

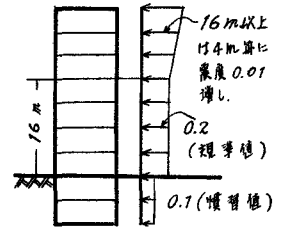
特別講演—1 建築では耐震構造をどう考えているか

建設省建築研究所 工博 竹山 謙三郎

1. 耐震建築法規とその考え方の変遷

建築で耐震関係の法規が出来たのは関東震災後間もなくのことで、水平震度0.1と定められたが、この根拠は大地震の際東京又は横浜の下町に起り得る最大地盤震度は、それぞれ0.3又は0.35程度であろうという想定から、材料の破壊安全率を考慮に入れて0.1という値を採用したようである。(北沢博士による)

その後永くこの規定が適用されていたが、戦前前後から構造計算を長期と短期に分ける思想が強く打ち出され、この線に沿って昭和25年には建築法規が全面的に改訂された。即ち地震力は短期として扱ひ設計用水平震度を第1図に示すように0.2と増し、これに応じて材料の許容応力度も降伏点にまで上昇することになった。例えば鋼材では短期許容応力度を 2.4 Kg/mm^2 、コンクリートでは $\frac{2}{3} f_c$ と定めたから設計震度値との割合は前の法規とほぼ同様のまゝ受けつがれたわけである。



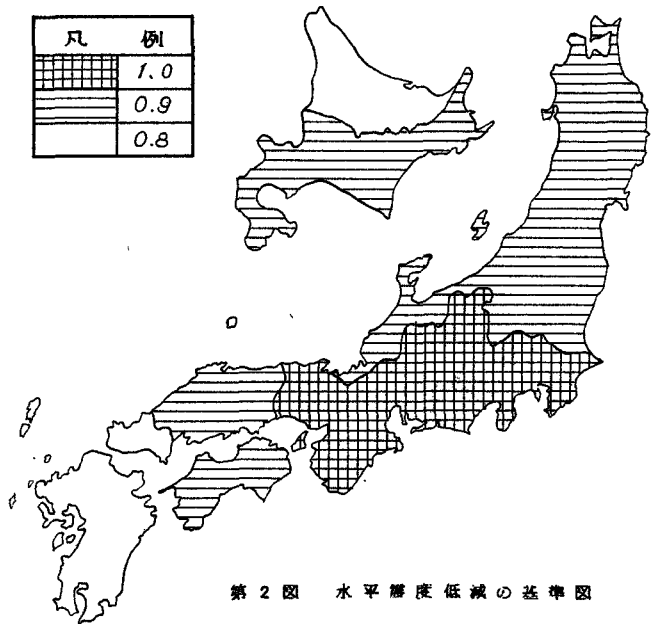
第1図 基準設計震度

処で設計震度0.2の値は戦後間もない当時とすれば大に失するといふ評もあり、少く共全国一律に、又どの様な地盤にも同じ値をとることは不合理なので、地域と地盤に応じてこれを低減する方法が研究された。その成果の一つは「地域による水平震度低減基準(第2図)」であり、その二は「地盤条件と水平震度の低減率表(第1表)」でいづれも現在法規に附随する告示として扱はれることになっている。

第2図は、過去の震害記録を統計的に整理して地域に応じて将来期待し得る地震の大さを求めた地震研究所河角。金井両博士の資料と、最近の地震活動状況、地域の重要性、他の外力との関係等種々の因子を考え、行政区画に合せて整理したもので、基準震度0.2に対する地域分けの低減比率を示している。

第1表は過去の震害実状と地盤条件の関係を検討して、上と同様基準震度に対する低減比率を示したものであるが、こゝで特に注意したいことは、構

凡	例
	1.0
	0.9
	0.8



第2図 水平震度低減の基準図

造の種類によって係数も変っ

第1表 地盤条件と水平震度の低減率表

地盤種類	地層の概要	木造	鉄筋コンクリート造	鉄骨造	組積造 ブロック造
第1種地盤	第3紀層以前の地層 硬い砂利層	0.6	0.8	0.6	1.0
第2種地盤	洪積層台地、厚さ5m 以上の沖積砂利層	0.8	0.9	0.8	1.0
第3種地盤	沖積層平地	1.0	1.0	1.0	1.0
第4種地盤	沖積層で泥層が30m 以上もあるもの	1.5	1.0	1.0	1.0

ていることである。これについて簡単に説明すると、先づ木造では地盤によって震害の差が著しく大きいのが実情であるが、良質地盤の設計震度が余り小さくなるのを避けるために係数の差はこの程度に止めた。又特に悪い地盤では逆に設計震度を増してある。

