

1. はじめに

第44回地盤震動シンポジウム「2016年熊本地震で何が起きたか」が、日本建築学会地盤震動小委員会と地盤基礎系振動小委員会の主催で、2016年12月2日(金)10:00-17:20、建築会館ホールにて開催された。参加者は合計258名(動画配信17名含む)であった。司会は、午前:松島(京都大学)・関口(京都大学)、午後:大堀(福井大学)・高橋(名城大学)、総合討論:護(名古屋大学)・元木(小堀鐸二研究所)が担当した。

午前は、主旨説明に続き「熊本地震の概要」(1題)と「熊本地震の震源像」(3題)があった。昼食休憩後、午後には、「熊本地震の地震動と被害」(5題)の後に、中井(千葉大学)による特別講演「地盤中の波動伝播および建物と地盤の動的相互作用—サブストラクチャー法に基づく解析」があった。続いて、「建物・地盤の相互作用」(2題)の後に総合討論を行い、最後にまとめが行われた。以下、本シンポジウムの概要について報告する。

2. 主旨説明

地盤震動小委員会主査の永野(東京理科大学)が、今回のシンポジウムの主旨説明を行った。シンポジウムのテーマである2016年熊本地震に関して、2度に渡る震度7の影響、地表断層と建物・基礎被害の関係、益城町の大振幅地震動の要因など、今後の議論が必要となる多くの課題が挙げられた。それらに対して地盤震動の側面からだけでなく、建物被害や基礎被害との関係を含めた幅広い議論が必要であることから、地盤震動小委員会と地盤基礎系振動小委員会の2小委員会の共同主催により、幅広い議論を行いたいとの主旨説明がなされた。

3. 話題提供・特別講演

神野(九州大学)は、熊本地震の概要と題して、地震活動、強震動、建物被害の概要を紹介した。強震動に関しては、局所的に大振幅の地震動が観測されている点を除けば、全観測地震動の平均的な振幅は既存の地震動予測式と概ね対応することを示した。建物被害については、日本建築学会九州支部災害調査委員会が実施した益城町中心部の悉皆調査結果の一部を紹介し、被災建物の多くが町役場の南側の地域に集中していること、建物年代が古い建物では全壊以上の被害が多いことを説明した。

吉見(産業技術総合研究所)は、2016年熊本地震の地表地震断層と活断層の長期評価と題して、地表地震断層調査結果と長期評価との対応について発表した。熊本地

震は長期評価が発表されている活断層で発生した初の地震であり、長期評価を検証できる初の機会であった。長期評価による地震規模はやや小さかったものの、最大変位量は概ね評価できていたことが指摘された。一方、阿蘇カルデラ内では、地震後の地表地震断層に対応する活断層が評価されていなかったことや、断層傾斜、平均活動間隔などの長期評価に関する課題も指摘された。

野津(港湾空港技術研究所):長期評価の地震規模が合っていたかどうかの判断は、構造物や社会に与える影響によって判断されるべきではないか。

吉見:その通りである。地震規模の評価は、活断層の長さや最大変位量の情報を受けて、地震動予測をどう考えるかということと密接に関係しており、長期評価だけでなく、地震動予測の問題と共に考えていく必要がある。

森川(防災科学技術研究所)は、長期評価に基づく震源断層モデルと強震動予測と題して、長期評価に基づき、現行の強震動予測の枠組みに従って実施した強震動予測結果を紹介した。長期評価による活断層長さの情報のみから断層モデルを設定すると、地震モーメントを過小評価することが述べられた。また、地震モーメントを一致させれば平均的な地震動強さを再現することができるが、震源近傍の地震動の再現に課題があることが示された。その他に、断層面積と地震モーメントの経験的関係の不確かさの考慮や、地震発生層よりも浅い部分の断層のモデル化について課題があることが指摘された。

久田(工学院大学):地下構造モデルの精度が不十分なために波形が合わないことも多いのではないか。

森川:最大値は合っても波形が合わない地点はある。地下構造モデルにも課題があることはご指摘の通りである。

引間(東京電力ホールディングス)は、観測記録により推定された震源断層モデルに見られる特徴と題して、事後の解析により求められた震源モデルの特徴を紹介した。強震波形のインバージョンから求められた震源モデルでは、大きなすべりは破壊開始点から北東側に広がっており、阿蘇の外輪山の辺りまで広がっていること、地震モーメント等は解析によって違いがあるものの、求められた断層面積と地震モーメントの関係を比較した例では、過去の内陸地震の平均的関係と概ね整合していることが紹介された。また、益城町はディレクティブティ効果が強く表れる場所とは考えにくい、益城町の直下で短周期成分が強く放出された可能性が指摘された。

