

踏切隙間充填材の製作と設置による効果の検証

○ [機] 太田 達哉 [機] 間々田 祥吾

齋藤 綾乃 秋保 直弘 (鉄道総研)

Studies on Effects by Fabricating and Setting Rubber Filling Up Gaps Between Rail and Load Surface of Level Crossings

○Tatsuya Ota, Shogo Mamada,

Ayano Saito, Naohiro Akiu, (Railway Technical Research Institute)

A gap between the rail and the road surface at a level crossing can cause a misstep to the pedestrians with stroller, walking aid and wheelchair. In this study, newly shaped rubber filling up the gap to prevent accidents was developed. The authors examined the influences of setting the filler rubber on rolling stock running through a bogie running test. A usability test was also carried out to investigate effects on users with stroller and walking aid. Furthermore, a durability test was performed at a railway level crossing of the test line of RTRI. As a result, the filler rubber makes it easier for pedestrians to walk across a rail crossing.

キーワード：踏切隙間，隙間充填材，台車走行試験，被験者試験，耐久性評価試験

Key Words : Gap between rail and road surface, Filler rubber, Bogie running test, Usability test, Durability test

1. 緒言

踏切には、図1に示すようにレールと踏切板の間に列車の車輪フランジが通過するための隙間（以下、踏切隙間）があり、この踏切隙間は、歩行者にとって「つまずき」といった踏切の横断の妨げとなる場合がある。特に、ベビーカーやシルバーカー等を利用した歩行者（以下、器具を利用した歩行者）にとっては、ベビーカーやシルバーカー等の車輪（以下、器具の車輪）が踏切隙間に引っかかった場合、転倒や荷崩れ等によって踏切の横断に時間がかかり、踏切事故につながるケースがある。



図1 踏切隙間の状況

このような背景から、器具の利用を含む歩行者の踏切の横断におけるリスクを低減させる踏切隙間を埋める充填材（以下、踏切隙間充填材）の設置が求められている。これに対して、海外で使用実績のある既製のゴム製の踏切隙間充填材（以下、既製品）を鉄道総研内の踏切に設置して

検証した結果、既製品の形状は国内の踏切寸法に対応しておらず、レール踏頂面から一部が突出し、突出した部位に歩行者がつまずく等の課題があることがわかった。

そこで、本研究では国内の踏切寸法に対応した形状のゴム製の踏切隙間充填材（以下、新規充填材）を製作した。ここでは、新規充填材を鉄道総研内の踏切に設置し、列車通過時の列車への影響評価試験、踏切横断時の器具を利用した歩行者への影響評価試験（以下、被験者試験）および列車通過に対する耐久性評価試験を実施した結果を示す。

2. 新規充填材の形状と設置

2.1 新規充填材の形状

新規充填材は、国内に広く存在する連接軌道の踏切に設置することを想定して、図2に示す新規充填材 A, B の2種類を製作した。

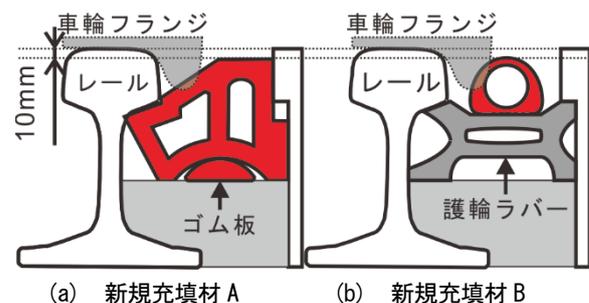


図2 新規充填材の模式図

図2に示すように、新規充填材Aは接続踏切に使用される護輪ラバーを撤去して設置され、新規充填材Bは護輪ラバー上に設置される。また、図2に示すように、新規充填材A、Bともにレール頭頂面から10mm低い位置が上面となるように設計した。これは、踏切隙間の深さや護輪ラバーの凹凸等のバラつきによって新規充填材をレール頭頂面から突出させないためである。以下に詳細な形状を示す。

新規充填材Aは、車輪フランジとの接触面積を減らすため、レール側を傾斜させ、レールと反対側は器具の車輪が踏切隙間に落ち込むことを防止するため水平な面とした。また、器具の車輪が横断する際の鉛直方向の変形を抑制するため、下面の曲線形状の下にゴム板を挿入した。なお、下面を曲線形状としたのは、設置の際に踏切隙間に新規充填材を挿入しやすくするためである。

新規充填材Bは、護輪ラバー上に設置する際の固定のしやすさ、車輪フランジとの接触面積の減少および器具の車輪が横断する際の変形の抑制を目的として、下面が平坦な円筒形状とした。