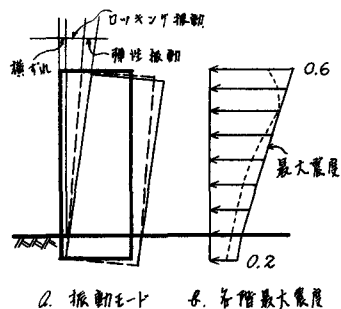
次に鉄筋コンクリート(RC)造では、小被害まで数えると却って硬い地盤の方が震害が多いが、大きな被害だけを数えると矢張り軟地盤の方が震害が多いので結局第1表の様な係数差をつけたのである。又レンガ造や当時未だその性状が十分解っていないブロック造では係数をすべて同一とした。上述の係数は過去の震害経験から主として工学的判断に基づいて定められたものであるが、耐震理論上は幾多の重要な問題を含むものである。

2. 地盤の折建物にはどんな作用が働くか

処で第1図の様な設計震度を探ったのは、大地震の折建物の各層にこの様な加速度が加るものと考えているわけではなく、この様な震度値を採って慣用計算法で設計した建物が、一応過去の地震に耐え得られたという事実に基づいて、全くの便宜的計算法として認められて来たのである。然し戦後次第に新形式の建築物が出現すると共に、実際に建物に作用する地震力を求める必要性が急速に増して来た。又一方戦後ブロック造其他多数の実大試験東屋を大起振機で揺った結果や、最近数年間高層ビルの上階に据えられた強振計によって建物に生ずる地震加速度を実測した結果、地震時に建物の各層に起る加速度は従来一般に予想されていたものとは非常に様相が異なることが実証されて来た。

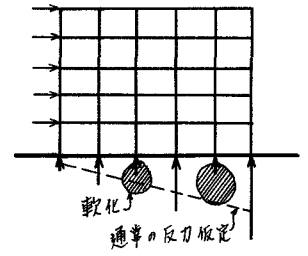
第3図b、はその結果の大様を示したものであるが、通常のビルディングでは最上層で地動の数倍、例えば3倍程度の加速度が起ることはほぼ間違いない事実であって、若し地動の最大震度を0.2とすれば屋上の最大震度は0.6となる。もっともb図の実線は各層に起る最大加速度を連ねたものだから、ある瞬間をとれば点線の様になるかも知れないが、それにしても第1図の様な法規の規定値から通常想像される値よりも隔段に大きい。第3図a、は通常の建物について実測された振動モードを示したもので、ロッキング振動が大きな要素となっていることが注目される。

地震時に建物に加る作用として最近特に注意されて来たものに地盤の反力変動による影響がある。振動をうけたとき土質によっ



第3図 高層建築の振動モードと最大震度分布(推定)

て非常に大きな耐力性能低下を来すものがあることは、最近の土質力学の教えるところであるが軟弱な不良地盤ではこの現象が建物下部に局部的に起つて通常の計算仮定とは大きく違ったものとなり、所謂不同沈下障害を起すことは当然予想される(第4図)。単に建物の振動減衰性という点からだけ考えると、同一建物が軟い地盤に建っていた方が硬い地盤上にある場合よりも有利で、従つて地震被害も少ない筈であるが、現にRC建物の大きな地震損傷は下町の方が多いという事実は、地震による破壊現象が振動原因によるのみでなく、不同沈下原因によるものも大きいことを物語っていると思う。



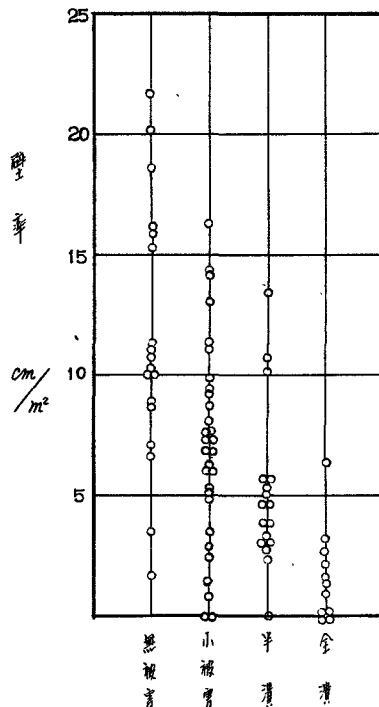
第4図 地盤反力の変動

尚地震時におけるRC建物の振動性状を実測すると、過去に慣用されて来た地盤反力の仮定が著しく実情に遠い場合の多いことも確認されて来ているので、最近では上部構造と基礎地盤を切り分けて考える従来の耐震理論は大きな批判を受けており、又土の動的性状を明確にすることが、耐震理論の進歩の上に非常に重要だと考えられている。

