

BRI NEWS Epistula

えびすとら



建設省建築研究所
Building Research Institute
Vol.30
発行：2000. 10

特集 震源近傍強震動を追う

なまず

日本の民間伝承では、地震は地下に住む「なまず」が起こす、と言われていました。昔は震災を引き起こす地表での振動を地震と呼びました。今は、地下で地震波が発生する現象を「地震」、それによって起きる振動を「地震動」、そのうち地表で感じられるものを「地表地震動」、振幅が大きく震災の直接の原因となる地震動を「強震動」と呼びます。「なまず」という言葉は、使われる文脈によりどちらの意味も含み得ます。ここでは、地表での振動や震災の原因としての「なまず」を使います。

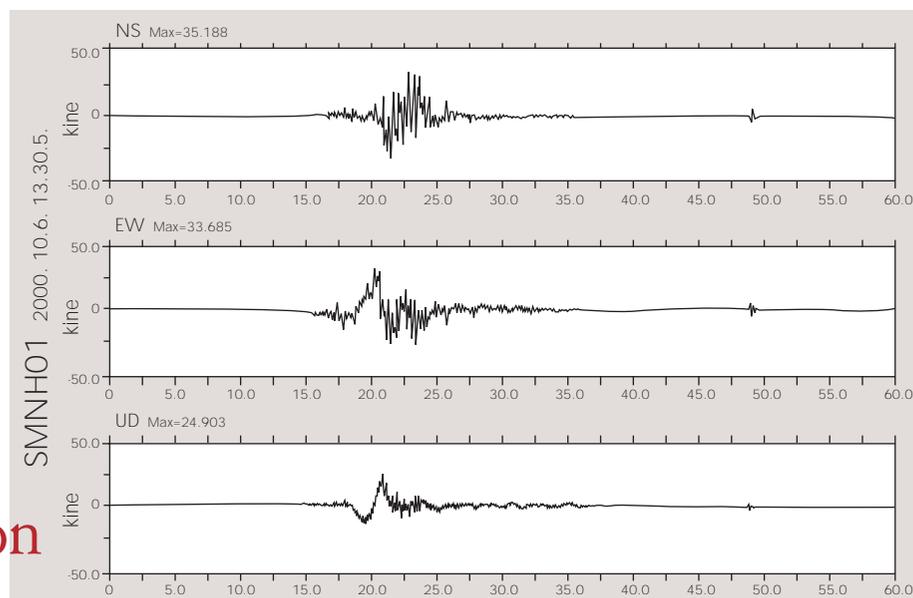
さて、なまずを調べる二つの立場があります。一方は、なまずが暴れた結果である震災や強震記録を収集・整理する事により、「なまずはこういう事をするものだ」を帰納的に明らかにしようとする経験的立場で、工学的手法とも呼ばれます。他方は、収集資料の分析により「なまずの正体」を先ず解明し、なまずが暴れたらどうなるかを演繹的に導く立場で、地震学的手法に対応します。もちろん両者は相補的かつ不可分ですので、地震工学と地震学の境界領域では、両手法の利点を融合させ実際に強震動を予測しようとする試みが始まっています。

Near Field Strong Ground Motion

震度7地帯での強震動

経験的手法の弱点は、震度6や7という大震度の強震記録が最近までほとんど得られなかった事、そして近い将来にその数が飛躍的に伸びるとは期待できない事にあります。これら得られるのは、内陸で発生する浅い地震の震源の近くだけです。内陸地震の発生頻度と、兵庫県南部地震により出現した震度7の「震災の帯」の幅がたった数キロであった事を考えれば大震度の強震記録を得る難さが理解できるでしょう。それでも、近年は鳥取・神戸・トルコや台湾での大震度の加速度記録が得られ、従来の強震記録の様なランダムな位相特性を持たず、比較的長い見かけ周期を持つ第一波目にエネル

ギーの大部分が集中している事が注目されています。これは、震源近傍での大震度の強震記録だけの特徴なので、今までに大量に得られた、少し震源域から離れた地点での震度3や4の強震記録を整理しても、明らかにする事は不可能です。被害が出る程の大震度での震源近傍記録の多くは、この特徴を備えています。戦後50年の建設技術の進歩により、私達の街では、震度4や5程度で大きな被害は出なくなりました。21世紀への課題は、震度6や7への対策でしょう。そのためには、数少ない強震記録から震源近傍強震動の性質を捕捉し、地震学の知見を援用してその発生原因を探り、それによる構造物の破壊メカニズムを解明する必要があります。



