

昇降機の国内法規・規格動向と耐震対策

伊藤和昌*
東中恒裕*
井上昭彦*

Legal Trends and Earthquake-proof Measures of Mitsubishi Elevators and Escalators

Kazumasa Ito, Tsunehiro Higashinaka, Akihiko Inoue

要旨

市場で発生した災害・事故などに対する安全の強化や、技術革新への対応として昇降機に関する法規・規格の改正が日々行われている。最近の法規・規格の改正動向の1つとして、国土交通省が、重大な事故を防ぐための安全装置の審査方法についての報告書をまとめた⁽²⁾。この報告書では、エレベーターの安全装置について、日本工業規格(JIS)を制定して告示で引用することで安全審査を実施する方針を決定した。

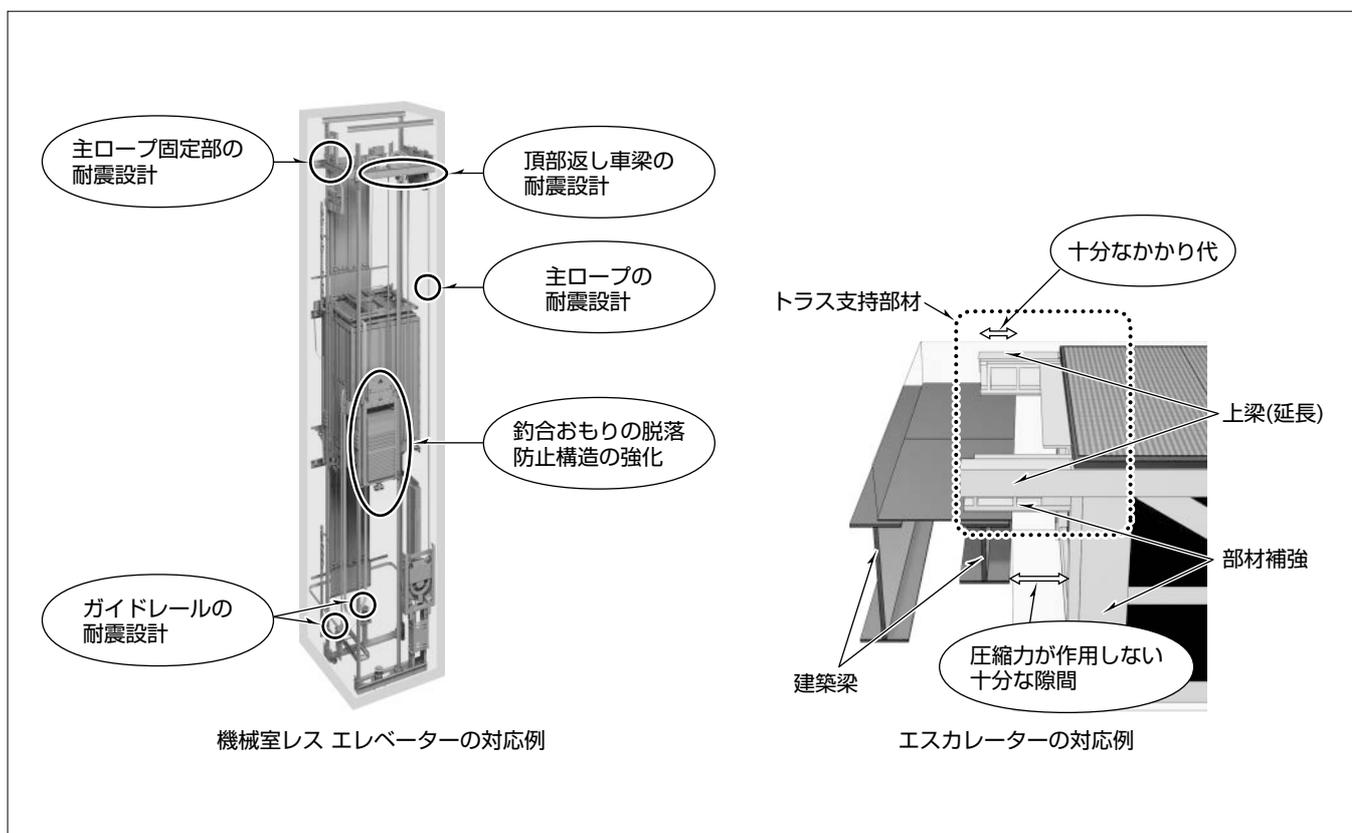
一方、2011年3月11日に発生した東日本大震災を教訓とした対策として、改正建築基準法が2014年4月に施行された。主な改正項目は、利用者の安全確保と昇降機設備の被害抑制を目的とした“耐震性能の強化”の義務化である。