野津(港湾空港技術研究所):益城町直下の浅い場所に

SMGA を置いたモデルがあるが、益城町直下の SMGA の位置はもっと深い可能性がある。

引問：強震波形のインバージョン結果で、益城町付近の断層面上の滑り時間関数が短い場所が、やや深い場所にあるという結果も認められる。ただし、研究者による解析条件の違いが影響していると考えられる。

秦（大阪大学）は 2016 年熊本地震での震災帯の成因究明を目的とした益城町の市街地における強震動の広域・高密度評価に関する試みと題して、臨時地震観測記録等に基づく益城町の強震動特性について発表した。臨時地震観測から、益城町市街地では本震時に周期 1 秒程度の応答が非常に大きいという共通した特徴がある一方で、地点による振幅や卓越周期の僅かな違いがあることが指摘された。常時微動測定による H/V 卓越周波数は、県道 28 号線と秋津川に挟まれたエリア（サンドウィッチエリア）では卓越周波数が低い傾向が認められ、住家被害が大きいエリアと相関があることが示された。ただし、秋津川と鉄砂川の合流エリアでは、特に卓越周波数が低い住家被害は少ないことが指摘された。また、市街地内の臨時地震観測から評価したサイト増幅特性について、サンドウィッチエリアでは 1~2Hz 付近の周波数帯域でサイト増幅特性に明瞭なピークが認められることが示された。さらに、益城町市街地周辺における高密度な本震時の地震動推定の試みが紹介された。

北川（至誠館大学）：TMO3 観測点の地盤の非線形性はどうか。

秦：前震直後の微動 H/V の卓越周波数は 1.3Hz であったが、本震後では 1.0Hz に低下していた。その後、6 月頃には 1.3Hz に戻るといふ卓越周波数の変化が確認できる。

境（筑波大学）は建物被害の観点から見た地震動の性質と題して、観測された地震動特性と建物被害の関係について発表した。益城町役場の強震記録は周期 1~2 秒の加速度応答が非常に大きく、地震動の周期特性が益城町での被害集中と密接に関係していることを指摘した。KiK-net 益城では 1 秒よりもやや短い周期成分が多く含まれる地震動が観測されており、このような地震動は耐力が高く周期が短い建物に大きな応答を生じさせ、被害に繋がる可能性を指摘した。実際に KiK-net 益城周辺では新しい建物で大きな被害を受けた事例が認められることが報告された。震度 7 の揺れが連続したことについて解析的な検討結果が示され、震度 7 が連続したことと被害の増加の関係は認められるが、本震だけでも大きな被害が生じたであろうという考察が述べられた。また、西原村の強震記録では、一般的な免震構造物のクリアランスを大きく超える変位応答が生じたことが示された。

元木（小堀鐸二研究所）は益城町宮園周辺と断層極近傍における被害と地盤震動と題して、被害調査結果および微動アレイ探査の結果に基づく震源近傍の地震動特性について発表した。益城町役場周辺と地表地震断層の極近傍における、墓石転倒率と木造家屋被害率を比較すると、墓石転倒率に顕著な違いは認められないが、木造家屋被害率は益城町役場周辺の方が大きく、違いが明瞭であることを示し、木造家屋の被害に影響する周期成分の地震動特性に違いがあった可能性を指摘した。これらの地域で微動アレイ探査を実施し、地盤モデルを推定した結果、益城町役場周辺と断層極近傍の地域で、およそ GL-200m 以浅の地盤の違いに起因して周期 1 秒程度の増幅率に違いが現れることを示し、益城町役場周辺と断層極近傍の木造家屋の被害率の違いを定性的に説明できることを示した。その他に KiK-net 益城の地表/地中の地盤伝達関数について、水平 2 成分で伝達関数に大きな違いが認められることを指摘し、地盤増幅特性の解釈に課題があることが述べられた。

柏（国土技術政策総合研究所）は 2016 年熊本地震における建築基礎と地盤の被害と題して、建築基礎・地盤の被害に着目した被害調査結果について報告した。本震後に行われた、宮園地区を通過する南北の通りの沿った悉皆調査結果について、県道 28 号線の北側では南に近づくほど擁壁の被害が多く地盤変状も認められるが、上部構造の被害は比較的少ないことが紹介された。県道 28 号線の南側では上部構造の被害が多いが、基礎被害が認められるものもあれば、地盤変状があるにもかかわらず基礎被害がない場合もあることが報告された。地盤変状が建物の倒壊に寄与したと考えられる被害パターンが確認できたのは 1 棟だけであり、地盤変状が家屋倒壊の主要因とは考え難いことが指摘された。また、被害率の分析からも地盤変状が必ずしも上部構造の被害や基礎の損傷に繋がっているとは言えないという結論が示された。久田（工学院大学）：地盤変状が建物の倒壊に繋がった事例では、基礎構造によっては倒壊を防ぐことができたか。柏：べた基礎であれば被害を抑えられた可能性はあるが、現時点では、地盤変状の程度とべた基礎の損傷の関係に関する十分な知見がないため、それらの知見の蓄積が今後の課題である。

