

# 地震時における建築物の揺れ破壊について



研究ノート

井上 豊\*

## 1. はじめに

今から丁度10年前の1978年6月に、宮城県沖地震が発生し、仙台を中心に中低層鉄筋コンクリート造建築物に可成りの被害が生じた。さらに、その10年前の1968年5月に起きた十勝沖地震では、八戸を中心に同様に低層鉄筋コンクリート造建築物に被害が生じている。これらからすると、今年あたりは……?と云えそうであるが、被害地震の発生については、まだまだ統計的に推定出来る程の資料の蓄積もない。

さて、この2つの地震では、我が国において耐震設計された鉄筋コンクリート造建築物が多数大被害を受けたことが特筆され、近年の千葉県東方沖(1987)、日本海中部(1983)、長野県西部(1981)等の地震とは区別される。

## 2. 建築物の揺れ変形による破壊

これらの地震で被害を受けた4、5階建てまでの中低層鉄筋コンクリート造建築物の多くは、最も大きい水平力を受ける1階に、壁が比較的少なく、したがって、柱に大きい水平力が作用して脆いせん断破壊を生じ、崩壊や大破に至っている。あるいは、また、壁が用いられているものの、建築物の平面上に均等に分布するのではなく、偏在しており、地震による揺れによって建築物に揺れ変形が生じ、大きく揺れた側から破壊したと考えられるものもある。

一方、先輩の先生から昔うかがったもので、戦時中の強制疎開のため、学徒動員で木造家屋の取壊しを行った時のお話である。最初、建物の中央の柱にワイヤーをかけて、皆で力を合わせて引くけれども仲々壊れない、ところが、

隅柱にワイヤーをかけ、斜めに揺るように引くと意外に簡単に行くことを見出し、以後は随分楽に涉ったと云うことである。このように、建築物は柱・梁、壁や筋違い等で構成される構面内に水平力を受ける場合は、挙動も比較的良く判っており、また、水平耐力も可成り持っているが、揺れ変形については案外弱いのではないかと考えられる。

## 3. 揺れ振動を生じさせる要因

建築物に地震が作用した時に揺れ振動が生じる要因としては、前述のように壁等が偏在し、水平力の作用位置(重心)と抵抗力の作用位置(剛心)との間に大きい距り(偏心距離)がある場合が挙げられる。その他に、建築物の側に偏心がなくても、地盤から振り入力を受けて揺れ振動を生じる場合が考えられる。この地震による振り入力とはどのようなものであろうか。

ある地点における地震動は、震源から発せられた地震のエネルギーによる地震波の伝播によって形つくられている。地震動は、波動伝播媒体である地球内部構造及び地表地形の性質等により、幾多の反射、屈折、散乱等を繰返し、極めて複雑な波形として観測される。また、波の種類によって、伝播経路、伝播速度も異なり、近接した地表面2点間においても、水平2方向及び上下方向の3成分波形は、似ている点もあれば異っている点も多い。近年、高密度のarray観測も実施され、観測記録も得られはじめて来ているので、やがて局所地盤における地震波の伝播特性も明らかにされることとなろう。とも角、建築物基礎周辺の地盤は、時々刻々それぞれ異った動きをしており、建築物基礎は、それらを合成することによって得られる3方向の並進と、3軸回りの回転の入力を受けている筈である。

