

兵庫県神戸市内エレベーター事故調査報告書(概要)

事故の概要

社会資本整備審議会 昇降機等事故調査部会

【事故の概要】

○発生日時:平成27年3月4日(水) 13時6分ごろ

○発生場所:兵庫県神戸市 自動車販売店

○事故概要:5階において荷物用エレベーターのかごから自動車を降ろした後、かごは戸閉後上昇し、最上階(6階)を行き過ぎ、昇降路頂部に衝突した。なお、かご内に利用者はいなかった。

【調査の概要】

○平成27年3月19日:国土交通省職員、神戸市職員及び関係機関による現地調査を実施。

○その他、昇降機等事故調査部会委員によるワーキングの開催及びワーキング委員、国土交通省職員による資料調査を実施。

【建築物及びエレベーターの概要】

○建築物に関する情報

- (1) 構造:鉄筋コンクリート造及び鉄骨造
- (2) 階数:地上7階、地下1階
- (3) 検査済証交付年月日:平成10年9月24日

○エレベーターに関する情報

- (1) エレベーター製造業者:ダイコー株式会社(以下「ダイコー」という。)
- (2) 巻上機製造業者:株式会社三栄製作所(以下「三栄製作所」という。)
- (3) 用途・構造:荷物用・機械室あり
- (4) 定格積載量:4,000kg
- (5) 定格速度:60m/分
- (6) 制御方式:可変電圧可変周波数制御方式
- (7) 停止階数:7箇所停止(地下1階~地上6階)
- (8) 巻上機:SKE-2000A型(ウォームギヤ方式)
- (9) 検査済証交付年月日:平成10年9月7日

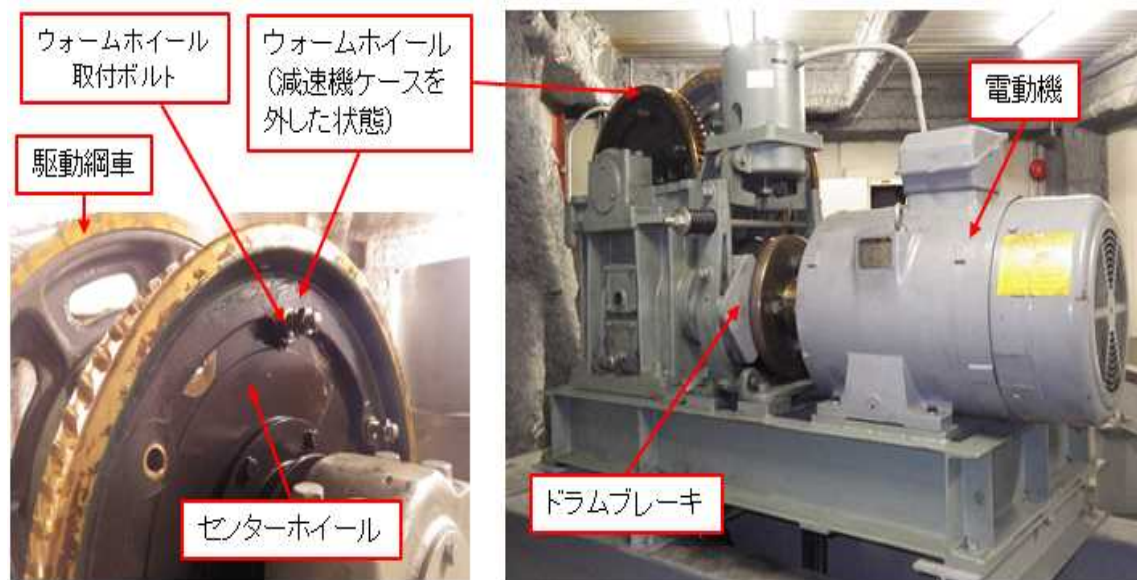


写真1 巻上機(SKE-2000A型)

【事故発生時の状況】

- 5階でかごから自動車を降ろした後、かごは5階から最上階である6階を通過し、昇降路頂部に突き上げ、衝突した。
- その後、かごは落下したものの非常止め装置が作動し、6階床上約450mmの位置で停止した。なお、かご戸の上枠、かごの天井等が破損した。
- 釣合おもりはピット内のばね緩衝器に衝突し、釣合おもりの下枠が破損した。
- 事故発生当時、エレベーターのかご内に利用者はいなかった。