平成12年鳥取県西部地震の(積分)速度波

(防災科学技術研究所kik-NET伯太観測点地上センサー)

大なまずの正体の解明を目指して

なまずの誕生：不均質な震源破壊過程

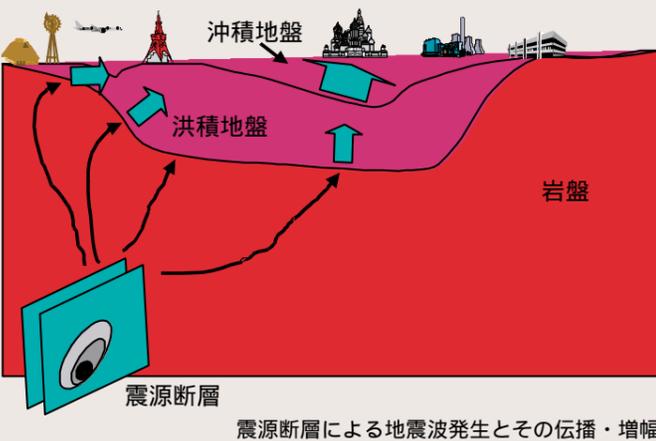
地震という自然現象は、地殻内部での岩石の剪断破壊です。この拡大・進行により一ないし数枚の震源断層が形成されます。これが言わばなまずの誕生です。また、地震波が生成され、その性質は震源の破壊過程に大きく影響されます。これに関する研究は、実際に観測された地震波形を再現するにはどんな破壊の成長が必要か、を逆算することで進められてきました。現在では、震源断層上のアスペリティーと呼ばれる特定の部分がより強く地震波を放出する事が知られています。赤ん坊なまずは一色一様ではなく派手な大柄の模様入りなのです。さらに、広がりのある断層震源上を破壊が進行して行く方向へより強く地震波が放出される、指向性効果と呼ばれる現象があります。上記の震源近傍強震動のエネルギーの集中する第一波は、指向性効果の顕著な破壊の進行方向における震源断層に直交する成分に現れ、その見かけ周期は震源のアスペリティーの大きさに依存して決まります。



なまずは模様入り

なまずの旅：複雑な伝播経路の影響

地震波は、比較的硬い岩石で出来ている地殻内部を伝播する間に速度不連続面での反射・屈折、地殻内の不均質性での散乱により、複雑で継続時間の長い波形に変わって行きます。加えて地震波を吸収する性質である非弾性効果に地域毎の違いがあり、その影響も受けます。地震波は震源から四方八方へ放射されますが、その中で、ある都市に向かってくる部分を考えて、その都市直下の硬い岩盤と洪積・第三紀地盤との地震基盤と呼ばれる境界面を通り過ぎる時に大きく増幅され、この境界面の形状の影響を強く受けます。



震源断層による地震波発生とその伝播・増幅

なまずの成長：複雑な表層地質による増幅の影響

地震基盤は、鍋底のような形をしている場合が多く、地震波は真下からだけでなく縁からも地盤へ入ってきます。地震波は軟らかい層から硬い層へは伝わりにくく、一旦地盤へ入ると外へ出られずに底や地表で跳ね返され、揺れはなかなか収まりません。この揺れの特徴は鍋底の形の影響を受けます。