エレベーターの法改正の主な項目は次のとおりである。

- (1) 釣合おもりの脱落防止構造の強化
- (2) 地震に対する構造耐力上の安全性を確かめるための構造設計の規定追加
- (3) 荷物・自動車用エレベーターの適用除外規定の変更
また、エスカレーターの法改正の主な項目は次のとおりである。

- (1) 十分な“かかり代”を設ける構造方法
- (2) 脱落防止措置(バックアップ措置)を講じる構造方法
- (3) 上層階トラス固定側の設計用水平震度を1.0に強化

三菱電機は、これら改正建築基準法の耐震対策に対応したエレベーター及びエスカレーターの開発を行うことで、より確かな安全・安心を提供する。



法改正の対応例

エレベーターの法改正対応として、①釣合おもりの脱落防止構造の強化、②主ロープ固定部、主ロープ、ガイドレール及び頂部返し車梁(はり)に対する地震時の構造設計が追加規定された。エスカレーターの対応として、③十分な“かかり代”を設ける構造方法が規定された。かかり代延長対策として層間変形角1/40の場合両端非固定支持として、階高8,800mmまではトラス支持部材を延長する。

1. ま え が き

昇降機に関する法規・規格は、市場で発生した災害・事故などに対する安全の強化や、技術革新に対応して改正が行われてきた。

国土交通省は、2015年4月27日に重大な事故を防ぐための安全装置の審査方法についての報告書を社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会に示し、了承された。報告書は、エレベーターの一部の安全装置について、JISを制定して告示で引用することで安全審査を実施する方針を決定した。

また、2011年3月11日に日本に甚大な被害をもたらした東日本大震災を教訓とした対策として、改正建築基準法が2014年4月に施行された。主な変更項目は、利用者の安全確保と昇降機設備の被害抑制を目的とした“耐震性能の強化”の義務化である。

本稿では、昇降機の国内法規・規格動向として先に述べた報告書の骨子を述べるとともに、当社昇降機の耐震対策のための開発内容及び製品の特長について述べる。

2. 昇降機の国内法規・規格動向

2.1 安全装置のJISの制定と審査方法の分類

国土交通省は、昇降機の一部の安全装置についてJISを制定して告示で引用することで安全審査を実施する方針を決定した。

国土交通省の昇降機等安全審査ワーキンググループでは、重大な事故を防ぐための安全装置の審査方法について検討を行い報告書をまとめた⁽²⁾。報告書では、安全装置等の審査方法として、**図1**に示すように3つの方法に分類された。

(1) 大臣認定による審査

重大事故を防ぐために最終段階で機能する安全装置のうち、高度な検証を必要とするものの審査

(2) 大臣認定又は引用規格による審査

重大事故を防ぐために最終段階で機能する安全装置のうち、一般化した技術要素によるものの審査

(3) 現行規定による審査

重大事故を防ぐために最終段階で機能する安全装置以外のものの審査

(2)については、安全装置についてJISを制定して告示で引用する方法を採用することになった。戸開走行保護装置は、既に(1)の国土交通大臣認定制度の審査が適用されている。

JISを制定して告示で引用する審査方法は、**表1**に示すように、調速機、非常止め装置、緩衝器の3つの安全装置が対象となるが、電気回路装置である調速機・非常止め装置・緩衝器、及び装置の起動をソフトウェアを通じて行う装置は、起動の確実性や信頼性の評価が難しいことから、国土交通大臣認定による審査対象となった。

安全装置のJIS原案は、一般社団法人日本エレベーター協会が作成を行う。安全審査の制度変更は、政令の改正が必要で、一般的には政令改正から約2年後の施行となることが多い。今後、安全装置のJIS規格製品を第三者が認証する仕組みや、国土交通大臣認定の新たな制度化が進められる予定である。

