

鋼桁・橋台・盛土の一体化補強工法における
養生期間中の列車振動がコンクリートの硬化性状に及ぼす影響

鉄道総合技術研究所 正会員 横山知昭, 野中隆博, 神田政幸
東急建設株式会社 正会員 ○前原 聡, 早川健司, 伊藤正憲

1. 目的

老朽化した鋼鉄道橋梁を延命化・耐震化する工法として、鋼桁・橋台・盛土の一体化補強工法の開発を行っている¹⁾。図1に本工法の概念図を示す。鋼桁・橋台を一体化させる隅角部コンクリートは、夜間の列車間合いでの打設を想定しているが、初列車通過までの時間が短時間であることから列車振動が鋼材とコンクリートの一体性やコンクリートの圧縮強度へ影響することが懸念される。

本論文は、コンクリートの打設後に列車振動がコンクリートの硬化性状に与える影響について把握することを目的として、列車振動を模擬した養生環境下でのコンクリート硬化性状について検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験では、列車振動を受ける条件下でのコンクリートの圧縮強度および鋼材とコンクリートの付着強度に着目した。実験条件は、コンクリートの種類、振動開始時間および鋼材を固定しコンクリートのみを振動させる場合と吊り型枠等を想定し鋼材とコンクリートを同時に振動させる場合とした。

コンクリートに作用する列車振動力は、構造形式や着目箇所により様々と考えられるが、既往の研究によれば加速度0.2～0.6G(196～586gal)、振動数20Hz程度との報告がある²⁾。そこで、振動条件は、加速度0.6G、振動数20Hzとした。振動期間中は、列車運行を想定して、10分毎に20秒間(6列車/時間×通過時間20秒)の振動を与えた。

表1に使用材料を示す。使用材料は、凝結時間や強度発現の影響を検討するため、早強ポルトランドセメントを使用した普通コンクリート、高流動コンクリート、および3時間程度で実用強度を発現する超速硬コンクリートと超速硬グラウトを用いた。

表2に実験ケースを示す。振動開始時間は、コンクリートの凝結もしくは強度発現の影響を調べるため、コンクリートの練上がりから2時間および4時間後とした。それぞれの実験ケースにおいて、設定した振動を供試体に24時間もしくは材齢7日まで与え、材齢7日で試験を実施した。圧縮強度試験を実施するケースでは、振動を与える供試体作製時に、別途振動なしの供試体を作製し、実験ケース毎に強度を比較することにより供試体作製日の違いによる影響を無くした。

鋼材とコンクリートの付着強度用供試体は、コンクリート

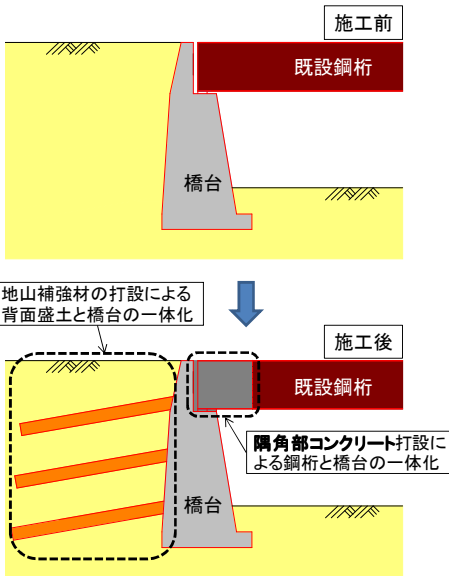


図1 一体化補強工法の概念図

表1 使用材料

材料	仕様	凝結時間 ^{※1} (h-m)	ブリーディング 率 ^{※1} (%)
普通コンクリート	早強ポルトランドセメント使用、W/C=50% スランプ:12±2.5cm 空気量:4.5±1.5%	始発:11-00 終結:13-50	2.2
高流動コンクリート	普通ポルトランドセメント使用、W/C=41.5% スランプフロー:65±10cm 空気量:4.5±1.5%	始発:14-00 終結:18-50	0.5
超速硬コンクリート	スランプ:12±2.5cm 圧縮強度:9.1N/mm ² (2時間後) :21.2N/mm ² (3時間後)	-	-
超速硬グラウト	J14ロート:8.0±2.0秒 圧縮強度:30.0N/mm ² (2時間後)	-	-

※1試験室内温度:9～11℃

表2 実験ケース

No.	コンクリート種類	振動条件	振動開始時	振動終了時	振動伝達	圧縮強度	付着強度
1	普通コンクリート (早強セメント)	振動なし	振動なし	振動なし	なし	—	○
2		振動あり	4時間後	24時間まで	コンクリートのみ	○	○
3					コンクリート、鋼板	○	○
4			2時間後	24時間まで	コンクリート、鋼板	○	○
5					コンクリート、鋼板	○	○
6	高流動コンクリート	振動なし	振動なし	振動なし	なし	—	○
7		振動あり	4時間後	24時間まで	コンクリートのみ	○	○
8					コンクリート、鋼板	○	○
9	超速硬コンクリート	振動あり	2時間後	24時間まで	コンクリートのみ	—	○
10	超速硬グラウト	振動あり	2時間後	24時間まで	コンクリートのみ	—	○

キーワード: 老朽橋梁, 延命化, 耐震化, 列車振動, 付着強度

連絡先 : 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 TEL 042-763-9507

寸法φ100mm、高さ200mmとし、コンクリート表面より幅32mm、厚さ6mmの鋼材を150mm埋め込むこととした。なお、鋼材の埋込部分は「鋼構造物塗装設計施工指針 2005 鉄道総合技術研究所」の素地調整の「替ケレンー3」程度に素地処理を施した。

