

山口大学工学部 正員○清野純史

山口大学工学部 正員 三浦房紀

1. 研究の背景と目的 まず、本報ではパルス幅が数 msec から数十 msec 程度以下でその振幅が 1G をはるかに越えるの波の存在を想定し、これを衝撃的地震動と呼ぶことにする。ただし、以下に挙げた文献全てが同じ定義の下に用語を使用しているわけではないことには注意を要する。

1995 年兵庫県南部地震において現れた種々の現象の中には、衝撃的な地震動によるものとみられるものかなり多く存在し、この現象に着目した提言も数多く為されている。泉¹⁾は、釧路沖地震と兵庫県南部地震の地震記録の比較から、加速度記録だけでは十分に説明できない現象の存在を土木構造物を中心に指摘するとともに、鋼管やコンクリート柱の破壊形態が、建設現場で見られる杭打ちによる破壊形態に酷似していることも指摘しており、衝撃的地震動の存在を提起している。同様に、小野²⁾は橋脚の輪切り状のひび割れや柱天端部の破壊、煙突中間部での破壊が神戸海洋気象台での観測記録を用いた解析では再現できないことより、やはり衝撃的地震動の存在の可能性を示唆している。園田、小林³⁾は、初期震動に関するアンケート調査や新聞、雑誌、刊行物からの証言の拾い出しを行い、衝撃力の存在を思わせる証言を数多く収集している。また、園田⁴⁾は RC 橋脚に生じた円周方向ひび割れのメカニズムを衝撃破壊との関連から検討している。高田⁵⁾は、コンクリート橋脚の引っ張り破壊や鋼管柱の座屈、墓石や寺の鐘樓の飛びの例を挙げ、衝撃的な上下動の研究の必要性を述べている。また、白木⁶⁾は体験記の中で、下駄箱が上下逆さまになりながら元の場所と反対側に立っている写真を掲載している。さらに、車庫に止めてあった車の跳躍が神戸海洋気象台の記録を入力した数値解析や振動台実験では再現されないことや、トイレの陶器製タンクの蓋の跳躍による損傷の原因などについて、興味深い意見を述べている。さらに、衝撃的地震動との関連は現時点では明らかではないが、参考として挙げれば、弘原海⁷⁾の兵庫県南部地震に関する証言集の中には、腹這いになっていると腹を突き上げるような力が加わった、突然ドンと突き上げられるような音と響きを感じた、明石大橋近くでカーンとハンマーで硬質のものをたたくような音が聞こえた、等の証言が多数見られる。これらは、地震前数カ月から地震直前までの証言であるが、通常、前掲の証言の中にもある地鳴りといわれるものは、地表に達した P 波のうち、地面の揺れとしては感知できないが、可聴領域の振動数を持つものが空気振動を起こしたものとして理解されている。感知できないとは、利用されている既存の地震計に記録されないだけであって、広帯域の震動計を用いればこれらの震動を記録できるのみならず、人が感じたり構造物に被害を及ぼすような、急峻に圧力の立ち上がった波面を持つ地震動を捉えることができる可能性もある。そこで本研究では、パルス幅が数 msec から数十 msec 程度以下の波が存在した場合に、既存の強震計でその波形の名残を捕らえられるかどうか、そしてもしそのような波が存在するなら、どのようなメカニズムで発生するのかという 2 点に着目して考察を加えた。

2. 簡易実験による考察 まず、既存の強震計が対象としていない 20-50Hz 以上の高周波成分がどのような形で地震計に記録されるのか、あるいは記録されないのかを見るための簡易実験を行った。簡易実験は、1 m 四方のコンクリート床版上に加速度計を並べ、約 30cm 離れた点をハンマーで叩くというものである。計測機器は、サーボ型加速度計と圧電型加速度トランスデューサにデジタルストレージスコープを組み合わせたものである。Fig.1(a)が通常地震計によく用いられているサーボ型地震計の記録であり Fig.1(b)は圧電型加速度トランスデューサによる記録である。サンプリングは 10kHz である。この結果に 50-150Hz までを滑らかに落とすフィルター処理を行ったものが Fig.1(c)である。(a), (b)の比較でもわかるように、パルス幅

衝撃的地震動、サーボ型加速度計、圧電型加速度計、FEM 断層モデル、衝撃波
(〒755 山口県宇部市常盤台 2557 山口大学工学部知能情報システム工学科 Tel.& Fax.0836-35-9484)

