

列車通過時の圧力変動を受ける駅天井地下材の疲労特性に関する研究

吉澤 玲児*¹・石渡 康弘*¹・中澤 真司*²

概 要

駅のホームと線路部分をシェルター状に上家と壁で覆う“全覆い上家”形式の駅では、高速列車が進入した際に駅舎内に圧力変動が生じる。特に小規模で空間的にボリュームの小さい駅では、この圧力変動に起因してホーム内壁材の端部欠損やビスの抜け落ち、下地材の破損等を生じることがある。そのうち、下地材の破損は、圧力変動の繰り返し载荷による疲労により金属材料の溶接部が破断して起こる可能性が示されている。このような背景の下、ホームへ通ずる階段部分の天井材約 25m² 全面が列車通過時に落下する事象が発生した。

本研究は、天井材（クリップ）と圧力変動の関係を検証するため、現地で計測された圧力変動を基にクリップの疲労試験を実施したものである。

検討の結果、クリップのフックが繰り返し荷重によって破断する可能性のあることが確認された。

なお、本研究は、東日本旅客鉄道株式会社の受託試験である。

キーワード：駅・天井材・クリップ・圧力変動・疲労特性

A STUDY ON FATIGUE OF A CEILING SUSPENSION SYSTEM
FOR STATIONS SUBJECT TO PRESSURE FLUCTUATIONS
DUE TO PASSING TRAINS

Reiji YOSHIZAWA *¹, Yasuhiro ISHIWATA *¹, Shinji NAKAZAWA *²

Abstract

At a station where platforms and tracks are completely covered with shed and walls, the station building is subject to pressure fluctuations when a train comes in at a high speed. Especially at a small station with a limited space, the pressure fluctuation may damage the ends of interior walls on the platform or the ceiling suspension system or cause screws to fall out. It has been suggested that damage to the ceiling suspension system may be caused by fracture of the welded part of metal as a result of fatigue under repetitive pressure fluctuations. Under these conditions, an accident occurred in which the ceiling materials (ceiling boards with joists) of 25 m² in the staircase leading to the platform collapsed when a train passed through a station.

This paper discusses fatigue tests of the ceiling suspension (clip), on the basis of the pressure fluctuations measured on site in order to verify the relationship between the clip and the pressure fluctuations.

The study confirmed that the hook of the clip may possibly be broken by the repeated loads.

The tests were commissioned by East Japan Railway Company.

Keywords : Station, Ceiling material, Clip, Pressure variation, Fatigue characteristics

*1 Environment Engineering Group, Research and Development Department, Engineering Division

*2 General Manager, Research and Development Department, Engineering Division

列車通過時の圧力変動を受ける駅天井地下地材の疲労特性に関する研究

吉澤 玲児*1・石渡 康弘*1・中澤 真司*2

1. はじめに

駅のホームと線路部分をシェルター状に上家と壁で覆う“全覆い上家”形式の駅では、高速列車が進入した際に、駅舎内に圧力変動が生じる。この圧力変動に起因して、特に小規模で空間的にボリュームの小さい駅では、ホーム内壁材の端部欠損やビスの抜け落ち、下地材の破損等を生じることがこれまでに報告されている¹⁾²⁾。そのうち、文献 2 では、下地材の破損が圧力変動の繰り返し载荷による疲労により金属材料の溶接部が破断して起こる可能性のあることが示されている。このような背景の下、ホームへ通ずる階段部分の天井材約 25m² 全面が列車通過時に落下する事象が発生した。

そこで、天井材（クリップ）と圧力変動の関係を検証するため、現地で計測された圧力変動を基にクリップの疲労試験を実施した。本報では、その概要を報告する。

なお、本試験は、東日本旅客鉄道株式会社の受託試験である。

2. 天井材の落下状況

天井材の落下状況を写真-1 に示す。天井材は水平に鋼製天井地下地材が組み、ホームの長辺方向に 10 列、短辺方向に 4 列の吊りボルトによって支持されていた（図-1、図-2）。

クリップのピッチは、およそ長辺が@900mm、短辺が@380mm で仕上げ材は鋼製スパンドレルである。落下時の状況は、野縁受けの落下はほとんどみられなかったが、クリップは野縁受けから外れ、野縁及びスパンドレルは全面が一体のまま落下していた。また、クリップは飛散

