

第 32 回地盤震動シンポジウム(2004)報告

吉村 智昭*

第 32 回地盤震動シンポジウム(2004)「表層地盤の増幅特性評価の現状と課題—地盤震動研究を耐震設計に如何に生かすか(その 3)」が、日本建築学会地盤震動小委員会と基礎構造系振動小委員会との共催で、2005 年 1 月 7 日(金)10:00~17:30、建築会館ホールにて約 240 名の参加者を集めて開催された。

司会は、午前の部は飛田潤(名古屋大学)と栗本修(大林組)、午後の部は飯場正紀(国土技術政策総合研究所)と早川崇(清水建設)、総合討論は小林喜久二(竹中工務店)と永野正行(鹿島建設)が担当した。

主旨説明

はじめに地盤震動小委員会主査の川瀬博(九州大学)より以下のように主旨説明があった。ここ 3 年、副題に示すとおり、「地盤震動研究を耐震設計に如何に生かすか」という継続テーマを取り上げており、2002 年度は「設計用地震動は工学的基盤で決められるか?」、2003 年度は「震源断層を考慮した設計用地震動評価：地域波作成の現状と将来展望」、3 回目の 2004 年度は「表層地盤の増幅特性評価の現状と課題」を取り上げた。地盤震動研究の分野では、地震動が「震源」「伝播経路」「サイト」の 3 特性の積であると広く認識されているが、今回はサイト特性に関係する表層地盤の増幅特性に着目した。

セッション 1 最近の地震被害と表層地盤の関係

午前の 1 つめのセッションでは、最近の 3 つの被害地震から最新の研究紹介が 3 題あった。

大野晋(東北大学)は、「2003 年宮城県北部地震における震源域の地震動と表層地盤増幅」と題し、地点ごとに異なって観測された卓越周期や地震動強さが、工学的基盤で浅の表層地盤構造の違いにより説明できることを示した。

高井伸雄(北海道大学)は、「2003 年十勝沖地震における地震被害と表層地盤の関係」と題し、石狩平野における強震記録の分析結果を示し、長周期地震動が深さ数 km の堆積地盤構造の影響を受けていることを指摘した。

久田嘉章(工学院大学)は、「2004 年新潟県中越地震—地盤と地震被害—」と題し、震源域の山間部における被害の集中地域(山古志村や川口町など)は褶曲地域の背斜軸に近く、地滑りによる堆積層が地震動を増幅したとの見解があることを示した。

セッション 2 地震動研究からみた表層地盤の増幅特性評価の現状と課題

午前の 2 つめのセッションでは、地盤震動の研究者から表層増幅の評価方法について話題提供が 4 題あった。

境有紀(筑波大学)は、「表層地盤の増幅に影響するパラメータ」と題し、パラメトリックスタディにより、表層地盤の等価 1 次周期が 0.6 秒のときに、地盤の非線形により 1-2 秒震度が最大になって被害が大きくなることを指摘した。

佐藤智美(清水建設)は、「鉛直アレー観測記録の逆解析から評価される地盤材料物性」と題し、地震基盤から工学的基盤までの地盤増幅が大きいこと、減衰定数が非線形時にも周波数依存性があること、工学的基盤で深でも地盤の非線形性が認められることなどを指摘した。

川瀬博(九州大学)は、「強震記録のスペクトルインバージョンから評価される地盤増幅率」と題し、最新の研究において観測記録から分離したサイト特性を紹介し、地盤構造との関係を解説した。

森伸一郎(愛媛大学)は、「土の非線形特性に起因する強震時の地盤増幅特性」と題し、土のひずみに依存する変形特性を調べる室内試験法の現状と課題を議論し、非線形挙動のモデル化に関するコンセンサスに触れた。

招待講演

限界耐力設計法の導入に当って精力的に検討され、現状の形を形成する大きな原動力となった三浦賢治教授(広島大学)をお招きし、「限界耐力設計法の導入にあたって考えたこと—表層地盤増幅と動的相互作用効果—」と題して講演していただいた(写真)。

