構造・地震工学)，Vol. 74, No. 4 (地震工学論文集第37巻)，pp. I_818-I_826, 2018.
- 31) (公社) 土木学会：2018年北海道胆振東部地震・大阪府北部の地震被害調査報告書，地震被害調査シリーズNo. 2, No. 3, 2019.
- 32) 総務省消防庁ウェブサイト：災害情報，<https://www.fdma.go.jp/disaster/> (2019年9月7日閲覧)
- 33) 清水智，藤原広行，中村洋光，森川信之，佐伯琢磨，小丸安史，若浦雅嗣，時実良典，早川譲：罹災証明の被害の定義に基づいた広域的な被害予測のための応答スペクトルの建物被害関数の検討，地域安全学会梗概集，No. 39, pp. 57-60, 2016.
- 34) 白馬村：長野県神城断層地震，人的被害・家屋被害，https://www.vill.hakuba.lg.jp/gyosei/kurashi_tetsuzuki/bosai_anzen/naganokenkamishirodansojishin/2307.html (2019年9月7日閲覧)
- 35) 後藤浩之，土田一生：2014年長野県北部の地震とその被害調査，京都大学防災研究所年報，第58号A，pp. 8-15, 2015.
- 36) 川島一彦：耐震工学，鹿島出版会，pp. 9-10, 2019.

AUTOMATIC DELIVERY OF THE EARTHQUAKE SPECTRUM INFORMATION FOR EARLY GRASP OF DAMAGE OUTLINE

Shojiro KATAOKA, Yoshihiro NAKAO, Yosuke ISHII and Kazuho OOMICHI

Natinal Institute for Land and Infrastructure Management has been delivering the Earthquake Spectrum Information (ESI) for early grasp of damage outline in order to support smooth and prompt crisis management. ESI compares acceleration response spectra shortly after an earthquake occurrence with the damage border. The damage border was set based on acceleration response spectra in the period range between 1s and 2s, which is highly related to damage to mid-to-low rise houses and normal bridges, of K-NET strong motion records of earthquakes with limited damage. This paper explains the contents of ESI and its automatic delivery system as well as the verification of ESI using damage data of recent major earthquakes.