したものが多く、9 割程度が回収された。

回収されたクリップは写真-2 に示すようにフック部が損傷しているものが多く、回収されたクリップの 8 割以上でフックの損傷が認められた。

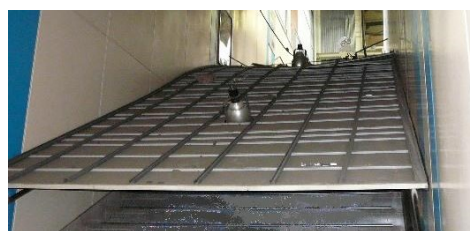


写真-1 天井材の落下状況

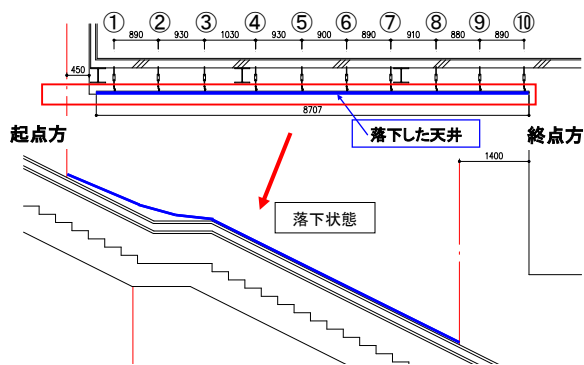


図-1 階段部長辺方向断面

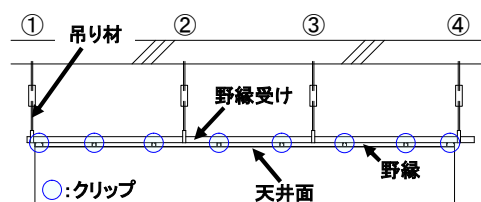


図-2 階段部短辺方向断面

写真-2 回収されたクリップの例³⁾

*1 エンジニアリング本部 研究開発部 環境グループ

*2 エンジニアリング本部 研究開発部長

3. クリップ材の試験

3.1 クリップに作用する力

列車通過時の圧力変動と天井の関係を図-3に示す。列車通過時には、車両の先頭部通過時に正圧が、後尾部通過時に負圧が生じる。クリップのフック部分に疲労を与えるのは、後尾部列車通過時に生じる負圧によってクリップに対して鉛直下向きに引張力が生じることによる。

現地での圧力変動調査の結果、クリップ1箇所あたりに作用する力（荷重）はおよそ 160N であることが確認された³⁾。

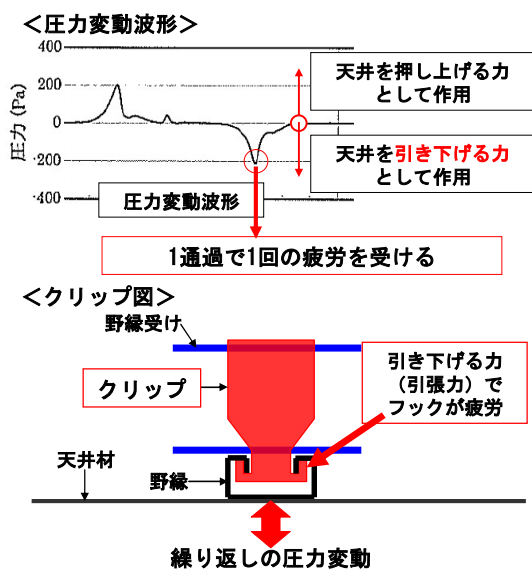


図-3 圧力変動と天井の関係³⁾

3.2 試験装置

試験装置を図-4に示す。試験体への加力は、試験体を取付けた鋼製フレームを試験体固定台にセットし、図-5及び写真-3に示すように加力部に直結したアルミバーにプレートを用いて試験体の野縁を固定して行った。

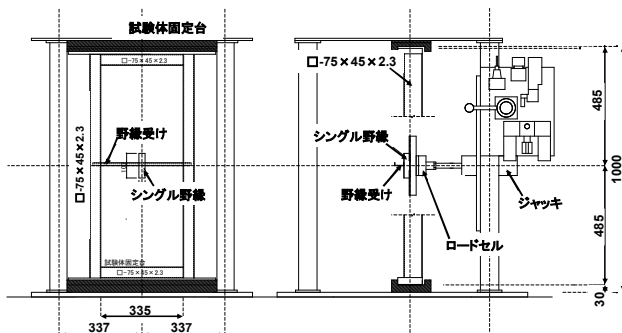


図-4 試験装置

なお、試験に用いたクリップは天井材の落下が生じた駅の圧力変動を受けていない箇所から採取したものを使用した。また、クリップの向きはすべて背掛け⁴⁾とした。

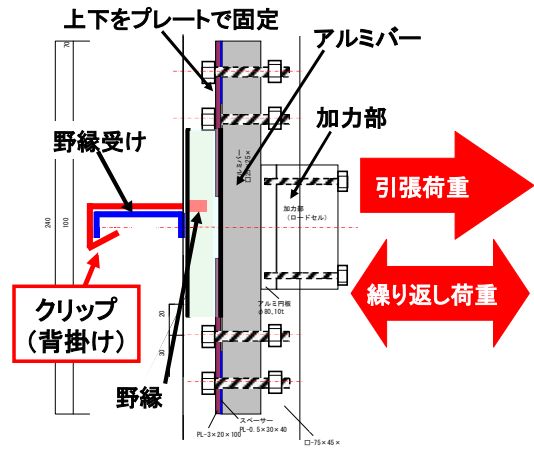


図-5 加力部詳細



写真-3 加力状況

3.3 静的引張試験

静的引張強度の把握と疲労試験の荷重の設定を行う目的で静的引張試験を実施した。試験体は2体とし、クリップが破壊するまで単調载荷を行った。写真-4に試験体の破断状況を、表-1及び図-6に試験結果を示す。

