



第 4 3 話 耐震壁の崩壊モードとモデル化 No.3

前回に続いて、RC 耐震壁の崩壊モードと線材へのモデル化のお話である。ここでは RC 耐震壁の 3 本柱モデルによる弾塑性解析と実験結果を比較し、モデルの適性を検討する。対象骨組は(社)建築研究振興協会の「建屋の復元力特性に関する研究委員会」により 6 社による共同研究として行われた実験試験体を用いる。図 10 に試験体形状を示す。実験は原子炉建屋の耐震壁が対象であり、一般の耐震壁より高配筋である。実験は長期荷重として柱及び壁に同一の軸方向応力度 $\sigma_0 = 0.2[kN/cm^2]$ を作用させた後、水平方向変位制御による交番繰り返し载荷を行っている。実験結果では、壁中央部鉄筋の引張降伏が先行し、最終的にせん断すべり破壊で最終耐力に達している。

解析モデルは図 10 を元に試験体を 3 本柱にモデル化する。鉛直荷重は柱と耐震壁に各々集中荷重として加え、水平荷重も同様に柱と耐震壁に均等に载荷する。また境界条件は固定支持とする。解析対象の試験体はせん断破壊先行型である。用いる耐力式と 3 本柱モデルの妥当性を評価するため、実験結果と解析結果を比較する。

ここでは、耐震壁のせん断バネとして、式(1)と(5)の 2 種類のせん断終局強度式を使用したモデル(先のモデルを A 型、次のモデルを B 型)と、さらに、せん断終局強度式は式(5)を使用するが第 2 勾配を変化させたモデル(C 型と呼ぶ)の計 3 種類を用いる。この 3 つの解析モデルを弾塑性解析し、その結果と実験結果とを比較・検討する。図 11 には、実験と各モデルの解析結果より得られた水平荷重—柱頭水平変位の履歴が図示されている。解析モデルは全てにおいて、実験と同じせん断破壊先行型である。

モデル A 型とモデル B 型の最大荷重値に大きな差が見られるのは、せん断終局強度算定時、 $M/(QD)$ に制限を設けるか否かによる差である。さらに最大変形角より第 2 剛性とひび割れせん断強度を求めたモデル C 型では最大荷重は式(5)のそれと同値であるが、第 2 剛性とひび割れせん断強度がモデル B より小さいことから変位が大きくなり、実験結果と良い一致を示す。各モデルではせん断バネが終局強度に到達すると同時に最大荷重に達しており、せん断破壊先行型の耐震壁では、せん断バネの履歴が骨組全体の荷重—変位関係に大きく影響する。またモデル B とモデル C の解析結果は脚部の曲げバネ降伏後、せん断終局強度に達したのに対し、モデル A は脚部曲げバネ降伏する以前に、せん断終局

