

地震に対する最新の取り組み

日本大学工学部土木工学科 正 中村 晋

1. はじめに

昨年末、スマトラ大地震という未曾有の地震災害に見舞われた。我が国では、兵庫県南部地震という未曾有の大災害より、本年の1月17日で10年が経過した。その間に、鳥取県西部地震から一昨年の宮城県北部地震、昨年末の新潟県中越地震に至るまで、程度の大きさはあるものの、同様な被害が相変わらず生じている。そのような中で、兵庫県南部地震による被災経験を風化させず、この十年を総括するイベントが各所で実施された。土木学会誌1月号¹⁾で示された過去十年の総括の中で、地震防災に関する取り組み、また調査研究が進展した分野は、主に設計体系や耐震補強などのハードを主に対象としたものであることが示されている。一方、人の命や生活に係わる取り組み、さらに土構造物の損傷の定量評価や対策工法への取り組みが十分ではないという結果も示されている。総括の善し悪しは別として、調査研究の現状を示すという意味で、その様なマップを示したことは重要であると思われる。さらに、そのマップは、近い将来に想定される巨大地震への防災に対する取り組みを促進する上で明確な方向性が

必要であることも明確に示している。

地震防災への取り組みは、よく知られている様に図-1に示すような時間の流れで表され、取り組みの主体に応じて自助、共助および公助の3つに大別される。災害対策基本法で定められた地域防災計画の枠組みはまさにこの時間軸の枠組みに基づいて構成されている。この中で、地震が発生した後の被害を精度良く推定し、それぞれの立場で被害の情景を適切にイメージすることが、地震防災への取り組みの出発点であると考えられる。

ここでは、地震防災の出発点に係わる事項、地震防災の原点とも言うべき事前の減災対策のうちハード面での取り組みについて示す。まず、我々が住んでいる地域における地震時の情景を事前に把握するために重要な、地震動強さの予測技術等の最前線。次に、地震後の被災状況など知る上で重要な情報である震度について、課題と対応を示す。最後に、地震により起こりうる被害を低減するための対策、さらに構造物が保有する安全性に関する情報として、構造物の損傷の可能性を意識した設計体系の構築への取り組みについて報告する。

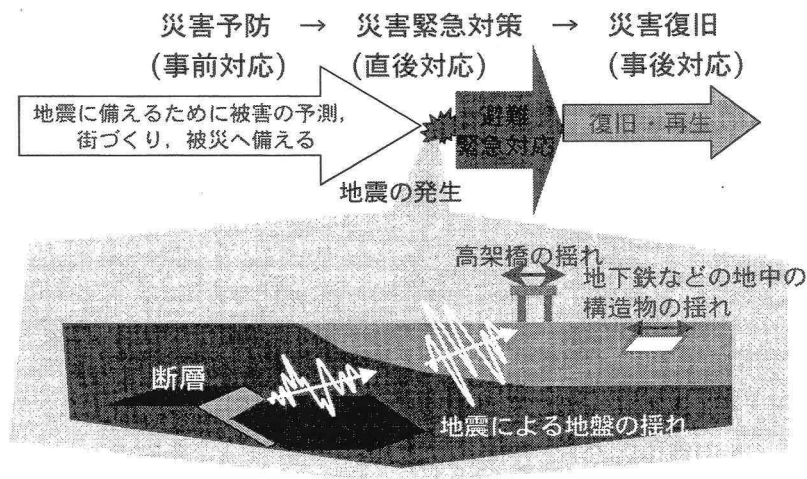
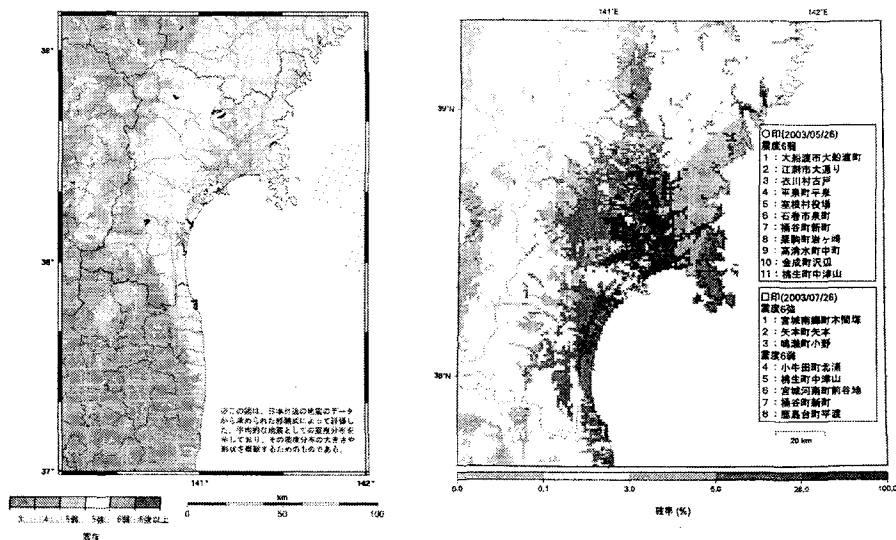


