

論文の内容の要旨

論文題目：骨組の崩壊機構に着目した
地震被災 RC 造建築物の残存耐震性能評価に関する研究

氏 名：权 淳日

本研究は、現在の RC 造構造設計の主流である梁降伏型建物を主対象に、地震により被災した同種建物における定量的な残存耐震性能評価手法の開発を目的として、理論的な分析及び展開を踏まえ架構の残存耐震性能評価手法を提案した上で、1 層と 2 層の梁降伏型 RC 造架構の静的載荷実験及び多層骨組の静的荷重漸増解析を行い、本評価手法の適用性及び妥当性について検討・検証を行ったものである。以下に、本論文の構成および各章の概要を示す。

第 1 章「序論」では、近年の被害地震において見られた建物の震動被害を防ぐためには、その耐震性能を向上することがまず第一であるが、被害が生じた場合に速やかな復旧・復興へ導くには、復旧の要否とその程度を判定するための建物の定量的な残存耐震性能評価に基づいた被災度区分判定手法が重要であることを述べた。また、現在の構造設計では梁降伏型の設計思想が主流であり、更に同種建物の地震被害事例が報告されているにも拘わらず、その残存耐震性能評価手法が明確に定められていない問題点を指摘し、本研究の必要性を述べた。

第 2 章「水平部材を含む架構全体の耐震性能残存率 SI_m の提案」では、既往の研究事例を参考に、まず架構全体の水平抵抗がその最大水平耐力の 80% に低下する点を安全限界として定め、安全限界までの架構のエネルギー吸収能力の残存割合に基づき、残存耐震性能を評価する手法を提案した。その際、架構の規模などによりエネルギー吸収能力の絶対値が異なるため、架構の残存耐震性能評価指標を、安全限界までのエネルギー吸収能力に対する地震後のエネルギー吸収能力の比として全架構耐震性能残存率 SI_m と定義した。また、梁降伏型 RC 造架構を対象として、従来の軽微～大破・倒壊の被災度に相当する「特徴区間」と称する区間を、部材のひび割れや降伏による剛性変化などに基づき定義し、簡単な復元力モデルを用いてその特徴区間を区分する SI_m の閾値について議論した。次に、本手法の地震被災現場への適用を意図し、被災建物から得られる最大残留ひび割れなどの損傷程度及びこれから降伏ヒンジ部位の耐震性能低減係数 η を算定し、更にある基準となるヒンジ部位に対する各ヒンジ部位のエネルギー吸収能力の比で定義されるエネルギー寄与係数 α を、各部位の曲げ終局モーメントの比に基づき略算することにより、 SI_m を簡易に算定する曲げ耐力法を提案した。その際、柱脚及び柱頭に降伏ヒンジが形成される層崩壊型架構、あるいは第 1 層の柱脚及び各層梁の両端に降伏ヒンジが形成される全体崩壊型架構を想定し、エネルギーがすべてヒンジ位置で吸収されると仮定した。

第3章「梁降伏型 RC 造 1 層架構の静的載荷実験及び曲げ耐力法による SI_m の評価」では、梁降伏型 1 層の純フレーム架構及び非構造壁を有する架構による既往の静的載荷実験結果を用いて、曲げ耐力法の適用性及び妥当性について検討している。ここではまず、曲げ耐力法による SI_m の算定にあたり主要パラメータとなるヒンジ部位の耐震性能低減係数 η とエネルギー寄与係数 α について以下のとおり検討した。即ち、目視可能な損傷量である最大残留ひび割れ幅に基づき梁部材の損傷度 I～V を新たに定義し、各損傷度に応じた梁の η を算定したところ、等しい損傷度にあっても、梁の η が柱の η よりも大きく評価されることを述べている。また、 α の精算値とヒンジ部位の曲げ終局モーメントの比から算定した α の略算値を比較し、両者が概ね一致すること、従って曲げ終局モーメントに基づき α を簡易に評価できることを示している。最後に、曲げ耐力法による SI_m の算定結果と理論解を比較し、純フレーム試験体においては両者が概ね近似したが、非構造壁付試験体においては、非構造壁と柱の接触による架構耐力の上昇により安全限界変形への到達が遅れ、その結果エネルギー吸収能力の増大が生じたため、その影響を考慮していない曲げ耐力法では理論解を下回った。

