

研究討論会・最近の大地震による被害と教訓

亀田 弘行*

Hiroyuki KAMEDA

はじめに

最近数年は世界的に被害地震が多い。地震学者によれば、地球はいま地震の活動期に入っているとの見方がある。特に、1993年には、わが国では釧路沖地震、能登半島沖地震、北海道南西沖地震が相次いで発生し、さまざまな被害をもたらした。また、1994年早々に、ノースリッジ地震により米国のロサンゼルス都市圏が被害を受けた。

個々の地震についてはそれぞれ多くの研究者により入念な調査が行われ、報告書も刊行されているが、次々に起こる地震への対応に追われて、これら一連の震害を通して得られる耐震技術の現状への評価、今後重点的に取り組むべき研究課題などを整理する機会を十分に持てない状況が続いた。そこで、この研究討論会は、最近の大きな被害地震を通覧する形で討論し、そこから、現代に即した地震対策の技術課題を明らかにしようとしたもので、耐震工学委員会の担当により開催された。

討論会では、まず4人の専門家により、強震動、地盤震害、土木施設の被害、地震後の緊急対応について、個々の事例の検討が行われた。はじめの3課題は工学的課題であるが、最後の課題は従来は社会科学の領域とされてきたものである。しかし、現実の災害時には、工学的手段と社会科学的手段は連携して総合的に機能すべきものであるから、それぞれの領域の専門家の相互理解を日頃から良くしておくことが重要との認識から、このような内容構成がとられた。

各論では、1993年1月15日の釧路沖地震、1993年7月12日の北海道南西沖地震、および

* 正会員 工博 京都大学教授 防災研究所

1994年1月17日のノースリッジ地震の3地震（またはそのうちのいくつか）が考察の対象とされた。これらの地震は、地震対策の先進地域とされる日本と米国において、都市部を巻き込んで広域的な被害をもたらした点で共通の関心の対象となったものである。ただし、北海道南西沖地震による津波災害については、研究討論会の別セッション「北海道南西沖地震津波とその被害および復旧」で詳しく論ぜられた。

話題提供の概要

大町達夫（東京工業大学）[直下地震の恐怖—強烈な強震記録]：ノースリッジ地震は、いわゆる都市直下地震で高速道路をはじめ建築物やライフライン施設に大被害をもたらした。この地震では、震源域で多数の強震記録が得られ、早期に公開されたことが特筆される。その中には、加速度が1gを超えるタルサナ地点（震央距離5km、ピーク加速度1.8g）やパコイマダム左岸（同9km、1.5g）での記録が含まれる。日本国内でも、最近非常に大きな地震動加速度が観測されている。釧路沖地震における釧路気象台での0.9gを超える記録、北海道南西沖地震の余震観測で1.6gが記録されたことなどがその例である。このように、強烈な強震記録の蓄積が進むにつれて、1gを越す強震記録が得られてもあまり驚かれなくなってきたが、大きな加速度のわりに被害が少ない場合もあり、両者の関連性について解明が遅れている。一方では、あまり大きくない加速度で大被害が発生する場合もあり、問題は単純ではない。構造物の側で、塑性変形、地盤との動的相互作用、非構造物材の役割など、地震動の側で加速度に替わる地震動指標などの課題があり、両者の関連を

明確にする必要がある。こうした課題は30年来議論されているが、まだ決着のつかない問題である。

土岐祥介（北海道大学）[釧路沖地震および北海道南西沖地震の地盤・土構造物の被害と原因]：釧路沖地震における釧路港、北海道南西沖地震における函館港のように、前回の地震で液状化した地点が今回も再び液状化したことは、「液状化は同じところで繰り返される」というこれまでの状況判断を事実で示した。道路盛土では、交通の障害となる崩壊が発生した。これらの崩壊には、軟弱な基礎地盤に加え、地下水による盛土内への浸透流が影響を与えている可能性が高く、今後の検討事項として重要と考えられる。港湾における岸壁の被害は主として裏込地盤の液状化によるものであるが、サンドコンパクションを中心とする液状化対策工法が施された場所の被害がそれ以外の場所よりはるかに軽微であったことに注目すべきである。

濱田政則（早稲田大学）[ライフライン施設と土木構造物の被害と教訓]：最近の3つの地震から、以下のような共通の教訓が導かれる。(i) ライフラインの埋設管路では、耐震性が低い古いタイプのパイプが選択的に破壊されている。新しいタイプの耐震管路の被害はほとんどなく、その有効性が証明された。(ii) 既存護岸の液状化対策、既存橋梁の耐震補強の効果が確認された。(iii) これらの地震で経験された大加速度の地震動と耐震設計上の地震荷重との関連は今後の大きな研究課題である。また、地盤の液状化などによる地盤の大変位が生じた場合に対する合理的な耐震設計法の確立が要請されている。