2. 2 新規充填材の設置

前述の通り、新規充填材Aは護輪ラバーを撤去した後に設置するため、強固に踏切隙間に固定できる。ただし、設置や保守作業等で充填材を取り外す作業に労力を要する。一方、新規充填材Bは、護輪ラバー上に設置するため、図3に示すように護輪ラバーにアンカーを取り付けた後、ビスを用いて固定する。このため、設置や保守作業等で充填材を取り外す作業が新規充填材Aよりも容易である。ただし、設置の際、アンカーの取り付けのため護輪ラバーに穴をあける必要がある。



(a) アンカーの設置 (b) ビスでの固定

図3 新規充填材Bの固定方法

新規充填材A、Bを鉄道総研内の踏切に設置した状況を図4に示す。図には、未設置の状態も併せて示す。



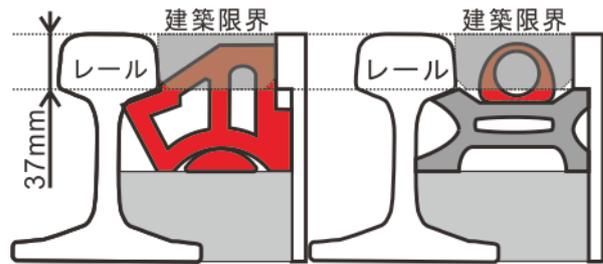
(a) 未設置 (b) 新規充填材A (c) 新規充填材B

図4 新規充填材の踏切隙間への設置状況

新規充填材A、Bともにレール踏頂面から突出することなく設置できた。また、約1.5mの新規充填材を内軌、外軌両側に設置するために要した時間は、新規充填材Aが護輪ラバーの撤去を含めて約60分であり、新規充填材Bは、護輪ラバーへのアンカーの取り付けを含めて約15分であった。さらに、新規充填材Bの場合、同程度の所要時間で取り外しも可能であり、交換作業等も含めた作業性は新規充填材Bの方が高いことがわかった。

3. 列車通過時の列車への影響評価試験

鉄道では、列車の通過を支障しないように建築限界が定められており、建築限界内には設置物を設けられない²⁾。レール近傍では、図5に示すようにレール踏頂面から37mm下までが建築限界として定められており、新規充填材A、Bはともに建築限界を支障する。一方、例外として、レール近傍における建築限界を支障する設置物を車輪が押しつけて分岐器を操作する発条転てつ器がある。また、海外では踏切隙間充填材の既製品が一般的に使用されている。これらは列車への安全性が確保された上で設置されており、新規充填材も安全性等を検証して設置する必要がある。



(a) 新規充填材A (b) 新規充填材B

図5 新規充填材に対する建築限界の模式図

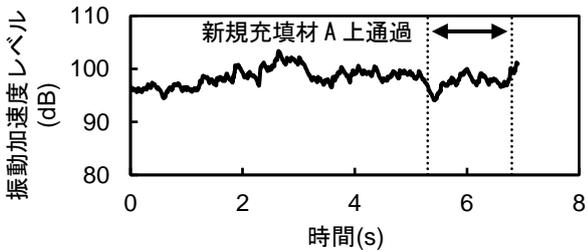
そこで、踏切隙間に新規充填材を設置した際の列車通過時の列車に対する影響を鉄道車両の台車を用いて評価する試験を実施した。

本試験では、図6に示すように、重量4トンの台車を用いて、速度約2km/hで、踏切隙間に新規充填材A、Bを設置した鉄道総研内の踏切を通過させ、台車の軸箱上に設置した振動加速度計で得られる上下方向の振動加速度レベルの変化を測定した。列車への影響評価試験における振動加速度レベルを図7に示し、台車通過時の新規充填材の状況を図8に示す。

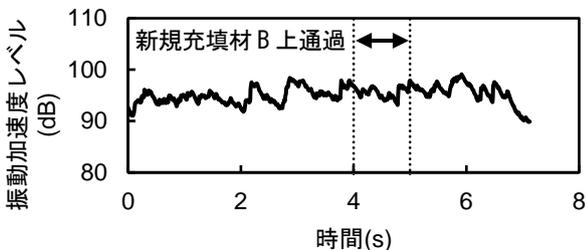
図7より、新規充填材A、Bともに、新規充填材上を通過する際の軸箱の振動加速度レベルは、他の箇所を通過する際の振動加速度レベルとほぼ同等である。新規充填材が台車の通過に影響し、車輪フランジが新規充填材上に乗りに上がるような場合、振動加速度レベルが大きく変化すると考えられるが、実際には、図8に示すように新規充填材が大きく変形するため、新規充填材未設置箇所と同様に台車の荷重がレールと車輪の接触で支持する。これにより、振動加速度レベルが変化しなかったと考えられる。