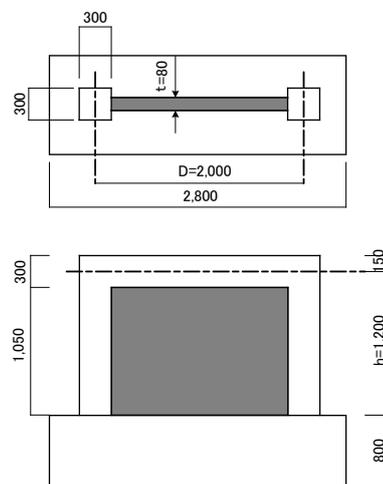


図 10 試験体形状

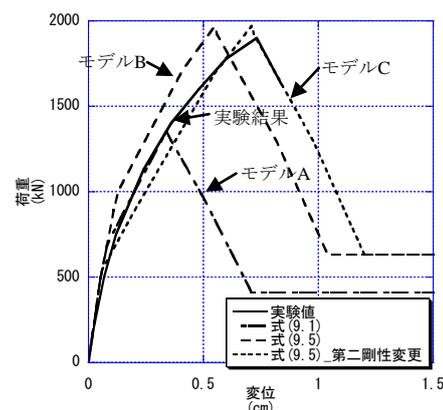


図 11 実験結果と解析結果の比較

強度に達している。

次に、耐震壁の高さと幅の比率により、崩壊モードが変化する状況を数値計算で分析する。短柱では脆性的なせん断破壊を生じる。ここでは、耐震壁も柱と同様、高さ／幅がどの程度でせん断破壊を生じるかを考える。解析モデルは、壁のみの骨組とし、高さは 3.5m に固定し、幅を 6m (モデル A)、5m (モデル B)、4m (モデル C)、3m (モデル D)、2m (モデル E) の計 5 種とする。図 12 には、耐震壁の内法寸法高さ/内法寸法幅(アスペクト比)に対する崩壊荷重、せん断耐力、曲げ耐力を図示する。曲げ耐力もせん断耐力もアスペクト比が小さくなるに従って増加する。特にこの比が 1 以下では曲げ耐力が急激に増大し、せん断耐力と曲げ耐力が交差する位置で、壁の破壊モードが曲げ破壊型からせん断破壊型に変化する。

表 1 に、5 種の解析モデルの結果について崩壊荷重や破壊モードなどをまとめる。壁の曲げ破壊による水平耐力(曲げ耐力)とは、中央柱部材の曲げばね終局曲げモーメントの 2 倍を、柱高さ 350cm で割った値。

表 1 耐震壁 3 本柱モデルの崩壊荷重と破壊モード

モデル名	崩壊荷重	壁の破壊モード	壁のせん断耐力	曲げ破壊による水平耐力	壁の終局曲げ強度	高さ/幅	壁の内法幅
モデル A	3665kN	せん断破壊	3561kN	7739kN	13543kNm	0.58	550cm
モデル B	3159kN	せん断破壊	3155kN	5277kN	9234kNm	0.71	450cm
モデル C	2745kN	せん断破壊	2740kN	3283kN	5746kNm	0.91	350cm
モデル D	1763kN	曲げ破壊	2313kN	1759kN	3078kNm	1.28	250cm
モデル E	705kN	曲げ破壊	1865kN	703kN	1231kNm	2.13	150cm

図 13 は、各モデルの水平荷重—壁上部の水平変位の関係を示す。モデル A、B、C は、せん断破壊を起こし、急激に耐力を低下させている。モデル、D、E は、曲げ破壊で耐力を失っているが、その後、負担せん断力を低下させることなく、優れた変形能力を示す。モデル A では、耐震壁の上部と下部で曲げひび割れが発生するが、引張鉄筋が降伏して曲げ耐力が低下する前に、せん断破壊を生じて骨組が不安定となる。その後水平耐力が急激に低下する。モデル D では、壁の曲げ破壊によって、水平耐力の喪失に至っている。モデル E でも曲げ破壊で耐震壁の水平耐力を失うが、曲げによる水平耐力が低いため、せん断ひび割れが発生する前に曲げ破壊を生じる。

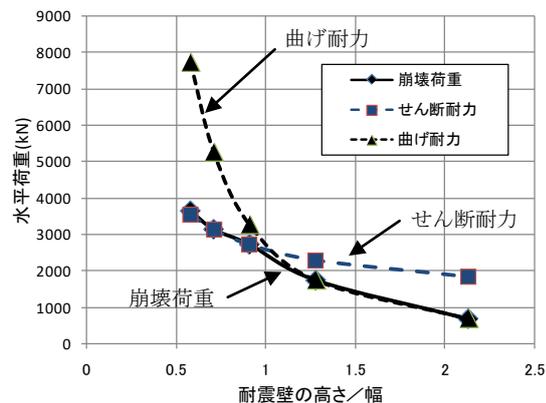


図 12 耐震壁の高さ/幅比に対する崩壊荷重

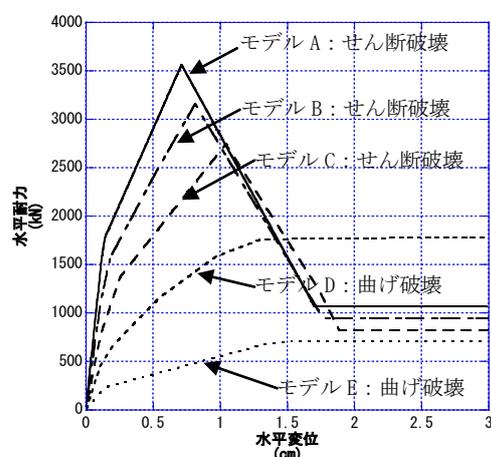


図 13 各耐震壁モデルの水平荷重—変位関係と破壊モード