

(202) エレベーターの耐震対策と地震被害

東京大学生産技術研究所 ○加藤康広

東京大学生産技術研究所 山崎文雄

東京大学生産技術研究所 片山恒雄

1. はじめに

エレベーターは地震が発生すると、揺れによる各種機器の変形・破損や、安全装置の動作による運行停止など様々な影響がでる恐れがあり、1993年1月15日の釧路沖地震でも、そのような例が数多く報告されている。このような物損被害を生ずる大地震とは違い、気象庁震度階で4程度の比較的小さな地震の場合、エレベーターに備え付けの地震感知器が動作して、実被害が無いにもかかわらず運行を停止し、利用者が不便を被ることが多い。特に1992年2月2日の地震においては、都心部では80%以上のエレベーターが停止している。東京都をはじめ、各自治体で新設エレベーターに地震感知器を設置することが義務付けられており、その数の増加に合わせ、地震感知器の設定値の見直しも必要となろう。本報告ではこの二つの地震をもとに、地震によるエレベーターの被害を紹介する。

2. 釧路沖地震におけるエレベーターの被害と復旧

釧路沖地震では被害の大きかった釧路市や帯広市を中心に、エレベーターにも多くの被害が生じた。この地区でエレベーター会社A社の管理するエレベーターの15%になんらかの物損被害が生じている。ただし閉じ込め故障は釧路では1件しか発生しなかった。またこの地震による管制状況（地震感知器の動作によりエレベーターを停止させた状態）を図1に示すが、この地区では全台が停止している。以下、復旧作業の様子を時系列的に説明する。

A社釧路営業所は保守員5名で、釧路市内を中心に釧路支庁、根室支庁のエレベーター、エスカレーターなどの昇降機220台の保守点検を担当している。1月15日(金)20時6分に地震が発生すると、勤務時間外であったため、自宅から現場に出動し、釧路市内の病院や官公庁など緊急性、公共性の高い建物から優先して復旧にあたった。通常、小規模の地震の場合、営業所で閉じ込めや故障の連絡に備えて待機しているが、地震発生直後から電話が通じなくなったため、保守点検で全員が出動する際と同様に転送電話をセットして、復旧にあたった。幸い発生時間が遅かったおかげで、故障が発生した際には、利用者が多いために大きな被害が想定されるデパート、スーパーなどは閉店後であった。当日中に釧路市内の被害状況をほとんど把握できている。

翌16日(土)の朝からは、釧路市以外の地区の復旧にも着手した。担当エリア内では、釧路市に次いで保守台数が多いのが、阿寒湖畔にホテルが集中している阿寒町である。ここでは30台のエレベーターのうち地震管制付きのものが1台しかなく、それが地震管制により停止してただけで、物損被害はなく、7時30分頃に復帰した。釧路市を中心に物損被害が多数発生し、その修理も16日より開始している。通常の故障の際は交換部品を札幌から取り寄せているが、鉄道や国道の不通を考慮して、航空便を利用して東京より取り寄せることとなった。また、巻き上げ機の位置ずれなどの被害では揚重作業などが必要となり、一般の保守員には対応できないが、発生当時、エレベーターの工事業者が釧路に滞在していたため、協力を得て、速やかな復旧が行えた。このため、16日中にほぼ80%の復旧を完了している。

17日(日)以降、東京や札幌などから、物損事故の調査や復旧作業の応援にかけつけ、オフィスビル等で休日のため入館できない建物を除いて、物損被害のないエレベーターは、17日中に復旧を終了した。そして、19日(火)には、物損被害を受けたエレベーターの修理も完了し、全てのエレベーターの復旧が完了している。

3. 復旧作業における問題点

今回の地震では、物損被害が多発したが、それと比較して、閉じ込め事故など人的な被害は少なかった。その理由の一つは地震の発生時刻が午後8時以降で、デパート、スーパーなどの利用者の多い建物では営業時間外であり、ほとんどが運行していなかったためである。また、祝日でオフィスビルでも利用者が少なかったと思われる。この

