

長周期地震動に対する超高層集合住宅の耐震性評価

国際地震工学センター 上席研究員 齊藤 大樹

I はじめに

東海・東南海・南海地震など、巨大地震の発生が逼迫している中、急速に建設が進んでいる超高層集合住宅は、人口密度が高い、避難が難しい、ライフラインの復旧に時間がかかるなど、地震に対する脆弱性が指摘される(図1)。また、固有周期の長い超高層集合住宅は、長周期地震動の影響を受けやすく、繰り返しの揺れによる構造被害の拡大や、室内の家具の移動・転倒などの危険性がある。超高層集合住宅の地震脆弱性と対策について、安全性・避難・生活維持の観点から総合的に検討された研究事例はない。

建築研究所では、超高層集合住宅の耐震対策として、「人を守る技術(高層階の居住空間の安全性の確保と避難・危険回避方法の開発)」、「生活を守る技術(住民の視点に立った地震対策の支援方法の開発)」、「物・財産を守る技術(超高層の耐震性能評価・向上技術の開発)」の3つの観点から研究開発を行い、それらを有機的に結びつけた総合的な地震対策技術の開発を進めている(図2)。

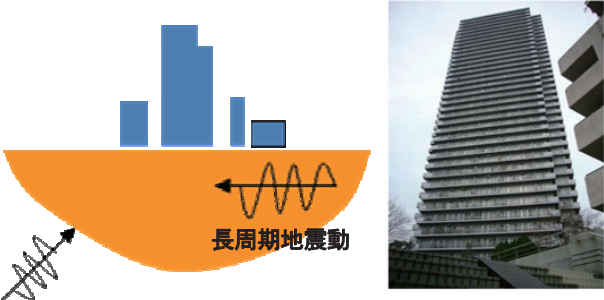


図1 長周期地震動に対して脆弱な超高層集合住宅

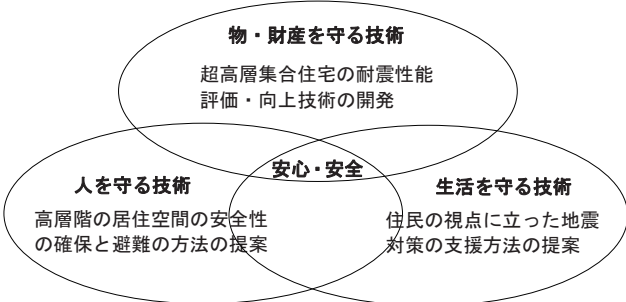


図2 超高層集合住宅の耐震対策

II 人を守る技術の開発

長周期地震動による超高層建物の揺れは、高層階ほど大きくなり、揺れは数分以上続く場合がある。例えば、東海・東南海・南海地震が同時発生した場合には、東京の一般的な40階建ての超高層マンションの最上階において、振幅が1.5m以上、往復で3m以上の揺れが起きる計算結果となった(図3)。

建築研究所、千葉大学、国土技術政策総合研究所からなる研究グループは、2006年3月に、超高層の揺れを再現できる「建研式大ストローク振動台」を開発した。往復で5mの揺れを再現できる世界でもユニークな振動台である。これまでに高層階における人間の避難や危険回避行動に関する実験やダミー人形を用いて高層階の室内安全を検討する実験などを行ってきた(図4)。

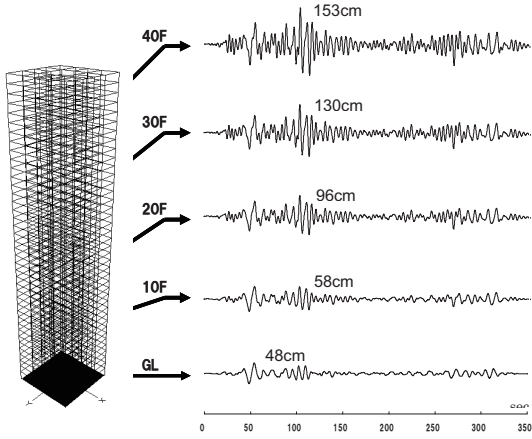


図3 東海・東南海・南海地震が同時発生した場合の東京の40階建て超高層集合住宅の揺れのシミュレーション結果



図4 大ストローク振動台を利用した実験

III 生活を守る技術の開発

住民が建物の耐震性と地震リスクを理解して、自主的に地震対策を行うことを支援するための説明ツールの開発が必要である。建築研究所では、日本女子大学と共同で、実験映像、イラスト、Web サイトなどを駆使して、超高層集合住宅における地震被害や生活困窮の様相を住民や建築主に分かりやすく確実に伝達する方法や、住民の視点に立った地震対策の支援方法を検討している。



