

建物を対象とした強震観測

国際地震工学センター 主任研究員 鹿嶋 俊英

I はじめに

実際の建物の地震時挙動を計測し分析することは、建物の耐震安全性の向上に資する有用な手段である。このような観点から建築研究所では半世紀に渡り、建物を対象とした強震観測を続けている。この間 1964 年新潟地震や 1978 年宮城県沖地震など多くの地震で貴重な観測成果を挙げてきた。

現在全国の主要な都市の 72 の観測地点に新鋭のデジタル型強震計を設置し、観測記録の収集と分析を進めている。加えて強震記録の有効利用や廉価な観測機器の開発など、強震観測の普及を目指した関連研究を行っている。本パネル展示では建築研究所の強震観測の概観し、最近の観測成果の一部を紹介する。

II 建築研究所の観測体制

建築研究所の強震観測は、その開始以来一貫して建物の耐震設計技術の向上に資することを目的としている。このために実地震時の地盤震動や建物の挙動を観測し、その分析と関連する研究を行っている。

図 1 に示すように、現在全国の 72 ヶ所の観測地点に強震計を設置している。基本的な観測網は大地震発生時にどこかで記録が得られるように、200 km 程度の間隔で観測地点を配置し全国を覆っている。一方で東京を中心とした首都圏には約 1/3 の観測地点が放射状に配置されており、関東平野の地形的な影響を考慮した密な観測体制となっている。また仙台市周辺に 7 つの観測地点があり、うち 5 地点は地震動の特性を検討するため表層地盤効果を測定対象としている。

地盤を観測対象としているいくつかの観測地点を除いて、強震計は建物内に設置されている。建物の観測の場合、建物や周囲の状況に応じて複数のセンサーを配置することが多い。通常地震時の入力と応答を観測するため建物の頂部と基礎部にセンサーを置き、可能であれば地盤上にもセンサーを設置する。これは、地盤と建物の動的な相互作用の影響を検討するためである。



図 1 強震観測地点

III 建物の固有周期の変動

建物の地震時の挙動を議論する場合、建物の振動特性を正しく理解することが重要であり、振動特性を表す基本的なパラメータが固有周期と減衰定数である。建物の固有周期が地震動の持つ卓越周期と一致すれば揺れは大きくなり、また減衰定数が小さいとやはり建物の応答が増大してなかなか収まらない。通常建物が構造的な損傷を被らない限り、固有周期や減衰定数は変化しないと考えているが、強震観測結果からは別の側面が見えてくる。

図 2 は、建築研究所新館建物(SRC 造地下 1 階、地上 8 階建)の竣工以来の固有周期と減衰定数の変化を示している。◇と◆が桁行方向、□と■が張間方向に対応する。この建物では 1998 年の竣工以来徐々に固有周期が伸びており、注意深く見ると比較的振幅の大きな地震(◇と■)によって周期の伸びが促進されているようである。観測された地震動の震度は最大でも 4 であり、中小の地震でも建物の振動特性に変化を与える一例である。

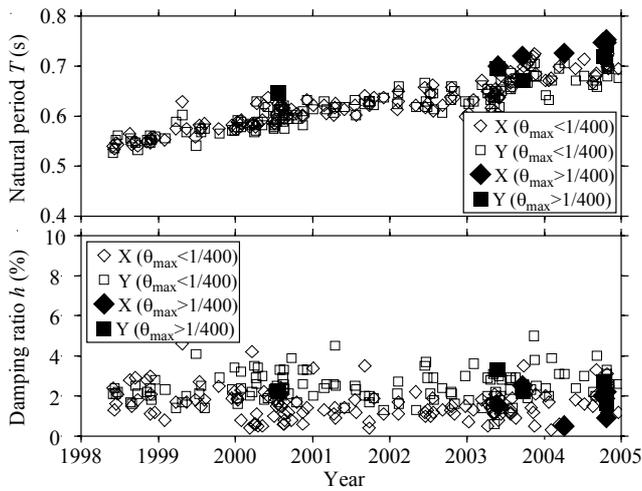


図2 建築研究所新館の固有周期(上)と減衰定数(下)の変化

図3は八戸市に建つRC5階建建物の振動特性の経年変化を表す。この建物の場合、1994年三陸はるか沖地震を経験し、軽微な被害を受けている。三陸はるか沖地震の前後で、固有周期が変わっていることが明瞭に読み取れる。また本震時の減衰定数は前後の地震の値に比べ倍程度に大きくなっており、建物の応答が非線形領域に至ったと推察される。このような観測成果を構造的な知見と組み合わせることによって、建物の被災の程度の把握や被災後の安全性の検討を的確に行うことができる。長期的に使う建物には長期的視野に立った観測が重要である。