ため、もし平日の出退勤時や夕方の買物時間などに地震が発生した際には、閉じ込め事故の多発が容易に想像できる。さらに停電による閉じ込めが報告されていないことも、閉じ込め事故を減らした。エレベーターの集中する、釧路市街で地域停電が発生した場合、閉じ込めが多発したであろう。また今回の地震では被害を受けた地域が釧路・帯広など、エレベーターの比較の少ない地域であったこともあり、復旧も早急に行われた。ただし、電話の不通による、復旧活動の遅れ、不便などが改めて問題となった。地震などにより一斉に故障が多発した際には、電話による故障の連絡や、作業員の巡回により対応を行っているが、閉じ込めなど急を要する場合には巡回による発見では時間的に限界があり、現場からの連絡に頼るしかない。今回の地震でも電話が不通となったが、閉じ込め事故がほとんど発生せず、発生現場も営業所の近くであったため、救出が速やかに行えた。しかし遠隔地での発生や停電による多発などの際には、閉じ込め連絡の遅れによる、長時間の閉じ込めが容易に想定される。このため、各ビルからの連絡手段の確保や速やかな巡回方法の検討が必要と思われる。

4. 釧路沖地震による管制状況と最大加速度

図2にはエレベーターの管制状況と最大加速度の関係を示す。最大加速度は気象庁、港湾技術研究所、土木研究所、建築研究所、および鉄道総合技術研究所によるデータ¹⁾を用いた。この中には記録補正が必要と思われる地震計 (SMAC等) による記録も含まれるが、図2ではそのまま用いている。気象庁の加速度計では函館と札幌はそれぞれ40Galと30Galであるが、管制状況に明かな差が生じている。エレベーターの種類により地震感知器の設定値が異なるが、台数の多いロープ式エレベーターの低設定値が、地動入力30galに建築物の応答倍率 (3~5程度)²⁾ を乗じた値をもとに設定してあることによると考えられる。今後、地震感知器の種類別に整理し、物損被害と管制状況との関係を明かにしていきたい。

5. 1992年2月2日の地震による被害

1992年2月2日4時4分に、東京湾の浦賀水道付近を震源として発生した地震³⁾では、東京で震度5を記録した。日本エレベーター協会の調べによると、東京都内では、約76%のエレベーターが管制運転により停止して

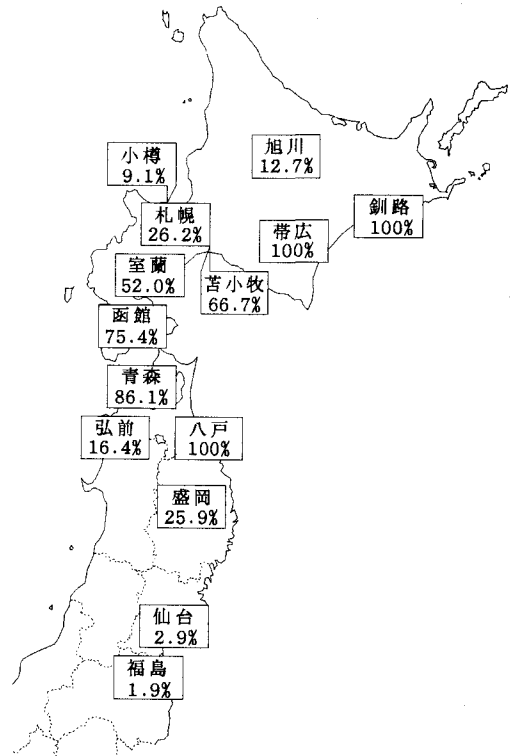


図1 釧路沖地震におけるエレベーターの管制状況

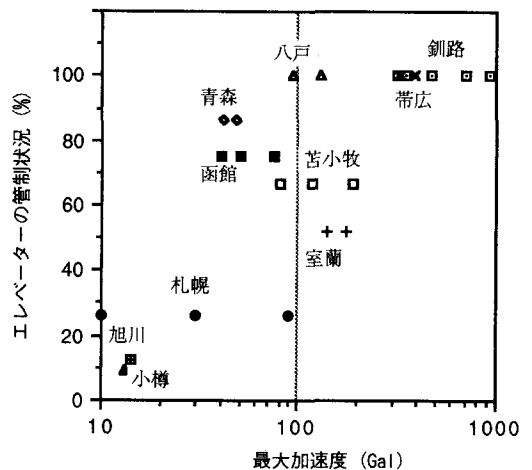


図2 釧路沖地震におけるエレベーターの管制状況と最大加速度

いるが、実際に物損被害があったエレベーターは少ない。つり合いおもりの脱レールが東京都内で約10件発生しているが、すべて建築基準法による、耐震基準の強化が行われる以前に設置されたエレベーターである⁴⁾。幸い発生時間が未明であり、利用者がほとんどいない時間であったこともあり、閉じ込め事故も報告されていない。A社での被害も脱レールが渋谷区と文京区で各1件、報告されただけである。しかし、都内だけでも約9000台のエレベーターが停止し、全エレベーターの復旧には、発生当日が日曜日で入館不可能な建物も存在し、24時間以上の時間を要している。