が数 msec から十数 msec 程度であっても通常の地震計でその名残は記録されている。ただし、この簡易実験の結果だけから判断すると、その振幅は 1/50 程度である。また、(c)より圧電型の記録の 50Hz 以上の高周波成分をカットすると、ほぼサーボ型の記録が再現できる。以上より、数十から数百 Hz の震動成分が含まれていた場合、記録上にはその名残は存在するもののその振幅レベルはかなり小さくなるため、他の記録の中に埋もれてしまう可能性がある。

3. FEM による考察 断層の破壊領域内のある点における応力-ひずみ関係を考える。応力の増加に伴って圧縮率の減少が生じると、後続の波が前の波に追いつき、鋭く立ち上がった波が形成される可能性が生ずる。ここでは、このような非線形要素を取り入れた 2 次元 FEM 断層モデルによって検討を行った。Fig.2 に解析モデルを示す。これに造構力を作用させ、断層面に沿って配置させたジョイント要素に破壊を生じさせる。そして、断層面近傍の要素を線形要素と非線形要素にしたモデル相互の比較を行う。断層モデルは、長さ 22km、長さ 44km の領域を考え、中央に側方境界と平行に断層面を配置した。傾斜角は 80° である。地盤は 5 層構造を考え、それぞれの層のせん断波速度は 600, 1500, 2800, 3400, 3700m/sec である。節点数は 2172、要素数は 2125 である。Fig.3 は設定した非線形要素の構成関係である。断層面はほぼ中央の破壊開始点を取り囲む形でこの様な非線形要素を配置している。Fig.4 は地表面の波形を比較したものである。非線形モデルの方の位相が多少進んでいる。また振幅も幾分大きくなっている。しかし、このような現象が原因で波の振幅が数十倍になるとは考えられず、急峻な立ち上がりというような現象を考えるのならば、いわゆる衝撃波発生メカニズムに似た震源メカニズムを考える必要があるかもしれない。

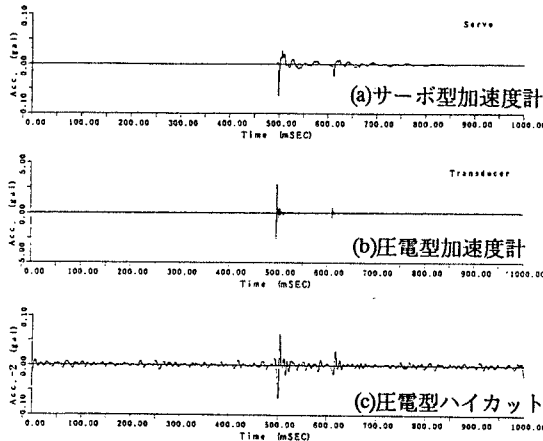


Fig.1 簡易実験による波形の比較

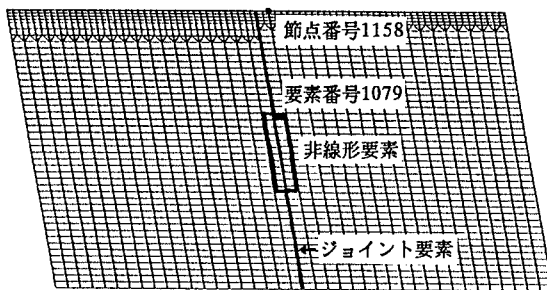


Fig.2 FEM断層モデル

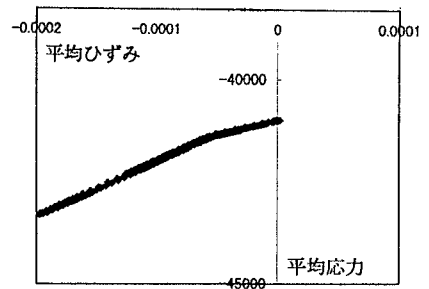


Fig.3 非線形要素の構成関係(要素1079)

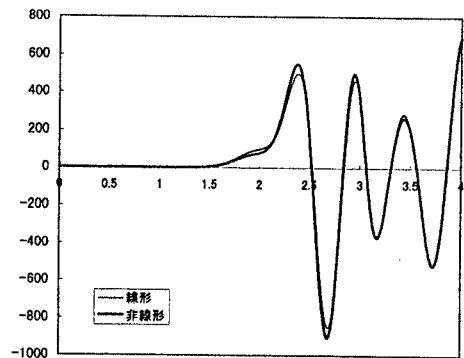


Fig.4 両モデルの波形の鉛直成分の比較(節点1158)

参考文献 1)土木学会誌,Vol.80,p.38,1995. 2)50 回全国大会,p.1130. 3)土木学会誌,Vol.80,p.37,1995. 4)第 3 回研究資料 p.1-20,1995. 5)50 回全国大会,p.1118. 6)地盤工学会誌,p.13,1996. 7)地震工学振興会ニュース,146.