図-1 時間軸でみた地震に対する取り組みのイメージ



a) 想定宮城県沖地震による震度分布の推定²⁾

b) 確率論的地震動地図³⁾

(連動型の簡易推定) (2003年1月より30年の間に震度6弱以上となる確率の分布)

図-2 宮城県周辺における強震動予測の例

2. 強震動評価の最前線

1995年兵庫県南部地震は inland の活断層が動くことによって生じた直下型地震である。一部の研究者により、その断層による地震発生の可能性が指摘されていたが、地震防災へ反映されてはいなかった。

このような地震防災に係わる研究者や防災担当者間で重要な防災情報である地震の発生因子に関する情報を共有すべく、地震後に文部科学賞(当時文部省)内に設置された地震調査研究推進本部を中心として、起震の可能性のある主要な活断層の調査が実施され、調査結果が公開されている。さらに、それら断層に起因する地震発生の可能性などの評価、あわせて、その地震によって生じる地震動の予測結果も公開されている。

公開されている情報の一例として、今後30年の間に発生する可能性が99%と言われている宮城県沖地震について、仙台市などに最大の地震動強さをもたらす震源モデルに対する震度分布を図-2a)に示す。このような断層が動くという前提での地震動の予測は確定論的地震動予測と呼ばれている。また、考慮し得る活断層や海溝の地震やプレート内の地震を対象として、それら全ての発生の可能性を考慮した地震動強さの分布の予測の一例として、震度6弱

の地震が今後30年の間に発生する確率の分布を図-2b)に示す。このような地震動予測は、確率論的地震動予測と呼ばれ、震動の原因となる断層は分からないものの、今後、どの程度の強さの地震動が生じる可能性があるかについての情報を示している。図-2a)より、仙台市近傍や石巻、松島周辺での震度は6弱程度であり、図-2b)においても震度6弱の発生確率が80-100%と宮城県沖地震の影響もよく反映された結果となっている。また、宮城県北部地震の起震断層を直接考慮してはいないものの、その地震で震度6程度が観測された地域の震度とも結果として対応する結果となっている。一方、福島県の沿岸部の北部についてみると、図-2a)では震度5強程度、図-2b)では震度6弱が80%以上を示す地域が多くみられ、確率論的地震動の震度が大きな評価結果を示している。福島県では、地震防災上、宮城県沖地震のみが重要ではなく、その地域に影響を及ぼす地震によってどの程度の揺れが生じる可能性があるかが重要となる。確定論および確率論的地震動は相互補完的な関係にあり、宮城県や福島県の例のように両手法の推定結果が良く対応しているか否かによらず、防災上の意志決定を行う際、種々の選択が可能となったという点で大きな進歩であるといえる。