この地震におけるA社の東京地区の管制状況を図3と図4に示す。図3は1985年4月以降に設置された油圧エレベーターの管制状況を示している。使われている地震感知器はS波地震感知器の普通級（周波数特性が、1～5Hzではフラット特性、5Hz以上では下降特性）である。このタイプのエレベーターは機械室が1階や地階にあり、運行停止の基準となる低設定値は60Galである。図4は同じく、1985年4月以降に設置された、機械室の高さが45m以下にある、ロープ式エレベーターの管制状況であり、このタイプは低設定値を120Gal²⁾に固定してある。都区部では多くの区で80%以上の高い値を示しており、ほとんどのエレベーターが停止したことが分る。また全体的に、図3よりも高い値を示している。これは、油圧エレベーターには、ロープ式と違い、つり合いおもりが存在しないなど構造上安全なため、ロープ式の設定値の基準となった地動入力30Galと比較して、高めである60Galに設定されているためである。地区により多少のばらつきがあるのは、建物の構造や場所による違いと思われる。

図5と図6は東京ガスの地震計ネットワークによる、地盤の最大加速度³⁾とエレベーターの管制状況の関係を示したものである。図5は地盤の最大加速度と油圧エレベーターの管制状況の関係を示している。多摩市のように同じ市内でも観測点により、大きな違いが現われるため、ばらつきがあるが、ほぼ100Gal付近を境に管制状況が高くなっていることが分る。目黒区の加速度は付近の加速度と比べると、特別高い加速度が観測されており、観測点の地盤等の影響が考えられる。図6は地盤の加速度とロープ式エレベーターの管制状況の関係を示している。機械室が建物の最上部にあるため、図5よりは全体に管制状況が高くなっているが、個々の建物の影響を受けるので、場所によっては図5の場合と逆転しているところも見られるが、やはり100Galの近辺を境に管制状況が高くなっている。これについても建物の構造やその土地の地盤が影響しているものと思われ、明確な関係が掴めない。今後、建物構造やその土地の地盤条件などを考え合わせ、同一地区内での管制状況の違いについて検討していきたい。また、この地震の物損被害を考慮すると、現行の地震感知器の設定値は低めの傾向にあり、必要以上にエレベーターを停止させていると思われる。管制状況と同様に、物損事故に関しても、過去の地震も含めて検討を行い、適切な設定値を見つけ出したい。

6. おわりに

以上に述べたように、釧路沖地震では物損被害が微小なものを含め、多数発生しており、今後ともこのような大地震が発生した際には、閉じ込め故障などが発生すると思われる。更に電話回線が輻輳などで不通となると、故障通報の遅れによる、長時間の閉じ込めなどの二次的な被害が想定される。このような二次被害を防止するために、通信手段の確保が必要となっている。また今回のような通信が遮断された場合の巡回ルートを含めた、地震後の復旧方法の検討も必要である。

逆に1992年2月2日の地震のように、物損被害がほとんど生じない場合には、エレベーターを必要以上に停止させる場合が多い。これにより、エレベーターの増加と共に復旧活動が長時間化する傾向であり、ビル利用者に影響を与えている。このため、物損被害のないエレベーターの停止を防ぐために、地震感知器の設定値の見直しが必要になろう。したがって、今後、揺れの強さ、建物構造および地盤条件などと地震感知器の設定値や物損被害との関係を明かにしていく予定である。

参考文献 1)強震観測事業推進連絡会議：強震速報No.41, 1993； 2)(財)日本建築センター、(財)日本昇降機安全センター、(財)日本エレベーター協会：昇降機技術基準の解説(1984年版)； 3)片山恒雄、根岸七洋：1992年2月2日・浦賀水道付近の地震の概要、土木学会第47回年次学術講演会概要集、I部門、1992； 4)(財)日本昇降機安全センター：安全センターニュースNo.75, 1993