永野（東京理科大学）は過去の被害地震と熊本地震の共通点・相違点と題して、熊本地震の特徴について発表した。熊本地震による被害の大きな領域は、過去の活断層の地震の被害領域と比較して狭い傾向があることが指摘された。益城町で断層平行成分の速度振幅が卓越した

ことについて、動力的震源モデルを用いた理論地震動シミュレーションにより、横ずれ断層でも破壊開始点付近の直上では、断層平行成分が卓越することを示し、横ずれ断層で必ずしも断層直交成分が卓越するとは限らず、過去の横ずれ地震についても断層直上での震動卓越方向について改めて詳細に検討する必要があることを指摘した。

また、益城町の周期1秒程度の強震動に対して表層地盤が大きな影響を及ぼしている可能性を指摘した。

和田（東京工業大学）：地盤上の地震観測だけでなく、建物内の地震観測に基づく建物応答や被害の検討にも期待する。

永野：熊本市内では建物内の地震観測がほぼ無かったようであるが、非常に重要な課題と考えている。建物内の観測記録があれば前震と本震の影響など、より多くの知見が得られる。

中井（千葉大学）により地盤中の波動伝播および建物と地盤の動的相互作用—サブストラクチャー法に基づく解析—と題した特別講演が行われた。初めに、関東平野南部では洪積台地と沖積低地の境界が急斜面になっていることが多いこと、そのような場所での微動測定、地震観測の結果から狭い領域で揺れの特徴が異なる場合があることを示し、そのような影響を数値解析によって把握することの重要性が指摘された。建物—地盤系の地震応答解析手法である動的サブストラクチャー法についての分かりやすい説明と、ドライビングフォースの評価方法について詳しい解説が行われた。切欠きのない自由地盤の解を利用してドライビングフォースを計算する際に表面力（切欠き力）を考慮せずに評価する 경우가多く、注意が必要であることが指摘された。建物—不整形地盤系の問題を多重のサブストラクチャー法により解く方法について説明があり、表面波による応答解析結果、および入射角を考慮した実体波入射による応答解析結果を紹介し、斜面付近での複雑な波動場の計算事例について分かりやすい説明が行われた。

石井（清水建設）：益城町は緩斜面であるが、益城町の観測記録や被害について、不整形地盤という観点で影響が考えられるかご意見をお聞きしたい。

中井：一般的に台地の縁は良く揺れ、斜面の下は揺れが小さい傾向があると言われている。熊本地震の例でそういう傾向が出ている可能性もあるが、台地と低地の地盤構造の違いや地中地盤の不整形性の影響も考えられるため一概には言えない。

田村（東京工業大学）は被害事例から学ぶ地盤変状と建物被害と題して、熊本地震を含めた過去の地震での中低層建物・戸建住宅の被害事例と、それらの対策を紹介

した。地盤変状による建物被害を抑えるために、地盤変状を軽減すること、地盤変状に耐える構造とすることが考えられ、被害の要因別に具体的な対策が必要であることが述べられた。液状化については地盤改良による液状化対策、あるいは杭基礎等による不同沈下軽減が考えられること、側方流動については地盤改良による流動変位の軽減と杭基礎の不同沈下対策を併用した複合的な対策が望ましいことが述べられた。戸建住宅に関しては、過去の被害事例から無筋コンクリート造の基礎では多くの被害が見られること、鉄筋コンクリート造基礎では、不同沈下をしても上部構造の損傷が抑えられた事例が紹介された。また、宅地擁壁については、構造計算が不要な高さ2m未満の擁壁の被害が多いことから、低い擁壁についても適切な構造計算を行うことや水抜き孔を設置することで、被害を軽減できる可能性が指摘された。

久田（工学院大学）：活断層変位を抑えることが難しいという点は、盛土の部分では地表断層変位が不明瞭になっているという報告もあるので可能性は否定できないと思う。基礎の剛性を大きくする対策については、併せて上部構造の剛性も高くしないと、ジャッキアップによる補修が難しくなる場合があると思う。

護（名古屋大学）は地震記録に基づく益城町役場の地盤—建物応答と題して、益城町役場の地震時挙動の説明に関する、これまでの検討結果を紹介した。益城町役場では渡り廊下側壁のせん断破壊、南側アウトフレームの接続梁にせん断クラックが認められたことと、益城町の調査により杭の損傷が指摘されていることが報告された。役場内の震度計の記録と自由地盤上の記録の比較から、震度計の記録は1Hz付近の卓越周波数が地盤上の記録よりもやや低周波数側に現れること、2Hz以上の高周波数成分が小さい傾向があることが示された。常時微動測定結果から、地盤上では2Hz付近にH/Vスペクトルのピークが認められること、地盤—杭—建物連成系の卓越周波数は2.5Hz前後であることが示された。最後に解析モデルによる地震応答解析の予備的検討結果が説明された。

