

エスカレーターの落下防止対策に係る技術基準原案

1. 基本的スタンス

2009年版の昇降機耐震設計・施工指針（財団法人日本建築設備・昇降機センター、社団法人日本エレベータ協会編集。以下「現行指針」という。）においては、エスカレーター一本体が極めて稀に発生する地震時（以下「大規模地震時」という。）において落下しない耐震性能の確保を目標としている（同指針4. 1）。

昨年の東日本大震災における複数のエスカレーター落下事案を踏まえ、エスカレーターの落下防止対策について基準化を行うこととする。基準化に当たっては、現行指針を基礎として、必要な事項を追加・修正するという基本的スタンスに基づき、以下のような方向で技術基準を策定する。

2. 仕様ルート

大規模地震時におけるエスカレーターの落下防止対策としては、

（1）大規模地震時において想定すべき十分な「かかり代」（長辺方向の変位追従量をいう。以下同じ。）を設ける構造方法

（2）一定の「かかり代」を設けた上でバックアップ措置を講じる構造方法

が考えられる。エスカレーターの落下防止対策の基準化に当たっては、これらの構造方法（仕様ルート）が採用できるようにする。

※【補足説明】

- ・（1）については、①両端非固定とする場合、②一端固定とする場合等が考えられる。なお、エスカレーターの両端を固定する方法もあり得るが、知見が十分でないため、特殊検証ルートにより対応する。
- ・（2）については、①非固定部から脱落した場合にワイヤロープ等により落下防止する方法、②一端固定とした上で非固定側に中間支持部を設ける方法、③両端非固定とした上でトラス支持アングル以外でも2点以上で支持する方法等が考えられる。
- ・なお、一端固定とする場合とは、長辺方向に一端を固定する場合をいい、短辺方向には自由回転するようなピン留め方式も含む。

(1) 大規模地震時において想定すべき十分な「かかり代」を設ける構造方法

①両端非固定とする場合

i) エスカレーターは、構造的に一体である建築物の部分に設けるものとする。

※【補足説明】

- ・ 構造的に一体であるとは「大規模地震時において一体的に挙動する」という趣旨である。一の建築物であってもエキスパンションジョイント等により相互に応力を伝えない構造方法のみで接している建築物の部分を繋ぐものは該当しない。
- ・ 具体的には、エスカレーターを設置する階における床の剛性が全体的に十分に確保されていること、当該階の偏心が大きくないこと等に留意する必要がある、マニュアル等（技術的助言を含む）において具体的に例示する。
- ・ 構造的に一体でない建築物の部分に設けるものの構造方法については、高度な検証を要するため基準化せず、それぞれの建築物の部分の変位の検証に基づいたエスカレーターの特種検証ルート（個別検証）により対応する。

ii) 大規模地震時において想定すべき十分な「かかり代」は、エスカレーターの昇降高さ（揚程）の $1/40$ 以上とすることを原則とする。

- ・ ただし、中規模地震時の層間変形角が $1/200$ を超える場合（現行の基準では条件により $1/120$ まで可能）、上記の数値をそのまま採用することができないものとし、 $1/200$ を超える程度に応じて割増しの補正を行う（例： $1/40 \times 200/120 = 1/24$ ）。
- ・ 中規模地震時の層間変形角を計算しない場合又はその情報がない場合は、最大の $1/24$ を想定する。

※【補足説明】

- ・ 現行の建築基準法令の規定においては、中規模地震時における層間変形角について、原則 $1/200$ （構造耐力上主要な部分の変形によって建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合は $1/120$ ）以内とする制限がある。
- ・ 一方、大規模地震時における層間変位については、限界耐力計算の際に階高の $1/75$ （木造は $1/30$ ）を超えないものとされていることを除き、制限は設けられていない。ただし、限界耐力計算の場合であっても、特別な調査又は研究の結果に基づく場合は階高の $1/75$ 等の層間変位を超えることができる。
- ・ これらを踏まえ、近年の建築物の構造特性等を考慮し、大規模地震時において想定すべき十分な「かかり代」については、エスカレーターの昇降高さ（揚程）の $1/40$ 以上とすることを原則とする。
- ・ この数値は、構造設計においてその程度の層間変位を積極的に許容することを意味するのではなく、あくまでエスカレーター落下防止のためのリダンダンシーによるものである。なお、米国ASME規格においては、エスカレーターの昇降高さ（揚程）の最大 $1/40$ を想定して落下防止対策を講じることとされている。