図6 列車への影響評価試験の状況



(a) 新規充填材 A



(b) 新規充填材 B

図7 列車への影響評価試験における振動加速度レベル



(a) 新規充填材 A (b) 新規充填材 B

図8 列車への影響評価試験における新規充填材の状況

以上、台車を用いた列車通過時の列車への影響評価試験の結果より、新規充填材の設置は、台車の通過に影響しないことがわかった。台車上に車体に乗った列車の場合は、台車よりも荷重が大きいことから、新規充填材の列車の通過に対する影響はさらに小さいと考えられる。

4. 被験者試験

4.1 試験概要

被験者試験では、器具を利用した歩行者が踏切を横断する際の新規充填材の設置による効果を評価した。本試験は、新規充填材 A, B を設置した鉄道総研内の踏切で実施した。試験に使用した器具はベビーカーおよびシルバーカーとし、それぞれを押し踏切を横断した際に要する時間（以

下、踏切横断時間）によって評価した。

4.2 試験方法

(1) 被験者

ベビーカーを使用した試験では40人(うち女性が22人)、シルバーカーを使用した試験では24人(うち女性が12人)が参加した。ベビーカーを使用した試験では平均年齢は32.8歳(20~49歳, 標準偏差9.9歳)、シルバーカーを使用した試験では平均年齢は72.0歳(65~82歳, 標準偏差4.9歳)であった。なお、被験者はベビーカーもしくはシルバーカーの利用経験があった方が好ましいが、被験者が集まりにくい場合は利用経験を不問とした上で募集した。

(2) 使用器具

被験者試験に使用するベビーカーおよびシルバーカーは、踏切隙間の影響を評価しやすいように車輪径がなるべく小さいタイプを選定した。安全基準や JIS 規格により、ベビーカーの車輪径は 115 mm 以上、シルバーカーは 100 mm 以上と規定されている。そこで、入手が容易なベビーカーおよびシルバーカーからできるだけ車輪径が小さいものを探し、ベビーカーは車輪径 115 mm で前輪が可動するダブルキャスターのタイプ、シルバーカーは車輪径 110 mm で前後輪が固定のタイプを選定した。なお、試験では乳幼児の乗車や荷物の積載を考慮して、ベビーカーでは重量 15 kg、シルバーカーでは重量 2 kg のウェイトを搭載した。

(3) 踏切横断時間の測定条件

踏切横断時間は、新規充填材 A, B を設置した箇所および新規充填材を設置していない箇所(以下、新規充填材無し)の3箇所において、レールに対して直角な方向(以下、直行)および直行から30°左に向かう方向(以下、斜め)の2方向で測定した。試験を実施した踏切は、試験線の曲線区間にあり、カント C=150 mm が設定されているが、被験者試験では、負荷が大きい上り勾配(内軌側から外軌側)を横断方向とした。

踏切横断時間の測定において、スタートラインは、直行では内軌側レールの手前 1.5 m、斜めでは 1 m、ゴールラインは、直行・斜めともに外軌側レールを越えた先 1 m とした。そのため、直行の測定区間の距離は約 3.2 m、斜めの測定区間を約 3.5 m であった。踏切横断時間の測定区間の例として、ベビーカーを使用して新規充填材 B を横断する被験者試験の様子を図 9 に示す。

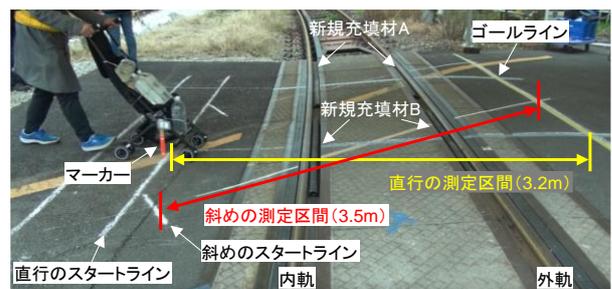
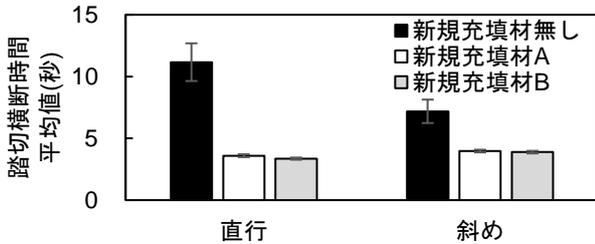