4. 総合討論

参加者を交えた議論に先立ち、司会の元木（小堀鐸二研究所）・護（名古屋大学）が本日の各講演内容を振り返り、地震動・動的相互作用の観点から論点を整理した。その後、会場からの発言が続いた。

瀬尾（東京工業大学）：地盤が悪い場所で被害が少ないという報告があったが、その原因は何か。また、地表断層と強震動の関係について結論は出たか。

元木：地表断層と強震動の関係に関しては、地表断層近傍の被害と益城町の被害の違いは、地盤震動の違いで説

明できると考えており、今回の地震では地表断層近傍で特に大きな強震動が生じているわけではない。

秦(大阪大学):鉄砂川と秋津川の合流地点では地盤が悪いと思われるが、比較的新しい住宅が多く耐震性が高い建物が多いように見えたので専門家の意見を聞きたい。

柏(国土技術政策総合研究所):建築年代が2000年以降の建物分布を見ると、必ずしも鉄砂川と秋津川の合流地点付近で集中しているわけではなさそうである。

境(筑波大学):建物の強い弱いは当然ある。新しい建物だけ見れば被害の分布もまた違ったものになる。被害の発生に対して複数の要因がからみあっているの、それを丁寧に解きほぐしていく努力が必要。

平石(明治大学):木造建物では、1秒付近の振幅だけでなく、より短周期側の振幅も大きくないと塑性化が進まないの、短周期成分の振幅が小さかったのではないのか。

加藤(小堀鐸二研究所):吉見さんの結果によると、益城町の市街地まで地表断層が伸びている。これと震源断層との関係はどのように考えれば良いのか。

吉見(産業技術総合研究所):益城町の市街地の断層は、木山断層と呼ばれ木山盆地を沈降させる動きと連動している。地下深くでは、北西に傾斜する右横ずれの震源断層に繋がっており、その震源断層によって生じる分岐断層の一部と考えられるだろう。

久田(工学院大学):事前に分かっていた活断層と地表断層は、細かいスケールで見るとずれている場合もある。沖積層がある場合など、地表のずれがどこに生じるかを予測することは難しいので、活断層情報を線で出すよりも幅を持たせて出すような工夫が必要ではないのか。

吉見:一般論でいうと、沖積層で覆われているようなところでは予測は難しいと思う。情報の出し方については、情報を出す側だけでなく受け取る側も一緒に考えていく必要がある。

和田(東京工業大学):活断層がわかっているながら、その対策について何も行動を起こしていないとしたら大きな問題である。また、設計のスペクトルと比較して、大きな地震動が観測されたことをどう考えるのか。何らかの対処が必要ではないのか。

境:建物の性能と揺れの強さの関係をどう考えるかということだと思う。両者の関係は少しずつ明らかになってきたがギャップもある。建物性能に関しては、一般論として、建物の余剰耐力が大きく、設計で考えている以上に強度の高い建物が多い。結果として、過大な入力に対しても被害が抑えられているということだが、それで良いとは言えない。ギャップを埋めていく努力をしないと、今後、説明が難しくなっていく。建物側と地盤震動側の両面からの努力が必要と思う。

護:被害が生じた原因、あるいは生じなかった原因を明

らかにして、既存建物の耐震性にどう問題があるのかを考えていくことが重要である。

平石:震度7の入力が2回あったことの影響については、RC造建物については大きな影響がなかったと考えている。境先生の検討で多少の違いが出ていたのは、前震が短周期成分を多く含むという周期特性の問題ではないか。永野(東京理科大学):木造のようなスリップ挙動に近い特性を持つものは影響が出てくると思う。

境:RCか木造かというよりも、解析でどのような復元力モデルを用いるかが問題。検討結果から、2回の入力の影響が全くないということではないが、本震1回でも大きな被害が生じたはずだと結論付けている。

和田:戸建住宅の基礎構造について、上部構造と併せた細かい設計を目指すべきではなく、どのような地震入力があるかわからないという前提で、丈夫に作るといった姿勢が必要と思う。

田村(東京工業大学):ひとくちに述べることは難しいが、東日本大震災の事例で、がけ崩れで地盤の一部が失われても上部構造に損傷がないという例もあり、そのくらい基礎に高い剛性を持たせるということが、和田先生のご指摘するような姿勢と言えるかもしれない。