【事故機の巻上機(SKE-2000A型)に関する情報】

- 巻上機はウォームギヤ方式で、ウォームホイールとセンターホイールをボルトで締結する構造となっていた(写真1)。
- その締結していた6本のボルトがすべて破断していた(図1、写真2)。
- 巻上機の設計は、巻上機の製造業者である三栄製作所が別の会社に依頼し、それを三栄製作所が製造・販売していた。
- 設計図ではリーマボルト(M16×65)となっていたが、破断したボルトは、六角ボルト(M16×65)であった。
- 設計図では六角ボルト頭部の接触面は、勾配のある鋳肌面のため、ざぐり加工を行うように記載してあったが、事故機はざぐり加工を行っていなかった。

【三栄製作所に関する情報】

- 三栄製作所は、巻上機の設計・製造の実績を有するが、SKE-2000A型については他社が設計した設計図を基に製造を行っていた。

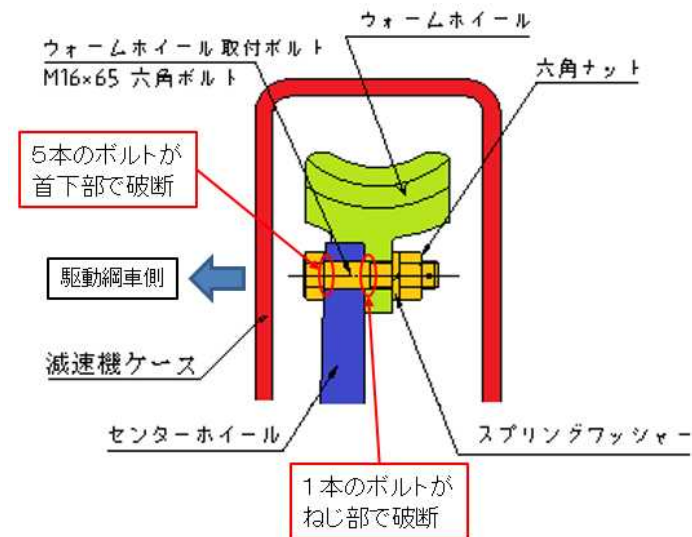


図1 六角ボルトの破断箇所



写真2 破断した六角ボルト

- 設計図はリーマボルトとなっていたが、自社設計の巻上機は摩擦接合による六角ボルトを使用していたため、同様に六角ボルトを使用したと考えられるとのことであった。また、当時リーマボルトから六角ボルトに変更するにあたり強度計算等を行ったか否かについては当該資料が残っていないため、不明とのことであった。
- SKE-2000A型はM16の六角ボルトを使用していたが、自社設計のSKE-1000A型及びSKE-1500A型は積載能力は、事故機より低いM20の六角ボルトを使用する設計であった。
- 事故後、三栄製作所が事故機のボルトの強度計算を行ったところ、締結部の摩擦締結伝達限界トルク、ボルト首下部の曲げ応力・引張応力及びボルト首下部疲労限度の値が安全率等(社内基準)を下回っていた。

【ダイコーに関する情報】

- 事故機は、POG契約により毎月保守点検を行い、かつ、労働安全衛生法により年1回の性能検査を実施していた。
- 毎月の作業報告書及び年1回の性能検査には、巻上機に関する指摘は無かった。
- 破断したボルトは減速機ケース内にあり、取付けボルトの点検は、点検項目にも入っていないため、通常、減速機ケースを開けることはなく、事故機においても設置から一度も開けていないとのことであった。

分 析

【六角ボルト破断に関する分析】

- リーマボルトの接合はボルト軸部と穴との隙間がほとんど無いため、せん断応力のみを考慮すればよい(図2)。それに対し、六角ボルトでの接合は、ボルトの軸力が緩み、摩擦接合の摩擦力が低下すると接合材が滑り、ボルトの軸部が接合部材から横荷重を受けて曲げモーメントがかかり、ボルト頭部にも曲げ応力が発生するが、このことを考慮せずにボルトを変更し製造されたと認められる(図3)。

