

マップ完成後、グループごとに発表を行い、自分たちのまちについて話し合った。

本ワークショップは、防災と直接は無関係な単なる地域活動に見えるかもしれない。確かに、参加者たちに尋ねてみたとしても、おそらく、本ワークショップが地域に対する愛着や防災への関心を高めるという目的を持っていたことは意識していなかっただろう。しかし、本ワークショップでは、一見、防災と直接は無関係な地域活動を楽しむ中で、参加者は、地域を語り、防災について考え、最終的には、「意図せざる結果」として、地域への愛着や防災への関心を向上させている。いわば、「防災と言わない防災」である。

このように、災害 NPO やボランティアは、平常時において、既存の地域組織と連携し、「地域防災」という目標をあえて掲げずに、地域活動をすることで、「意図せざる結果」として、地域防災力の向上に貢献しているのである。

### 災害ボランティアを含んだ社会に向けて

5年前の阪神大震災の時、数多くのボランティアがわれわれ被災者を思い、駆けつけてくれた。われわれは、ボランティアが被災者に思いを馳せ、「傍にいてくれること」、そして、彼らが「思わぬことを考えつく」という“専門性”を持つことを学んだ。そして、今や災害 NPO も生まれ、地元の既存組織やボランティアと



写真-2 平常時の活動 - わが街再発見ワークショップ

も、「防災と言わない防災」といった独特の活動を通じて、平常時から地域防災に貢献していることを知った。

これからは、緊急時に向けて計画を立てるにしても、計画通りに実行していくことを最善とせず、災害ボランティアの“専門性”を念頭に置いて、被災者の立場に立った救援と日々の工夫ある防災活動に励んでいくべきだと思う。われわれは、阪神大震災以来の災害ボランティアの活動を通じて、災害ボランティアを含んだこのような社会を構想すべきだということを学んだのではなからうか。

## 3. われわれは何を生み出したのか (1) 設計地震動の設定方法

大町達夫 Tatsuo OHMACHI

正会員 工博 東京工業大学大学院教授 総合理工学研究科  
人間環境システム専攻

### 地震動特性の支配要因

まず地表での地震動は、どんな要因に支配されるかを考えてみよう。図-1 に示すように震源断層が破壊して発生する地震波は、地殻を伝わって観測地点直下にある地震基盤と呼ばれる岩盤に到達する。ふつう、地震基盤と地表の間には軟らかい表層地盤が存在するので、地震波はそこで反射屈折を繰り返しながら地表に到達する。したがって地表での地震動の特性、たとえば振幅や継続時間などは、

震源特性：震源から放射される地震波の特性。

伝播特性：震源から観測地点の基盤までの伝播経路の

特性。

地盤特性：観測地点の地盤による増幅特性。  
の3 要因に支配されると考えることができる<sup>1)</sup>。

震源特性は、震源断層の破壊様式によって決定される。伝播特性は、地震波が地殻内を伝わるにつれて振幅が減衰する特性であり、幾何減衰、粘性減衰、散乱減衰の3 つに分けられるが、主として震源からの伝播距離によって定まり周期にはあまり依存しないので、一般に距離減衰とも呼ばれている。とを合わせて地震動の周期成分を模式的に表すと図-2 のようになり<sup>2)</sup>、振幅はある周期（折れ点周期と呼ぶ）までは一定で、それ以上

では周期の2乗の傾きで減少する。また地震のマグニチュード(M)が大きくなると、折れ点周期も長くなるため、全般に振幅が大きくなるだけでなく、長周期成分の割合が高くなる。一方、地盤特性は、周期に大きく依存し、地表における地震動の周期特性は地盤特性の影響が強い。地盤特性は、地盤のS波速度( $V_s$ )構造をもとに解析的に推定できるが、常時微動や地震動などの実測によっても推定できる。

地震基盤としては $V_s$ で3 km/s程度の地殻の最上層が適切と考えられている。しかし、その深さは東京や名古屋、大阪では地下2 km前後に達するため、そこまでの深部地盤構造が調べられている地域は限られる。そこで、支持力が十分あり $V_s$ が少なくとも300 m/s以上で非線形化の可能性がなく、上層の $V_s$ との差が大きい軟岩層を工学的基盤と呼び、地震基盤の代用とする場合もある。図3は基盤の設定位置による地盤増幅率の違いを示しているが、この違いは短周期では比較的小さく長周期では大きいので、長周期構造物を対象とする場合には地殻の最上層までの構造を明らかにする必要がある<sup>1)</sup>。

以上より、震源(source)と対象地点(site)を特定して、それらに適合した(source-specificでsite-specificな)設計地震動を設定することが基本的に重要と言える。

