

フェールセーフに対する考え方

令和2年10月22日

学協会によるフェールセーフの考え方

- 「設計者のための免震・制震構造ハンドブック」(一社)日本免震構造協会編18.1フェイルセーフより抜粋
フェイルセーフとは、システムに故障や不具合などの事象が発生した場合に、システムが確実に安全側へ移行するように制御する装置、あるいはその設計思想のことをいう。免震構造における故障や不具合とは、過大な変形によって免震部材に損傷・破壊が生じて荷重支持機能を喪失してしまうことである。その結果、上部建物には傾斜・損傷・倒壊などが生じるおそれがある。免震構造は基礎～免震部材～上部建物の構造要素が直列に接続するシステムであることから、免震部材の不具合が、直ちにシステム全体に重大な影響をおよぼす。(略)

想定以上の過大な地震入力に対して免震建物の安全性を担保するためのフェイルセーフとしては、免震部材が荷重支持機能を喪失しないように変形を抑制することと、機能を喪失しても別の機構が荷重支持を肩代わりすることの2通りの対策が考えられる。基礎免震の場合、免震部材は基本的に擁壁とのクリアランス以上には変形できない。したがって擁壁が変形を抑制することになるが、衝突部分には衝撃吸収装置を設けるなどにより、建物への衝撃力を緩和させる工夫が必要になる。この点に関しては、18.2節にて記述する。 【菊地 優】

- 日本建築学会:「免震構造設計指針」3章 構造設計 3.7節 余裕度の確保より抜粋
(2) 入力地震動の設定に対しては、免震建物の応答を大きく支配する入力地震動に関するパラメータも多く、これらのパラメータの変動幅を十分に考慮して多角的に検討されるべきものであるが、地震工学における地震動予測は研究途上であり、設計者がそれらを理解して設計用地震動を設定できるようにはまだまだない。このようなことから、想定を超えた入力地震動に対する建物の崩壊形を確認したり、フェイルセーフ等を含めた一定の安全余裕度を確保することが必要となる。

建物・構築物の免震構造に関する審査ガイドにおける基本方針

① 学会等におけるフェールセーフの考え方

想定を超える地震動に対し、

- ・ 免震部材が荷重支持機能を喪失しないように変形を抑制する
- ・ 免震部材が荷重支持機能を喪失しても別の機構が荷重支持機能を肩代わりする

② 建物・構築物の免震構造に関する審査ガイドにおけるフェールセーフの取り扱い

- ・ 安全性のより一層の向上を目的に、設計を超える水平方向の過大な変形により免震装置に損傷や破損が生じて荷重支持機能を喪失するおそれがある場合を想定し、これに対する鉛直荷重支持機能を担保する装置等を設置することをフェールセーフの対象とする。

③ 鉛直荷重支持機能の担保に関する考え方

- ・ 本審査ガイドは基準地震動 S_s に対して免震構造成立性を求めており、それ以上の地震動を想定することを求めるものではないことから、免震装置とは別の鉛直荷重支持機能を担保する装置の設計を要求するものではない。
- ・ ただし、事業者が上部構造の機能喪失までの冗長性を確保するため、安全性のより一層の向上の観点から鉛直荷重支持機能を担保する装置を設置する場合、その装置等の設置による免震性能や機器設備等への影響を確認する。

(参考) フェールセーフの事例

機能損失を前提

鉛直荷重の支持性能の確保

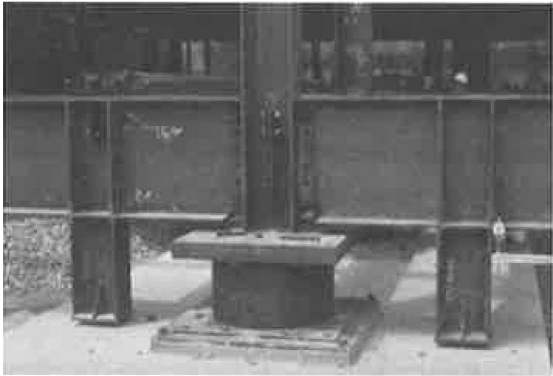


図2 米国の免震建物のフェールセーフ²⁾

機能損失を未然防止

過大な水平方向の変形の抑制



図3 水平変形制限装置²⁾

引張方向の変形の抑制

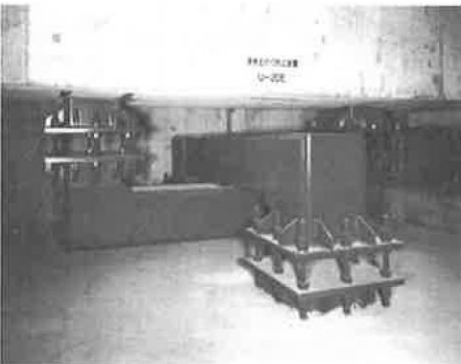


図4 浮き上がり変位制限装置²⁾

2) M. Miyazaki et al. : Development and application of backup systems for base-isolated buildings, 10th WCEE, 1992

機能損失を未然防止

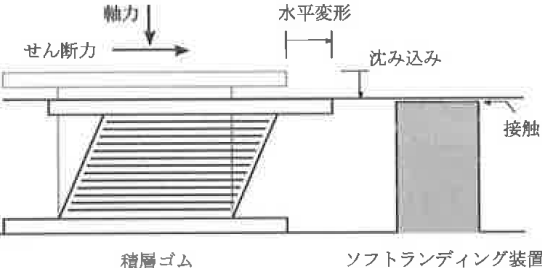
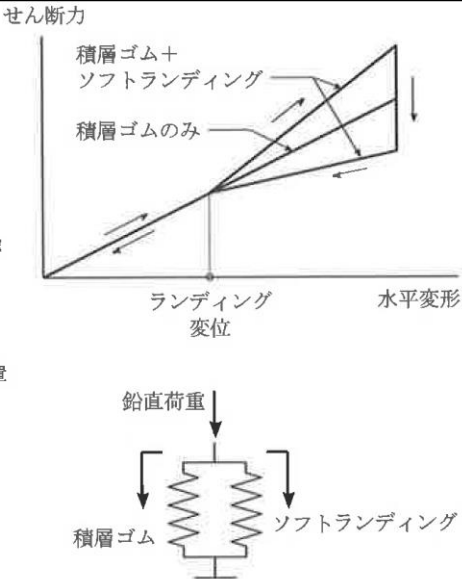


図5 ソフトランディングの概念³⁾

3) 寺村彰ほか:
免震装置のフェールセーフ機構に関する研究
—フェールセーフ装置の基本特性—、
大林組技術研究所報告、41、38-44、1990



並列ばねにより荷重分担を評価
図6 ソフトランディング装置の復元力特性

機能損失を未然防止

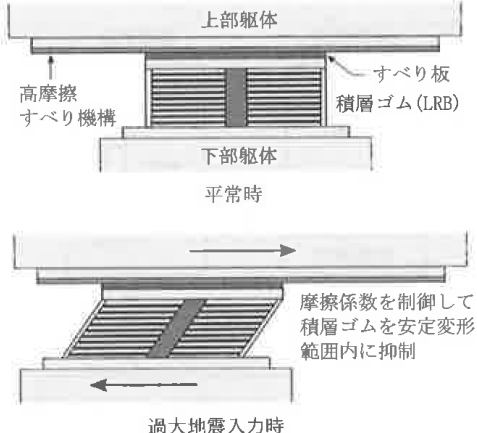


図7 すべり機構付積層ゴム

出典:「設計者のための免震・制震構造ハンドブック」
18.1フェールセーフ
(一社)日本免震構造協会編 より