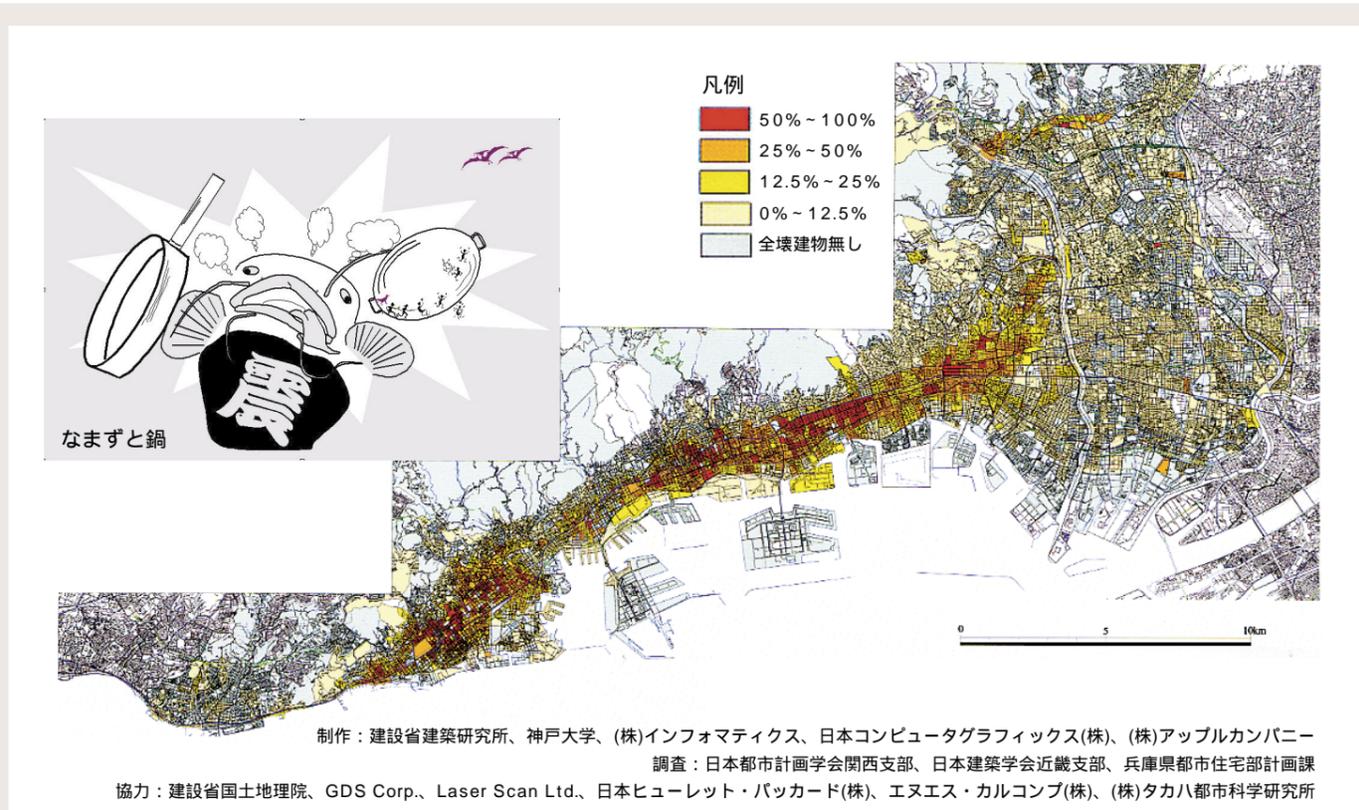
兵庫県南部地震での「震災の帯」の出現には、神戸市直下の鍋底の形が重要な役割を果たしました。詳しい地下構造探査の結果、神戸市は大阪湾という大きな鍋の縁にあり、市街地と六甲山地の間には活断層により形成された段差数kmの地中の崖が埋もれていました。地震を起こした断層はこの段差の真下で動き、放出された地震波は、ほぼ水平な鍋底からと、埋もれた崖を通して横からとで、地盤に入り両者が重なった所で周囲より振幅が大きくなりました。震度7の「震災の帯」は鍋の縁の為に生じたのです。

さらに浅い工学的基盤の形状の影響による被害は、例を選ぶのに苦労する程に沢山報告されています。埋没谷やミニ開発による埋め立ての影響等と言われるものです。これらは、言わば敷地サイズの現象で深さもせいぜい20m程度以浅の話です。一方、地震基盤形状の影響は、都市に匹敵するサイズの現象で、調査する深さも数kmにもなり、とても個々の事業者が対応できるものではありません。

定量的な強震動や被害の予測を目指して

内陸地震の発生頻度が低いため、震源近傍の強震動を場所ごとに評価するには、地震学的知見に基づき、震源・伝播経路・表層地質による増幅効果をそれぞれ定量的に評価しないとイケません。上記の三つのうち、後二つは決定論的に調べる事ができ、新たな情報の蓄積によって知見をより精密にして行く事が可能です。さらに、これらは、内陸地震だけでなく、より発生頻度の高い、少し離れたところで起こる海溝型の地震にも共通なので、広く有効性のある情報として蓄積されていくべきです。現在、これらを蓄積する努力が、地方自治体や科学技術庁により進められています。これに利用されるのは、地下の速度構造を調べる物理探査と呼ばれる技術です。また、得られた速度構造から、不均質地盤の応答を求めるには波動場の数値シミュレーション技術が利用されます。

