

駅仕上げ材の耐列車振動・風圧特性の検討

吉澤 玲児*1・石渡 康弘*1・中澤 真司*2

概 要

壁等にフレキシブルボードが使われている新幹線や在来線の駅建物では、列車振動や列車風を繰り返し受けることにより、ボードのねじ止め部付近のひび割れやボードの浮きといった不具合が生じることがある。そのため、鋼板を代替として用いる対策が採られているが、鋼板はコスト増に繋がる。そこで、これに替わる材料として、低コストで比較的ひび割れの入り難い繊維補強セメント板に着目し、駅仕上げ材の耐列車振動・風圧特性試験を実施した。

試験は列車振動促進暴露試験、列車風促進暴露試験、自然風促進暴露試験、曲げ試験、繰り返し載荷試験を行い、繊維補強セメント板とフレキシブルボードの性能を比較した。

試験の結果、列車風促進暴露試験、自然風促進暴露試験、曲げ試験、繰り返し載荷試験では、繊維補強セメント板の優位性が確認された。しかしながら、列車振動促進暴露試験では、両者にひび割れが発生し、大きな差はみられなかった。

キーワード：繊維補強セメント板・フレキシブルボード・仕上げ材・促進暴露

STUDY OF TRAIN VIBRATION RESISTANCE PROPERTIES AND WIND PRESSURE CHARACTERISTICS OF STATION FINISHING MATERIALS

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

Abstract

Flexible boards are used in the walls of station buildings on Shinkansen bullet train lines and conventional lines. The repeated impact of train vibration and train gusts on such boards may cause damage, such as cracks in the vicinity of board screw clamps and loosening of boards. In their search for alternative materials to replace flexible boards, the authors looked at fiber reinforced cement boards, which offer superior durability against cracking, and conducted experiments to test the train vibration resistance properties and wind pressure characteristics of station finishing materials.

The authors conducted train vibration laboratory weathering tests, train gust laboratory weathering tests, natural wind laboratory weathering tests, flexural tests, and repeated load tests, and compared the performance of fiber reinforced cement boards with that of flexible boards.

The results of the train gust laboratory weathering tests, natural wind laboratory weathering tests, flexural tests, and repeated load tests confirmed the superior performance of fiber reinforced cement boards.

Keywords: fiber reinforced cement boards, flexible boards, finishing materials, laboratory weathering

*1 Environment Research and development Group, Engineering Department, civil engineering Division

*2 General Manager, Research and development Department, civil engineering Division

駅仕上げ材の耐列車振動・風圧特性の検討

吉澤 玲児*1・石渡 康弘*1・中澤 真司*2

1. はじめに

壁や天井にフレキシブルボードが使われている新幹線駅建物や在来線駅建物では、列車振動や列車風を繰り返し受けることにより、ボードのねじ止め部付近でひび割れや浮き(写真-1)といった不具合が生じることがある。そのため、鋼板を代替として用いる対策が採られているが、鋼板はコストの増大に繋がる。そこで、これに替わる材料として、低コストで比較的ひび割れの入り難い繊維補強セメント板に着目し、その優位性を確認することを目的として、駅仕上げ材の耐列車振動・風圧特性試験を実施した。

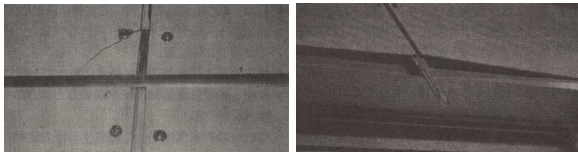


写真-1 フレキシブルボードのひび割れ・浮きの状況例¹⁾

2. 試験概要

列車振動・風圧特性に関する試験は、繊維補強セメント板とフレキシブルボードを対象として行った。試験項目は、劣化・損傷具合の比較を目的とした①列車振動促進暴露試験、②列車風促進暴露試験、③自然風促進暴露試験、また、促進暴露を行わない新品の材料(以下、新品と記す)と促進暴露後の材料の比較を目的とした④曲げ試験、疲労曲線の作成を目的とした⑤繰り返し载荷試験の5項目とした。

2.1 試験体

試験体の形状一覧を表-1に示す。

促進暴露試験および繰り返し载荷試験の試験

体は、鉄骨下地にボードをねじで止め付けて作製した。

表-1 試験体形状一覧

試験項目	ボード	ねじ	ボード下穴	下地材	備考	
列車振動促進暴露試験	910×910×6mm	ドリルねじ 荒目 ねじ頭大 Φ4×30mm	Φ5mm	鉄骨□-75×45×2.3mm	下地材一部□-75×75×2.3mm	
列車風促進暴露試験	870×660×6mm			鉄骨□-75×45×2.3mm		
自然風促進暴露試験	870×455×6mm					
繰り返し载荷試験	870×660×6mm					
曲げ試験	200×150×6mm	なし				