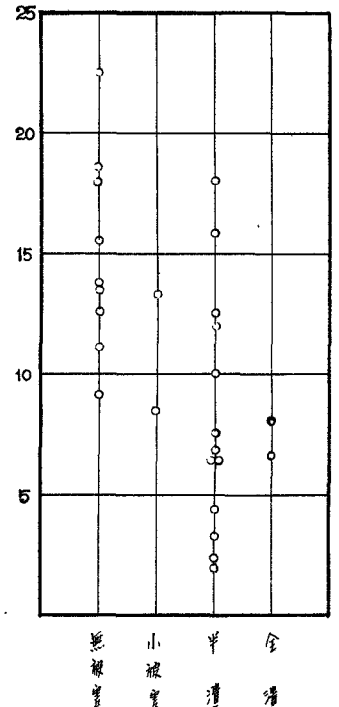
3. 近代の建築は耐震的にどう考えられているか。

戦後所謂総ガラス張り、或はピロティ等といった壁の少ないビルディングが多数建てられる様になった。これに対しては建築設計上種々の理由があるわけであるが、耐震的に見ると多くの問題が出て来る。

前章にも書いた様に、大地震時に建物に作用する震度は第3図の様に大きいものであり、又地盤反力も極めて複雑なものであるに拘らず、第1図の様な設計震度で設計した建物が特殊の例外を除いて過去の大地震で何故耐えて来たかと云うと、それは建物のもつ余力、特に壁体の持つ大きな余力によるものと思はれる。第5図は関東震災の記録から、RC建物の被害程度と壁量の関係を示したものである。この図で明かに云えることは、被害



第5図 関東震災の場合



第6図 福井震災の場合

の大きいものは例外なしに壁量が少く、又逆に壁さえ多ければラーメン自体は全く耐震計算がしてなくても立派に地震に耐えていることである。これに対して「ラーメン理論の未だ全く発達してなかった関東震災当時とこれの著しく進歩した今日とではその結果が非常に違うだろう」という異論もあったので、試に比較的新しく耐震設計をした建物の多い福井の地震について同様な調査をして見たのが第6図であるが、矢張り同じ様な傾向が見られる。

これ等の結果は壁体が耐震構造上果して来た重大な役割りを示すもので、極論すれば「耐震の主力は壁体でラーメンは余力だ」とも云い得られるのである。戦後RCアパート造に専ら採用されている所謂壁式構造（ラーメンがなく壁と床のみで成立つ構造）では、壁の長さを床面積1㎡あたり12cm以上と抑えることによってその耐震性を確保しているし、又木造やブロック造に関する構造規則でも壁量の最小限を規定しているのは同様の思想に基くものである。

所で壁体の耐震効果はこの様に大きいものであるから、たとえ規定の設計震度は小さくても、地震振動や不同沈下の予想外に大きな作用はこの壁体でカバーされて来たのである。又在来の法規を立案するときも、壁の多い戦前通常の形式の建物を頭に図いて、最近の様に壁の少ない構造は予想もしていなかった。従ってRC建物に関する建築法規には壁の規定は一つもない。更に我國では従来ラーメン理論が非常に進歩していたために、ラーメン計算のみ詳細に行えば耐震設計は完全であるという、ラーメン過信の傾向が非常に大きい。これがため最近では法規立案当時の前提は全く忘れられ、設計震度は第1図の最低限規定値を採りながら、全然壁のないラーメンのみの裸の建物も続々と設計されるようになった。このことは高層建築ばかりでなく、シヤレン其他いさゝかアクロバットじみた各種の大張間上家構造から小住宅にまで乱用される傾向があつて、地震力の実情を忘れ、法規の最低限規定のみを巧に活用して材料節約を競う最近の風潮は非常に困ったことだと考えられている。

もっとも最近の高層建築はほとんど例外なしに鉄骨鉄筋コンクリート造となつていて靱性が大きいから、この点RCの8階建でしかも壁の少ない福井の大和アパートの様な崩壊事故は今後は少ないと思うが、一般に近代建築はラーメン部材の断面が小さく且又壁が少いから、剛性に劣ることは確かである。従つて地震時の変形が大きく、このための二次的損傷（例えばガラスの総割れ、附属物の剝離、落下等）は多いものと見られている。

4. 後 書 き

建物の被害程度には非常に大きな幅があるから、どの程度までの被害を許すかによつて耐震設計の厳格さも非常に變つて来る。こゝに耐震計算法の明確な線を打出す困難さがあるわけであるが、とも角現行の耐震法規に大きな不備のあることは、建築関係研究者がほぼ一致して認めるところで、この改正に関しては種々の議論が続けられている。現在全国各地に強振計が設置されつゝあるが、建物或は地盤の強震記録とその解析が蓄積されれば、我國の建築耐震設計は必ずや急速に進展するものと思はれる。