

**I-B 361 施設の地震時緊急停止システムに対する  
定量的評価手法の提案**

大成建設 正会員 小坪 千野  
 篠塚研究所 正会員 水谷 守  
 大成建設 正会員 大津 宏康  
 大成建設 正会員 亀村 勝美

**1. はじめに**

工場などの施設の地震被害は、基礎地盤の崩壊や振動による建造物の直接被害だけでなく、建造物の破損による火災や爆発あるいは危険物の流出といった二次被害を伴う。そこで、地震被害の低減策として施設構造物の耐震性向上だけでなく、二次被害を未然に防ぐ方策も重要となっている。工場施設などでは二次被害を防ぐ目的で緊急停止システムの導入が求められつつあるが、緊急停止システムの過剰な作動は、施設に不利益をもたらすため、その作動基準の決定には慎重な検討が望まれる。

本研究では、地震リスクマネジメント（SRM）<sup>1)</sup>手法を援用し、施設の地震時緊急停止システムの効果に対する定量的評価に基づいた、作動基準の最適化手法を提案する。

**2. 地震リスクマネジメント（SRM）手法**

SRM手法は、確率モデルを用いて、地震被害を期待値として定量化するもので、不確定性の大きい地震時を対象としたリスクの評価を行う場合に有効である。この手法では、地震被害とは何かを考察し、ET（Event Tree）によるシステム解析手法を用いてそれらを定量化する。ETでは、起こり得る被害要因の組合せをTree構造で表示し、個々のパスに行き着いた状況（被害シナリオ）における発生確率とコンシーケンス（損失額、あるいは損失率）の積、すなわち期待値を求めるものである。各被害シナリオで算定した損失期待値の総和をリスクと定義している。ETによる定量化を各地震動レベルで行うことにより地震動の大きさとリスクの関係（ロス関数）が得られる。このロス関数と、評価地点の過去の地震活動、活断層分布などから得られる地震ハザード曲線から、1年間当たりに見込まれる年間リスクを算定する。

**3. 緊急停止システム導入の定量的評価法**

図-1に地震時緊急停止システム設定の最適化手法のフロー図を示す。緊急停止システムを導入して耐震性の定量的評価を行うと、現状の耐震性定量的評価に比べ、一次被害である基礎地盤の崩壊や振動による建造物の被害は変化はないが、建造物の破損による火災や爆発あるいは危険物の流出といった二次被害は、緊急停止システム導入により低減される。しかし被害が小規模な地震に対してもむやみに緊急停止システムを作動させ運転を停止してしまうと、被害よりもむしろ緊急停止に伴う弊害が大きくなり、営業損失や機器に支障をきたすような損失を被るこ

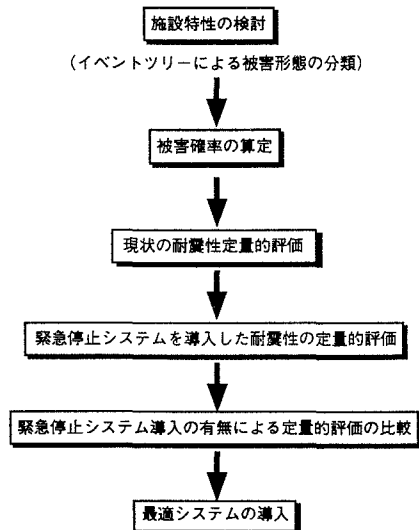


図-1 地震時緊急停止システム設定の最適化手法のフロー

とも考えられる。このため結果的に損失は大きくなり、場合によってはシステムを作動させない方が有効な場合もある。一方緊急停止のレベルを過度に高く設定すると緊急停止システムが作動する以下のレベルで大きな地震被害が生じる可能性がある。そこで、緊急停止システム導入の有無による定量的評価を比較することが重要となる。リスクという定量的指標を導入することにより、施設における最適な地震時緊急停止システムの設定検討を行うことが可能となる。

