

学会報告

第 37 回地盤震動シンポジウム(2009)報告

藤本一雄*

1. はじめに

標記シンポジウムが、日本建築学会地盤震動小委員会の主催で、2009年11月27日(金)10:00~17:30、建築会館ホールにて200名以上の参加者を集めて開催された。司会は、午前の部:佐藤吉之(竹中工務店)・松島信一(京都大学)、午後の部:高井信雄(北海道大学)・大野晋(東北大学)、総合討論:永野正行(東京理科大学)・上林宏敏(京都大学)が担当した。主旨説明の後、午前の部「長周期地震動研究および予測の現状」では、4題の話題提供があった。昼食休憩後、東京工業大学・翠川三郎教授より「東京での長周期地震動と高層建物への影響」と題する特別講演の後、午後の部「長周期地震動予測に用いる地下構造モデルの現状と課題」では、6題の話題提供があった。その後、「長周期地震動 - どこまで解明されて何が課題か?」と題して総合討論を行い、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

最初に、地盤震動小委員会主査の加藤研一(鹿島建設)より、現在行われている長周期地震動の予測結果を紹介し、地盤震動研究から見て長周期地震動はどこまで解明され何が課題かを研究者と実務者を交えて議論したいとの主旨説明があった。

3. 話題提供・特別講演

午前の部「長周期地震動研究および予測の現状」では、4題の話題提供があった。

座間信作(総務省消防庁)は「長周期地震動研究のレビューと課題」と題して、主に2003年十勝沖地震を対象として、長周期地震動に関する研究動向を紹介し、最新の知見をまとめた。長周期構造物の振動特性を考える上で、周期1秒の差は極めて大きく、構造物の基本周期だけでなくより広い帯域の地震動を考えること、地震地体構造区分を考慮することの必要性を指摘した。

加藤(鹿島建設): 消防法の改正の際、地域別速度応答スペクトルを3つに決めるときの経緯は。

座間: 2003年十勝沖地震での石油タンクの被害事例・観測記録から、周期7秒以上・液高2m以上で被害が出始める傾向があり、この条件の記録を整理したところ必然的にだいたい3つに分かれた。

加藤(鹿島建設): 周期が1秒違うだけで石油タンクにとっては大きな影響を及ぼすとのことだが、

周期の幅は余裕を持たせて決めたのか。

座間: 石油タンクの液高を少し下げただけでもコストに跳ね返ってくるため、周期幅の設定は重要と考えている。

瀧藤一起(東京大学)は「地震本部による長周期地震動予測地図の試作版」と題して、長周期地震動予測地図の作成手法について解説し、宮城県沖・想定東海地震に対する予測結果を示した。長周期地震動予測地図の今後の課題として、海溝型地震の特性化震源モデル・全国1次地下構造モデルの構築、周期2~3秒程度以上の長周期地震動の計算であると述べた。

加藤(鹿島建設): 想定東海地震でも付加体の影響はあるのか。

瀧藤: プレートの潜り込みを考えると、震源域の直上に付加体があるので、影響はあると考えている。

久田(工学院大学): 地震本部からは最終的にどのような震源モデル・地下構造モデルが公開されるのか。

瀧藤: 地下構造モデルは、Q値を含めてすべて公開する予定である。震源モデルについては、著作権もあるので、元の論文を参照してほしい。

小山 信(建築研究所)は「設計用長周期地震動としてのサイト波の標準的作成手法の検討」と題して、設計用地震荷重の変遷と現状を述べ、国土交通省の取り組み事例を報告した。設計用地震動に関して、既存の建築物の建設時期による設計レベルの相違、サイト波の妥当性を判断する適切なガイドラインの必要性、長い継続時間をサイト波に考慮する必要性を指摘した。

佐藤智美(大崎総合研究所)は「経験的手法に基づく巨大海溝型地震による長周期時刻歴波形の予測」と題して、長周期を含む周期0.1~10秒の広帯域地震動に対する回帰式から想定地震による時刻歴波形を作成する手法について解説した。本手法の妥当性の検証として、大阪平野・濃尾平野での予測結果と理論的手法に基づく予測波形がほぼ整合することを示した。

工藤(日本大学): 短周期と長周期の予測ができるということで便利ではあるが、バラツキの要因は短周期と長周期で違うと思われる。長周期と短周期をまとめて予測しなければならない必然性はあ