残る震源効果について、震源断層での破壊がどこでどういう風に起こるかを前もって確実に予測するのは不可能であるという難点があります。これが、なまずはつかみ所が無い、と思われるゆえんです。地形・地質情報等から、これらを可能な限り絞り込む努力が科学技術庁地震調査研究推進本部により、続けられています。それでも、震源破壊過程については、完全に絞り込むのは無理ですので、平均像とその周りのバラつきを、どう取り扱うかについての考え方の整理作業が進められています。



神戸震災の帯

Near Field Strong Ground Motion

なまずと構造物

経験的手法には、未経験の現象に対応できる保証がありません。兵庫県南部地震以前の都市直下で起きた最新の大地震は1948年の福井地震です。なおこの時、強震記録は得られていません。その後47年間、震災は震源域からある程度の距離離れた場所で発生しましたし、強震記録も同様の条件で得られました。震源域からある程度離れば、伝播経路の影響等で岩盤内の地震波の性質はランダムノイズに近くなり、また振幅も中程度にまで減衰します。このような条件では、被害の発生自体が表層地質による増幅効果及びその卓越周期と構造物の固有周期との関係で決まる共振現象に支配されます。戦後急速に発展した日本の耐震工学は、このような強震観測記録と被害観に基づいて体系化されたのですから、耐震設計も中程度の振幅を持つ地震動による共振現象に対する対策になっていると思われます。例えば、耐震工学でよく使われる地震動の破壊力の表現法である応答スペクトルは、構造物の固有周期と減衰常数と言う、まさに共振現象のパラメーターで記述されます。発生頻度を考えると、この範疇に属する地震動がほとんどですから、普通の構造物がその耐用年数内に遭遇する地震動については十分に対応していると考えていいでしょう。近年では、耐震設計された構造物は被災していない、という事実が、これを支持しています。

しかし、震源近傍強震動は、少し離れた所で観測される強震動には無い性質を持っています。具体的には第一波にエネルギーが集中する位相特性と重力加速度の8~9割に達する、或いは数メートル毎秒に達する大振幅です。このような性質を持つ地震動の破壊力と構造物の破壊メカニズムに関する研究も進められています。例えば、兵庫県南部地震の神戸市内で得られた強震記録の速度応答スペクトルの卓越周期は1秒程度でした。しかし、1秒より短い固有周期を持つ木造住宅や中低層の鉄筋コンクリート構造物が大きな被害を受けました。これに対しては、そのような短い固有周期の構造物が大振幅の入力で一気に塑性化して固有周期が伸びて1秒に近づき、さらに大きく応答したという分析がなされています。このように、震源近傍地震動に特有の性質は、構造物の破壊メカニズムも左右すると考えられます。兵庫県南部地震以降、トルコのコジャエリ地震、台湾の集集地震、鳥取県西部地震と相次いで震源近傍の強震記録が得られています。本邦でも、全国規模の強震観測網の整備で震源近傍強震動を観測できる可能性は、以前に比べて飛躍的に高まっています。これらを利用して、耐震工学の研究がさらに発展し、震度6や7の地震を恐れなくてもよくすることが21世紀への課題であると思われます。(横井 俊明)



なまずと建物

第二研究部

第二研究部では、環境調和型材料や高性能材料の研究開発に向けて、3つの最新施設を導入しました。(1)動的水平加振施設は、木造住宅の壁の力学性能を調べるための試験施設です。兵庫県南部地震等の大規模な地震に対する壁の強度特性や破壊形態等を調査するため、長さ4mの壁を振幅±500mm、速度±80cm/sの条件で加振する性能を有しており、短時間で適切に各種性能を評価することが可能です。(2)長期劣化モニタリング施設は、材料の劣化、損傷状況の評価するための施設です。この施設では、コンクリートや繊維補強材料を対象として、数万サイクルの繰返し荷重を載荷する疲労試験や超音波を使った非破壊試験を行うことができます。(3)高性能力学性能評価施設は、高強度コンクリートの力学性能を高い精度で評価するための試験施設です。従来の強度試験機では、80MPa以上のコンクリートの

圧縮強度を精度よく測定することが困難でした。この施設では、150MPaクラスの超高強度コンクリートの圧縮強度を高い精度で測定することが可能です。

新人の紹介
井戸川 純子
(維持保全研究室 研究員)
大学院では、建築仕上げ材料の居住性や安全性に関する性能の評価方法に関する研究を行いました。居住性、安全性に関わる性能の良し悪しは居住者の感覚や判断によって決定されるため、評価方法には人間の判断との明確な対応が求められます。そこで、評価方法提示にあたり心理学や人間工学などさまざまな手法をとりいれました。今後も、仕上げ材料の性能に関して様々な観点から研究を行っていきたいと考えております。



