

1. 序

土木学会耐震工学委員会に地震荷重小委員会が設置されたのは、1992年のことである。当時、日本における強震計の全国展開の成果が徐々に現れてきて、被害地震の後には数多くの強震記録が得られるようになってきていた。そしてその観測される加速度の最大値も年々上昇して、1978年の宮城県沖地震では、東北大学土木建築棟のビル上ではあるが、1G近くを記録。しかし構造部材には亀裂も生じなかった。さらに1993年の釧路沖地震では、測候所敷地内の地盤上で922ガルを観測。これまた構造物に対する被害は殆ど認められなかった。

このように地震荷重小委員会では、兵庫県南部地震前までは、研究の主な目的が、観測される加速度最大値は非常に大きいのに被害が小さいのは何故かということにあった。そして静的設計震度0.2と観測強震加速度のあまりに大きな違いに戸惑いつつも、この強震加速度による線形応答を見てみると、被害を与えるようなものではないことがわかってきた。つまりこれらの加速度は短周期の1波程度であり、瞬間的に亀裂は生じさせることができても、その後、加速度値が減少するため、大被害には至らないということがわかってきた。つまり加速度値は被害を示す有効な指標ではないということがわかってきた。従って静的震度のみで設計することは実情と合わないということになる。

一方、外国においても、特にアメリカにおいて1971年、ロスアンゼルス近郊で、サンフェルナンド地震が起こり、当時建設中であった高速道路の崩壊が起こった。この原因は調査の結果、背の高く細いRCの一本足橋脚と橋桁を受ける橋脚頂部の掛け違い部分の長さの短いことであると言われ、そもそも設計震度が0.04程度と非常に小さいことも指摘され、日本ではこのようなことはあるまいと我々も思った。ただ、この地震の後、米国では耐震設計方法の大改革が行われ、非常に強い地震に対しては多少の亀裂を許しても、崩壊は避けようという考え方が持ち込まれ、極限設計法が利用されることとなった。

日本でも1980年には、建築基準法の施工規則の大改革が行われ、中程度の地震に対しては、無被害か軽微な被害にとどめる1次設計（標準せん断力係数 $C_0=0.2$ ）と、ごく稀にしか起こらない大地震に対しては、多少損傷しても崩壊には至らないような材料の粘りを考慮した2次設計（ $C_0=1.0$ ）を行う2段階設計法が導入された。また、土木の分野でも道路橋では、鉄筋コンクリート橋脚に関しては、耐用期間内に1～2回遭遇するような地震に対しては、設計震度・許容応力度法による弾性設計を、1,000年に1度というような非常に強い地震に対しては、弾性設計では設計できなくなるので、変形性能を照査し、極限設計で行くという2本立ての耐震設計法が導入された。

その後、1989年サンフランシスコのロマプリータ地震でも、1km以上にわたって高速道路2階橋の2階部分が崩壊した。この橋は耐震設計基準ができる前に設計されたもので、柱と梁の接合部の弱点のために崩壊したことがわかった。

1994年には、ロスアンゼルスでノースリッジ地震が発生した。この地震は1971年のサンフェルナンド地震と震源がそれ程離れておらず、サンフェルナンド盆地の北はずれ（ノ

ースリッジ) という地震名からも、そのことはわかる。被害もサンフェルナンド地震で崩壊した高速道路とほぼ同地点の橋桁が落橋した。この被害も落橋防止装置が設置されていない個所で起こっていたので、日本からの調査団は、私も含めて、落橋防止装置の行き届いている日本では、このようなことは起こるまいとの感想を持った。

以上のように、アメリカの地震では高速道路の橋梁に度々被害が起こっていたが、その時期、日本で起こった地震による土以外の土木構造物にはさしたる被害もなく、この被害の差の原因は、設計震度を日本の 1/5 ~ 1/2 と、小さくとることと、落橋防止装置などの耐震対策が不十分なためと理解していた。

ここで 1995 年の兵庫県南部地震が起こった。1948 年の福井地震以来、数多くの地震で倒壊しなかった木造家屋が数多く潰れ、多くの圧死者を出しただけでなく、福井地震で数多くの橋脚被害を出して以来、土、地盤関係以外に被害を出していなかった土木構造物にも、高速道路とか鉄道の高架橋に多くの崩壊を見た。

そして不十分ながら強震記録も得られたが、それらの加速度最大値は 500 ~ 800 ガルという、かなり高い値を示してはいたが、ノースリッジ地震とか釧路沖地震の測候所の記録を大きく上回るものではなかった。

この地震を契機にして地震荷重小委員会の目的も「地震最大加速度はこんなに大きいのに何故被害が軽いのか」から「地震最大加速度は他の地震と大して違わないのに、兵庫県南部地震では何故被害がひどいのか」に変わった。さらに地震後出された土木学会の提言によって、このような 1,000 年に 1 度というような強い地震動(レベル 2)に対しては、前にも述べた構造物の耐用期間中に 1 ~ 2 度遭遇する地震(レベル 1)とは別々に、2 段階設計とする耐震設計法を、かなりの土木構造物が採用することになったが、その場合、この強い地震動(レベル 2)としては、どのような地震動を考えるのかについて研究をすることとなった。

兵庫県南部地震直後は、地震荷重小委員会メンバーは地震被害調査ならびに解析のため忙殺されていたが、半年後位から徐々に勉強会的なことを始め、1 年半程経過して何とかまとめられるような時期に到達したものと思われる。勿論、まだ未完成のものではあるが、とりまとめて報告する次第である。

ここで、この小委員会とは関係のないことなのかも知れないが、誤解を解いておかなければならないことがある。それは耐震設計のための地震荷重を云々する以前の問題であるが、土木構造物の中には耐震設計を全く行っていない構造物が数多く存在しているという事実である。

例えば、河川堤防を始めとする各種盛土、擁壁、切り取り斜面など、主として土に関した構造物である。例外的に土ダムは耐震設計を行っている。これは、それが破壊した場合、貯水が大洪水を起こし、多数の人命に損害を与える可能性があるから当然のことであろう。世間から見ると、兵庫県南部地震において、震源からはるかに離れた淀川の堤防が壊れて 3m も沈下してしまったことなど奇異に見えるかも知れない。

土木構造物は多種にわたっているが、ある種の土木構造物は1,000年に1度というような強いレベル2地震を考えて設計しようという時代に、全く耐震設計されていない土木構造物も身の回りに多数存在していることを、耐震設計しない理由も含めて一般に情報を公開していかなければならない時期にきているのではなかろうか。

本小委員会の活動は、多くの人々の努力によって達成されたものであることはいうまでもない。特に、亀田弘行幹事長には、小委員会の運営全般について中心になって舵取りをして頂いた。各分科会の主査を担当された渡辺啓行（第一分科会）、大町達夫（第二分科会）、井合 進（第三分科会）、高田至郎（第四分科会）の各氏には、小委員会活動の柱となる討論を企画し推進して頂いた。総括幹事（杉戸真太、田村敬一、常田賢一）、拡大幹事（五十嵐俊一、石川 裕、佐伯光昭、森 伸一郎・兼編集幹事）、編集幹事（江尻譲嗣、立石 章）の各位は、小委員会の煩雑な作業を忍耐強く担当された。さらに、阪神・淡路大震災を挟んで当初の計画より長期にわたった小委員会の期間を通じて熱心に活動された委員各位の努力の成果である。これらの方々に謝意を表すものである。