

3. 8 設計のクライテリアの検討

「設計のクライテリア」とは入力地震動のレベルに応じて建築物に付与すべき耐震性能と考えてよい。従って、性能型である限界耐力計算を用いた設計法の場合は特に重要である。耐震性能を考える場合、損傷限界（稀に発生する地震）時・安全限界（極めて稀に発生する地震）時で許容される限界層間変形角が重要な指標になるが、許容される各部の損傷の程度も明らかにしておく必要がある。さらに柱脚の移動に対する制限も必要であろう。下表に「設計のクライテリア（案）」を示すが、基本的な考え方は以下の通りである。

3. 8. 1 損傷限界（稀に発生する地震）時

基本的には建築物はほとんど損傷を受けず柱脚の移動も起きない状態に留まり、地震後もそのまま継続して使用可能な状態を想定している。損傷限界変形角については現行の規準では 1/120 以下となっているが、もう少し大きくしても問題がない可能性があり、許容値の緩和については今後の重要な検討課題である。

3. 8. 2 安全限界（極めて稀に発生する地震）時

建築物が崩壊・倒壊に至らないことが最も重要であるが、このためには安全限界変形角や各部の損傷の程度を詳細に想定する必要がある。特に柱脚の条件や柱の支持力の保持および柱・横架材の仕口・接合部の性能保持のために許容される損傷の程度は重要であり、その程度を明確にすることが今後の重要な課題である。また柱脚の移動についてはどの程度の滑り量になるかの検討が必要である。さらに（案）では損傷の程度を修復可能な損傷とし地震後も修復により再使用可能な状態を想定している。

3. 8. 3 巨大地震時

建築基準法では特に規定はないが、損傷の程度は修復不可能な場合でも人命を保護するため崩壊・倒壊に至らないことが望ましい。このためには層間変形角も一定値以内に留まることが必要になる。また、石場建て（柱脚の拘束なし）の場合は巨大地震に対しては、柱脚が滑ることによる入力低減効果が期待できるため、この効果が大きければ倒壊・崩壊を防ぐ有力な手段になりうるため、今後十分な解明が必要である。

3. 8. 4 試験体 No.4 の実験結果と設計のクライテリアについて

実大振動台実験の結果と設計のクライテリアについては、今後詳細な分析が必要であるが、稀に発生する地震時、極めて稀に発生する地震時、巨大地震時のいずれの場合も各階の最大層間変形角や各部の損傷の程度については概ね設計のクライテリアを満足する結果になったと言える。

柱脚の移動については「石場建ての設計法」でも述べたが、滑り量は極めて稀に発生する地震時で柱径以内と比較的小さな量に留まっているが、実験で検証した以外の条件での滑り量についても検討する必要がある。また滑りによって柱脚間が広がることで上部構造に大きな損傷が生じないように設計で検討することが求められる。

設計のクライテリア（案）（柱脚の移動を拘束しない場合）

地震動レベル	建物全体・各層		各部	
	変形	損傷の程度	柱脚	各部の損傷の程度
稀に発生する地震動	損傷限界変形角 $1/120\text{rad}$ （現行）	損傷なし	移動しない	損傷なし
	*各部の仕様により $1/120\text{rad}$ を超える限界値について検討。 現行の規定では $1/120\text{rad}$ 以下となっているが、条件設定により最大値はどこまで可能か検討	損傷なし又はほぼ損傷なし		損傷なし又はほぼ損傷なし
極めて稀に発生する地震動	安全限界変形角 $1/30\text{rad}$ 未満（現行：原則）	比較的軽微な損傷 修復可能な損傷	柱脚の移動を許容 *設計の前提となる移動量について検討	比較的軽微な損傷 *損傷の程度を検討
	各部の仕様により $1/30\text{rad}$ を超える安全限界： $1/30\sim 1/20\text{rad}$ を検討（例：代表変形角（1自由度系とした時の層間変形角）を $1/30\sim 1/20\text{rad}$ 、最大層間変形角を $1/15\text{rad}$ とする） *層間変形角については要検討	修復可能な損傷		損傷の程度は、柱は鉛直支持力を維持。仕口・接合部は性能維持。土壁の著しい耐力低下はない。*具体的な損傷の程度を検討
巨大地震	安全限界変形角 $1/15\text{rad}$ 振れ変形を考慮しても最大変形角 $1/10\text{rad}$	修復不可能な場合であっても倒壊・崩壊しない	移動を前提	*倒壊・崩壊しないための条件の検討

実大振動台実験での試験体 No.4 の結果については、設計のクライテリアとの関係ではおおよそ次のような結果になっている。

- ・上部構造の応答は BCJ-L2 時に、最大層間変形角は 1 階で $1/18$ （重心位置で $1/30$ 弱）・2 階で $1/33$ 程度で、設計のクライテリアで想定している最大層間変形角 $1/15$ 以下を満足する結果となっている。残留変形も目立ったものではなく、土壁を修復すれば建築物全体としても十分再使用可能な状況と言える。実際に JMA 神戸波による加振前に乾式土壁による補修を短時間で終えている。
- ・JMA 神戸波（3 方向加振）に対しては（①通りや⑨通りの損傷を受けた土壁の補修、①通りと⑨通りに垂れ壁・腰壁による補強を行い）偏心が小さくなったために 1 回目の JMA 神戸波加振では最大層間変形角は 1 階で $1/21$ 程度、2 階で $1/24$ 程度、2 回目の JMA 神戸波加振でも最大層間変形角は 1 階で $1/20$ 程度、2 階で $1/22$ 程度に収まり、崩壊・倒壊には至っていない。

「柱の損傷について（No.4 試験体）」

JMA 神戸（3 方向加振）の 1 回目の加振で①-い柱（隅柱）の足固め部分に亀裂が発生し、JMA 神戸（3 方向加振）の 2 回目の加振で①-い柱（隅柱）の足固め部分に折損が認められたが、他には顕著な損傷は認められなかった。これは、最大応答層間変形角が比較的小さかったことが、原因の一つと考えられるが、今回の実験では、2 階の剛性・耐力を小さくして、1・2 階のバランスを考慮した試験体としたこと、および垂れ壁下に差し鴨居などの剛性の大きな横架材を配置しなかったことで通し柱に大きな曲げモーメントが作用しなかった事が主要な原因と考えられる。また通し柱と横架材の接合部の設計を工夫しこの部分の断面欠損を少なくしたことも損傷を小さくした原因と考えられる。また足固め接合部付近での損傷については、損傷を防ぐためのディテールの検討が必要だろう。これらのことは、今後の構造計画（柱に大きな損傷を与えない）に参考になると考えられる。

また足固め接合付近での損傷については、損傷の程度を検証するための検討方法や損傷を防ぐためのディテールの検討が必要だろう。