図5 住民の視点に立った地震対策の支援方法の提案

IV 物・財産を守る技術の開発

超高層集合住宅のほとんどが鉄筋コンクリート造であるが、鉄筋コンクリート造建築物について、多数回繰り返しの揺れに対する損傷累積やエネルギー吸収能力に関する評価技術はまだ確立していない。また、長周期地震動に備えた耐震補強についても、鉄骨造超高層では事例があるが、鉄筋コンクリート造超高層では事例がない。

そこで、建築研究所では(株)熊谷組、佐藤工業(株)、戸田建設(株)、西松建設(株)、(株)間組、(株)フジタと共同で、標準的なRC造超高層集合住宅の柱・梁・接合部などの個別の構造要素の多数回繰り返し載荷実験を実施し、その結果から多数回繰り返しが耐力や変形能、エネルギー吸収性能に及ぼす影響を分析した(図6, 7)。さらに構造性能の向上のための補強実験を行い、その効果を確認した。さらに、実験結果を元に累積損傷を考慮できる部材の復元力モデルを提案し、建物全体の地震応答解析を行い、長周期地震動の影響を明らかにした(図8)。

1) 高強度RC造構造部材の多数回繰り返し実験

静的加力の繰り返し数は、通常地震動による応答を想定した2回と長周期地震動による応答を想定した10回とした。

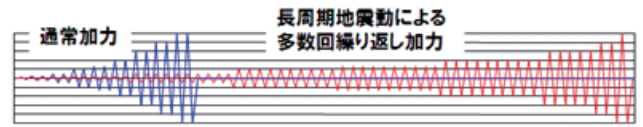


図6 加力プログラム

接合部試験体は、スラブのない柱・梁および接合部からなる十字型試験体を基本とした。パラメータは、接合部せん断余裕度、梁主筋接合部内通し配筋の付着、直交梁の有無等である。層せん断力-層間変形角関係の例を図7に示す。いずれの試験体も梁の曲げ降伏により定まる層せん断力を確保されている。標準の加力履歴を与えた試験体(図中破線)は、層間変形角が1/50を超えた繰返しで、最大耐力が確保できなくなったが、各変位レベルで10回の繰返し履歴を与えた試験体(図中実線)は、層間変形角1/50の繰返しにより、3~4割の耐力低下を示した。これは接合部内の梁主筋の付着劣化が主な原因と考えられる。

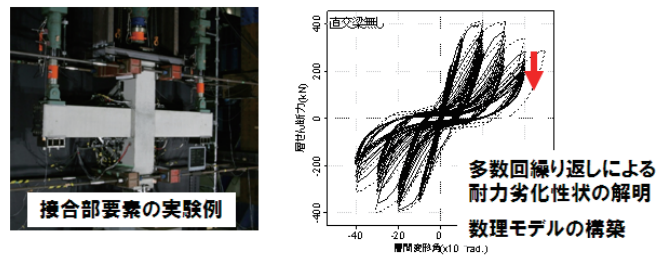


図7 柱・梁接合部の荷重変形関係

2) 累積損傷を考慮できる部材の復元力モデルの開発

梁部材の繰り返し曲げ載荷によるスリップ性状、耐力劣化性状を考慮できる復元力モデルを開発し、汎用骨組解析プログラム STERA3D に組み込んだ。

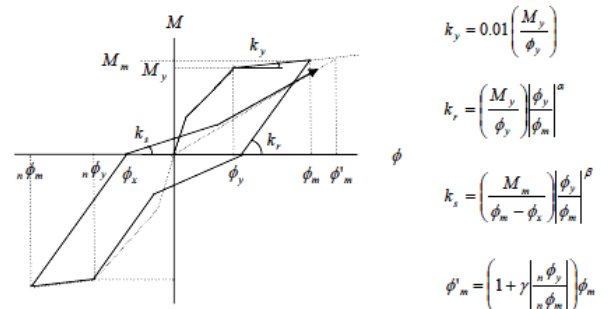


図8 柱・梁接合部の荷重変形関係