* 千葉科学大学

るのか。

佐藤：短周期と長周期を区別する必要は特にないと考えている。既往のパラツキに比べて、短周期でやや大きく、長周期では短周期よりも小さいので、工学的な利用を考える上では許容できるものと考えている。

昼食休憩後、翠川三郎(東京工業大学)により「東京での長周期地震動と高層建物への影響」と題して特別講演があった。超高層建築物が多数存在する東京で過去に観測された長周期地震動や予想される長周期地震動による高層建物への影響について述べた。高層ビルの室内安全性の検討や長周期地震動体験装置の開発について紹介し、これらを利用するなどして長周期地震動対策の必要性を認識させることの重要性を指摘して結んだ。

加藤(鹿島建設)：東南海地震の大手町の記録は900秒くらいで切れているが、原記録はもっと続いているのか。

翠川：原記録の900秒以降は、一部切り取られており、振幅も小さいので、特に数値化する必要はないと考えている。

高井(北海道大学)：長周期地震動体験装置(Jishin The VUTON)の価格は。

翠川：数百万円である。

午後の部「長周期地震動予測に用いる地下構造モデルの現状と課題」では、6題の話題提供があった。

鈴木晴彦(応用地質)は「地震記録を用いた琵琶湖地域における3次元速度構造モデルの構築」と題して、琵琶湖地域を対象として、物理探査データに基づくS波速度構造モデルを作成し、その初期モデルに対してH/Vスペクトルおよび同時逆解析によるモデルの修正を行った結果を紹介した。速度構造モデルの構築には、同時逆解析が有効であると述べた。

松島(京都大学)：計算速度波形のS波のarrival timeが全体的に少し遅いように見えるが、その理由は。

鈴木：地殻の速度構造の影響と考えている。

早川俊彦(三菱スペースソフト)は「新宿付近で見られる長周期パルス波の成因と伝播」と題して、2004年新潟県中越地震での記録から新宿付近で観測された長周期パルス波の伝播性状を明らかにした。3次元波動伝播計算を行い、最終的に溝状構造を加えたモデルにより長周期パルス波を再現できると結論付けた。

真崎(マサ建築構造設計室)：長周期パルスの成因

は、船舶事故で、2つの波が重なって波高が高くなり、船が転覆するという現象に似ているのではないか。

早川：当初2つのルートの波(東京の西部から回り込んでくるレイリー波と震源方向からの波)が合算されて大きなフェーズが生成されるのではと考えたが、再現することはできなかった。

久田(工学院大学)：新宿での長周期パルスの生成には溝状構造を考える必要があるとのことだが、以前、類似の検討をしたときはレイリー波が生成されたが、今回のシミュレーションではNS成分でも同様の効果を説明できたのか。

早川：EW成分に比べて、NS成分では劇的な変化は現れなかった。

地盤震動小委員会幹事の山中浩明(東京工業大学)は「三次元地下構造モデルを用いた強震動シミュレーションにおける表層地盤の取り扱い」と題して、三次元地下構造モデルを用いた地震動シミュレーションに関する最近の動向について触れた。表層地盤の有無の違いがある2つの三次元盆地構造モデルに対する地震動シミュレーションを行い、表層地盤のモデル化がやや短周期域の地震動に影響する可能性があるとして指摘した。

加藤(鹿島建設)：基盤の設定方法に関して、工学的基盤で決めるよりも、地盤構造がわかっているのであれば、地表面までモデリングして計算した方が、より正確な波を求められるという解釈でよいのか。

山中(東京工業大学)：そうだと思う。基盤という概念は、マイクロゾーンネーションの考えから出てきたもの。データの質・精度の問題でモデル化するのは難しいが、物理的なモデルとしては、一体で解いた方がよいと思う。

頼瀨(東京大学)：地震本部でも、浅部と深部を分けたモデルは今回までで、今後は、一体の地盤でのモデル化を目指す方向性で考えている。

上林(京都大学)：粗い格子による計算結果に比べて、細かい格子の方の振幅が小さいのは今回のケースだけのことか。

山中：段々と変化する境界面(細かい格子)に比べて、垂直な境界面(粗い格子)では表面波が出やすいと考える。

早川 崇(清水建設)は「地下構造モデルの差が関東平野の長周期地震動計算に及ぼす影響」と題して、2つの三次元地下構造モデルを用いて、同一の震源モデルに対して計算した予測結果の比較を紹介した。地下構造モデルの相違が予測結果に