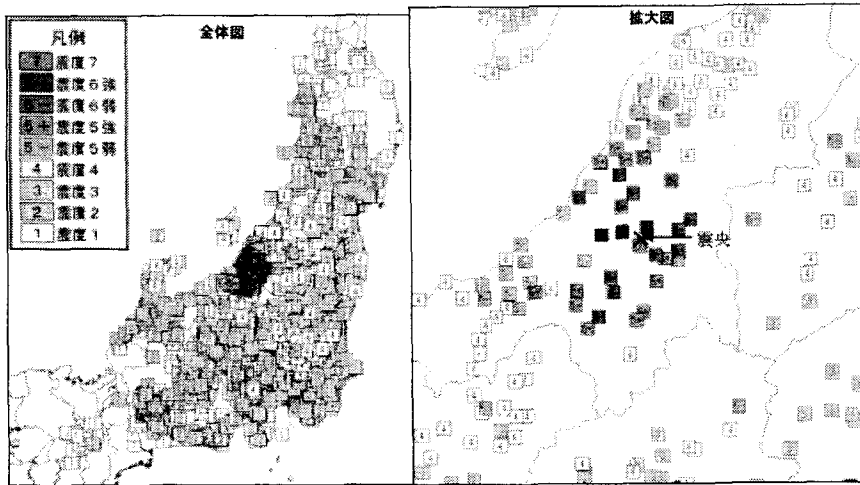


図2-1 10月23日17時56分頃に発生した地震(M8.8、本震：最大震度7)の震度分布

図-3 2004年新潟県中越地震の本震による震度情報(11月8日時点)⁴⁾

さらに、地震動の予測に必要な不可欠な強震記録の観測体制が整い、鳥取県西部地震を始めとし、断層近傍の強震記録などが数多く観測されたことも、地震防災や設計面で重要な強震動の予測技術の大きく進歩へ貢献したといえる。特に、(独)防災科学技術研究所の構築した強震観測網はその規模、さらに観測された記録を速やかに HP 上で公表する体制を構築したことは特筆に値する。その規模は、概ね 20km 間隔で日本全体に配置した 1000 点の地表観測網(K-net)と約 700 点の地表と地中の観測網(Kik-net)で構成されている。

2. 防災情報としての震度情報の課題

兵庫県南部地震以降の特筆すべき事項の一つとして、地方自治体の危機管理体制構築のための防災情報を得るため、全市町村に震度計が設置されたことを挙げることができる。現在、2839 点の震度計が全国に展開されている。それらは気象庁の設置している震度計と異なり、自治体が独自に設置、管理している。この震度計により、各都道府県内での震度情報が地域ごとに分かるようになり、2003 年宮城県北部地震でも震源近傍で震度 6 強から弱といった強い揺れが生じていたことが震度観測網から得られ、素早く緊急・復旧体制が構築されている。図-3に、昨年の新潟県中越地震の本震の例による気象庁および自治体の震度計により得られた震度分布を示す。震源近傍での震度が 6 弱から 6 強に至る地域が分布していることが分かる。

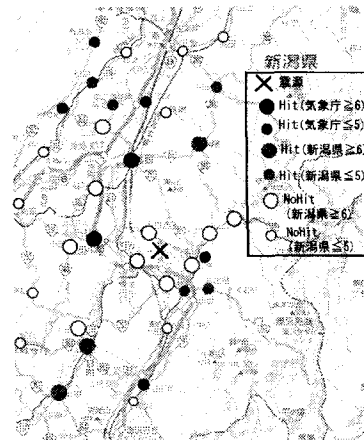


図-4 新潟県中越地震による本震直後の地震情報⁵⁾

兵庫県南部地震以降、自治体独自の震度観測網は地方自治体の危機管理体制の構築に大きな役割を果たしてきた。また、その情報は被災地域のみならず日本全体で共有され、その後の対応への国民的な合意形成を果たす上で重要な役割も担っている、さらに、その役割が大きいほど、情報の有する責任も大きくはずである。図-4に新潟県中越地震による本震直後に震度情報が得られた地点を赤丸、それより数時間以降に震度情報が得られた地点を白丸で示した。ここで、全村民が避難することとなった山越地区、さらに住宅倒壊などの被害が著しい川口町では震度情報の伝達が計器やシステム上の問題から遅れることとなった。地震発生が夕方であり視覚的に被

害情報を得ることか困難であることから、被害想定上の重要な情報の入手が遅れたことは極めても重要な問題である。加えて、土木学会の2003年宮城県北部地震調査団(団長：東北工業大学・神山真教授)により問題提起された震度計の設置上の問題もあるが、土木学会に設けられた震度情報に関する委員会(委員長、前出神山教授)と気象庁との間で情報交換を行い、工学的な観点で震度計の設置方法や震度情報の活用方法について検討を進めている。このような課題は幾つかあるものの、それは財源の乏しいなか震度計を設置してきた自治体の努力を否定するものではない。むしろ、最近の地震被災状況は、震度計の果たす役割が大きいことを示しており、設置を促進すべきであると考えている。課題については、専門家がきちんと責任を果たしていなかったことが問題であり、今後維持管理や設置について十分に検討されることが必要である。