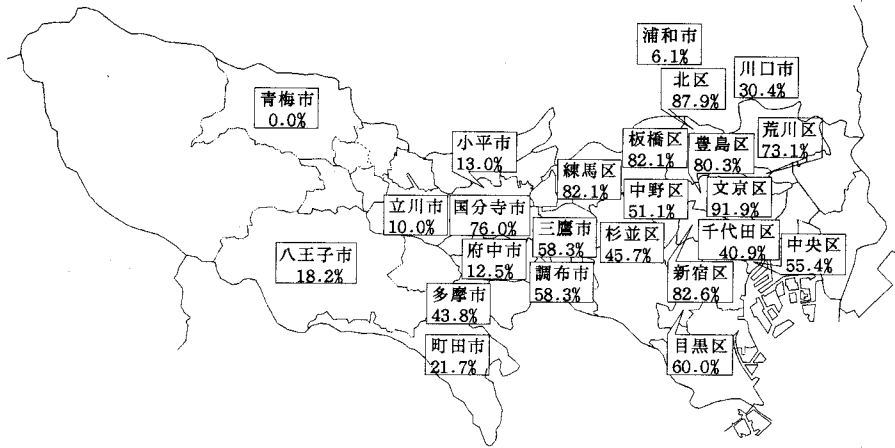


図3 1992年2月2日の地震における油圧エレベーターの管制状況

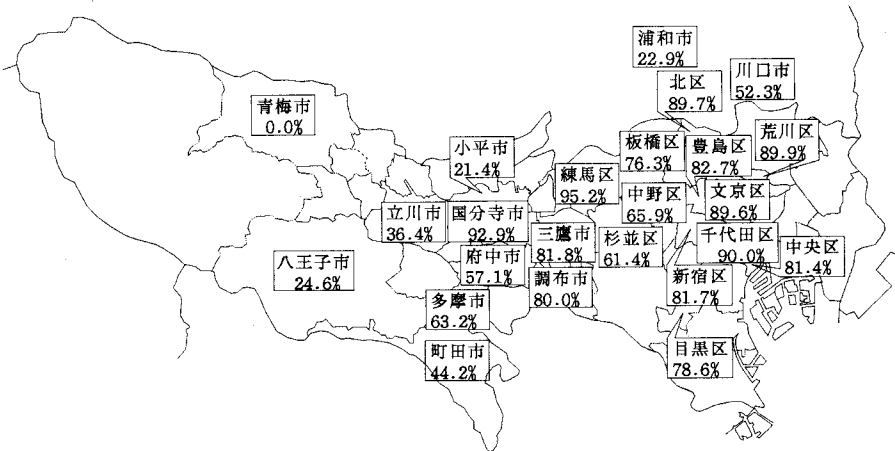


図4 1992年2月2日の地震におけるロープ式エレベーターの管制状況

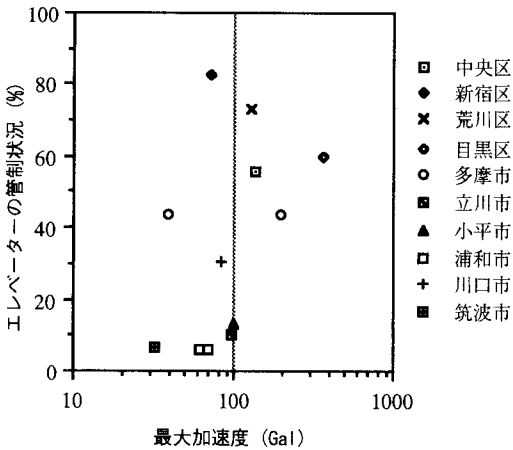


図5 1992年2月2日の地震による油圧エレベーターの管制状況と最大加速度

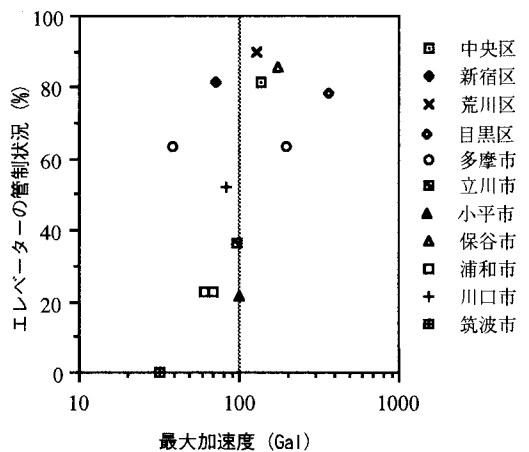


図6 1992年2月2日の地震によるロープ式エレベーターの管制状況と最大加速度