与える影響は最大でも 20% 前後であり、その成因は地震基盤の形状や相模湾のモデル化の違いに起因すると述べた。

岩田知孝(京都大学)は「震源モデル及び地下構造モデルの差が大阪平野の予測長周期地震動に及ぼす影響」と題して、想定南海地震に対して異なる震源モデル・地下構造モデルから計算した長周期地震動を比較した結果について紹介した。地殻モデル・堆積盆地構造モデルには大差はなく、予測波形の違いの主たる理由は震源モデルによると結んだ。

瀧澤(東京大学)：地盤モデルとしては、どれがいいのか。また、地殻・プレート構造は入れた方がよいのか、入れない方がよいのか。

岩田：地盤研モデルと産総研モデルの優劣は現状ではつけられない。地殻構造モデルは、周期 3 秒以上であれば入れてもよいと思うが、周期 1~2 秒まで必要な場合は、入れてよいかどうかはすぐには答えられない。

加藤(鹿島建設)：南海地震の震源モデルは、内閣府と地震調査本部で違うが、将来的に一つの方向に収束するのか。

岩田：地殻構造モデルがもっとポリッシュアップされていけば、逆問題を解くことで、昭和南海地震の尤もらしい(確からしい)震源モデルが作っていただけるものと考えている。

中川佳久(安井建築設計事務所)は「大阪平野の長周期地震動予測と超高層ビルの応答」と題して、想定南海地震による大阪平野での予測長周期地震動に対する超高層建物の応答特性について検討した結果を紹介した。建物の周期帯によっては大阪平野の広い領域で設計基準を上回る層間変形角やエネルギー入力が生じる可能性を指摘した。

石井(清水建設)：入力エネルギーの時刻歴が所々マイナスになっている理由は。

中川：除荷された場合、エネルギーをマイナスとしているためである。

土方(東京電力)：地震動の強さをコンターで面的に表示することはいいと思うが、建物の損傷の程度を面的に表示した場合、個別の超高層建物によって耐力、設計、制震デバイスが違うが、そのような個性をなくして、一律のモデルで評価することについてどのように考えているか。

中川：標準的な建物を対象としており、個別の建物の検討をする前の予備的な情報を提供するものとして考えている。

北川(元 慶應義塾大学)：地盤の非線形性を考慮す

る必要性については。

中川：今回のケースでは、表層が大きく非線形化することはないと考えている。

4. 総合討論

以上の講演の後、総合討論では、地盤震動研究から長周期地震動を見たときに、どこまで解明されて何が課題として残っているか、その成果を耐震設計にどのように活かすかについて議論が展開された。

4.1 地盤震動研究から見た長周期地震動

川瀬(京都大学)：設計者サイドとしては、観測地震動のバラツキの範囲以上に、予測モデルのバラツキを考慮する必要はなく、その範囲で想定しうるモデルを考えていけばよい。バラツキと設計クリテリアとの関係については、今後、地震動予測研究者サイドと設計者サイドとのより密接な議論・連携が必要である。

篠崎(大成建設)：建物と地盤の相互作用を解明してもらわないと、設計サイドとしてはやりづらい。

加藤(鹿島建設)：地盤震動小委員会の担当は工学的基盤までであるが、来年度の建築学会大会のパネルディスカッション「兵庫県南部地震から 15 年：建物への入力地震動はどこまで解明されたか」は、地盤震動小委員会と基礎構造系振動小委員会が共同で企画・実施する予定であり、今後はいっしょに取り組んでいく方向で考えている。

飯場(国土技術政策総合研究所)：建物の周期が 0.5 ~ 1 秒程度以下であれば入力損失の影響があるが、周期 1 秒以上では建物の入力損失の影響はほぼないと考える。今後は、根入れが深い構造物についての記録を収集し、シミュレーションをするなどして検討を進めていきたいと考えている。

佐藤(俊)(清水建設)：自身の問題意識としては、地震動予測をする上で、周期 0.5 ~ 2.3 秒までは、いろいろな現象が複雑に絡み合っており、数値計算的にも難しく、この周期帯の取り扱いが重要であると考えている。