列車振動促進暴露試験用の試験体は、鉄骨下地の一方の面に繊維補強セメント板を、もう一方の面にフレキシブルボードをそれぞれ上下に2枚ねじで止め付け、計4体として扱った(写真-2)。

列車風および自然風の促進暴露試験用試験体は、鉄骨下地の片面にボードをねじで止め付け、それぞれ3体作製した(写真-3、写真-4)。



a) 繊維補強セメント板 b) フレキシブルボード

写真-2 列車振動促進暴露試験用試験体



写真-3 列車風促進暴露試験用試験体



写真-4 自然風促進暴露試験用試験体

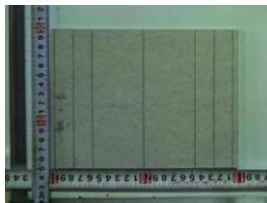
*1 土木本部 エンジニアリング部 環境究開発グループ

*2 土木本部 エンジニアリング部 研究開発部長

曲げ試験用の試験片（写真－５）は、新品のボードと各促進暴露試験後の試験体ボードから、繊維と平行する方向（以下、短辺方向と記す）と直交する方向（以下、長辺方向と記す）に対し、それぞれのボード1枚当たり3枚の試験片を切り出して作製した。ただし、自然風促進暴露試験後のフレキシブルボードの短辺方向試験片は、自然風促進暴露試験により試験体ボードが破壊したため、計6枚となった。

繰り返し载荷試験用の試験体は、列車風促進暴露試験用の試験体と同一のものをそれぞれ2体作製した（写真－６）。

ボードの止め付けに使用したねじは、ドリルねじ荒目・ねじ頭大とした（写真－７）。



写真－５ 曲げ試験用試験片



写真－６ 繰り返し载荷試験用試験体



写真－７ ボード止め付けに使用したねじ

2. 2 試験方法

(1) 列車振動促進暴露試験

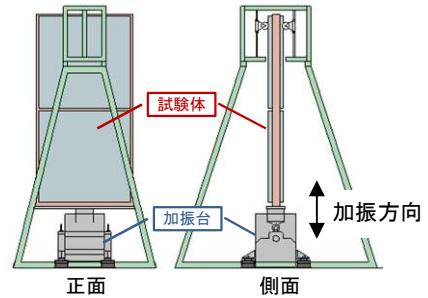
列車振動促進暴露試験は、図－１に示す試験装置に試験体を設置して行った。

列車振動促進暴露試験の状況を写真－８に示す。列車振動の再現は、在来線高架橋駅で列車通過時に高欄防風壁仕上げ材壁面で生じる振動計測値²⁾を基に、周波数を80Hz、振動レベル100dBの鉛直振動を継続して加振することとした。

促進暴露期間は、在来線で約20年の負荷に

相当する422.5日間とした（1日当りの通過列車数250本、1列車当りの継続時間20秒として算出）。

試験は、促進暴露期間中、ボードの状況を目視にて観察、記録した。



図－１ 列車振動促進暴露試験の試験装置及び試験体

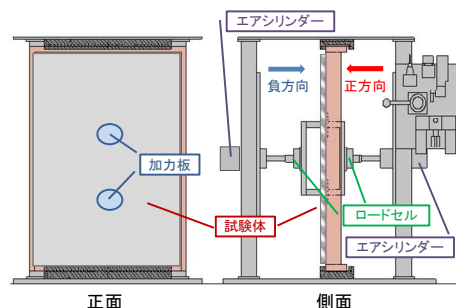


写真－８ 列車振動促進暴露試験の状況
a) 繊維補強セメント板 b) フレキシブルボード

(2) 列車風促進暴露試験

列車風促進暴露試験は、図－２に示す試験装置に試験体を設置して行った。

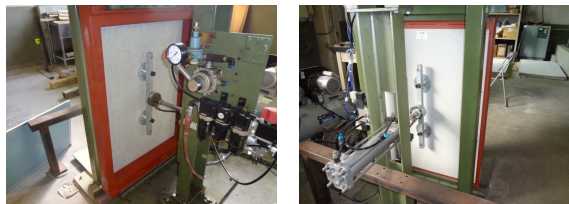
列車風促進暴露試験の状況を写真－９に示す。列車風の再現は、時速270kmの新幹線が全覆上家駅部を通過したときを想定し、周期2.0秒、 $\pm 213\text{N}$ ($\pm 400\text{Pa}$)³⁾で292,000回（1日に40