試験体1はおよそ 710N で、試験体2はおよそ 660N で破断した。



写真-4 試験体1破断状況

表-1 静的引張試験結果

試験体名	最大荷重 (N)	最大変位 (mm)
試験体1	707.8	1.7
試験体2	663.5	1.4

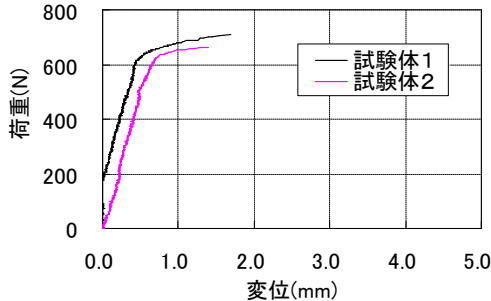


図-6 静的引張試験 荷重-変位図

3. 4 疲労試験

疲労試験は、繰返し荷重の周期を 2.0 秒、繰返し回数は 1 列車の通過に 1 回の疲労がかかるとした場合に約 50 年に相当する 582,000 回を上限として実施した。荷重は、現地圧力変動測定結果に基づく 160N と、静的引張試験結果に基づいて設定した 390N, 260N, 220N の 4 段階とした。

疲労試験の結果、上限の繰返し回数までに 390N, 260N, 220N の 3 体が破断した。試験体 A (荷重: 390N) の破断状況を写真-5 に示す。クリップは、いずれの試験体も完全破断には至らずフックが大きく変形した。破断した 3 体の破断回数と載荷荷重の関係から疲労曲線を作成し、疲労試験結果と共に図-7 に示す。なお、参考のため図には静的引張試験の結果を載荷回数 1 回にプロットした。

図より、クリップの負担荷重 160N では約 105 万回 (約 80 年相当の列車通過回数) までフックは破断しないが、何らかの影響によりクリップの 1 箇所が欠落した場合は荷重が 1.5 倍の 240N となり、14 万回程度 (約 20 年相当の列車通過回数) で破断する可能性が示唆された。また、欠落箇所を起点として隣接するクリップの負担過重が更に増加し、疲労破断が早期に発生、連鎖すると、最終的にクリップに作用する荷重が静的引張荷重を超過して、クリップが一斉に損傷する可能性も考えられた。



写真-5 試験体A破断状況

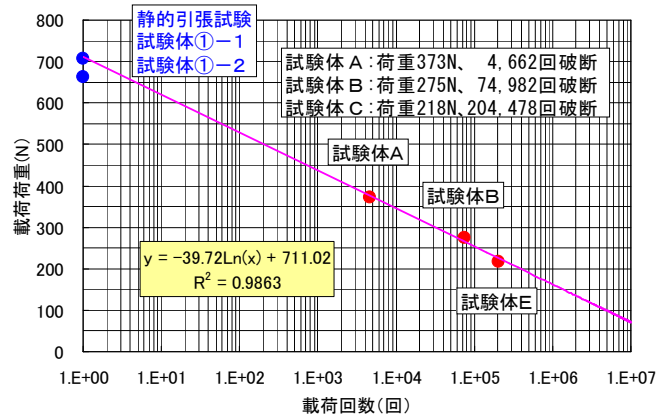


図-7 クリップの疲労曲線

4. まとめ

圧力変動が天井下地材に与える影響を、現場で測定された圧力変動を基にクリップの疲労試験を行い検証した。

検討の結果、クリップのフックが繰返し荷重によって破断する可能性のあることが確認された。

参考文献

- 1) 山田眞左和他: シェルター状駅建物における内壁仕上げ材の劣化に関する研究(その 1), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.495-496, 1998.9
- 2) 在家善之他: 列車通過時の圧力変動を受ける駅内壁下地材に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.151-152, 2008.9
- 3) 在家善之他: 列車通過時の圧力変動を受ける駅天井下地材に関する研究 (その 2), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.859-860, 2012.9
- 4) 柏崎琢也他: 在来工法天井の構成部材および実大天井の力学的特性に関する実験研究 (その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.229-230, 2009.8