### レベル2地震動と設定方法

1995年兵庫県南部地震後、土木学会では従来の耐震設計で考慮されていた強さの地震動(レベル1地震動)に加え、直下地震による地震動のように、構造物の供用期間中に発生する確率は低い極めて強い地震動(レベル2地震動)を耐震設計で考慮すべきことが提言された。第1次(1995年5月)、第2次(1996年1月)の提言以降も引き続き検討が重ねられ、レベル2地震動の概念や設定方法が次第に明確化されてきた。これらを要約すれば、以下のようなものである。

- 1) 定義：レベル2地震動とは、構造物の耐震設計に用いる入力地震動で、現在から将来にわたって対象地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動である。
- 2) 設定方法：レベル2地震動は、過去の地震履歴、活断層の分布や活動度、対象地点周辺の地盤状況、強震観測事例などの関連資料を十分活用して設定する。
- 3) 下限：対象地点の周辺に活断層が知られていない場合でも、レベル2地震動の設定に際しては、M 6.5程度の直下地震が起きる可能性に配慮することとし、これによる地震動強さをレベル2地震動の下限とする。

設定手順としては、まず対象地点に最大級の地震動強さを及ぼす可能性のある震源断層を、過去の被害地震記

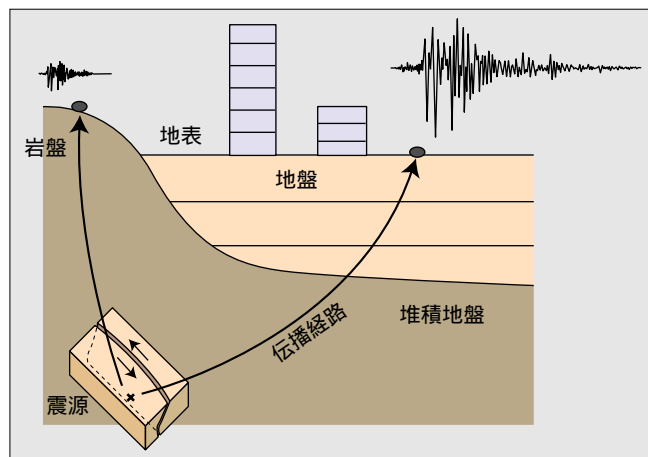


図-1 震源から地表までの地震波の伝播

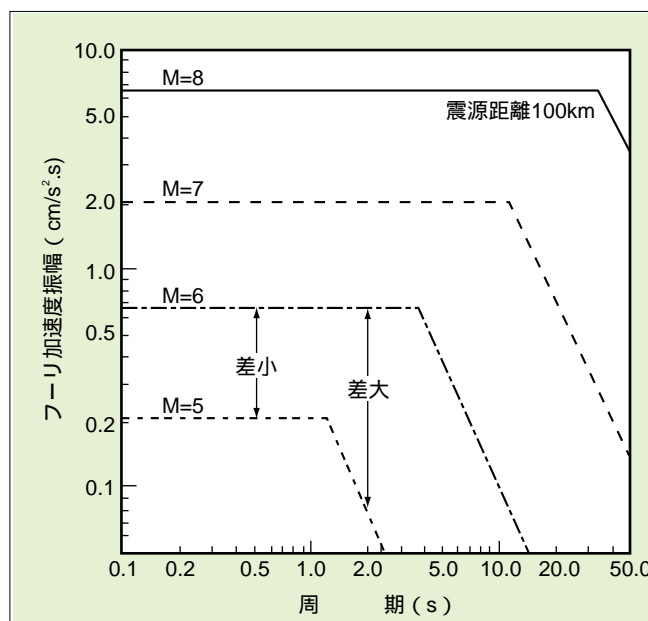


図-2 基盤での地震動スペクトルの模式図

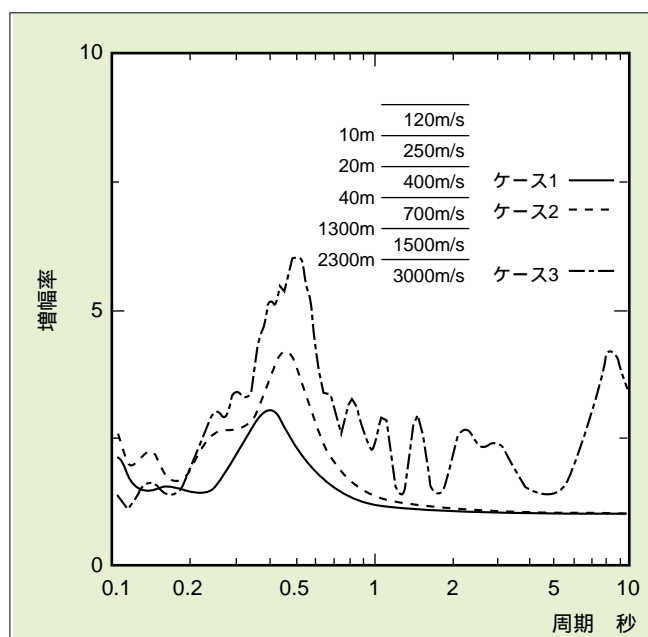


図-3 基盤設定の違いによる地盤増幅率の違い



録や最近の活断層調査結果をもとに選定する。次にその破壊メカニズムを想定して、地震動を適切に評価する。

評価手法は大別して、経験的手法、半経験的手法、理論的手法の3種類があるが、それぞれの長所や短所などの特徴を十分に理解して適用する必要がある。現状での周期範囲の目安は、経験的手法はせいぜい5秒以下、理論的手法は1~2秒以上、半経験的手法はそれらの中間的な広い範囲で適用できるが、想定断層位置で発生した中小地震の観測波形を必要とする。

地表に活断層が確認できない地域でも、伏在断層による直下地震の可能性は否定できないため、上記3)の下限が必要となる。この下限は、気象庁震度階に換算すると硬質地盤上で震度6弱相当と考えられる。震度6弱といえば、立っていることが困難になり、地割れや山崩れなどが発生する地震動強さであり、重要度の低い構造物は損傷しても、重要度の高い構造物には機能維持が要求されるであろう。

このように、レベル2地震動は自然的ないし物理的要因をもとに定め、構造物の重要度は保有すべき耐震性能に反映させるという考え方は、最近の性能設計の流れとも整合している。

### 問われる技術力

従来の耐震設計では、地震荷重は設計震度で表現さ