精木(関東学院大学):益城町役場はこれからどうなるのか。基礎に損傷が生じたが、上部構造は耐震補強によって大きな被害を免れた建物をどう考えるかは重要である。

護:今後の対応は益城町役場で検討中と聞いている。杭の被害に対して使用継続性をどう考えるかは大きな課題である。

前原(地球システム総合研究所):高周波数成分の大振幅の粗密波が生じた可能性はないか。

元木:仮にそのような揺れがあれば、地震計に記録されるはずであるが、今のところ、そのような観測結果は認められない。

5. まとめ

地盤震動小委員会幹事の佐藤(清水建設)により本シンポジウムのまとめが行われた。熊本地震では、過去のマグニチュード7クラスの地殻内地震と共通した特徴も認められたが、新たに見えてきた課題も多いことを述べ、各講演者が指摘した課題やそれらの対策について総括した。課題に対して、今後、各研究者だけでなく、地盤震動小委員会、地盤基礎系振動小委員会が中心となって研究を進めていく必要があることが指摘された。最後に、被害に遭われた方へのお見舞いと、早期復旧への願いを込めた挨拶が行われ閉会となった。

(文中敬称略)

1. 目的

第 44 回地盤震動シンポジウム参加者の 2016 年熊本地震に対する関心事と今後の地盤震動シンポジウムへの意見を収集するため、アンケート調査を実施した。本資料は調査結果をとりまとめたものである。

2. アンケート調査

アンケート調査にあたって付録に示すようなアンケート調査票を作成した。回答者属性については個人を特定しない範囲で問うこととし、調査項目として以下の 4 項目を設定した：1) 2016 年熊本地震で必要になった情報、2) 熊本地震で観測されたパルス性地震動や長周期地震動が今後の入力地震動評価や耐震設計に与える影響、3) 今回の地盤震動シンポジウムに対する感想、4) 次年度の地盤震動シンポジウムのテーマ

アンケート方法は、アンケート用紙をシンポジウム資料に同封して配布し、シンポジウム後に座席に残るか会場出入口の回収 BOX へ投函して頂く形で実施した。参加者 243 名に対して回答数は 85 であった。

3. アンケート回答者の業種と職種

アンケート回答者の業種と職種を図 1 に示す。業種では総合建設業と回答した人が約 31%と最も多く、職種では「研究(地震動)」と回答した人が約 29%で最も多かった。また「学生」は全体の約 6%であった。業種の「その他」が約 18%とやや多いのは特定の業種や会社名を記載した回答者(各 1 人)が多かったためである。電気事業や不動産管理の参加者がいたことも印象的である。

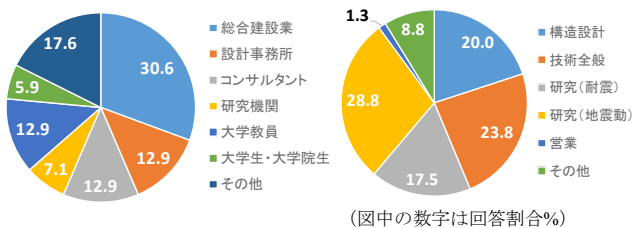


図 1 アンケート回答者の業種と職種

4. 2016 年熊本地震で必要になった情報

2016 年熊本地震が発生してから、アンケート回答者が従事する職種の業務において必要になった情報について調査した。その結果を図 2、図 3 に示す。この結果をみれば明らかなように、計測震度や最大加速度などの「地震動分布」が最も多く、次いで「建物の被害状況」であった。