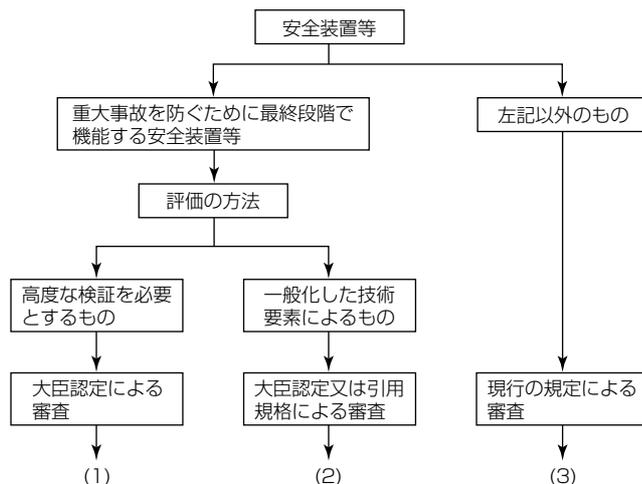


図1. 安全装置等の整理の基本的コンセプト⁽²⁾

表1. 具体的安全装置等の分類とその審査方法⁽²⁾

	図1の(1)に分類されるもの (国土交通大臣認定の対象化)	図1の(2)に分類されるもの (国土交通大臣認定又は引用規格の対象化等)	図1の(3)に分類されるもの (当面は現行の運用を継続)
戸開走行保護装置	全ての戸開走行保護装置 (認定による審査が必要であることを明確化)	(告示による審査ルートは存在しない)	—
調速機 非常止め装置 緩衝器	電気回路装置である調速機・非常止め装置・緩衝器 (業務方法書の内容を明確化)	一般的な調速機・非常止め装置・緩衝器 (国土交通大臣認定による審査の枠組を在置し、適切な規格が策定された場合は、告示で引用)	—
ファイナルリミットスイッチ 保守点検スイッチ 頂部/ピット安全確保スイッチ	装置の起動をソフトウェアを通じて行う装置 (業務方法書の内容を明確化)	装置の起動を機械的に行うもので、ソフトウェアを含まないスイッチ (告示内容を明確化)	—
リミットスイッチ調節装置 (戸開走行防止装置)	—	—	リミットスイッチ調節装置
地震時管制運転装置	—	—	地震時管制運転装置
床合わせ補正装置	—	—	床合わせ補正装置
過荷重検知装置	—	—	過荷重検知装置
非常連絡装置	—	—	非常連絡装置
停電灯	—	—	停電灯

2.2 昇降機の耐震対策に関する法改正

改正建築基準法が2014年4月に施行された。法改正の背景としては、2011年3月に発生した東日本大震災でエレベーターの釣合おもりの脱落やガイドレールが変形する事案、エスカレーターが脱落する事案が複数発生したことが挙げられる。これら事案を受け、2013年7月に“建築基準法施行令を改正する政令”が公布され、エレベーター及びエスカレーターの耐震対策に関する建築基準法施行令、告示が制定及び一部改正され、2014年4月に施行された。

次に、昇降機の耐震対策に関する法改正の概要と当社昇降機での対応について述べる。

3. エレベーターの耐震対策

3.1 エレベーターの耐震対策に関する法改正

東日本大震災でエレベーターの釣合おもりの脱落やレールが変形する事案の発生を受け、2013年7月に、エレベーターの主要構造を規定する建築基準法施行令第129条の4に、耐震上の強度についての項目(第3項第五及び六)が追加されるなどの改正が公布された。具体的な内容は、次の3項目である。

- (1) 平成25年国土交通省告示第1047号：エレベーターの地震その他の震動に対する構造耐力上の安全性を確かめるための構造計算の基準を定める件(建築基準法施行令第129条の4第3項第六に基づく)