東浦 洋（日本赤十字社）[救助・救援など事後対応の実体と問題点—北海道南西沖地震を振り返って—]：奥尻島の事態を中心とする特徴的事項としては、離島であったため緊急輸送に種々の支障をきたしたこと、住民の1/7が自衛隊員で地元消防団などとともに初期活動に積極的に参加したこと、人口4600人の島での大規模な津波被害であったことから多数傷病者の発生や「トリアージ」の必要がなかったこと、一方高齢者の慢性疾

患への対応が必要とされたこと、マスコミ効果から義援金品や防災ボランティア活動の希望が従来になく多かったことなどが挙げられる。今後の課題として、災害医療の概念の徹底（治療偏重からの脱却、栄養・衛生面の重視）、被災者の精神・心理ケアの重視、義援金品への対応・要請の適正化、ボランティアの組織化、マスコミ取材や研究者への受付・情報窓口の必要性などがあげられる。

討論の概要

約30分の討論時間の中で、以下のような議論が行われた。

(1) 震害メカニズムの解明・評価の問題：田村（日本大学）から、話題提供が未解明の問題に対する明確な主張を含む形で行われたことへの賛意が示されるとともに、強震動の工学的評価において最大加速度基準からの脱却の必要性が強調された。特に日本の場合、地盤条件が悪いところでは最大加速度が大きくなくても大被害になることが多く、周期特性との関係で現象解明が行われるべきことが指摘された。また、石川（清水建設）から、被災構造物の震害に関する診断・再使用について、ノースリッジ地震における鉄骨構造の損傷や土木構造物一般との関連で質疑があり、濱田から現状の困難さ、亀田から日本でも神奈川県・静岡県で家屋の震害診断体制の整備が進められていることが紹介された。さらに、北浦（金沢大学）から、ノースリッジ地震における高速道路の落橋について、地震動の上下動の影響について質問があり、大町からまだ結論が出ていない問題であり、桁が橋台からはずれて落下したことが第一原因とも考えられるとの説明があった。

(2) 耐震補強の問題：田村（日本大学）から、既存構造物の耐震補強についてより本格的な取り組みの必要性が指摘された。これに関し、土岐は河川堤防では震害復旧において原形復旧以上の補修が行われる場合が多いが、さらに進んで危険箇所点検を実施すべきことを指摘した。また、濱田は、大都市圏の高速道路の古い高架橋に対する液状化対策の必要性を指摘した。

(3) 救助・救援等の問題：目黒（東京大学）から、海外の災害に対して日本の援助の出だしが遅く目に見えにくいことについて質問があった。これに対し、東浦から、日本は災害軽減の事前対策にもっと力を入れるべきで、技術移転の活動により特色を発揮できること、災害発生後の協力の速さでは、たとえば米国では現地の大使が一定額を拠出する権限を持っていることなど、わが国の現状との違いを説明した。川上（埼玉大学）・目黒（東京大学）から、トリアージ（救急医療）における判断基準について質問があり、東浦から、まず助かる人を優先すること、地位・立場による差別はいっさいしないこと、の原則が説明された。

研究討論会の総括—今後の課題

以上の話題提供と討論をまとめ、さらに若干の考察を加えて、耐震工学の問題と災害時の緊急対応について、以下のような総括が得られる。

(1) 耐震技術は確実に社会の安全性向上に貢献してきた：地震時には破壊された構造物に注意が向きがちであるが、過去数十年にわたり着実に積み上げられてきた、耐震構造の研究と技術開発、ならびにその実践の成果を認識することも必要であろう。強大な地震動を安全に耐えた構造物の存在は、我々の社会の耐震安全性の拠り所である。今回話題とした地震において、(i) 地震動によって崩壊した構造物は古い時代のものである場合が大部分で、現代の耐震技術を満たす構造物は十分に耐震的に挙動していること、(ii) 古い構造でも、現代の技術水準による補強で、十分な耐震性を与えられること、(iii) 地盤改良による液状化対策が十分な効果を持つこと、(iv) 地盤変状の影響を受けやすい地下埋設管でも、耐震的な材料と耐震継手により、十分な耐震性を発揮すること、等が確認された。しかし一方では、現実になおさまざまな被害が起こっている。それは、次項以下に示すように、ひとつには耐震技術の信頼性向上になお努力を要する側面と、耐震技術の普及に努力を要する側面があることによると理解される。

(2) 大加速度の強震地動と構造物破壊の関係が不明であることの問題：強震観測の発達とともに

に、最大加速度のレコードがどんどん更新されてきた。しかし、設計地震荷重をそれにスライドして上げるべきかという、そうすることを促すような地震被害が起こっているわけではない。かくして、記録される加速度と設計地震力との数値的な差は開くばかりである。最大加速度が地震動の破壊力を必ずしも表さないことはいまや常識になりつつある。むしろ最大速度を重視すべきで、それは構造物が吸収しうるエネルギーと関連づけられるとの見解が支持を得つつある。しかし、そうした観点からの知見は、現在の「力の設計体系」を覆すほどには蓄積されていない。動的荷重下での（“疑似”動的荷重ではなく）構造物破壊のプロセスに関する実験が乏しいこと、コンピュータシミュレーション技法は構造物の破壊プロセスを直接表現できないことなど、克服すべき課題がある。この問題は、現在進行中の土木学会耐震工学委員会の地震荷重小委員会の重要検討課題でもある。上記(1)の楽観的な記述にもかかわらず、個別問題では、地震で壊れてから後追的に耐震強化を議論しなければならない事態がある。本項で指摘された課題を克服して、耐震技術全般の信頼性を向上させる努力が要請されよう。