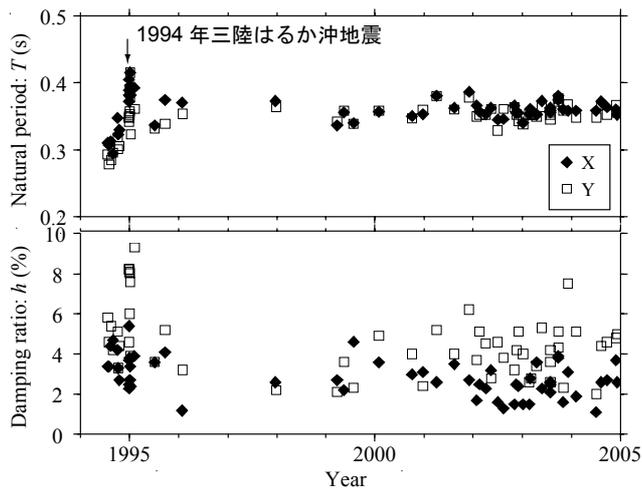


図3 RC5階建建物の固有周期(上)と減衰定数(下)の変化

図4は、建築研究所が観測している25の建物について固有周期の平均値を算出し、建物高さとの関係をプロ

ットしたものである。図を見ると、建物が高くなると固有周期が長くなる傾向が明瞭で、コンクリート系の建物(◆と■)に比べ鉄骨構造の建物(◇と□)が更に固有周期が長くなっている。図4には建築基準法や日本建築学会による固有周期の推定式が直線で示されており、建築研究所の観測で得られた結果はこれらの推定式と調和的である。

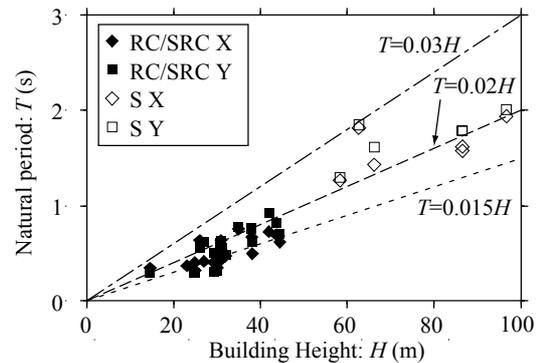


図4 各建物で推定された建物高さ H と固有周期 T の関係

図5は、図4と同様に25の建物について固有周期と減衰定数の関係をプロットしたものである。ばらつきは大きい、低層のコンクリート系建物の方が減衰定数が大きく、概ね固有周期に反比例している様子が伺える。

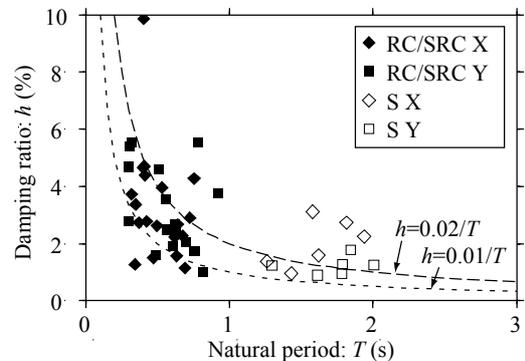


図5 各建物で推定された固有周期 T と減衰定数 h の関係

IV おわりに

本稿では建築研究所の強震観測を紹介し、最近得られた研究成果のうち、建物の振動特性の変化や建物高さとの関係を検討した。建物の振動特性を適切に把握することは、建物の大地震時の挙動や耐震性能を検討するうえで重要なことであり、今後更に建物を対象とした強震観測を積極的に進めてゆく予定である。