図9 被験者試験の様子と踏切横断時間測定区間
スタートラインとゴールラインにおける時間測定は、ベ

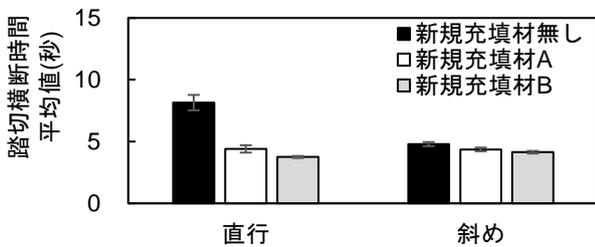
ベビーカーおよびシルバーカーに取り付けたマーカーが通過した時点とした。なお、被験者の走行にあたっては、「通常通りの自然なペースで歩く」ように教示し、時間を測定するが急ぐ必要はないことを強調した。

4. 3 試験結果

踏切横断時間の結果を図 10 に示す。図に示した結果は踏切横断時間の平均値であり、図中のエラーバーは標準偏差を示す。



(a) ベビーカーを使用した試験



(b) シルバーカーを使用した試験

図 10 踏切横断時間の結果

図 10(a)より、ベビーカーを使用した試験では、直行・斜めともに、新規充填材 A, B のどちらを設置した場合でも踏切横断時間を大幅に短縮できることがわかった。一方、図 10(b)より、シルバーカーを使用した試験では、ベビーカーを使用した試験よりも踏切横断時間の短縮効果が小さいことがわかった。これは、搭載したウェイトがシルバーカーの場合がベビーカーの場合の 1/7 以下であったことや、シルバーカーの前輪が固定されており、前輪が動いて踏切隙間にはまり込むことが少なかったことにより、新規充填材無しでも踏切の横断でつまずきが少なかったことが要因と考えられる。

5. 列車通過に対する耐久性評価試験

鉄道総研内の踏切に新規充填材 A, B を設置し、列車の通過に対する耐久性を評価した。

その結果、新規充填材 A では、車輪通過回数約 8500 回で、図 11(a)に示すような端部表面の擦れが見られたものの、端部以外の箇所では顕著な損傷が見られず、歩行者の踏切横断には実用上問題は無いと考えられる。一方、新規充填材 B では、車輪通過回数約 3000 回で、図 11(b)に示すように、内軌側に設置した場合において 500 mm 程度の範囲でレールと平行方向に割れが発生していた。これは、車

輪の通過によって発生した端部の摩耗が進展して生じたものと考えられる。また、新規充填材 B の表面に割れが発生した時期は気温の低下によってゴム硬度が最も高く、割れやすくなっていたことも要因の 1 つであると考えられる。この結果から、新規充填材 B を現在の形状で使用する場合、表面の改質等による耐久性の向上が必要であることがわかった。ただし、表面が割れた状態でも、歩行者の横断に対して機能上問題がないとも考えられるため、今後、踏切横断に関する評価を進めるとともに、車輪フランジが接触しにくい形状で製作する等の改良を行う予定である。



(a) 新規充填材 A

(b) 新規充填材 B

図 11 列車通過に対する新規充填材表面の状況

6. まとめ

器具を利用した歩行者の踏切横断時のリスクを低減するため、連接軌道の踏切を対象として踏切隙間を埋める新規充填材を A, B の 2 種類製作した。新規充填材を踏切に設置し、各種試験を実施した結果、以下の知見を得た。

- 1) 新規充填材 A, B を設置した踏切において台車を通過させる試験を実施した結果、新規充填材の設置は列車通過時の列車に影響しないことがわかった。
- 2) 被験者試験の結果、新規充填材 A, B ともに、ベビーカーおよびシルバーカーを使用した歩行者のつまずきを低減でき、新規充填材の設置により踏切横断時間を短縮できることがわかった。
- 3) 新規充填材の列車通過に対する耐久性を評価した結果、新規充填材 A は損傷が小さいが、新規充填材 B は列車通過に対して表面の割れが発生した。

今回作製した新規充填材は、新規充填材 B に耐久性の課題があるものの、新規充填材の設置による列車通過時の列車に影響せず、器具を利用した歩行者に対して踏切横断時間を短縮する効果があることがわかった。一方、現段階では、杖、車いす、自転車等の横断に対する評価は行っていない。今後は、これらに対する評価試験の実施や新規充填材の材料・形状の改良等を行う予定である。

参考文献

- 1) 高齢者等による踏切事故防止対策検討会：高齢者等の踏切事故防止対策について（平成 27 年 10 月），2015。
- 2) 国土交通省：鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準，2001。