- ・ただし、中規模地震時の層間変形角について、構造耐力上主要な部分の変形によって建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれがない場合は $1/200$ から $1/120$ まで緩和できることから、当該緩和規定を適用している建築物については、 $1/200$ を超える程度に応じて割増しの補正を行う。何らの構造計算もしない場合は、最大の $1/24$ を想定する。

iii) 上記 ii) の原則は、次のような場合に緩和できるものとする。

- ・強度型とみなせる構造計算（RC造建築物でルート1又はルート2-1、純ブレース構造のS造建築物でルート1）による場合は $1/100$ とする。
- ・特別の調査又は研究の結果に基づき大規模地震時における層間変位を適切に評価して算出することができる場合においては、 $1/100$ を下限として当該算出によることができるものとする。具体的には、次のような数値を採用することができる旨マニュアル等（技術的助言を含む）において例示する方向で引き続き検討。

(a) 時刻歴応答解析によって確かめた層間変位の数値

(b) 限界耐力計算によって確かめた層間変位の数値

(c) 中規模地震時の層間変位の5倍に $(D_s + 1/D_s) / 2$ を乗じた数値（エネルギー一定則）

なお、上記(c)については、 $D_s' = (Q_u/Q_{un}) \cdot D_s$ とした上で、中規模地震時の層間変位の5倍に $(D_s' + 1/D_s') / 2$ を乗じた数値を用いてもよい。

Q_u 、 Q_{un} 及び D_s は、それぞれ次の数値を表す。

Q_u ：令第82条の3第一号の規定によって計算した各階の保有水平耐力

Q_{un} ：令第82条の3第二号の規定によって計算した各階の必要保有水平耐力

D_s ：令第82条の3第二号の規定において各階の構造特性を表わすものとして建築物の構造耐力上主要な部分の構造方法に応じた減衰性及び各階の靱性を考慮して国土交通大臣が定めた数値

- ・層間変位は、エスカレーターの長辺方向だけでなく、短辺方向についても同様に想定する。具体的には、エスカレーターの非固定部が大規模地震時における層間変位に対して支障なく追従できるように措置する。

※【補足説明】

- ・強度型とみなせる構造計算による場合は現行指針どおり $1/100$ を想定することとする。
- ・上記 ii) の原則を緩和する場合は、時刻歴応答解析等によって確かめた層間変位を採用することができる旨マニュアル等（技術的助言を含む）において例示する。
- ・なお、限界耐力計算を用いて大規模地震時の層間変位を確かめる場合、建築物の形状・架構形式等において鉛直方向に整形であり、全体崩壊形が構成される場合など、特定階に損傷が集中しないことに留意する必要がある。

iv) 「かかり代」の余裕度については、現行指針を踏襲して20mm以上とする。

※【補足説明】

- ・「かかり代」には、20mm以上の余裕度を設けることとする（最低限20mm確保すれば要件を満たす）。
- ・地震時に「かかり代」が減少する方向に建築物が変形する場合、エスカレーターがトラス支持アングル先端近傍で支持されることとなり、荷重の支持・伝達には一定の「荷重伝達長さ」を確保する必要があるため、この長さを20mm以上とするものである。

v) 大規模地震時における長辺方向の層間変位によってエスカレーターに圧縮力が生じないようにする。ただし、当該圧縮力によってエスカレーターの落下につながるトラス部材及び支持材（はり等）の著しい損傷が生じないことが確かめられる場合は、この限りでない。