図－２ 列車風促進暴露試験の試験装置及び試験体

本の通過列車がある場合の 20 年に相当) の繰り返し載荷を行った。

試験は、促進暴露期間中、ボードの状況を目視にて観察、記録した。



a) 正側載荷 b) 負側載荷
写真-9 列車風促進暴露試験の状況

(3) 自然風促進暴露試験

自然風促進暴露試験は、列車風促進暴露試験と同じ図-2に示す試験装置を用いて行った。

設計風圧力およびボードの載荷重を表-2に示す。設計風圧力は建設省告示第1458号(平成12年5月21日)から算出し、基準風速は38m/s、高さは15mとした。これは、JR東日本管内で風速の最も大きい千葉県南部に位置する高架駅外壁の条件に相当する。また、参考文献⁵⁾を準用し、再現期間は100年間とした。

試験は表-3に示すASTM E 1996-04⁴⁾の加力サイクルに従って行った。

なお、表-3中のPはボードの載荷重を示し、P pos は正の載荷重を、P neg は負の載荷重を表す。正負それぞれ合計4,500回の繰り返し載荷重は、1回のハリケーンが建築物を直撃した

表-2 設計風圧力及び試験体ボード載荷重

高さ	粗度区分	基準風速	風圧力	455 × 870mm ボード載荷重
15m	Ⅲ	38m/s	3007N/m ²	1190N

表-3 自然風の繰り返し加力サイクル

載荷順	荷重の向き	載荷重	繰り返し数
予備加圧1	正	1.0 P pos	1
予備加圧2	負	1.0 P neg	1
1	正	0.2 から 0.5 P pos	3500
2	正	0.0 から 0.6 P pos	300
3	正	0.5 から 0.8 P pos	600
4	正	0.3 から 1.0 P pos	100
5	負	0.3 から 1.0 P neg	50
6	負	0.5 から 0.8 P neg	1050
7	負	0.0 から 0.6 P neg	50
8	負	0.2 から 0.5 P neg	3350

場合を想定している。

試験は、促進暴露期間中、ボードの状況を目視にて観察、記録した。

(4) 曲げ試験

曲げ試験の状況を写真-10に示す。

曲げ試験は、JIS A 1408 建築用ボード類の曲げおよび衝撃試験方法⁶⁾に準じて行い、支点間距離を150mmとして試験体中央部の変位を測定した。



写真-10 曲げ試験の状況

(5) 繰り返し載荷試験

繰り返し載荷試験は、列車風促進暴露試験および自然風促進暴露試験と同様に図-2に示す試験装置を用いて行った。各試験体に表-4に示す載荷荷重を正負交番で繰り返し加力し、ボードに損傷が生じた繰り返し回数を記録し、疲労曲線を作成した。

表-4 繰り返し載荷試験載荷荷重一覧

試験体 No.	載荷荷重
繊維補強セメント板①	± 470N
繊維補強セメント板②	± 950N
フレキシブルボード①	± 470N
フレキシブルボード②	± 700N

3. 試験結果

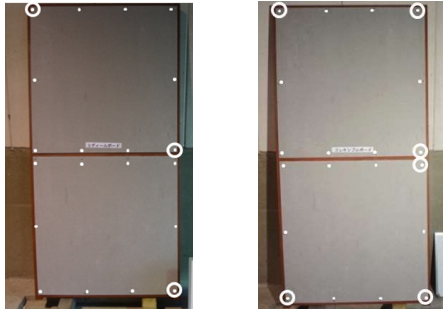
3.1 列車振動促進暴露試験

列車振動促進暴露試験の結果を表-5に、ねじ周りのひび割れ発生箇所を写真-11に、ねじ周りのひび割れ状況の例を写真-12に示す。

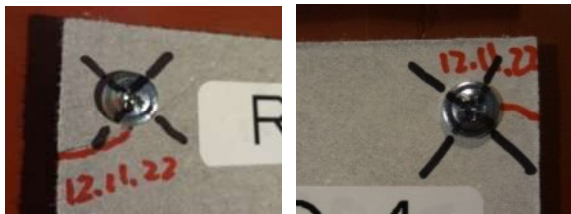
繊維補強セメント板は開始2.5ヶ月後(約4年相当)にねじ周りの3箇所ではひび割れが発生した。また、フレキシブルボードは開始2ヶ月後(約3年相当)にねじ周りの6箇所ではひび割れが発生した。