れ、これを設定するのに専門的な技術や知識は不要であった。建設地点周辺での活断層の分布状況や大地震の発生履歴、あるいは断層破壊過程や構造物の地震応答特性などを知らなくても、設計基準書(マニュアル)に示された数値を機械的に拾っていけば地震荷重は自動的に求まったからである。そのため地震荷重の設定は技術の本質とは無縁となり、地震という自然現象や地震荷重の工学的意味を理解しないでも、耐震設計が行えるという奇妙な風潮が広がった。

しかし本来、耐震設計は対象構造物に危害を及ぼす可能性のある地震を想定して行うものであり、設計地震動の設定は技術的な責任と醍醐味を伴う、設計作業の中で最も重要な部分である。設計者が、この責任と醍醐味を放棄し、マニュアルから黙々と地震荷重を拾い出し設計作業を繰り返しているだけでは、活気に溢れた耐震技術の発展は望めない。従来のように権威者の判断に全面的に頼るのでなく、設計者自身が自己の責任のもとで独自の技術力を最大限に活かして、より合理的な設計地震動を設定しようとする努力が、今後は求められるであろう。

### 引用資料

- 1) 地盤工学会：地震動，ジオテクノート，1999
- 2) 太田裕・鏡味洋史：耐震工学上考慮すべき地震波の周期の上限と振幅の下限，日本建築学会論文報告集No.249，pp.53-60，1976

## 3. われわれは何を生み出したのか

### (2) 性能設計法および耐震設計基準

西村昭彦

Akihiko NISHIMURA

フェロー会員

(財) 鉄道総合技術研究所

#### それは兵庫県南部地震から始まった

兵庫県南部地震により土木構造物が大被害を受けたことは記憶に新しいところである。この地震が耐震設計に携わる人々に与えた衝撃は大きく、その見直しが地震直後から関係機関で始まった。土木学会では「土木構造物の耐震設計に関する基本問題懇談会」を組織して検討を重ね、その成果は「土木構造物の耐震基準等に関する提言」としてまとめられ、1995年5月および1996年1月の2回にわたって発表された。

これを受け関係各機関の関係者のみでなく、大学や民間の研究者でも地震動、構造物の被害解析や耐震設計の研究が大いに盛り上がりを見せ、耐震設計に関する技術は格段に進歩した。そして兵庫県南部地震から5年近く

が経過した現在、各機関の新しい基準もほぼ策定された。その中にはこれまでの設計法と異なる新しい耐震設計法が導入された基準もある。すなわち性能設計の本格的な導入である。そしてこの方法はISOなどの基準と相まってますます盛んになろうとしている。まさに新しい耐震設計は兵庫県南部地震から始まったといえる。

#### なぜ被害は生じ、新しい耐震設計が必要となったか

過去にも被害を伴う地震は多く生じた。震度法が提案される契機となった濃尾地震(1891年)、土木構造物に本格的に震度法が採用された関東地震(1923年)をはじめとしてそれ以降も北丹後地震(1927年)、鳥取地震(1943年)、東南海地震(1944年)、南海地震(1946年)