*大成建設技術センター



写真 招待講演の三浦教授のご発表

セッション3 耐震設計における表層地盤の増幅特性評価の現状と課題

午後の3つめのセッションでは、主として基礎構造系振動小委員会のメンバーにより、表層地盤増幅および相互作用を考慮した耐震設計について5題の話題提供があった。

宮本裕司(鹿島建設)は、「耐震設計における表層地盤の位置づけ」と題し、地盤非線形や液状化を含む非線形相互作用効果を取り入れた地震応答解析法が開発され、一通りの設計解析ツールが整備された現状を紹介し、使用する設計者の判断、能力が重要になっていると指摘した。

小山信(建築研究所)は、「地盤増幅Gsの設計上の留意点」と題し、パラメトリックスタディを行い、限界耐力計算による表層地盤の1次卓越周期と増幅係数の適用性について、等価線形計算と比較して議論した。

古山田耕司(鹿島建設)は、「土の非線形モデルが地盤の応答評価に与える影響」と題し、多地点での原位置採取資料による室内試験結果を整理し、土の非線形モデルを検討した。また、2003年十勝沖地震での杭被害の解析から土の非線形モデルの設定等での留意点をまとめた。

吉澤睦博(竹中工務店)は、「建物応答解析例からみた表層地盤モデル化の留意点」と題し、設計入力地震動を作成する場合の留意点と時刻歴応答解析モデルを作成する場合の留意点を、応答解析事例を交えて指摘した。

福和伸夫(名古屋大学)は、「地震防災・耐震設計と表層地盤増幅」と題し、名古屋市、愛知県におけるハザードマップ作りや地震動評価において、表層地盤のモデル化や応答解析をどのように行ったか整理した。

総合討論

まず地盤増幅係数Gsについて一連の議論があった。

森伸一郎より、Gsの導入は実務設計者にどのように受け止められているのかとの質問があった。三浦賢治は、入力地震動の定義位置が地表面から工学的地盤面になって合理的となり、設計者が地盤の卓越周期が何秒か考えることが自体が相当な進歩であり、Gsの精度が多少悪いことはこれに比べると小さいことであると述べた。飯場正紀は、Gsによる地盤増幅の評価が、建築主事が手計算で計算できるほどに計算が簡略化されている一方、時刻歴応答計算は複雑であり、極端な2極化が見られ、設計者が意図した点をもう少し簡単に判断できる体系が望まれるとの意見を述べた。

高坂隆一(梓設計)は、Gsの問題点として、設計者によって評価結果が大きく変動する可能性ある点を挙げ、構造設計上、同じ建物に対して地震力が何割も変動することは好ましくないとの意見を述べた。地盤増幅が全国的にデータベース化され、地表面でスペクトルが決められたほうが設計者としてはありがたいが、その可能性はないのかと述べた。これに対し、飯場正紀は、今回の改正基準法では工学的基盤を導入した方法論に注力されており、性能設計の観点からも設計者の意図を反映できるようにする点に力点が置かれたと述べた。全国的なデータベースは難しいが、都市部では地盤データが豊富であり、今後自治体等により地表面での評価結果のデータベースを作ることも可能であり、設計者により自分で評価したり、あるいはデータベースをそのまま用いたりする選択がありうるのではないかと展望を述べた。

福和伸夫は、上記の議論に対し、都市部で防災向けマップの作成が充実しているが、多くの場合マップを作成しているのが防災部局であり、建築部局でないこと、したがってマップを作る目的が違っており、現状ではそのまま建築の目的には使えないことを指摘した。国土交通省など国が主導して、防災マップを作るときの地盤データに基づいて、同時に表層地盤の増幅特性を考慮した地表のスペクトルを付加的に計算して蓄積するなどの体制を整えてはどうかとの提案をした。

三浦賢治は、地表面でのスペクトルが設計者には扱いやすいとの議論の流れを受け、工学的基盤で地震動を決めることに意味があることを再度強調した。工学的基盤で決めることにより、杭の設計や相互作用の検討も可能となるのであり、再び地表面での定義に戻るのには、好ましい方向の流れを逆行させることになるとの意見を述べた。

続いて、地盤の非線形性に関する議論が幾つかあった。

久田嘉章は、震源近傍で最初にやってくる大振幅のパ

ルス波に対し、現状の繰り返し载荷によって評価した地盤定数は有効なのかと質問した。森伸一郎は現状の方法は減衰を過小評価している可能性があり、このようなパルスに対する試験方法はまだ議論されておらず今後の課題であると回答した。