※【補足説明】

- ・原則として、上下の「隙間」（トラス部材と支持材（はり等）とのクリアランスをいう。以下同じ。）の合計が大規模地震時の層間変位以上となることを確かめる。これにより、トラス部材の塑性変形を防ぐことができる。
- ・圧縮力が生ずる場合は、大規模地震時にトラス部材及び支持材（はり等）の断面に生ずる応力度が短期許容応力度を超えないこと等を確かめる。

vi) エスカレーターの非固定部は、大規模地震時における長辺方向及び短辺方向の層間変位に対して支障なく追従できるようにする。

※【補足説明】

- ・非固定部の移動範囲に対して、建築物の構造床と衝突しないように「動き代」（長辺方向及び短辺方向の変位に追従できる範囲をいう。以下同じ。）を設ける。その際、短辺方向についてはストッパーを設けて移動を制約し、「動き代」を小さくする。「動き代」には、トラスの移動を妨げる材料を設置・充填してはならない（容易に破損・変形してトラスの移動を妨げない材料は使用できる）。
- ・ただし、短辺方向の「止め金具」が短辺方向の層間変位によって破断しないことが証明される場合は、上記の「動き代」やストッパーは不要とする。その場合、短辺方向の層間変位によるトラス本体の応力に対する安全性を検証する。
- ・ストッパーと「止め金具」との位置関係、強度計算の考え方についてはマニュアル等（技術的助言を含む）において明確化する。

②一端固定とする場合

- i) エスカレーターは、構造的に一体である建築物の部分に設けるものとする。
- ii) 大規模地震時において想定すべき十分な「かかり代」は、エスカレーターの昇降高さ（揚程）の $1/40$ 以上とすることを原則とする。
- iii) 上記ii)の原則は、強度型とみなせる構造計算による場合は $1/100$ に緩和できるものとし、また、時刻歴応答解析によって確かめた層間変位の数値等を採用することができるものとする。
- iv) 「かかり代」の余裕度については、現行指針を踏襲して20mm以上とする。
- v) 大規模地震時における長辺方向の層間変位によってエスカレーターに圧縮力が生じないようにする。ただし、当該圧縮力によってエスカレーターの落下につながるトラス部材、固定部及び支持材（はり等）の著しい損傷が生じないことが確かめられる場合は、この限りでない。
- vi) エスカレーターの非固定部は、大規模地震時における長辺方向及び短辺方向の層間変位に対して支障なく追従できるようにする。

※【補足説明】

- ・非固定部の基準については、①i)～vi)と基本的に同様。

- vii) エスカレーターの固定部は、大規模地震時において破断が生じないようにする。

※【補足説明】

- ・エスカレーターを設ける階の区分に応じて設計用標準水平震度及び設計用標準鉛直震度を定め、エスカレーターの固定部に作用する水平荷重を計算する。なお、上層階の設計用標準水平震度は0.6（現行指針）から1.0に強化する。
- ・上記v)ただし書により、エスカレーターに圧縮力が生じる場合、トラスの圧縮反力も考慮した固定部の安全性の検証が必要である。
- ・米国の事例のように、固定部をピン留めして、長辺方向に固定・短辺方向に自由（回転）とする方式も採用できる。
- ・固定部が破断しないことのチェックだけでなく、支持材（はり等）が構造耐力上安全であることについても考慮する。

