

1. 地震の時、構造物は揺れて壊れる

5500人の方々の無念の死を無駄にしないためにも、我々土木技術者も、今回の阪神大震災から多くの事柄を学びとらなければならない。土木学会を始めとする多くの調査団、研究者、技術者が現地で種々の調査をされ、現在解析中であると思われるが、これまでに、種々行われた報告会などの報告を聞くと、被害を静的な地震力が作用したと仮定して説明できた場合、それで解析が終わったとしている報告が非常に多いことが気になる。破壊した結果から、破壊の過程を推定しようというのだから、大変なことはよくわかるのだが、見方によっては、数10年に1度というような貴重なデータでもあるのである。決して安易な推論を下すべきではないと思う。

たとえ静的に地震力が作用したとして解析し、納得いった被害状況が得られたとしても、実際の地震力はこの世の中に静的なものなど存在しないはずで、構造物は必ず揺れて壊れているはずである。静的に考えて困る点の一つは、共振現象を見逃す恐れのあることである。例を挙げてみよう。写真1は、阪神高速の横倒しになったものと、写真2は、その橋脚のクローズアップである。写真1から、橋の床版が波打っていることがわかる。これは、地震時のこの橋の上を走行していた自動車の運転者の証言からも大きく上下に波うち自動車が空中に飛び上がるほどだったといわれる。写真1からみると、この波の振幅は1m位もあると思われ、この地点の地震上下動加速度が、たとえば0.5Gというような大加速度であったとしても、自重が半分くらい増えるだけなので、橋床のたわみは最大5cmにも達しないものと思われ、地震加速度を静的なものと考えたのでは、写