従来から等価線形解析で用いられる SHAKE は手法として妥当であるのかという宮本裕司の質問に対し、森伸一郎は、レベル1程度の地震では問題なく使え、レベル2地震では地盤が著しく非線形化するので、応答結果を見ながら判断することになるが、ひずみが1~2%に収まれば使え、設計実務としては十分な精度を有していると答えた。ただし、佐藤智美が講演で指摘した減衰定数の周波数依存性や深い地盤の減衰など、研究的な側面から十分検討されていない問題もあると述べた。

大淵俊行(安井建築設計)は、古山田耕司の講演で、2003年十勝沖地震のシミュレーション解析において告示モデルの非線形特性を用いて評価した地表面加速度スペクトルが観測記録の半分程度になる結果を受け、告示モデルを扱う上での留意点について質問した。これに対し、古山田耕司は、告示モデルの非線形特性は限界耐力計算法で用いた時に整合するように定められていること、また限界耐力計算法でなく精算法で地盤の地震応答解析を行うためには原位置で採取した土試料による室内試験結果を用いることが望ましいと述べた。告示モデルの元になった試験結果の試料は、ごく浅い地盤の試料を用いているとか、粘性土といってもかなりシルト質であるとか、減衰が大き目であるといった点を認識した上で用いる必要があり、講演で示した例は、注意を喚起するために、深い地盤にまで適用した良くない例を取上げて挙げたと回答した。飯場正紀は、地盤を考慮すると、工学的基盤における設定、地盤増幅、相互作用と考えるべきステップが増え、各ステップで考慮された安全率を掛け合わせると最終の応答がかなり大きくなるという問題点があり、告示が最低基準であるという立場と、既存の設計レベルと同程度にするという観点から、減衰がやや大きめの非線形特性が選ばれたという経緯があると述べた。

最後に、地盤震動の研究者側あるいは設計者側への要望について議論された。

福和伸夫は、地盤震動研究者側に対し、多種多様なユーザーの立場に立ったアウトプットを心がけ、ユーザーの理解が深まってフィードバックがあるという状況になるように要望した。相互作用の研究は、現象の把握と設計への反映の間で苦闘しているという印象があると

述べた。構造設計者へ対しては、現在地震への関心が高まっていることを利点にして、一般住民の理解が得られ、意匠設計者の都合に屈しない構造設計を行い、その際、今回テーマとなった地盤増幅という重要な問題を取り込んでレベルアップをしてもらいたいという要望を述べた。また、社会全体の問題として、最後には建築主事確認の問題に行き着くというしがらみがあり、構造設計界全体で解決を図る必要があると指摘した。

鱒沢曜(横河建築設計)は、性能設計化に伴い客先への説明責任の重要性が増しており、構造設計担当者が直接客先に説明する必要性を述べた。森伸一郎は、設計者側に対して、建物や地盤の固有周期の測定を必ず実施してほしいという要望を述べた。川瀬博は、建物における地震観測が少ないので実施してほしいという要望を述べた。

北川良和(慶応大学)は、地盤震動研究者に対して、プロダクト・イノベーション(製品開発技術革新)という考え方に沿って、ものづくりにつながるアウトプットを心掛けて欲しいという要望を述べた。相互作用については細かいことにとらわれすぎている嫌いがあること、地盤の定数評価をしっかりとってもらいたいとの要望を述べた。設計者に対しては、プログラムありきの姿勢でプログラムに合うようにモデル化するのでは、性能設計での説明責任が果たせないこと、地震動があるところでは小さくなり、あるところでは大きくなっても、日本全国トータルで見るとあるレベルになっているはずであり、トータルで説明できるものでないと説明責任が果たせないのではないかと意見を述べた。

最後に、加藤研一(鹿島建設)が本日の議論のまとめを行った。研究側においては、最近の地震研究より地盤非線形化と周期1~2秒成分の増加や大加速度生成との関連性、工学的基盤の非線形化など地盤非線形に関連して新たな課題が見いだされたこと、耐震設計側においては、大加速度記録の割に建物被害の小さいという点で設計と実際の地震時挙動には依然としてギャップがあること、解析手法が充実した一方で手法を適用する上での設計判断が重要となっていることなどを指摘した。

(文中敬称略)