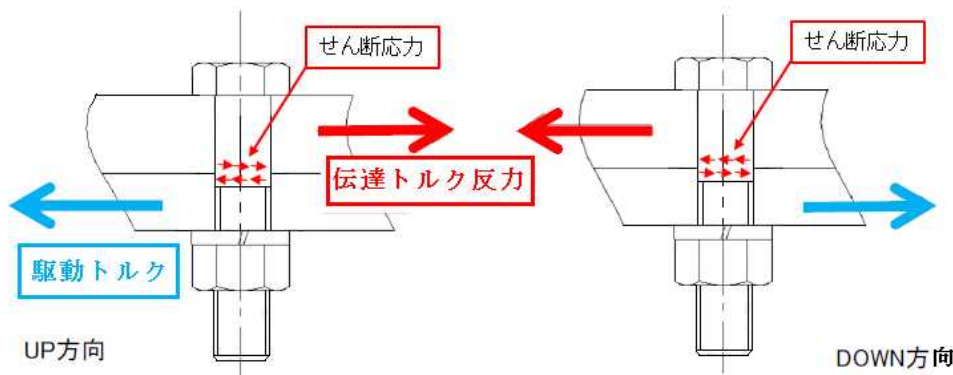


図2 リーマボルトのせん断応力(概念)

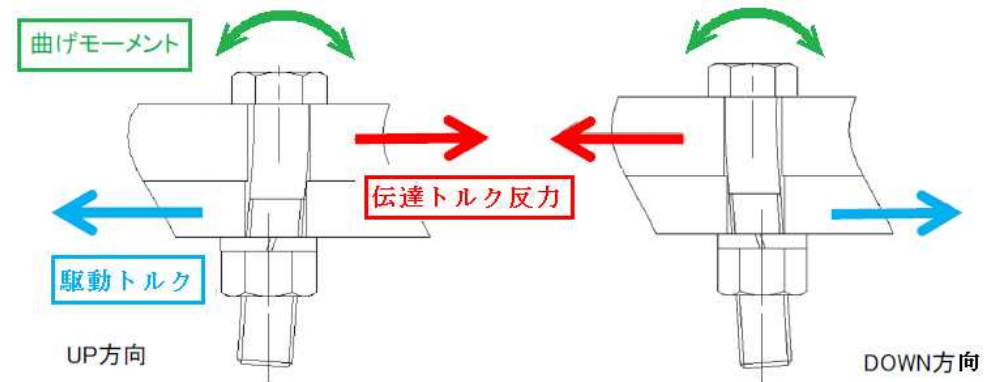


図3 六角ボルトの曲げ応力(概念)

【保守点検に関する分析】

○事故が発生した箇所の六角ボルトの点検は、三栄製作所の点検マニュアルには記載がなく、また、ダイコーによる保守点検時においても確認をしていなかった。なお、定期検査について平成20年国土交通省告示第283号では、今回、事故が発生した減速機ケース内のボルト・ナットの点検についての記載はない。

原因

- かごが急上昇し昇降路頂部に衝突したのは、5階で自動車を降ろし、かご側の質量が軽くなり、駆動綱車の上昇方向の回転力が増加したことにより、劣化が進んでいた残り1本の六角ボルトがせん断破壊し、ブレーキとの結合が分断され、ブレーキの保持力が駆動綱車に伝えられなくなったものと推定される。
- 六角ボルトが破断したのは、三栄製作所が他社の作成した設計図を基に巻上機を製造するにあたり、設計図ではウォームホイールの取付けはリーマボルトを使用するように記載してあったにもかかわらず、六角ボルトを使用し、摩擦接合としたため、トルク伝達能力が半減し、強度計算上でも規定の安全率が確保できなくなった。また、ざぐり加工を行わなかったため、六角ボルト頭部に引張応力が部分的にかかり、一部が塑性変形して締付け力に緩みが生じたことが、摩擦接合を低下させた要因と考えられる。

再発防止策

- 事故機及び同型巻上機について、ボルトの強度を上げ、ナットについては緩み止めナットを使用し、さらに締付けトルクを100N・mから200N・mにした。
- 上記対策に加え、ざぐり加工を実施する。
- SKE-2000A型の点検マニュアルに事故が発生した箇所の六角ボルトについて5年毎に点検を行う旨を追記する。

意見

国土交通省は、製造業者に対し、巻上機の動力伝達機構に係るボルトの設計でボルト及びナットの仕様、ボルト接触面の加工方法、締付けトルク値等が指定されているものについて、安全性が確認された仕様どおりに適切に製造を行い、仕様の変更を行う際には再度強度計算や実証試験を行い、安全性を確認する必要がある旨指導を行うこと。