この告示によって、エレベーターのかご又は釣合おもりを支持する主要な部分の地震時の強度計算方法が定められた。主要な支持部分は、表2のような機器が該当する。

この告示における強度計算は式(1)で表わされる。エレベーターの昇降する部分及び積載荷重によって生じる力に地震力によって生じる力を付加した時の、主要な支持部分の断面に生じる短期の応力度に対し、別途規定される短期に生じる力に対する許容応力度を超えないことを定めている。

$$\text{応力度} = G + P + K \dots\dots\dots(1)$$

G：エレベーターの各機器(かご、釣合おもりなど)によって生じる力

P：かごに乗り込む利用者及び搭載する荷物などによって生じる力

表2. 地震時の強度計算方法が定められた機器

エレベーターの種類	対象となる機器
ロープ式(機械室あり)	主ロープ、主ロープ固定部、マシンビーム
ロープ式(機械室なし)	主ロープ、主ロープ固定部、かご、積載荷重等が常時作用するガイドレール、頂部返し車梁
直接油圧式	プランジャー、シリンダー、圧力配管、高圧ホース
間接油圧式	プランジャー、シリンダー、圧力配管、高圧ホース、主ロープ、主ロープ固定部、頂部綱止め梁
くさり(チェーン)駆動式	くさり、くさり固定部、マシンビーム
段差解消機など	ガイドレール、ガイドレール支柱など
その他の特殊エレベーター	駆動機構

K：地震力によって生じる力

地震力によって生じる力Kは、

$$K = k(G + P) \dots\dots\dots(2)$$

で示され、kは地域ごとに定められた係数にこの告示で定められた設計用水平又は鉛直標準震度を乗じた値であり、標準的には、水平=0.6、鉛直=0.3である。

- (2) 平成25年国土交通省告示第1048号：地震その他の震動によってエレベーターの釣合おもりが脱落するおそれがない構造を定める件(建築基準法施行令第129条の4第3項第五に基づく)

この告示では、地震時に釣合おもりの枠が変形・損傷して釣合おもりが脱落したり、搭載されているおもり片が枠から外れて落下したりすることのない次の構造にすることが求められている。

- ① 枠及びおもり片によって構成すること。
- ② 枠は(1)同様の荷重の元で強度規定を満足すること。
- ③ 枠の変形によるおもり片の落下防止措置を講じるか、枠の変形量を規定以下とすること。
- (3) 平成25年国土交通省告示第1050, 1051, 1052号：乗用及び寝台用エレベーター以外のエレベーターの昇降路、制御器、安全装置について安全上支障がない構造方法を定める件(建築基準法施行令第129条の11に基づく)

これら3つの告示では荷物用エレベーター等における一部施行令の適用除外可能な構造が定められた。当社の該当する荷物用エレベーター等で適用除外できない構造の場合、従来から当該施行令に対応済みである。

3.2 昇降機耐震設計・施工指針の改定

従来、エレベーターの耐震設計は法令ではなく、昇降機耐震設計・施工指針で規定されていた。今回の法改正前は2009年版であったが、法改正を反映してこの指針も2014年版に改定された。従来との主要な変更箇所を次にまとめる。

- (1) 強度計算の対象となる機器に使用する鋼材が、鋼材等の許容応力度並びに材料強度の基準強度を定める建設省告示第2464号に定められた値がない鋼材の場合、引っ張り強さに対して安全率2を考慮する(表3)。
- (2) かご、釣合おもりの走行を案内するガイドレールで機器によって生じる圧縮荷重を常時負担する構造の機械室レスエレベーターで、路走行に伴う加減速を考慮して、昇降する部分の荷重については、1.3を乗じた数値で計算する。

表3. 基準強度の指定有無による許容応力度の違いの例

	SS400	海外規格品など
引っ張り強さ	410	410
降伏点	235	235
告示第2464号による基準強度	235	なし
短期許容応力度	235	205

単位：N/mm²

(3) 鈎合おもりの枠の耐震設計を行う際、上下及び左右の枠の接合部はピン接合と見なして、応力度計算及び変形の計算を行う。

3.3 法改正に関する当社製品の対応

3.1節と3.2節で述べた法改正と設計・施工指針の改正を受けて実施した当社製品の対応例について次に述べる。

(1) ガイドレール鋼材の国土交通大臣の認定取得

従来ガイドレール鋼材は、3.2節で述べた告示外の材料を適用し、耐震設計では、耐震設計・施工指針に従い、その鋼材の降伏点を許容応力度とした計算を行っていたが、3.2節(1)のとおり、引き続き同じレール素材を適用する場合、引っ張り強さに対して安全率2を考慮した許容応力度で評価することが求められた。また、3.2節(2)の荷重条件の変更によって、作用荷重が3割増しとなることと合わせ、法改正によって6～7割程度まで強度が低下することに相当し、ガイドレールのサイズアップ並びにコスト増、エレベーターの占有平面積の増大といった大きな影響が生じる問題があった。これに対して、鋼材メーカーと協力し、ガイドレール鋼材の国土交通大臣の認定を取得したことで、従来と同じ許容応力度での設計を可能とし、法改正による影響を最小化した。