(2) 一定の「かかり代」を設けた上でバックアップ措置を講じる構造方法

①非固定部から脱落した場合にワイヤロープ等により落下防止する方法（現行指針には記載なし）について、新たに基準化する。

※【補足説明】

- ・バックアップ措置となるワイヤロープ等の強度、寸法等について基準化する。
- ・エスカレーターが支持材（はり等）から脱落した際の衝撃や傾きが乗客に与える影響を最小限にするよう考慮する必要がある。
- ・一定の「かかり代」については、現行指針で示されてきた層間変形角 $1/100$ を想定し、 20mm 以上の余裕度を加えるものとする。
- ・バックアップ措置を講じることから、構造的に一体である建築物の部分に設けることは要件としない（上記（1）①i）参照）。
- ・層間変形角 $1/100$ による長辺方向の層間変位によってエスカレーターに原則圧縮力が生じないようにすることを基準化し、非固定部の「隙間」を確保する（上記（1）①v）参照）。
- ・層間変形角 $1/100$ による長辺方向及び短辺方向の層間変位に対して支障なく追従できるようにすることを基準化する（上記（1）①vi）参照）。
- ・一端固定とする場合は、層間変形角 $1/100$ を超える層間変位が生じてしまうと固定部が破断するおそれがあるため、当該固定部が非固定状態になっても落下しないように固定部にもワイヤロープ等を設ける。

②一端固定とした上で非固定側に中間支持部を設ける方法について、現行指針を踏襲して基準化する（中間支持部の「かかり代」の基準化を含む）。

※【補足説明】

- ・バックアップ措置となる中間支持部について基準化する。
- ・エスカレーターが支持材（はり等）から脱落した際の衝撃や傾きが乗客に与える影響を最小限にするよう考慮する必要がある。
- ・一定の「かかり代」については、現行指針で示されてきた層間変形角 $1/100$ を想定し、 20mm 以上の余裕度を加えるものとする。
- ・バックアップ措置を講じることから、構造的に一体である建築物の部分に設けることは要件としない。
- ・層間変形角 $1/100$ による長辺方向の層間変位によってエスカレーターに原則圧縮力が生じないようにすることを基準化し、非固定部の「隙間」を確保する。
- ・層間変形角 $1/100$ による長辺方向及び短辺方向の層間変位に対して支障なく追従できるようにすることは基準化する。
- ・一端固定とする場合は、層間変形角 $1/100$ を超える層間変位が生じてしまうと固定部が破断するおそれがあるため、当該固定部が非固定状態になっても落下しないように固定部にもワイヤロープ等を設ける。

- ・エスカレーターが支持材から脱落して片持ち支持状態になった際に、エスカレーターのトラス本体、中間支持部、一旦固定部等がエスカレーターの落下に繋がる著しい損傷が生じないことを確認する必要がある。

③両端非固定とした上でトラス支持アングル以外でも2点以上で支持する方法（現行指針には記載なし）について、新たに基準化する。

※【補足説明】

- ・バックアップ措置となる2点以上で支持する方法について基準化する。
- ・エスカレーターが支持材（はり等）から脱落した際の衝撃や傾きが乗客に与える影響を最小限にするよう考慮する必要がある。
- ・一定の「かかり代」については、現行指針で示されてきた層間変形角1/100を想定し、20mm以上の余裕度を加えるものとする。
- ・バックアップ措置を講じることから、構造的に一体である建築物の部分に設けることは要件としない。
- ・層間変形角1/100による長辺方向の層間変位によってエスカレーターに原則圧縮力が生じないようにすることを基準化し、非固定部の「隙間」を確保する。
- ・層間変形角1/100による長辺方向及び短辺方向の層間変位に対して支障なく追従できるようにすることは基準化する。

3. 特殊検証ルート

上記2. の仕様ルートでは採用できない構造方法については、特殊検証ルートにより採用できるようにする。

※【補足説明】

- ・現時点では十分な知見が蓄積されているとは言えず、当面は基準化できない構造方法を採用する際には、特殊検証ルートを活用できるようにする（物件毎の個別検証ではなく、ある程度汎用性のあるシステムとして検証するよう運用）。
- ・特殊検証により知見が蓄積し、ある程度一般的した段階で基準化を検討する。

4. 適用除外

以上の技術基準については、エスカレーターが落下するおそれがないことが明らかな場合は、適用除外とする。

※【補足説明】

- ・エスカレーターが床又は地盤上に自立する構造である場合などエスカレーターが地震その他の震動によって下階へ落下するおそれがないことが明らかな場合は、上記の技術基準を適用除外とする。