



第41話 耐震壁の崩壊モードとモデル化 No.1

今回は、RC 耐震壁の崩壊モードと線材へのモデル化のお話しである。鉄筋コンクリート耐震壁の強度や変形能力については、未だ明らかにされていない問題も少なくない。特に、連層、連スパンの壁や、開口を有する壁など、一般の建築に数多く見られる典型的な壁でも、塑性域の挙動は解明されておらず、現在でも精力的に研究が行われている。ここでは、実験資料の整備が比較的進んでいる周辺架構のある1スパン無開口耐震壁の実験結果から、典型的な破壊モードを取り挙げ説明する。また、それらの破壊モードが発生しないための改善策についても解説する。

1) 曲げ破壊(図1)

壁板が厚く、せん断補強筋も十分にある壁では、周辺架構の主筋量が少ないと、壁板のせん断破壊が生ずる前に、壁全体が曲げ降伏する。結果、圧縮側のコンクリートが破壊するまで、かなり大きな変形に達し、耐力低下を生ずることなく優れた変形能力を示す。しかし、壁の場合、部材角が1/100 くらいの繰返し加力で耐力低下を示すものが多く、同じように曲げ破壊を示す柱や梁などと比較するとそれほどでもない。ただし、壁の長さに対して壁の高さが十分に大きい場合は、通常の柱や梁などと同様に優れた変形性能が期待できる。

2) せん断圧縮破壊(図3)

壁板が厚く、しかも壁のせん断補強が十分あり、周辺架構の主筋量が多いと、耐震壁の耐力は大きくなる。しかし、壁は圧縮側の柱と一体となっておりあまり大きな変形に達しないうちに圧縮部分が全体的にせん断破壊する。この破壊モードは引張側の主筋が降伏する前後で生じ易く、その変形性能の改善には、曲げ降伏耐力をより小さくすること、すなわち、引張側柱の鉄筋を減らすか、もしくは耐震壁のせい(長さ)を小さくすることが効果的である。

3) せん断引張破壊

壁板部分に生ずるせん断ひび割れ幅が広がって、壁板周囲の柱にもせん断破壊が進展し、破壊時の部材角は1/500 前後に留まる、非常に脆い破壊モードである。壁板部分のせん断補強筋量が少ない壁に生じるので、補強筋量を増すことにより、変形性能の改善が可能である。

4) せん断すべり破壊(図4)

周辺柱の幅に対し、壁板(ウェブ)部分の厚さが薄く、シアスパン比が小さい耐震壁の場合、壁に十分なせん断補強を施すと、壁板部分には多数のせん断ひび割れが生じ、それらのひび割れ幅があまり広がらないう

この回の文章や図の大半は名城大学建築学科武藤教授からであり、筆者の責任で編集したことを記す。

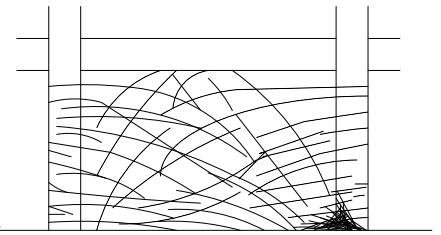


図1 曲げ破壊

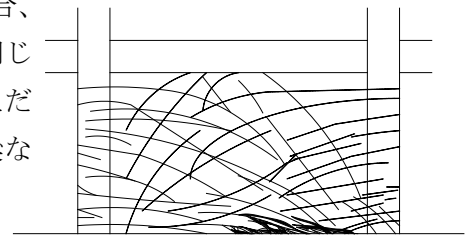


図2 曲げすべり破壊

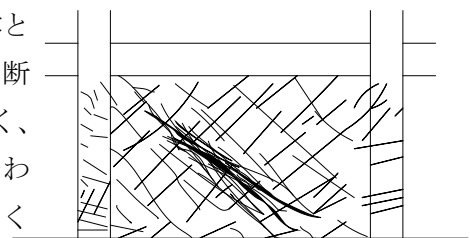


図3 せん断圧縮破壊

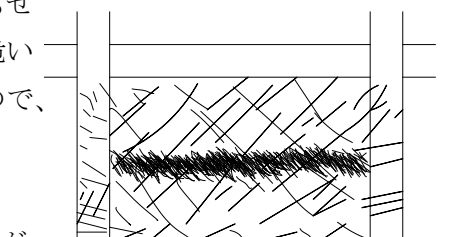


図4 せん断すべり破壊

ちに、壁板部分のコンクリートがひび割れ方向において、図のように水平にしかも連続的に圧壊し、顕著な耐力低下を生ずる。この破壊時の部材角はかなり小さく、脆い破壊モードであるが、壁板部分の厚さを増すことにより、変形性能の改善が可能である。