(2) 鈎合おもりの構造変更

従来鈎合おもりの枠の耐震設計では、3.2節で述べた耐震設計・施工指針に基づき、枠の接合部を剛節と見なした計算を行っていた。このため、枠の一部を補強する構造変更を行い、これまでと同等のエレベーター仕様範囲に対応できるようにした(図2)。

(3) エレベーターリニューアル耐震改修メニューの変更

先に述べた法改正は、古くなったエレベーターを部分的、全面的に改修するエレベーターリニューアルにも影響が及ぶ。具体的には、昇降機確認申請を再度行う必要があるような改修の場合、この改正への対応を目的とした改修でない時でも対応が必要になる。古い機種の場合、3.2節(1)の告示に基準強度が定められていない鋼材を適用しているケースがあるため、該当機器の交換など、耐震メニューの見直しを行い、法改正に対応した。

また、基準強度が定められている鋼材を使用しているケースでも、この法改正に適合する強度を持つか再計算を行い、必要に応じて機器の交換を行う対応とした。

4. エスカレーター耐震対策

4.1 エスカレーターの耐震対策に関する法改正

東日本大震災で、建築物の変形によってエスカレーターが建築梁から外れ、脱落するという事案が複数発生した。エスカレーターが建築梁から脱落した主要因は、エスカレーターの上端と下端を支持している建築梁間の距離が地震力によって広がり、エスカレーター端部の建築梁に対するエスカレーター支持部材のかかり代の長さが維持できなくなったことが考えられる。これを受けて2013年7月に建築基準法施行令第129条の12第1項第六“地震その他の震動によって脱落するおそれがないものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとする。”が規定された。また2013年国土交通省告示第1046号(以下“告示第1046号”という。)で、地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造方法が規定された。次にその内容を示す。

