長期強度抑制型路盤・路床材の耐アルカリ性について

ＪＲ東日本　東京工事事務所　　正会員　○冨田　直幹，フェロー会員　桑原清，正会員　鈴木啓晋
鉄建建設　　正会員　　西脇　敬一
矢崎総業　　正会員　　三宅　敏文

１．はじめに

路盤は列車走行安定を確保するためにレール・マクラギ・道床を強固に支持し，路床へ荷重を分散伝達する機能を有している（図 1-1）．例えば、非開削にて線路下横断工を行う場合には（図 1-2），埋設支障物などによる路盤の緩み等から軌道への影響を防ぐために，事前に路盤置換材による改良が行われることがある．しかし，既往の水硬性スラグ材を用いた改良路盤は長期強度が 10～20MN/m² と高く，非開削によるエレメント掘進時での掘削作業の効率低下，周辺地盤との強度差による不等沈下・隆起等 の問題が懸念される．そこで，改良強度を抑制するために，骨材に発泡性ガラス材を用いて，路盤としての必要性能を備えた路盤材の開発を行った(1)．しかし，路盤材材料であるセメントのアルカリに対するガラス骨材の 耐アルカリ性については明確に結論づけるには至らなかったことから，耐アルカリ性能および，掘削，はつり状況について確認した ので，本論文で内容を報告する．

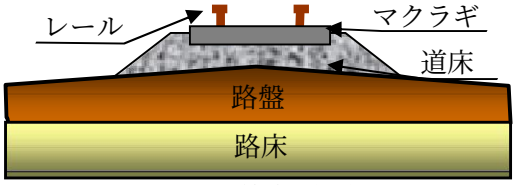

図 1-1 線路の構造

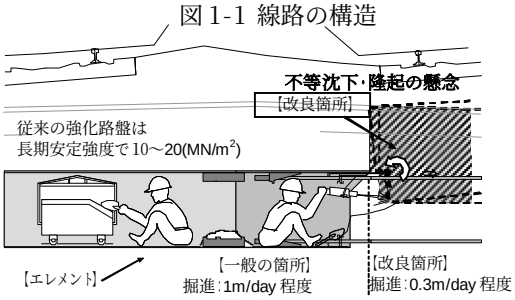

図 1-2 線路下非開削工法

２．目標性能等

当路盤材は，強化路盤としての性能を備え，かつ長期強度を抑制するために，表 2-1 に示す目標性能を設定した．また路盤材料は，既往の開発より(1)，表 2-2 に示す配合とし，施工後に K30 換算値を 110MN/m² 以上確保するために，敷均し後の転圧回数は 4 回以上としている．

表 2-1 路盤目標性能

	目標性能
①	乾燥密度 1.0g/cm³ 以上
②	2 週強度で 1.2MN/m² 以上 2)，最終強度で 5MN/m² 程度以下.
③	施工後の FWD 試験による K30 換算値が 110MN/m² 以上 2).
④	施工後列車通過時に有害な軌道変状に繋がる体積変化を生じない.
⑤	現場で容易に施工・撤去できる.
⑥	耐アルカリ性を有する.

３．耐アルカリ性試験

発泡ガラス骨材の耐アルカリ性能を確保するため，アクリル樹脂塗料によるコーティングを選定し，塗料の希釈度合いによる耐アルカリ性能を確認した．未希釈では骨材の溶解が進行しないことは確認できたが，材料コストが嵩むことから，コーティング材を希釈した場合における溶解率を確認した．耐アルカリ性試験では，60℃の恒温室内にて，試験体と骨材を実路盤で想定される pH=12.5 および最も高いアルカリ性である pH=14 の水溶液に浸漬し，圧縮強度および溶解率の確認を行った．

表 2-2 路盤材材料配合

配合（重量比）			
発泡ガラス	砂	セメント	水
1	5.1	1	0.8

1）試験体による耐アルカリ性試験

φ50mm×100mm の試験体を作製し，路盤材としての耐アルカリ性試験を行なった結果，圧縮強度は，pH=12.5 のアルカリ環境下の場合，急激に低下するような傾向は見られなかった（図 3-1）．一方，pH=14 の場合は，浸漬材齢 28 日時点で大幅に低下することがわかった（図 3-2）．

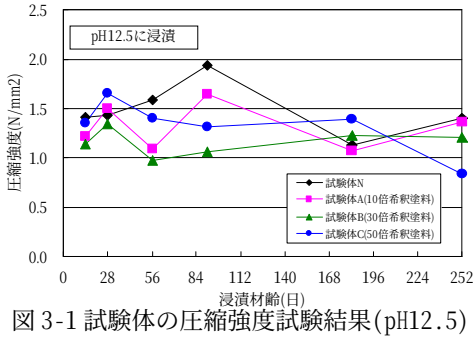

図 3-1 試験体の圧縮強度試験結果（pH12.5）

キーワード　長期強度抑制型路盤・路床材，発泡ガラス，耐アルカリ性試験
連絡先　　〒151-8512　東京都渋谷区代々木二丁目 2 番 6 号 JR 新宿ビル　東日本旅客鉄道株式会社　ＴＥＬ03-3379-4353