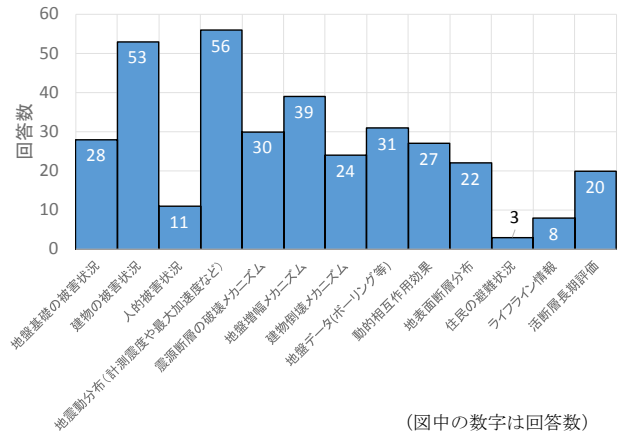


図 2 2016 年熊本地震で必要になった情報

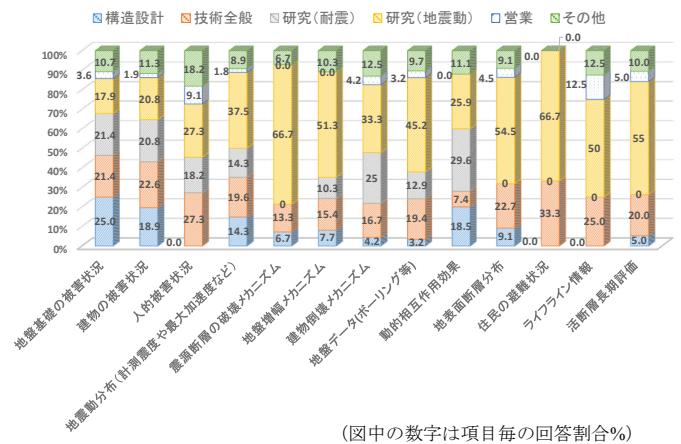


図 3 2016 年熊本地震で必要になった情報の職種別傾向

このことから、地震動の影響範囲とそれに伴う建物の被害状況に関する情報が最も求められていたことがわかった。一方で、職種別の傾向を掴むために回答割合で再整理したところ(図 3)、断層運動など震源に関わる項目で研究「耐震」と研究「地震動」の属性の違いが明瞭に表れることがわかった。また、住民の避難状況やライフライン情報について、研究「地震動」では約 50~67%が必要だったと回答した一方で、構造設計者や研究「耐震」の回答者がいないことがわかる。

5. 熊本地震で観測されたパルス性地震動や長周期地震動が今後の入力地震動評価や耐震設計に与える影響

2016 年熊本地震ではパルス性地震動や長周期地震動が観測されたことを受けて、同地震が今後の設計用入力地震動評価や耐震設計に与える影響について調査した。その結

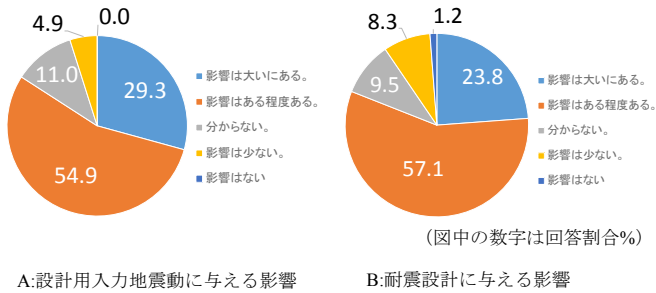


図4 今後の設計用入力地震動と耐震設計に与える影響

果を図4に示す。同図Aが設計用入力地震動、同図Bが耐震設計に与える影響についての回答割合である。これらの図をみれば明らかなように、両者はほとんど同様の傾向を示しており、「影響はある程度ある」が最も多い回答で、その回答割合は約55~57%となっている。本項目の回答理由の抜粋（自由記述）を表1、2に示す。

表1 回答理由（設計用入力地震動）

設計用入力地震動評価に与える影響(抜粋)
益城町や嘉島町で局所的に震度7になった要因が明らかになったとき、それが従来考慮されていなかったものであれば、今後は考慮する必要が出てくるだろうが、そうでなければあまり影響はないかもしれない
活断層評価の取り入れ方が変わる可能性(確率、運動の考え方など)
観測された地震動は今後も観測される可能性もあり、観測地震動は設計に反映させる必要があると思うから
今回の大きな長周期成分が、免震超高層の設計入力見直しにつながると考えられます
最新の基準で造られた建物の全倒壊が6%は決して低くない。原因を究明して対策を考えるべきである
最大級の地震波が観測されたため
従来の巨大地震や堆積地盤構造に由来する長周期地震動とは全く異なる震源近傍の長周期パルスは構造物の設計で考慮されておらず、今後の設計外力の考え方に大きな影響を与えると考える
設計は社会の許容できるコストとの関係と思う
断層近傍における変位・長周期地震動の考慮
地震現象全般を現在の地震動計だけで捉えきれではない

表2 回答理由（耐震設計）

耐震設計に与える影響(抜粋)
構造としては現状でも十分であるが、機能維持向上に関する考え方がまだ規定されていない
今回tmp3地点で観測されたような大振幅の地震動は、サイト増幅特性の大きい所でなければ生じえない。今後はサイト増幅特性の詳細調査にもとじて設計外力を決定すべきである
従来の設計法で応答を十分におえられない場合のフェールセーフの考え方について整備が必要
短時間に震度6強の揺れに複数回さらされることについて、設計で考慮すべきかどうかを含め、議論がありそう
複数回の大地震動を、耐用年数中にこらむことの影響を、これまでの設計では考慮していない
2000年以降の建築物において地震被害のない建物が64%存在している、建物の被害がある程度見られたものの、およそ3分の2の建物が正常な状態を保っているという事であった。ただ熊本地震とは異なるタイプの地震が来た場合、既存の建物がどの程度耐えられるか分からない。(エネルギーが大、地震波の周期が大きい、小さいなど)従って今回の熊本地震の被害状況を受けて今後の地震における評価について再び考え直すことが重要であると考えたため。(間雲に免震装置を入れて建物の固有周期 T_0 の値を大きくする方が良いのか?)
地盤の悪い所への入力を含めて、特に木造の耐震設計をどうすればよいのか、変えるのかどうか難しいと思います
中規模(前震)の地震でも大振幅地震動が観測されたこと、同一地点で複数回の大震動が観測されたこと、これらの要因を明確にして必要ならば今後の地震動評価に反映する必要がある