4.2 耐震設計にどのように活かすか

永野(東京理科大学)：建築研究所が現在検討している内容は、法律にどのように反映される予定なのか。

大川(建築研究所)：現在、超高層・免震建物の性能評価では、告示のスペクトルやそれぞれの確認機関で評価したサイト波が使われているが、地震・地域に応じて地点ごとの地震動を作り、それをサイト波として利用してもらうことを考えてい

る。告示のスペクトルをどうするかは、国土交通省に尋ねてほしい。既存の建物の性能評価についても、現在の検討が何らかの形で入れられるのではないかと思っている。

横田(清水建設)：都心では周期7~8秒が卓越することが知られているが、大地震(東海地震、東南海地震、関東地震)の場合は、周期12秒程度あるいはそれ以上の周期にもピークが現れる。卓越周期を避けて構造物を建設する場合、小さい地震の卓越周期を避けるよりも、大地震の卓越周期を避けたほうがよいのではないかと考えており、このような観点での議論が地盤震動小委員会ではなされているか。

加藤(鹿島建設)：そのような切り口での検討はされていないが、今年初めての試みとして、同じ震源モデルで、異なる地盤構造モデルによって、どのくらい地震動の予測結果が違ってくるのかを検討したところ、周期7~12秒では2割程度の差しかなかった。ただし、周期2~3秒については、よりローカルな影響が効いてくるので、安定した予測結果が得られるかどうかはわからない。

山中(東京工業大学)：地盤をしっかりと調べれば卓越周期が求まると考えていたが、震源と地盤で卓越周期が決まるので、震源から地表までをトータルで考慮した卓越周期に基づく議論が今後は重要であると考えている。

永野(東京理科大学)：石油タンクの設計では、卓越周期の変動幅に関してどのように考えているのか。

座間(総務省消防庁)：地域別速度応答スペクトルを3つに決めるときは、十勝沖地震での事例から、被害をもたらすタンクの特性が明らかになったので、それに基づいて、ある程度のわりきりを持って行うことができた。ただ、わからないこともまだ多くあり、コンビナートは広いので、地震動の空間変動については、今後検討していく必要がある。

永野(東京理科大学)：本日のシンポジウムでの話題を聞いて、どんな問題が残っているのか、それを解決するにはどうしたらいいのかについてお聞かせいただきたい。

太田(足利工業大学)：いったん基準類的なものが出来てしまうと、それに引きずられてしまう。低いものが基準となって設計が進むと困る。

瀧(東京大学)：バラツキの話でいうと、地震本部としては平均像、中央防災会議は保守的の評価と考えている。設計に使用されることは想定していない。一般の方への情報として提供することを第一の目的としている。周期7~12秒に関しては、関東平野のレスポンスが高いことは知られているので、一般論として、超高層建物を建てるのであればそれよりも低めの周期のものを建てればよい。

太田(足利工業大学)：学会活動と社会との接点について、どのように考えているかを聞かせてほしい。

翠川(東京工業大学)：バラツキの話と関係するが、バラツキは当然あるので、バラツキは何で起こるのか、どのくらいバラツキが起こりうるのか、どういう風に設計で考えなければいけないのか、といった講習会的なものを開催し、地震動に対する理解を深めてもらいたい。

加藤(鹿島建設)：川瀬先生が主査のときから地盤震動研究を耐震設計にいかにかかすかというテーマを掲げて、その一つの成果に『最新の地盤震動研究を活かした強震波形の作成法』の出版があり、これをガイドライン的に使っていただきたいと考えている。周期6秒と7秒はタンクにとっては非常に違う結果をもたらすとのことだが、われわれの予測精度は周期6秒や7秒をピンポイントで予測できるところまでではないというのが正直な感想であり、その点について今後検討していく必要がある。

5. まとめ

最後に、地盤震動小委員会幹事の野畑有秀(大林組)が、過去の地盤震動シンポジウムでの長周期地震動に関するテーマと本シンポジウムとの関係性について触れ、長周期地震動に影響を及ぼす要因に関する理解を深めること、長周期地震動評価のさらなる高精度化に向けて取り組んでいくことが重要であるとまとめた。

(文中敬称略)