3. 構造物の安全性評価へ向け

兵庫県南部地震以降、構造物の耐震設計法は、土木学会の提言⁶⁾に基づき、2段階の地震動レベルに対し、構造物が保有すべき耐震性能を満足するように設計するという性能照査型の体系に移行した。それにより、非線形地震応答解析法の活用なども含み、設計者は構造物の損傷をイメージし、それを評価するための方法を設計者の能力や技術に応じて選択することが必要となった。つまり、設計から施工に至る全ての過程を踏まえた構造物のイメージを、構造物に係わる全ての技術者が共有するという、構造物の品質や安全を保証できるシステムが構築できたものと考えられる。

その後、地震動レベルの「レベル」は照査の水準を意味し、レベル2地震動は安全性を照査するための地震動であり、サイトおよび震源特性を考慮して、それを評価する手法のガイドラインが土木学会の第三次提言で示された⁷⁾。それらは、土木構造物の耐震設計ガイドライン⁸⁾にも反映された。さらに、我が国が議長(京都大学、井合進教授)となって策定を進めている地盤基礎構造物への地震作用に関するISOコード(ISO23469)へと展開している。同コードは、構造設計の基本コード(ISO2394)の基礎概念である信頼性設計をベースとしている。ここで、地震作用の作用とは、従来、構造物へ加える荷重や変形

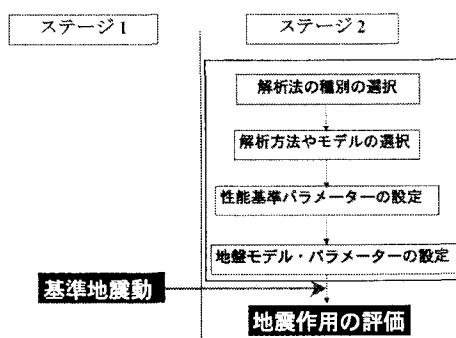


図-5 ISO23469における地震作用のイメージ

が構造物との相互作用により規定されることから、荷重より適切な表現であると言える。地震作用は、図-5に示すように構造物の特性に基づいた解析手法に応じて設定するものである。また、作用する地震動は、確定論また確率論的手法により対象サイト上の基準地盤にて求められた地震動である。

新潟県中越地震における新幹線の脱線などにみられるように安全に神話、つまり絶対安全はあり得ないことは、周知といえる。前述のように、土木構造物の耐震設計法は信頼性をベースとした方向へ向かっている。安全性の程度や、使用性の水準などを明確に説明することは、今後構造物を新しく作るまた維持管理していく上で必要不可欠であると言える。現在、その使用性の水準を経済性という指標に基づく評価を行うための検討が土木学会の中で行われている。さらに、原子力の分野では、原子力施設の損傷確率を定量的に評価するための手順書が作成されている。

参考文献：1)土木学会編、特集 教訓は十分に生かされているか？ 阪神・淡路大震災10周年に当たっての検証、土木学会誌、pp.31-33、2004、2)文部科学省地震調査研究推進本部、宮城県沖地震を想定した強震動評価について、<http://www.jishin.go.jp/main/>、3)文部科学省地震調査研究推進本部、宮城県北部地震の評価、http://www.jishin.go.jp/main/chousa/03aug_miyagi/pl18.htm、4)気象庁、新潟県中越地震による各種資料など、http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2004_10_23_niigata/sokuhou/index.html、5)土木学会(第1次)・地盤工学会合同調査団調査速報、2.3 震度観測、<http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/chuetsu/>、6)土木学会編、土木学会耐震基準などに関する提言集、土木学会、1996年5月20日、7)土木学会編、土木構造物の耐震設計法等に関する第三次提言と解析、2000年6月、8)土木学会地震工学委員会編、土木構造物の耐震設計ガイドライン(案)、2001年9月