2) 材料による耐アルカリ性試験

発泡ガラス単体での耐アルカリ性試験では，pH=12.5 程度のアルカリ環境下でも溶解した(図 3-3)．ただし，溶解速度は，促進環境下でも緩やかであった．一方，pH=14 の高いアルカリ環境下では，溶解速度が非常に速く，浸漬材齢 14 日の時点で溶解率は 40%以上であった(図 3-4)．

3) 耐アルカリ性試験結果

各種倍率（10 倍，30 倍，50 倍）で希釈したアクリル塗料により対策を施した発泡ガラス骨材は、いずれも溶解は進行し，コーティングしない骨材と溶解速度および圧縮強度において明確な差異は見られなかった．なお，溶解速度は 60℃の場合，20℃と比較して 16 倍程度早くなる[3]．したがって，材齢 252 日は環境温度が 20℃の場合，8 年から 11 年程度に相当する．

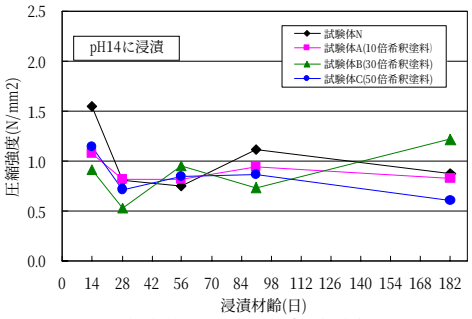

図 3-2 試験体の圧縮強度試験結果(pH14)

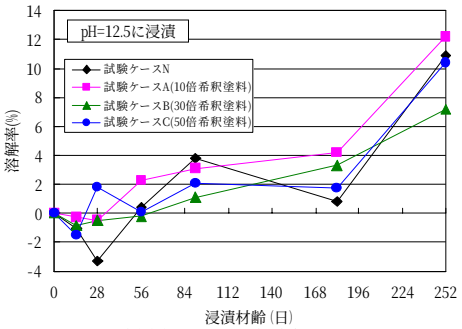

図 3-3 材料による試験結果(pH12.5)

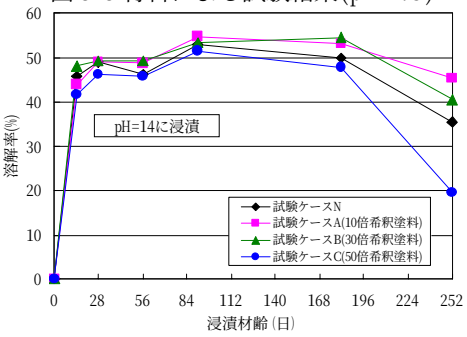

図 3-4 材料による試験結果(pH14)

4．長期強度確認試験

実際に作製した路盤から採取したコアにより，圧縮強度試験による長期強度の確認を行った．コアの材齢 158 日までの圧縮強度の試験結果を図 4-1 に示す．圧縮強度は，いずれの試験ケースも材齢 14 日で必要強度である 1.2N/mm² 以上を満足した．その後は，多少ばらつきは生じたが大幅な強度の増進は認められず，圧縮強度は 1.2～5.0N/mm² の範囲で目標とした数値を満足する結果であった．なお，圧縮試験後の強度に差が見られず，アクリル塗料によるコーティングの希釈率の違いが圧縮強度に及ぼす影響は小さいことがここでも確認された．

5．はつり試験

現場で容易に掘削，はつることが可能か確認するために，「電動ハンマー+スコップ形状ののみ」，「チッパーに平のみ」，「ピックに平のみ」の 3 種類の方法で，はつり試験を行った．試験の結果，10 分間でのはつり量は，表 5－1 に示すように，既往材料と比較して 2.5～4 倍程度であり，既往材料と比較して簡易にはつり撤去が行えることが確認された．

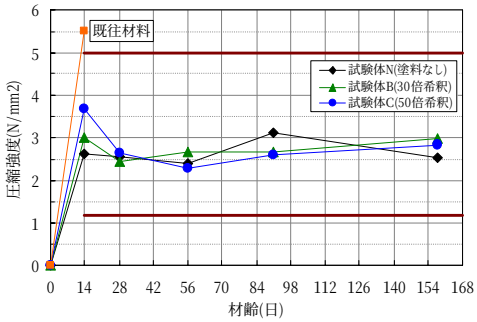

図 4-1 採取したコアの圧縮強度試験結果

表 5-1 はつり試験結果

	開発路盤 m³/10分	既往路盤 m³/10分
電動ハンマー+スコップ	0.03	0.01
チッパー+平のみ	0.05	0.02
ピック+平のみ	0.1	0.024

6．おわりに

希釈したアクリル塗料によるコーティングでは，コーティングを施さない骨材と，溶解性能、圧縮強度での差異は見られず，効果を明確に把握できなかったが，未コーティングでも 10 年程度の性能は保証できるため，状況に応じてコーティングの仕様を使いわけることで，仮設・本設のいずれにも適応できる路盤材と考えられる．また，既往材料よりも掘削，はつりが行い易いことも確認できたため，今後の線路下開削工法などでの作業性向上のために，当路盤を活用していきたい．

参考文献

1)冨田直幹，桑原清，高崎秀明，加納暢彦，松岡茂，西脇敬一：長期強度抑制型路盤・路床材の検討，土木学会第 66 回年次学術講演会，土木学会，2011

2)鉄道総合技術研究所(2007):鉄道構造物等設計標準・同解説土構造物

3)土屋博之：実験器具に用いられる素材の特徴,ぶんせき,2011.1