表-5 列車振動促進暴露試験結果

試験体 No.	試験結果
繊維補強セメント板①(上)	ねじ周り2箇所ひび割れ
繊維補強セメント板②(下)	ねじ周り1箇所ひび割れ
フレキシブルボード①(上)	ねじ周り3箇所ひび割れ
フレキシブルボード②(下)	ねじ周り3箇所ひび割れ



a) 繊維補強セメント板 b) フレキシブルボード
※○印:ねじ周りのひび割れ発生箇所
写真-11 ねじ周りのひび割れ発生箇所



a) 繊維補強セメント板 b) フレキシブルボード
写真-12 ねじ周りのひび割れ状況例

3.2 列車風促進暴露試験

列車風促進暴露試験の結果を表-6に、フレキシブルボード①のねじ周りのひび割れ発生箇所を写真-13に、そのひび割れ状況例を写真-14に示す。

繊維補強セメント板は3体全ての試験体でひび割れは見られなかった。一方、フレキシブルボードは3体中1体のねじ周りで5箇所のひび割れが発生した。

表-6 列車風促進暴露試験結果

試験体 No.	試験結果
繊維補強セメント板①	損傷なし
繊維補強セメント板②	損傷なし
繊維補強セメント板③	損傷なし
フレキシブルボード①	ねじ周り5箇所ひび割れ
フレキシブルボード②	損傷なし
フレキシブルボード③	損傷なし



※○印:ねじ周りのひび割れ発生箇所

写真-13 フレキシブルボード①のねじ周りのひび割れ発生箇所



写真-14 フレキシブルボード①のねじ周りのひび割れ状況例

3.3 自然風促進暴露試験

自然風促進暴露試験の結果を表-7に、フレキシブルボード①、③の破壊状況を写真-15に示す。

繊維補強セメント板は3体全ての試験体で損傷はみられなかった。一方、フレキシブルボードはフレキシブルボード①が繰り返し回数4408回目で、フレキシブルボード③が4472回目で破壊した。

表-7 自然風促進暴露試験結果

試験体 No.	試験結果
繊維補強セメント板①	損傷なし
繊維補強セメント板②	損傷なし
繊維補強セメント板③	損傷なし
フレキシブルボード①	4,408回目で破壊
フレキシブルボード②	損傷なし
フレキシブルボード③	4,472回目で破壊



a) フレキシブルボード① b) フレキシブルボード③
写真-15 フレキシブルボードの破壊状況

3.4 曲げ試験

曲げ試験結果一覧を表-8に、長辺方向の新品と各促進暴露試験後の試験片の荷重-変位の関係を図-3に示す。

表-8より、繊維補強セメント板、フレキシブルボードの新品と各促進暴露試験後の試験片は、両方向共に最大荷重、最大耐力時曲げ応力度に大きな違いはみられなかった。ただし、図-3の荷重-変位関係をみると、わずかではあるが繊維補強セメント板では促進暴露試験後の

表-8 曲げ試験結果一覧 (平均値)

ボード種類	荷重方向	試験条件	最大荷重 (N)	最大耐力時曲げ応力度 (N/mm ²)
繊維補強セメント板	短辺方向	新品	424.9	17.7
		列車振動試験後	454.6	18.5
		列車風試験後	464.2	18.9
		自然風試験後	454.8	18.5
	長辺方向	新品	974.0	40.6
		列車振動試験後	1019.1	41.0
フレキシブルボード	短辺方向	新品	328.8	14.8
		列車振動試験後	379.7	16.6
		列車風試験後	359.7	16.1
		自然風試験後	369.0	16.3
	長辺方向	新品	505.2	22.2
		列車振動試験後	531.8	23.2
		列車風試験後	486.7	22.7
		自然風試験後	517.1	23.7

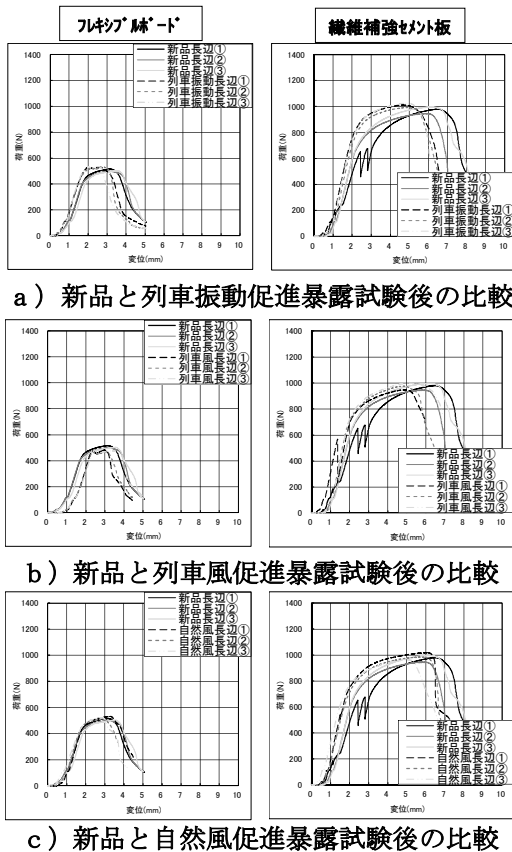


図-3 新品と各促進暴露試験後の試験片の荷重-変位関係 (長辺方向)