5) 基礎の浮き上がり等によるモード (浮き上がり回転壁)

建築物における耐震壁は、一般的に柱に比べて非常に大きな応力を負担する。結果、大地震時では、主として耐震壁の脚部に生ずる曲げモーメントによって、耐震壁の両側の柱に大きな引張力や圧縮力が発生する。これらの力に対して壁脚部の引張抵抗力である杭の引張抵抗やフーチングの重量、あるいは圧縮抵抗力である地盤や杭の圧縮耐力などが十分でない場合には、耐震壁が曲げ破壊やせん断破壊を生ずる前に、耐震壁全体が回転するように変形し、基礎に浮き上がりを生じる。この破壊モードは変形能力からいえば安定した変形挙動を示すが、変形限界などに関する資料は未だ十分とはいえない。

部材の変形能力が耐震上非常に重要であることは良く知られており、耐震壁も例外ではない。そのため、耐震壁の破壊モードとして脆性的なせん断破壊を避け、靱性に優れた曲げ破壊を先行して起こす設計が義務づけられている。ただし、耐震壁の終局強度を精度よく推定することはそれほど易しい問題ではない。

近年、面材である耐震壁を骨組モデルに組み込むために多くの工夫がなされており、マクロモデルとしてのモデル化が、多数提案されている。例えば、両付帯柱と共に、壁部分を中央の柱に置換した 3 本柱モデル(図 5)、付帯柱と壁部分をひとつの柱とした 1 本柱モデル(図 6)、壁部分をブレースに置換したモデル(図 7)、さらに骨組中の壁部分を FEM で組み込むモデルなどである。

ここで、立体骨組に使用する図 5 の 3 本柱要素モデルの力学的意味を考えておこう。耐震壁は骨組の形状によってせん断変形と曲げ変形が同時に生じる。これらの変形状態を精度良く模擬可能で、しかも耐震壁に付帯する柱は直交する骨組の独立柱としても機能する。このような耐震壁モデルは 3 つの要素で構成される。一つは耐震壁のせん断と曲げ挙動を評価する中央の柱であり、二つ目は両側の柱で、これらは耐震壁に付帯する柱の挙動を模擬する。三つ目は、耐震壁の上下に付帯する梁であり、耐震壁の変形状態から剛な梁としてモデル化する。

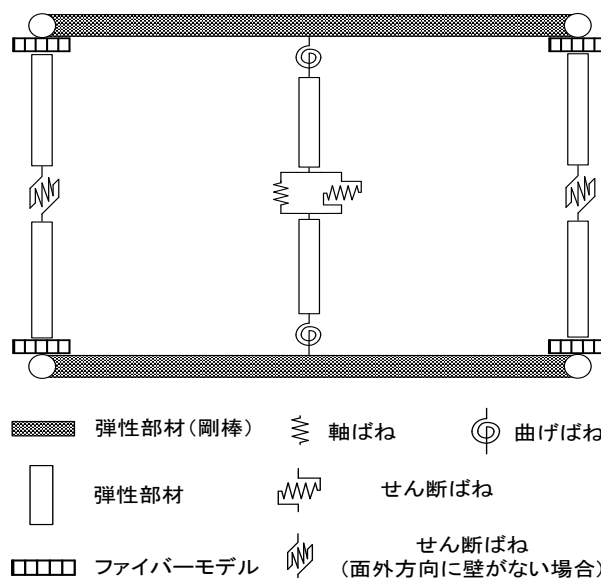


図 5 耐震壁の 3 本柱モデル



図 6 耐震壁の 1 本柱モデル

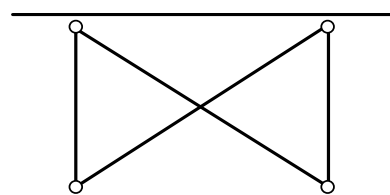


図 7 耐震壁のブレース置換モデル