(3) 地盤震害の克服へ向けて：耐震構造の発達・普及と比較して、軟弱地盤の破壊、液状化、斜面崩壊などによる地震被害、いわゆる地盤震害が依然として大きな脅威である。盛土・築堤などの土構造物は、高規格道路などを除き、力学的手順による耐震設計の対象とされないのが普通である。土という材料自体が耐震的に強度が低く、かつばらつきが大きいこと、現地調達を基本とするため、材料特性のコントロールが困難なことなどが主たる理由と考えられる。盛土の復旧が比較的短期間で行えることから、経済性とのバランスのもとで、震後対応による処理を念頭に入れて建設が行われるという側面もある。しかし、線形に対する要求の高度化に伴う道路盛土の大型化と軟弱地盤地帯を通過するケースの増加による道路盛土の大規模崩壊や、丘陵地帯に造成された宅造地の盛土部が構造的に健全な家屋を乗せたまま滑り破壊をおこす例などは、社会的に大きな影響を持つ

ようになっている。個々のケースについては多くの努力が払われ、地盤震害の軽減は着実に進んでいるが、技術体系としての普遍化、普及が望まれる。

(4) 防災力向上への努力の必要性：耐震技術の発達とともに、日本の社会が数十年前と比較してはるかに耐震性を向上させたことは疑いない。しかし、全国には耐震的に問題がある古い埋設管や橋梁基礎がまだたくさん残っており、その更新や耐震補強は工学的問題であると同時に、経済的制約下での政策問題・経営判断の問題でもある。一方、都市圏に存在する種々雑多の建造物の耐震性能には大きなばらつきがあると考えらるべきである。したがって、都市を物理的に耐震強化する努力の一方で、地震直後の時期において、被害早期把握のためのモニタリングなどの情報システムとコントロールの技術、ライフラインの復旧過程と需要家側の生活支障の評価技術など、緊急対応の手段確立のために工学が行うべき貢献もまた重視されるべきである。

(5) 事後対応における課題：震後のさまざまな時期における被災者の救済にかかわる問題について、最近の地震で特に人的被害が大きかった奥尻島の例に従って問題点が述べられた。ここでは、災害下の緊急時には、特に情報の共有の観点で、日本特有の縦割り社会の問題を克服する必要があること、「災害医療」の概念を普及する必要があること、被災者の救済では「物」による救済に比べて「心」の救済が手薄であること、義援活動は「物」より「金」がはるかに効果的なことを明らかにすべきこと、ボランティア活動の組織化を進める必要があることなどの問題について、多くの具体的指摘が行われた。また、夜間の活動に耐える緊急輸送手段などの技術的課題も提起された。さらに、災害時の取材だけでなく研究者の活動ももっとコーディネートすべきとの指摘は、我々も真剣に取り上げるべき問題であろう。

む す び

耐震工学の歴史をひもとくと、被害地震が起こるたびに、さまざまな新しい技術課題が認識され、それをバネにして、研究・開発が精力的に行われてきた。新潟地震と液状化対策、十勝沖地震とRC構造の変形性能問題、宮城県沖地震とライフラインの耐震、日本海中部地震と地盤の側方流動対策などがその例である。これらの課題は、わが国の都市化社会の進展に伴って顕在化してきた問題とも言える。こうした観点からみると、この研究討論会で取り上げた最近の地震による被害は、これまでの地震工学の知識から予測できる範囲にあり、必ずしも「目玉」となるセンセーショナルな話題が提起されているわけではない。これは、一方では地震工学の成熟を、他方では都市化社会の成熟を現していると考えられる。しかしながら、総括の章で整理した今後の工学的課題は、これまで多くの研究者により認識されていたものの、研究手段と知見の蓄積の両面の不足から、将来の課題とされてきた観がある。また、工学的貢献と社会科学的貢献は、もっと密接な協力のもとに、それぞれの責任を果たしていくべきと考えられる。

討論会資料で大町が提唱している「直下地震工学」は、今回の研究討論会の課題の象徴的な表現といえよう。また、濱田による古い都市高速道路の液状化対策の提言は、いつか大都市圏を襲うであろう地震に対する課題を問題発見的に抽出した例と受けとめられるもので、こうした点検のために、今回議論の対象とした地震の経験を生かすべきであろう。

最後に、的確な問題提起をしていただいた話題提供者の方々、活発な討論により議論を進展させていただいた参加者の方々に御礼申し上げます。また、討論の記録には森 伸一郎氏（飛鳥建設）を煩わせた。