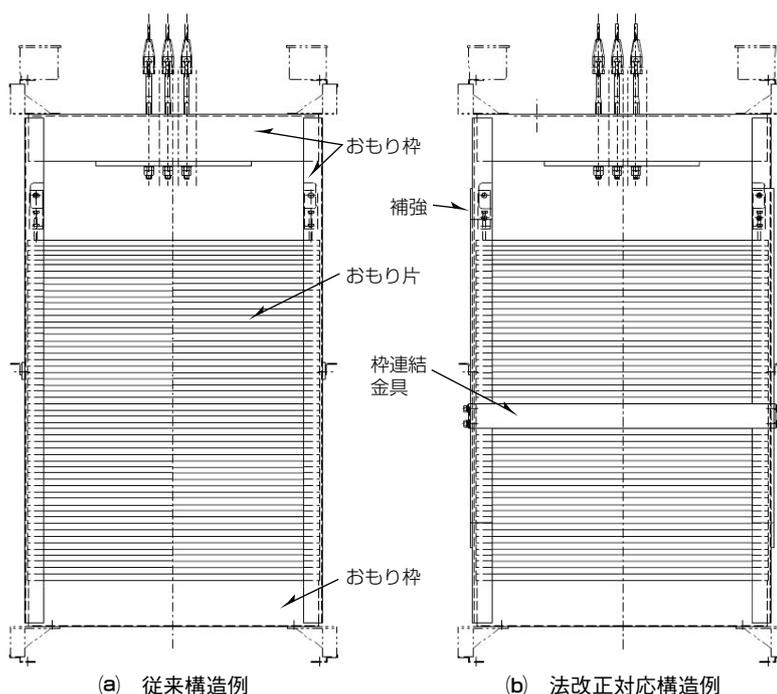


図2. 鈎合おもりの構造変更例

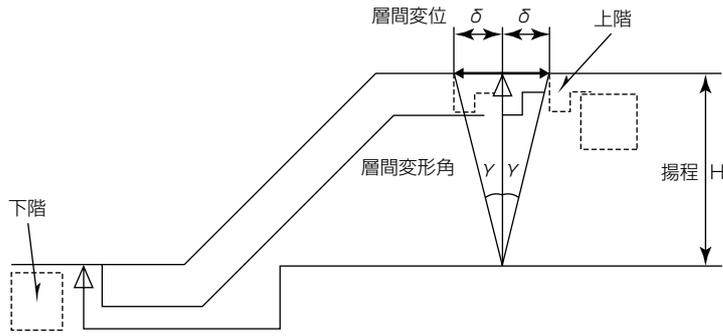


図3. 層間変形角と層間変位

(1) 脱落するおそれがない構造方法

エスカレーターのトラスを支持する構造は、トラスの一端を支持部材を用いて建築梁等の強固な部分(以下“建築梁”という。)と固定し、その他端の支持部材を建築梁の上にトラスが摺動(しゅうどう)するもの(以下“一端固定”という。)又はトラスの両端の支持部材を建築梁の上にトラスが摺動するもの(以下“両端非固定”という。)である。このトラスの非固定支持部側でエスカレーターが脱落するおそれがない構造とは、エスカレーター支持部材の建築梁に対するかかり代長さが確保されていることを意味し、脱落しないための必要なかかり代長さは“建築物の層間変位”と“エスカレーターと建築物間の隙間”によって規定される。建築物の層間変位 δ は建築物の層間変形角 γ によって決まり(図3)、層間変位は式(3)によって表される。

$$\delta = \gamma \cdot H \dots\dots\dots(3)$$

δ : 層間変位

γ : 層間変形角

H : 揚程

エスカレーターの耐震設計で使用する建築物の層間変形角を“エスカレーターの設計用層間変形角”というが、告示第1046号の公布前にあった昇降機耐震設計・施工指針2009年版(以下“09耐震指針”という。)の規定値1/100に対して、告示第1046号では1/40~1/24以上が原則となり、脱落しないためのかかり代長さの大幅な延長が必要となった。

次にかかり代長さ B の計算式を示す(図4)。

①一端固定の場合

$$B \geq \Sigma \gamma \cdot H + 20 (C > \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \dots\dots\dots(4)$$

$$B \geq 2 \Sigma \gamma \cdot H - C + 20 (C \leq \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \dots\dots\dots(5)$$

C : 非固定端の隙間(mm)

γ : エスカレーターの上端と下端の間の各階の設計用層間変形角

H : エスカレーターの上端と下端の間の各階の揚程(mm)

B : かかり代長さ(mm)

②両端非固定の場合

$$B \geq \Sigma \gamma \cdot H + D + 20 (C + D > \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \dots\dots\dots(6)$$

$$B \geq 2 \Sigma \gamma \cdot H - C + 20 (C + D \leq \Sigma \gamma \cdot H \text{ の場合}) \dots\dots\dots(7)$$

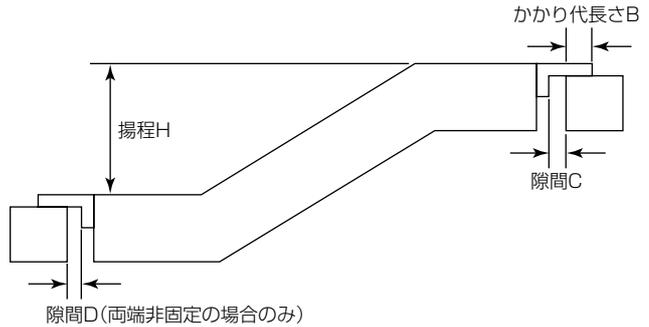


図4. かかり代長さ と 隙間

C : 計算しようとする一端の隙間(mm)

D : 他端の隙間(mm)

γ : エスカレーターの上端と下端の間の各階の設計用層間変形角

H : エスカレーターの上端と下端の間の各階の揚程(mm)

B : かかり代長さ(mm)

また層間変位によって建築梁間の距離が小さくなった場合でも、トラスに圧縮力が作用しないようにエスカレーターと建築梁に十分な隙間を設ける事項が追加された。

(2) 脱落防止措置を講じる構造方法

設計用層間変形角によって十分な隙間が確保された場合でも十分なかかり代長さが確保できない場合は、脱落防止措置を講じる必要がある。この場合のかかり代長さの算出に用いる設計用層間変形角は1/100以上でなければならない。