「影響は大いにある」と「影響はある程度ある」を合わせた回答理由の多くは、今回観測された断層近傍地震動のパルスや長周期成分がこれまでの設計で考慮されていないことを危惧するものが多かった。また、観測事実を取り入れる必要があるとの指摘もあった。耐震設計についての回答理由については、構造体に対しては十分であっても、機能維持や継続利用の観点から耐震規定を検討すべきとのコメントも散見された。

6. 今回の地盤地震動シンポジウムに対する感想

本シンポジウムに対する感想を図5に示す。図をみれば明らかなように、「大変有益であった」と「有益であった」を合わせた回答割合は約98%であった。表3に、本シンポジウムで印象に残った点や有益であった点についての自由記述の回答を示す。

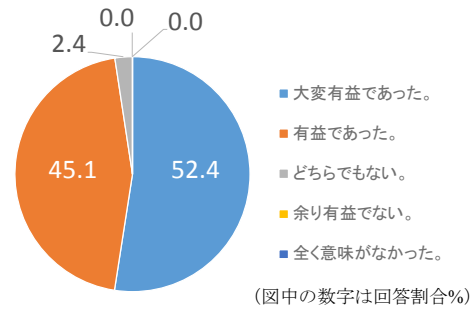


図5 本シンポジウムに対する感想

表3 回答理由（印象に残った点・有益だった点）

本シンポジウムで印象に残った点・有益であった点(抜粋)
"地盤変状"、"断層極近傍"などの用語を使用する場合に、その定義を明確にしなさいと安心して議論できない。大きな結論(最も知りたいこと)は①地表に現れた断層と被害とは関係ない?②益城町では地盤が最も新しい地域で必ずしも被害が大きくないことの説明はできたのか?マイクロゾーニングの基本
・熊本地震によって活断層の長期評価を初めて検討が可能になったという点。(例:阿蘇カルデラ内の凹地がさらに凹んだ事など)
・配布資料P52(a)益城町宮園震度計のグラフを見ると本震よりも前震によるものの方が全壊率の値が大きくなっている点。
・地震とその被害の関係性について木造建物に多くの壁を入れるなどして固有周期 T_0 の値を小さくしても建物の被害状況が減るとは限らない点。(地震波の周期と建物の固有周期が合致してしまえば共振現象を起こして逆に被害は増大してしまう)
・擁壁をきちんと構造設計していくことの重要性
益城町のサイト波特性、地震動と建物被害の関係、益城町役場の建物・地震応答
観測波と設計で使っている入力波との差の関係が、ますます分りにくくなりました。すっきりなくなってきた。中井先生のお話は大変有益でした。私が常に疑問に思っていたことにヒントを与えてくれました
今後、地震動予測のための断層モデルを作る際の課題点が見えたこと
事故事例は複数原因によるのが一般である。同様に建物被害も入力地震動、地盤地震動、相互作用、上部構造といった相互的観点から話題提供と議論があるとよりベターである。この観点から2つの小委員会合同開催は有意義であった。地盤関連情報提供が欲しかった
側方流動による建物被害が建物のせん断破壊に結びつくケースを教えていただいたことは、たいへん勉強になりました
地震動から建物被害の状況まで幅広く知ることができた。
地盤が一般的に悪いとされる範囲より地盤が良いとされる範囲で被害が多く、一般論と逆の状況になっている点
カラーでないかわからない図があるのでHPで公開してほしい
地盤の情報が少なすぎる点が理解できた

印象的・有益だった点として、地震動分野だけでなく地盤基礎分野との共同シンポジウムであったことが複数挙げられていた。他には、今後の方向として、地震動・地盤変状・基礎・上部構造を合わせて議論するべきとの意見も散見された。また、建物被害とセットで議論するには、地盤に関する情報が不足している現状について驚いたというコメントもあった。

7. 次年度の地盤震動シンポジウムのテーマ

次年度の地盤震動シンポジウムのテーマについて、2016年熊本地震を引き続き取り上げるか、別のテーマでも良いかを問うた。回答結果を図6に示す。集計した結果、「別のテーマでも良い」が約55%となり最も回答が多かった。一方「2016年熊本地震を引き続き取り上げるべき」という回答者は約36%に留まった。この結果から、次年度シンポジウムのテーマとして必ずしも2016年熊本地震が望まれているわけではないことが推察される。

