

平成23年度 建築基準整備促進事業 調査番号45

昇降機に係る地震安全対策に関する検討

一般社団法人 建築性能基準推進協会

調査の目的

現行のエスカレーター地震対策

◎エスカレーターの耐震対策に関する法令の規定なし

◎業界標準に規定

「昇降機耐震設計・施工指針(2009年版)」

(発行(財)日本建築設備・昇降機センター／(社)日本エレベータ協会)

◇「昇降機耐震設計・施工指針(2009年版)」の記述

①かかり代の寸法

地震時の建築物の層間変位を1／100と想定し、当該変形時においても20mm以上のかかり代余裕の確保を規定。

②固定部の強度計算

溶接強度、アンカーボルト強度について規定。



東日本大震災において、建築物に設置されている
エスカレーター本体落下の被害が発生

調査の目的

東日本大震災において建築物に設置されているエスカレーター本体が落下するという被害が複数発生したことを踏まえ、エスカレーターの落下防止対策その他昇降機に係る地震安全対策について検討し、技術的資料をとりまとめる。

調査の実施方針

(イ)エスカレーターの落下防止に係る技術的知見の 収集整理

1. 東日本大震災におけるエスカレーター本体の落下被害
 - (社)日本エレベータ協会や報道発表資料を通じ情報収集を行い、昇降機耐震設計・施工指針(2009年版)との適合状況について調査
2. エスカレーター落下防止等検討委員会による検討
 - 学識経験者、建築構造技術者、昇降機関係団体等からなる委員会を組織
 - 地震時における建築物の層間変位の想定及び想定された層間変位に応じたエスカレーターのかかり代の余裕や、建築物のはり等とエスカレーターとの固定部の固定方法について技術的知見の収集整理
 - 海外のエスカレーターや国内の橋梁等の落下防止対策に係る技術的知見の収集整理
3. 既設エスカレーターの落下防止対策についての技術的知見の収集整理

(口)昇降機に係る地震安全対策について

1. 東日本大震災におけるエレベーター、エスカレーターの被害状況を踏まえ、建築基準法や昇降機耐震設計・施工指針など現行の地震安全対策について技術的課題の整理する
2. 現行の地震安全対策では措置されていないなど新たに必要と考えられる地震安全対策の有無についての整理・検討

1. 東日本大震災におけるエスカレーターの落下被害

①東日本大震災における昇降機の被害状況について

(社)日本エレベータ協会による東日本大震災における昇降機の被害概要について、被害事例とその件数について取りまとめた。

②東日本大震災におけるエスカレーターの落下状況について

今回の震災による3件のエスカレーター落下事案の被害概要(建築物本体、エレベーター)を取りまとめ、現地調査資料及び昇降機耐震設計・施工指針との適合状況について資料収集を行った。



I社S Iショッピングセンター (設計・施工：A社)



I社S S店
(設計・施工：B社)



I社K F店
(設計・施工：C社)

2. エスカレーター落下防止等検討委員会による検討

2-1. 地震時における建築物の層間変位の想定及び想定された層間変位に応じたエスカレーターの落下防止対策の仕様及び工法

以下の技術的知見を収集整理した。

- ①建築物の層間変位の設計実態
- ②中低層建築物の地震応答解析
- ③既存出版物における中低層建築物の層間変形角調査
- ④エスカレーターのトラスが短辺方向の外力に対してどの程度の変位に対応可能か
- ⑤エスカレーターの周囲にどのような構造床を設ければよいか 等

2. エスカレーター落下防止等検討委員会による検討

2-2. エスカレーターの落下防止対策の基準化に向けた基本方針

2-1の知見と、(社)日本エレベータ協会、(社)日本建築構造技術者協会、国土技術政策総合研究所・(独)建築研究所構造部会からの意見、及び委員会での検討事項を踏まえ、エスカレーターの落下防止対策の基準化に当たり、必要な事項(基本方針)について技術的知見を取りまとめた。

1. 基準化すべき事項
2. 適用除外規定
3. 想定される既存不適格事項
4. 既設エスカレーター対策 等

1. 基準化すべき事項

エスカレーターの落下防止対策としては、以下の(1)、(2)の構造方法が考えられる。

- (1) 脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「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

1. 基準化すべき事項(つづき)

(1) 脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」を設ける構造方法

- ① 両端非固定とする場合 ⇒ 後述
- ② 一端固定とする場合

(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)
- 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