第4章「梁降伏型 RC 造 2 層 F 型架構の静的載荷実験及び曲げ耐力法による SI_m の評価」では、梁降伏型 RC 造 2 層架構試験体 3 体の静的載荷実験を実施し、曲げ耐力法の多層架構への適用性及び妥当性について検討している。ここでは、①部材の曲げ終局モーメントの比、即ちエネルギー寄与係数 α を各試験体で異なるように設定し、これが SI_m の評価精度に与える影響、及び②スリット付壁を設置し、最大耐力発生時の変形角を変化させることが、被災度を区分する SI_m の閾値に与える影響、をそれぞれ検討した。検討に先立ち、本試験体においても損傷度に応じた梁の η は第3章の評価結果と同程度であること、 α の略算値は精算値と概ね一致することを確認している。

α の異なる試験体を対象に、曲げ耐力法による SI_m の算定結果と理論解によるそれを比較した結果、いずれの試験体においても、曲げ耐力法による SI_m の算定結果がやや小さいものの、 α が適切に精算値を評価していれば両者が概ね一致することが確認できた。一方、安全限界変形はほぼ等しいものの非構造壁の有無により最大耐力の発生時の変形が異なる試験体を対象に、各被災度を区分する SI_m の閾値を検討したところ、最大耐力発生時の変形がより大きい非構造壁を有する試験体に対して、非構造壁がない試験体では中破～大破相当の境界値は約 20% 大きかった。更に、第3章及び既往の実験結果を加えて特徴区間を区分する SI_m の閾値について検討した結果、軽微～小破相当の境界値は 95%、小破～中破相当の境界値は 85% 及び中破～大破相当の境界値は 65% となり、現行の被災度区分判定基準に定められている耐震性能残存率 R の区分とほぼ等しい値であった。

第5章「異なる崩壊機構の想定が多層骨組の SI_m の評価結果に与える影響」では、地震被災現場において、部材に表出する損傷に基づき架構の真の崩壊機構を想定することが困難であり、また壁や天井などにより梁の損傷状態を確認できないことを予想して、層数及びスパン数をパラメータとした多層骨組（1 スパン 3 層、5 層、7 層及び 3 層 3 スパン、5 スパン、7 スパン骨組）の

静的荷重漸増解析を行い、①被災現場における調査者の視認結果に基づき想定された崩壊機構と真の崩壊機構との差異、及び②被災現場における調査可能な部材数の多少、が曲げ耐力法による SI_m の評価精度に与える影響についてそれぞれ検討した。まず、①については、第 1 層の柱脚及び各層の梁端に降伏ヒンジが形成され架構の崩壊機構に至る 1 スパン架構モデルにおいては、軽微～小破の小変形領域では隣接する柱と梁の損傷度が近接することにより、潜在的なヒンジ位置を正しく設定しにくいために、視認により想定した架構の崩壊機構と真の崩壊機構に差異が生じやすいが、それぞれの SI_m の算定結果は真の崩壊機構のそれに近似し、架構の被災度区分判定結果にもほとんど影響を与えなかった。また、3 層 3 スパン架構モデルにおいては、大変形時でも隣接する柱と梁の損傷度が近接し、また下層の部材の損傷が比較的大きくなったため、1 層での層崩壊型架構を想定した場合においても、その SI_m は小変形のみならず大変形時においても真の崩壊機構のそれに比べ大きな差異は見られなかった。しかし、スパン数が増加すると、損傷が比較的小さい上層の影響をより強く受けて、真の崩壊機構の SI_m は増加するが、1 層の層崩壊型架構として算定した SI_m は低下するため、両者の差異が大きくなった。次に、②については、いずれの架構モデルにおいても、被災現場において調査可能な部材数が多くなるほど、当然ながら SI_m の正解値に漸近したが、調査可能な部材数が限られる場合は、本検討対象のような 7 層程度までであれば、まず第 1 層の柱と第 2 層梁の損傷を確認し SI_m を算定することでおおよそ架構の残存耐震性能が評価できることを示した。

第 6 章「結論」では、本研究で提案した梁降伏型 RC 造建物にも適用可能な残存耐震性能評価手法に関して得られた知見を総括し、今後の課題について取り纏めた。

以上のように、本論文は、梁降伏型 RC 造建物及び層崩壊型 RC 造建物の残存耐震性能評価手法を提案し、実験及び解析結果に基づきその適用性及び妥当性について検討・検証を行ったものであり、今後の地震による被災建物の復旧に資する基礎データを提供するものと考えられる。