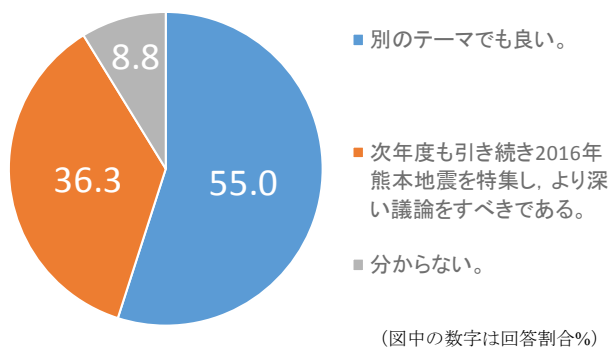


図6 次年度の地盤震動シンポジウムのテーマについて

今後地盤震動シンポジウムで取り上げてほしいテーマについての自由記述回答としては、「東京首都圏を対象にしてはどうか」、「2022年2023年には、関東地震100周年特別企画を」、「想定以上の地震動が入力した場合に建物側でどのような検討できるか? 構造設計者を含めた議論」等があった。また技術的なテーマとして「長周期地震動を震源・伝播・地盤増幅の観点から議論する」、「震源近傍大加速度の生成要因」、「地盤・地形効果を含んだ強震記録の解釈」、「地盤震動における非線形挙動」、「建物と絡めた話(W, R, CS など)」等も挙げられていた。

8. まとめ

第44回地盤震動シンポジウム参加者を対象にアンケート調査を実施し、その回答を整理した。その結果、参加者の関心事が職種によって異なること、次年度シンポジウムのテーマとして必ずしも2016年熊本地震が望まれているわけではないことがわかった。

謝辞

第44回地盤震動シンポジウムに参加して頂き、本アンケート調査にご協力頂いた皆様にはこの場を借りて感謝申し上げます。なお、本調査結果は今後の当委員会活動の参考にさせていただきます。

44 回地盤震動シンポジウム 参加者アンケートのお願い

第 44 回地盤震動シンポジウム・タスクグループ

本年度の地盤震動シンポジウムでは、参加していただきました皆様に対するアンケート調査を企画いたしました。記入後は、入り口近くにおいてある回収箱に入れてください。何卒ご協力のほど、よろしくお願いいたします。

◆ご所属等を教えてください。○を付けてください。

<業種> 総合建設業・設計事務所・コンサルタント・ハウスメーカー・研究機関・
大学教員・大学院生・その他（ ）

<職種> 研究(地震動)・研究(耐震)・構造設計・技術全般・意匠設計・営業職・学生・
その他（ ）

◆2016 年熊本地震全般についてお尋ねいたします。

<一連の熊本地震発生に伴い、あなたの職種において必要になった情報に○を付けてください。複数回答可です。>

地震動分布（計測震度や最大加速度など）・建物の被害状況・人的被害状況・地盤基礎の被害状況・震源断層の破壊メカニズム・地盤増幅メカニズム・建物倒壊メカニズム・地盤データ(ボーリング等)・動的相互作用効果・地表面断層・住民の避難状況・ライフライン情報・活断層長期評価・
その他（ ）

◆2016 年熊本地震では振幅レベルの大きいパルス性地震動や長周期地震動が観測されました。これについてお尋ねいたします。○を付け、理由を記入してください。

<今後の設計用入力地震動評価に与える影響をどのようにお考えでしょうか>

1. 影響は大いにある。
2. 影響はある程度ある。
3. 影響は少ない。
4. 影響はない。
5. 分からない。

その理由を教えてください。

<今後の建築物の耐震設計に与える影響をどのようにお考えでしょうか>

1. 影響は大いにある。
2. 影響はある程度ある。
3. 影響は少ない。
4. 影響はない。
5. 分からない。

その理由を教えてください。

裏面に続きます。

付録 アンケート調査票

◆本年度の地盤震動シンポジウムについてお伺いいたします。

<今回の地盤震動シンポジウムでの講演内容、情報、議論は有益でしたでしょうか。>

1. 大変有益であった。
2. 有益であった。
3. どちらでもない。
4. 余り有益でない。——→
5. 全く意味がなかった。——→

その理由を教えてください。

<今回の地盤震動シンポジウムで、印象に残った点、有益であった点を教えてください。>

<次年度の地盤震動シンポジウムのテーマについて、お尋ねいたします。>

1. 次年度も引き続き 2016 年熊本地震を特集し、情報提供と議論を続けてほしい。
2. 別のテーマでも良い。
3. どちらでもよい。

◆2016 年熊本地震以外で、今後、地盤震動シンポジウムで取り上げて欲しいテーマがあれば教えてください

以上でアンケートは終了です。どうもありがとうございました。

本資料は今後の委員会活動の参考にさせて頂くとともに、とりまとめて公表していきたいと思っております。