試験片の方が初期剛性が大きく、最大荷重時の変位量が小さくなる傾向がみうけられた。

3.5 繰り返し载荷試験

繰り返し载荷試験の結果を表-9に示す。

繊維補強セメント板①は繰り返し回数 605,582 回目でねじが緩んだため、ボードは破壊していないが繰り返し载荷を終了した。繊維補強セメント板②は繰り返し回数 27,959 回目でボードが破壊した。

フレキシブルボード①は繰り返し回数 298,390 回目で、フレキシブルボード②は繰り返し回数 6,354 回目でボードが破壊した。

表-9 繰り返し载荷試験結果

試験体 No.	試験結果
繊維補強セメント板①(±470N)	605,582 回目でねじの緩み
繊維補強セメント板②(±950N)	27,959 回目で破壊
フレキシブルボード①(±470N)	298,390 回目で破壊
フレキシブルボード②(±700N)	6,354 回目で破壊

図-4 にボードが破壊した繰り返し回数の結果を用いて作成した疲労曲線を示す。

なお、繊維補強セメント板の疲労曲線は、繊維補強セメント板①のねじが緩み、繰り返し载荷を終了した繰り返し回数 605,582 回を疲労限度と仮定して作成した。

図-4 より、繊維補強セメント板の疲労曲線はフレキシブルボードの疲労曲線に比べて上部に位置しており、繊維補強セメント板の耐久性能がフレキシブルボードの耐久性能よりも優れていることがわかる。

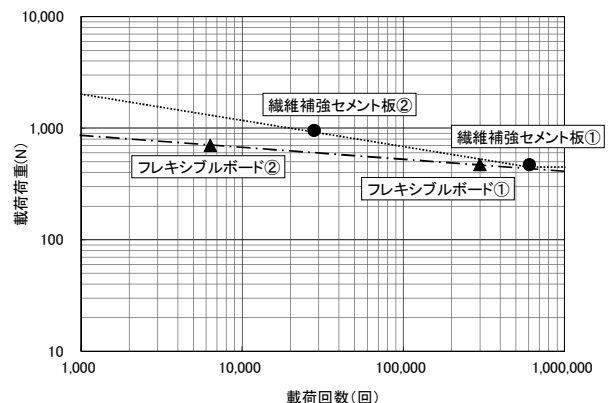


図-4 疲労曲線

4. まとめ

列車風促進暴露試験，自然風促進暴露試験，また，繰り返し载荷試験から求めた疲労曲線によって，繊維補強セメント板の性能はフレキシブルボードに比べて優れていることが確認された。しかしながら，列車振動促進暴露試験では，繊維補強セメント板とフレキシブルボードの両方でボードのねじ周りにひび割れが発生した。

ボードのねじ周りのひび割れ対策としては，ねじの止め付け方法の改良が考えられる。

参考文献

- 1) 山田眞左和，大迫勝彦，中澤真司，中島英一：
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－内壁仕上げ材の不具合発生状況及び列車による圧力変動調査結果－，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），No.1248，pp.495-496，1998.9
- 2) 山田眞左和，有山伸司，竹ヶ原一彦，中澤真司：列車振動を受ける鉄道高架橋防風壁仕上げ材の劣化に関する研究 その1－防風壁仕上げ材の被害状況及び列車による振動－，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），No.1314，pp.627-628，1999.9
- 3) 市川昌和，中澤真司，武居泰，山田努，藤井光治郎：列車通過時の圧力変動を受ける駅施設仕上材の耐力評価 その1 実験概要と静的载荷実験結果，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），No.1484，pp.987-988，2006.9
- 4) ASTM E 1996-04 : Standard Specification for Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, Doors, and Impact Protective Systems Impacted by Windborne Debris in Hurricanes.
- 5) 板硝子協会：板硝子協会推奨基準，2001.3
- 6) JIS A 1408：2001 建築用ボード類の曲げ及び衝撃試験方法