3. 実験結果

図2に圧縮強度試験における振動ありと振動なしの圧縮強度比を示す。普通コンクリートと高流動コンクリートの圧縮強度は、振動なしと比較して、0.99～1.10倍と同等もしくは若干増加する傾向となり、振動により圧縮強度が低下するような影響はないことが確認された。これは、振動によりブリーディング水が抜け易くなり、振動なしのコンクリートよりコンクリートが緻密化したことによるものと考えられる。

図3に鋼材とコンクリートを同時に振動させた場合の付着強度を示す。コンクリートと鋼材を同時に振動させた場合、振動なしのNo.1、No.6に対して2割以上増加した。

図4にコンクリートのみを振動させた場合の付着強度を示す。普通コンクリートの凝結時間は、始発11時間、終結13.8時間で、高流動コンクリートは、始発14時間、終結は18.8時間と振動開始時にコンクリートは強度発現していない。コンクリートが強度発現する前にコンクリートのみ振動させた場合（No.2、No.7）、コンクリートと鋼材の付着力は著しく低下した。これは、振動によりコンクリートと鋼材が異なる挙動を示し、コンクリートと鋼材の付着が得られず、両者の境界に隙間が生じたことによるものと考えられる。

一方、超速硬コンクリート（No.9）は、練り上がりから2時間後で圧縮強度 9.1N/mm^2 、超速硬グラウト（No.10）は練り上がりから2時間後で圧縮強度 30.0N/mm^2 であり、振動開始時には凝結が終了し強度発現している。No.9とNo.10の結果より、コンクリートのみを振動させた場合であっても、振動開始時に圧縮強度で 9.0N/mm^2 程度を確保していれば、振動なしと同程度以上の付着強度となることが確認された。

4. まとめ

- (1) 養生期間中に想定した列車振動レベルを受けてもコンクリートの圧縮強度に悪影響を及ぼさない。
- (2) 付着強度は、鋼材とコンクリートを同時に振動させた場合であれば、振動なしと比較して増加する傾向にある。一方、コンクリートのみを振動させた場合の付着強度は、凝結前に振動を受けると著しく低下し、コンクリート強度がある程度発現されれば、振動なしと比較し増加する傾向にある。このため、列車振動を受ける環境下では初列車通過前に硬化する超速硬コンクリート等を用いるか、普通コンクリートや高流動コンクリートの場合、桁と同時に振動する吊り型枠等による施工を採用するのがよい。

参考文献

- 1) 例えば、野中隆博、神田政幸、舘山勝、小林裕介、杉本一朗：鋼桁・橋台・盛土の一体化補強工法における鋼桁・橋台の施工方法，土木学会年次学術講演会，第6部 Vol. 66，2011
- 2) 横井謙二、永尾拓洋、渡辺忠朋、渡辺浩二：列車振動が高流動コンクリートの品質に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集 Vol.20，No.2，1998

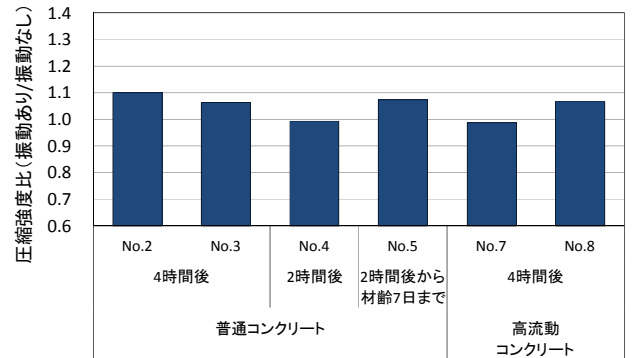


図2 圧縮強度の試験結果

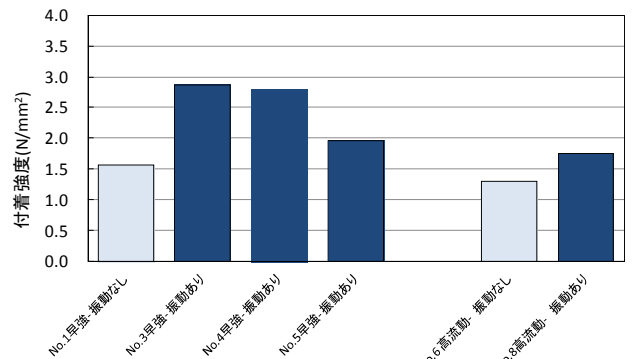


図3 付着強度の試験結果
(コンクリート-鋼材を同時に振動)

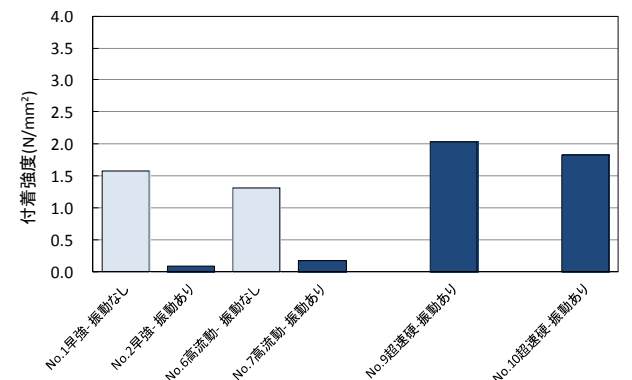


図4 付着強度の試験結果
(コンクリートのみを振動)