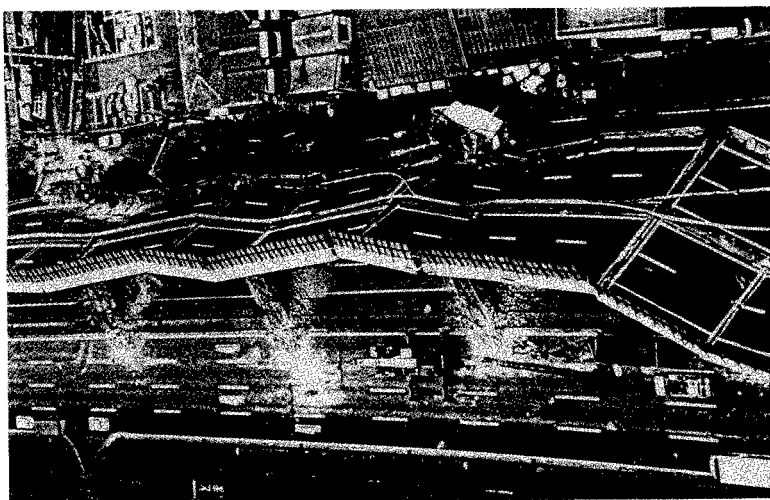


写真1 桁が波打ったまま横倒しとなった阪神高速

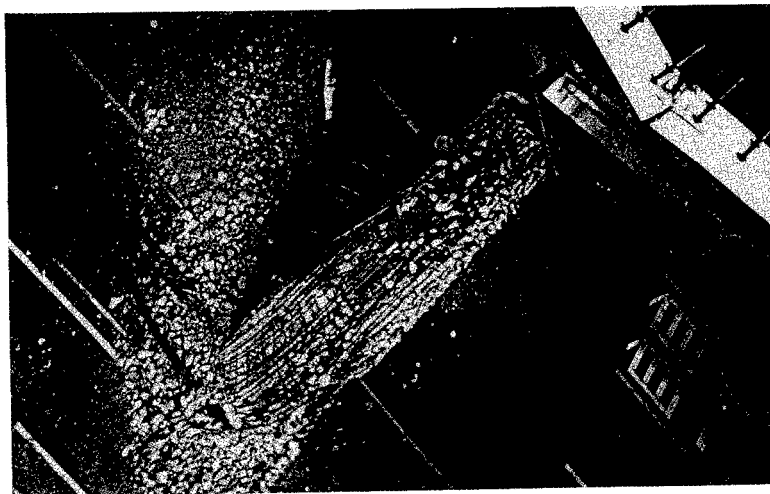


写真2 横倒しの橋脚頭部の桁の状況

真1のような大振幅の波形はとて生じることは有り得ない。これは、上下動の共振によるものと思われる。図一1は、1自由度系に突然固有振動数と同じ振動数を持った正弦波を加えたときの変位応答を示している。 ξ は振動減衰常数である。定常状態となったときの共振増幅率は $1/2\xi$ である。たとえば、 $\xi = 0.05$ の場合には、正弦波2波を加えると、静的加振の場合の $1/4\xi$ 倍つまり約5倍となることを示している。つまり、先ほどの0.5Gの加速度を上下動の橋桁の固有振動数と等しい振動数の正弦波として動的に加えると、静的に加えた場合の5倍も大きく振動するということを示している。橋桁は、恐らくは、地震上下動に共振し大きく揺れ、非線形領域に入ってしまったため、倒れた後も、残留変形としてこのような桁の波形をとどめているのであろう。次に写真2に注目しよう。倒れた橋脚であるが、その頂部の橋桁は万歳をした格好であり橋脚を上へ引っ張り挙げる作用を及ぼしたのではあるまいか。勿論、橋桁は波打っていたのだから、倒れたときに丁度その位相になったのであって、その前は逆位相つまり橋脚を上から下へ強く押していたのだらう。この橋脚を上下に桁が押す力は、桁の波形、振幅から推定できるはずであるが、決して小さな値とは思えない。

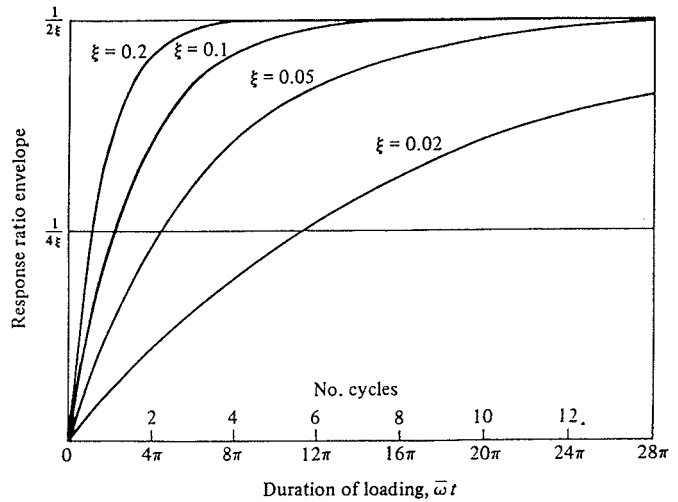


図1 正弦波による過渡的共振増幅率

2. 土木工学科に地震工学の授業を

以上のように震害の原因究明にあたって、多少、地震被害を動的現象の結果と見る視点が欠けているところもあるように感じられたが、その原因を考えてみよう。私はその原因は教育にあると思う。つまり、全国の大学に土木系学科は数多いが、主要講義として、地震工学（耐震工学）を教授したり、振動実験とか、動的破壊実験を講義している所は、非常に少ないのではあるまいか。その結果、地震で構造物が揺れて壊れるのではなくて、設計示方書に示されているように、自重に設計震度を掛けた静的な地震力で壊れると思っている土木技術者が大部分なのであるまいか。現在、土木構造物が壊れるのは、洪水、土石流、地震などによる場合が、ほとんどなのであろう。このうち水災害は、水理学、河川工学など主要な講義によって教えられている。地震による被害は、主要課目によるバックアップがなされていない。今回の阪神大震災を機に少しずつ変えて行かなければいけないのではなかろうか。

[参考文献]

Clough and Penzien ; Dynamics of Structures