第三研究部

本年施行された改正建築基準法施行令と住宅品質確保促進法により、建築物に一層の構造性能水準の明確化が要求される時代を迎えつつあります。今日のこのような建築構造分野の変化に対応して、建築物が有する構造性能を的確に把握する性能評価法の開発が望まれており、構造安全性から修復性、居住性まで網羅した観点からの性能評価に関わる技術へのニーズも高まっています。こういった背景の中で第3研究部では、昨年度より先導研究「安全と居住性に関わる建築構造性能の伝達手法の開発」に取り組んでいます。本研究では、一般の建築ユーザーによる構造性能に関する理解を助け、構造技術者との性能水準設定に関わる合意形成を容易にするために、構造性能を明確に伝達する技術の開発を目的としています。具体的には、室内における人間の挙動特性も構造安全性の評価軸として着目し、振動台上の被験者の関節等に付けたターゲットの

動きをビデオ動画データとして取り込み、入力加速度、性別や姿勢の違いが応答レベルにどのように影響するのか考察しました。一般に、大地震動時での構造安全性を論じる際には、建築物が倒壊するか否かといった構造力学的な視点からのみ論じられますが、室内の人間は安全確保のための種々の避難行動をとることが要求されます。したがって、室内の人間挙動にも着目して建築物の構造性能を評価することで、一般の建築ユーザーにも直感的で分かり易い性能伝達手法が構築できるものと考えています。



ターゲット調整時

編集後記

「なまず」は「鯰」と書く。広辞苑に因ると、つくりの「念」には仏教用語で「経験を明瞭に記憶して忘れない心の作用」の意味がある。なまずが地中にいて地震を起こすとの俗説は、震災経験を語り継ぐことの重要性を「なまず」に重ね合わせて伝えるべく意図されていたのであろうか。地震は、寺田寅彦の「災害は忘れた頃にやってくる」を引くまでもなく、突然襲いかかってくる。それに対処するため

には、日頃の備えが肝要である。我が家の地震対策を顧みると、家具の転倒防止対策は施してあるが、その上には色々なものが配置、収納されている。防災用品は一通り備わってはいるが、一年以上点検していない。自宅周辺の避難場所、避難経路は把握しているが、家族が個別に行動している場合の集合場所や連絡、確認方法の検討は不十分である。離れて暮らす親族や知人等への連絡方法は未検討。...等々。これまでの貴重な経験に基づいて、再検討する必要があるようだ。(SK)

TOPICS

平成12年度 秋季講演会のご案内

建設省建築研究所は、平成12年度秋季講演会を平成12年11月29日(水)、30日(木)の両日、有楽町朝日ホールにおいて開催します。この講演会は、建築研究所の研究成果を広くお知らせし、活用していただくために行うものであり、講演テーマは、総合技術開発プロジェクト等の研究成果や最新の建築の技術・情報等を織り交ぜて、実務に役立つ内容としていきます。講演会のプログラム(予定)は下記のとおりです。御来場をお待ちしています。

会場：有楽町・朝日ホール(JR有楽町駅 徒歩1分)東京都千代田区有楽町 2-5-1 有楽町マリオン11階
聴講及び聴講テキスト - 無料
申し込み - 不要
協賛 - (社)建築研究振興協会
問合せ先 - 企画部情報管理官付情報管理係 (TEL 0298-79-0642)

11月29日(水)9:40 開場 10:00 開会

[住宅の性能論]10:10~12:30

- 住宅品質確保促進法の制定を契機に
住宅の性能を考える -

[21世紀の集合住宅居住に向けて]13:30~16:20

- 総合技術開発プロジェクト「長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発(マンション総プロ)」の中間報告と今後の課題 -
16:20 閉会

11月30日(木)9:40 開場 10:00 開会

[建築基準における性能体系]10:00~12:00

- 改正建築基準法をふまえて
今後の性能体系を考える -

[建築物のストックマネジメント]13:00~15:55
16:00 閉会

講演内容は、都合により変更することがあります。予めご了承下さい。

photo: Bogaki



BR1 NEWS
Epistula

第30号 平成12年10月発行

編集：えびすたら編集委員会

発行：建設省建築研究所(企画部)

〒305-0802 茨城県つくば市立原1

Tel. 0298-79-0642 Fax. 0298-64-2989

えびすたらに関するご意見、ご質問をお寄せください。

また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。

(<http://www.kenken.go.jp/epistula.html>)