①両端非固定とする場合-1

- 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
- ii) 大規模地震時において脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」について、以下の内容を考慮して定める必要がある
- ・近年の建築物の構造特性等を考慮すると、大規模地震時における層間変形角が現行指針の1/100を超える場合もあり得るという認識に基づき「かかり代」の検討を行う
 - ・大規模地震時において脱落が考えられない程度にリダンダンシーのある「かかり代」は、構造計算等による何らの検証も行わない場合、エスカレーターの揚程の1/40～1/75程度とすることを原則とする
 - ・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、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
 - ・中規模地震時の層間変形角が1/200を超える場合にあっては、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、例えば1/200を超える程度に応じて割り増すなどの補正が必要

①両端非固定とする場合-2

・前ページの原則は、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形角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、 $1/100$ を下限として緩和できる

※具体的には、次のような意見があった。

- 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. 固有周期が比較的長い場合(構造設計者が判断)は、中規模地震時の層間変位の5倍の数値(変位一定則)
- d. 固有周期が比較的短い場合(構造設計者が判断)は、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)
- e. 増分解析による保有水平耐力計算(ルート3)によって確かめた保有水平耐力時の層間変位の数値(ただし、RC造・SRC造の場合は、ひび割れを適切に考慮した剛性を用いた場合に限るものとし、せん断破壊など脆性的な破壊が発生した場合にはその発生時点の層間変位の数値)

・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

①両端非固定とする場合-3

iii)「かかり代」の余裕度については、現行指針を踏襲して2cm以上

iv)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

v)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

2. 適用除外規定

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、上記1. の基準の適用除外規定を設け、上記の構造方法に適合しなくてもよい規定を設ける必要がある。

3. 想定される既存不適格事項

(1) エスカレーターの長辺方向について

① 強度型とみなせない建築物のエスカレーターは、 $1/100$ を超える層間変形角を想定しなければならず、「かかり代」が不足する可能性がある

② エスカレーターの「隙間」が十分でない場合は、新たな基準を満たさない可能性がある

(2) エスカレーターの短辺方向について

① エスカレーターの非固定部の短辺方向の「止め金具」の強度が十分でない場合は、基準を満たさない可能性がある

4. 既設エスカレーター対策

- ・今回の基本方針によって既存不適格扱いとなる可能性のある物件が相当数出てくるものと考えられる

⇒本当に既存不適格となるかどうかは実際の「かかり代」の状況や建築物の構造計算によって層間変位を確かめてみないと明確に判定することができず、それには時間やコストを要する

- ・東日本大震災におけるエスカレーターの被害状況を勘案すると、今後想定される大規模地震への備えであっても、必ずしもすべての既設エスカレーターについて同様に緊急的な対策を講じる必要はないものと考えられる



したがって、

- ①揚程が6m以上のエスカレーター(全体の15%程度)
- ②中規模地震時における層間変形角が $1/200$ を超える建築物のエスカレーター

など、優先的に既存不適格かどうかの判定が必要であると考えられる対象を検討し、計画的に既設対策を行う必要がある

3. 既存エスカレーターの落下防止対策についての検討

既設エスカレーターの落下防止対策を中心に、屋外階段の取り付け事例や海外のエスカレーターの取り付け事例等について、以下の技術的知見の収集整理を行った。

- ・既設エスカレーターの階高分布(推定)
- ・エスカレーター脱落落下防止(アイデア検討)
- ・屋外階段の取り付け事例
- ・落下防止対策が不要と考えられる既設エスカレーターの事例
- ・米国におけるエスカレーター取り付けの事例
- ・一定程度の層間変形角まで変位追従させそれを超えた場合の
落下を防止する方法の提案 等

1. 昇降機その他の建築設備等に係る耐震措置

東日本大震災におけるエレベーター、エスカレーターの被害状況を踏まえ、建築基準法や昇降機耐震設計・施工指針など現行の地震安全対策について技術的課題の整理を行った。

- ・昇降機その他の建築設備等に係る耐震措置について検討委員会委員からの意見及びその対応方針について、昇降機、昇降機以外の建築設備、遊戯施設それぞれについて取りまとめた。

- ・IBC2009年版、米国カリフォルニア州法(CCR)、ASME(米国機械工学会)規格のそれぞれより、エレベーター、エスカレーターの耐震措置に係る規格について情報収集を行った。

- ・1998年以前の昇降機耐震設計・施工指針によるエスカレーターの設計方法と、エスカレーターの支持方法を両端非固定又は一端非固定とした経緯について調査した。

2. 昇降機の新たな地震安全対策の検討

昇降機に被害をもたらした地震と被害内容と、昇降機の耐震基準の変遷について資料の収集整理を行い、考えられる新たな地震安全対策の検討項目について提案を行った。

<内容>

- ・昇降機に被害をもたらした地震と被害内容
- ・昇降機の耐震基準の変遷
- ・新たな地震安全対策の検討