(3) 設計用水平標準震度の見直し

エスカレーターのトラス固定支持部分で、地震力によって負荷される水平荷重を算出する際に用いる地震力係数(設計用水平標準震度)の最大値が、09耐震指針では0.6であったが、告示第1046号では1.0となり強化された。

4.2 法改正に関する当社製品の対応

4.1節で述べた法改正を受けて実施した当社製品の対応例について次に述べる。

(1) かかり代長さの延長と隙間の確保

トラス支持部材と建築梁の十分なかかり代を確保するために、トラスの支持部材や上梁を延長する構造を採用した。

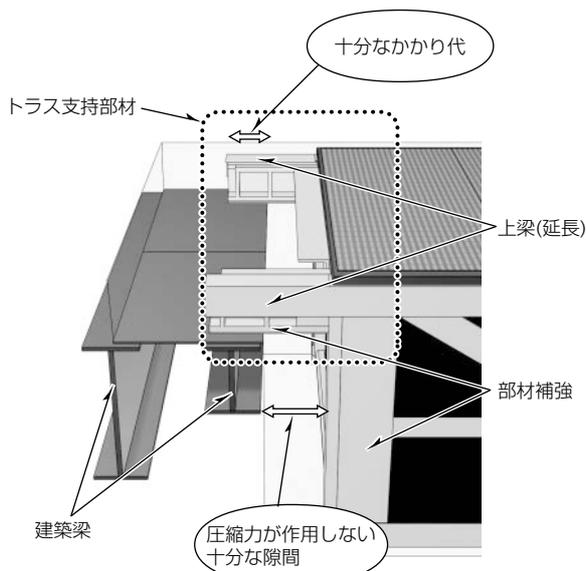


図5. かかり代と隙間

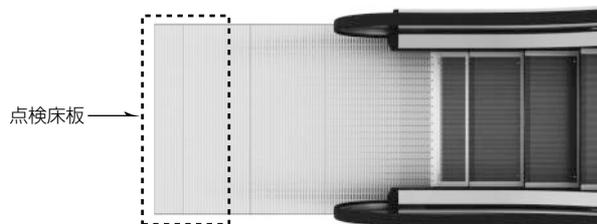


図6. 点検床板

また層間変位によって建築梁間距離が小さくなった場合でもトラスに圧縮力が作用しないように、建築梁とエスカレーターの間に十分な隙間を確保した(図5)。

またトラス支持部材を延長した部分は建築床仕上げとせず、開閉可能なエスカレーターの床板を延長した構造として、エスカレーター設置後も容易に支持部を点検できる構造とした(図6)。

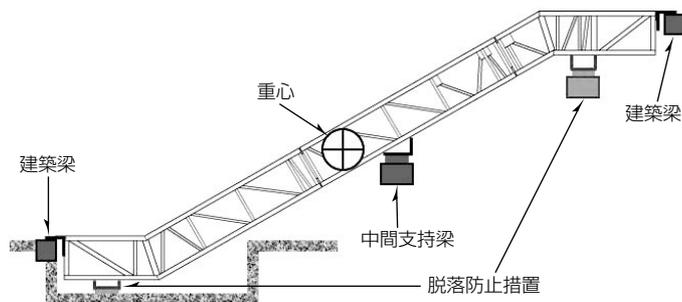


図7. 脱落防止措置の例

(2) 脱落防止措置

十分なかかり代長さが確保できない場合は、端部支持部が建築梁から外れてもトラスが自立する位置に建築工事で脱落防止措置を追加する。また中間支持梁を脱落防止措置として設置する場合もある(図7)。

5. むすび

昇降機に関する法規・規格は、日々市場で発生する災害・事故などに対する安全の強化や、技術革新に対応して改正が行われている。三菱エレベーター・エスカレーターは、改正建築基準法に対応することで、より確かな安全・安心を提供する。

参考文献

- (1) 一般財団法人日本建築設備・昇降機センター，一般社団法人日本エレベーター協会：昇降機技術基準の解説 2014年版
- (2) 社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会昇降機等安全審査ワーキンググループ：“エレベーターの安全装置等の審査のあり方について”報告書，国土交通省住宅局建築指導課（2015）