\*井上 豊 (Yutaka INOUE), 大阪大学工学部, 建築工学科, 教授, 工学博士, 建築耐震工学

#### 4. 振り入力を受ける構造物系の振動解析

前節のような効果を少しでも定量化して評価するために、図1に示すような振動系モデルを用いて、次のような解析を試みて来ている。

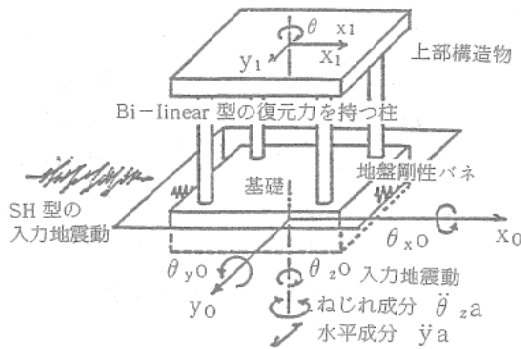


図1

まずはじめは、地盤と基礎との動的相互作用の解析である。弾性地盤を想定し、地盤上あるいは地盤中に埋設された剛体基礎を、上下、水平、回転、振り加振した時の力-変位関係を解いてCompliance関数を求める。つぎに、地盤を伝播する調和波動による剛体基礎への作用力Input Motion関数を求める。そして、基礎上に上部建築物を接続して、基礎及び上部構造物の質量の、伝播して来る地震動波形に対する運動方程式にこれらを用いて連立させて解こうとするものである。

解析の仮定として、地震波は水平方向に伝播するSH波型のものと理想化し、パラメータとして、地盤のS波伝播速度、上部構造物の固有振動数(並進及び振れ)、上部構造物の偏心量などである。例えば、地盤が軟らかいと仮定すると、波動伝播速度は小となり、したがって、地震波の波長は短くなり、半波長が基礎寸法に近づくことによって基礎への振り入力は大きくなる。一方、地盤が軟らかいため基礎は変位し易く、したがって、上部構造物の振動エネルギーは地盤へ逸散され易く、振動の減衰は増すこととなる。

#### 5. 解析結果について

図2に応答波形の一例を示す。各波形は、上

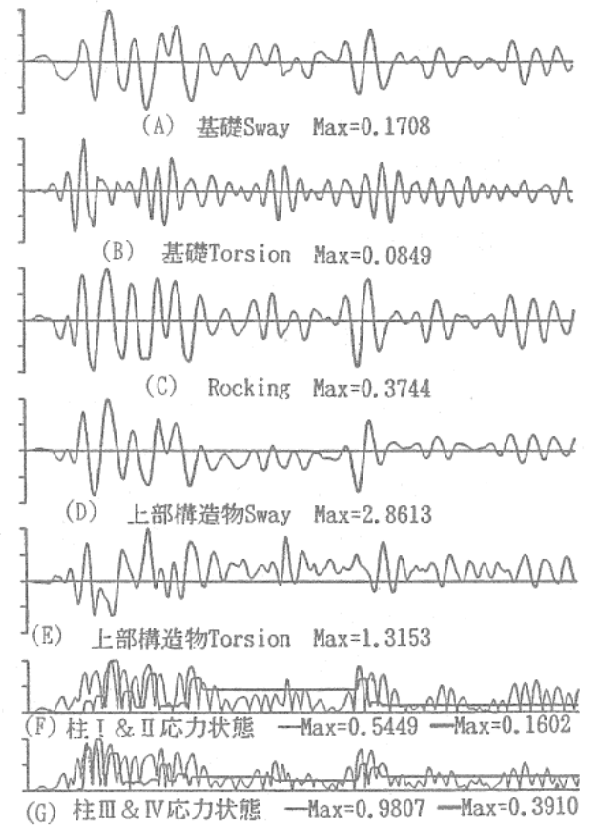


図2

より、基礎の並進変位、同振れ変位、X軸回り回転変位、上部構造物の並進変位、同振れ変位、左側及び右側柱の2軸合成応力及び塑性変位量を表わしている。

上部構造物が無偏心の場合であっても、振り入力による振れ変形は可成り大きく、地震動の並進入力方向変位と同程度となる場合も見受けられた。また、偏心のある場合には、振れ変形は当然増加するが、地盤が軟らかくなるにつれて、基礎の振れ変位は増加するものの、上部構造物の振れ変位は減少の傾向にあったことは興味深い。

つぎに、上部構造物の柱が弾塑性挙動を示すものとして、地震動の強度を増加させながら上部構造物の塑性化の進展についても考察を行った。地震動強度の増加に伴って、振れ変形が増加し、振れ崩壊へと進む傾向は、現在の段階ではあまり顕著ではなく、予測とはやや相違している。しかしながら、得られた応答解析結果は、非常に多くのパラメータによる複雑な効果の集大成された結果であり、目下、さらに詳細な検討を進めているところである。