4. 地震時緊急停止システムの設置検討

ある仮想のモデル施設を対象に地震時緊急停止システムの検討を行う。検討の結果を図-2に示す。まず、現状の施設におけるリスクを算定する。図-2 (c) に示すように現状の施設における年間リスクは52億円である。次に緊急停止システムを作動させる最大基盤加速度（ここでは200Gal）を仮定し、その時のリスクを算定する。図-2 (b) に示すように、この時のロス関数には緊急停止システム導入により、200Galにおいてリスクの低減が得られるが、同時にシステムが不適切に作動した場合に生じる損失が含まれる。図-2 (c) 及び (d) の年間損失密度関数で比較すると明らかなように、緊急停止システムを基盤加速度200Galレベルに設定すると、システムの不適切な作動による影響のため年間リスクは55億円となる。この例では、緊急停止システムの設定レベルが200Galと低すぎたために、むしろシステムの弊害の方が大きくなる結果となった。

5. 緊急停止システムの最適な設定レベルの検討結果

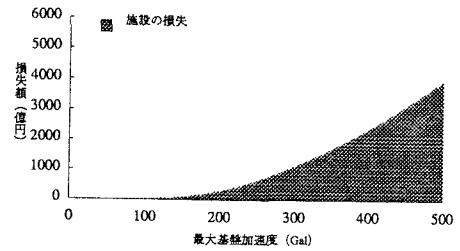
緊急停止システムを作動させるレベルを変化させて同様の算定を行うと、システムの導入による効果と弊害のバランスによる最適な地震動の設定レベルを見出すことができる。図-3には、仮想のモデル施設を対象に緊急停止システム導入の検討を行った結果を示す。同図によれば、緊急停止システムの適切なトリガーレベルは、年間リスクを最小とする300Galである。

6. まとめ

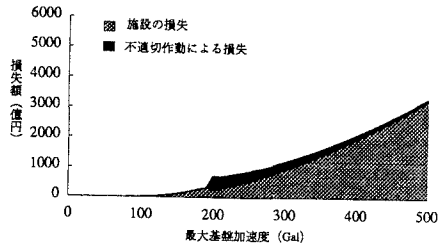
本研究では、施設の緊急停止システムを導入する最適手法を提案した。その結果、SRM手法を援用することで、リスクの定量的評価が可能となり、緊急停止による効果と弊害のバランスを考慮した最適な地震動レベルを設定することができる。

参考文献

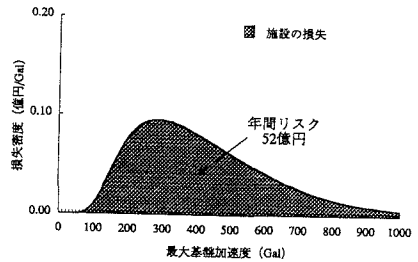
- 1) 確率論的アプローチによる地震リスクマネジメント (SRM) 手法の提案；水谷守ら；土木学会年講概要集1996.9



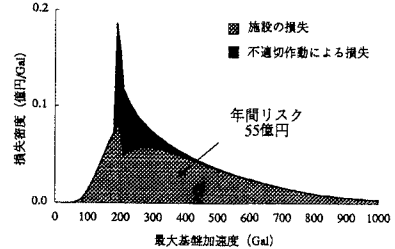
(a) 現状のロス関数



(b) 緊急停止システム導入時ロス関数 (設定レベル200Gal)



(c) 現状の年間損失密度関数



(d) 緊急停止システム導入時年間損失関数 (設定レベル200Gal)

図-2 現状のリスクとシステム導入時のリスクの比較

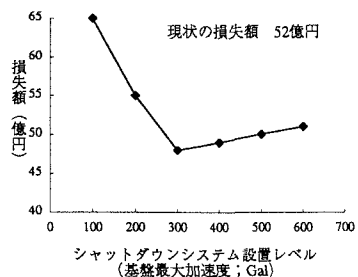


図-3 緊急停止システムの適切な設定レベル検討結果