表面被覆工の亀裂発生における温度伸縮の影響と亀裂対策について

東日本旅客鉄道株式会社　　正会員　○青木　真浩
東京大学生産技術研究所　フェロー会員　　岸　利治

１．はじめに

JR 東日本（以下，当社）では，コンクリート高架橋からのコンクリート片落下対策として表面被覆工を実施している．表面被覆工は高架橋の伸縮による亀裂を発生させないために，ひび割れ追従性（表面被覆材の伸び量）の規格を設定し，管理しているが，防音壁部とスラブ打継目部の一部の表面被覆工で亀裂が発生している．本報告では，表面被覆工に設定したひび割れ追従性よりも大きな伸縮が生じ亀裂が発生しているのかその要因と対策について検討した．亀裂発生の要因として防音壁の温度伸縮に着目し，高架橋の防音壁部に埋め込んだ収縮計のひずみ測定データを活用した外気温差による防音壁の温度伸縮量の推定結果と防音壁に発生しているひび割れ近傍に非接着範囲を設けた亀裂対策案の室内試験結果について報告する．

２．収縮計埋込み位置とひずみ-外気温の相関について

外気温差による防音壁の温度伸縮量が設定したひび割れ追従性の規格より大きいのか，亀裂発生にどの程度影響があるのか検討した．温度伸縮量を把握するために，モックアップとして新設した高架橋の防音壁に埋め込んでいる収縮計の 2 箇月分（2020.12～2021.1）の測定データを活用した．収縮計を埋め込んでいる高架橋の構造は，R 構造 3 径間（7.9m×3＝23.7m）であり，埋め込み位置を**図-1** に示す．ひずみの測定方向は橋軸方向である．測定データより，気温上昇に伴いひずみは増加し，気温低下に伴いひずみは減少しており，1 日の外気温差とひずみ差には**図-2** に示す相関関係が伺える．これにより外気温差を把握することにより防音壁のひずみが算出でき，防音壁の延長から温度伸縮量が推定できると考える．例えば，1 スパン 8m の防音壁では，1 日の外気温差が 15℃の場合，温度伸縮量は 0.26 ㎜と算出することができる．年間の最大温度伸縮量は，最高気温と最低気温の気温差から算出することができる．これにより，年間の最大気温差 45.4℃（気象庁：白河市 2020/01/23～2021/01/23）でも同様の相関関係が続いていたと想定すると，ひずみ差は 86.49×10^{-6}，温度伸縮量は 0.69 ㎜と算出できる．

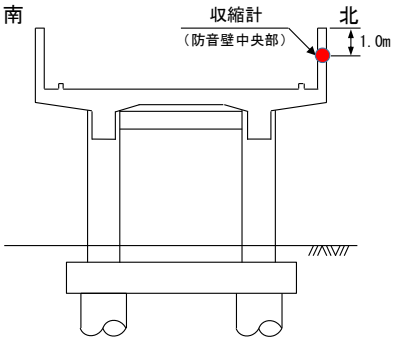

図-1　収縮計埋め込み位置

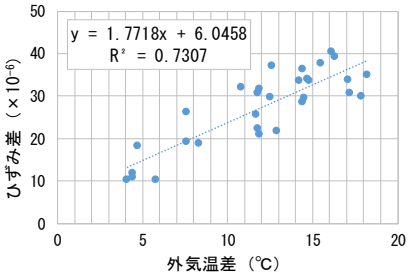

図-2　１日の外気温差-ひずみ差の相関関係（12 月 9 日～1 月 14 日）

以上の検討結果と当社のひびわれ追従性を比較したところ，当社の規格値は 0.2 ㎜であり，仮に防音壁のコンクリートに発生しているひび割れに温度伸縮量の半分がひび割れ部に集中したとすると，年間の最大温度伸縮量 0.69 ㎜ではひび割れ近傍の伸縮量は 0.345 ㎜となり 0.2 ㎜以上の伸縮となるため，ひび割れ追従性不足による亀裂発生の可能性が考えられる．

３．亀裂対策の検討と室内試験方法

表面被覆工を施工した場合，母材コンクリートと表面被覆材は接着されているため母材コンクリートに発生しているひび割れ箇所（ゼロスパン部）が伸縮すると表面被覆材に応力が集中し亀裂が発生すると考えられる．その集中している応力を分散させることでひび割れ追従性が向上すると仮定して，ひび割れ近傍にグリスを塗布することにより非接着範囲を設け応力を分散させることを検証した．検証では試験体として，寸法 70×150×10 のモルタル片に標準施工した表面被覆工法と対策案としてグリスを塗布（幅 20 ㎜，40 ㎜）したのち表面被覆工法を施した 3 パターン作製し，ひび割れ追従性試験を行った．表面被覆工法は当社の仕様書に記載の無機系 A 工法とし，試験方

キーワード　表面被覆工，亀裂，温度伸縮，ひび割れ追従性，非接着
連絡先　〒380-0927　長野県長野市栗田源田窪 992-6　東日本旅客鉄道株式会社　長野支社　TEL026-474-0826

© Japan Society of Civil Engineers

法については JSCE-K532「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法」を準用した．

さらに，ひび割れ追従性以下の変位が繰り返し伸縮を受けた場合，疲労亀裂が発生するか標準施工と対策案 40 ㎜の 2 パターンで検証を行った．試験方法は，初期変位 0.1 ㎜，周波数 1.0Hz とし繰り返し回数は 14,600 回を上限とした．振幅は繰り返し試験結果を参考に決定した．

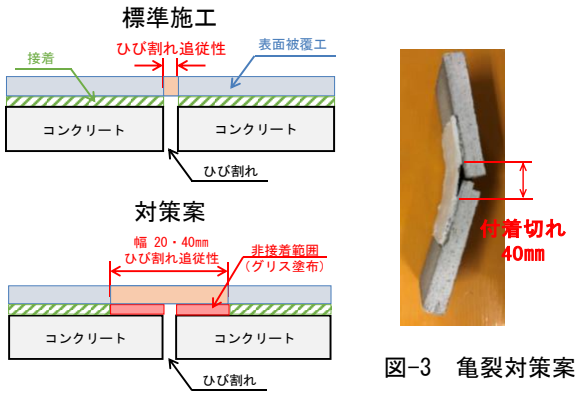

図-3　亀裂対策案

4．ひび割れ追従性及び繰り返し試験結果

4-1．ひび割れ追従性試験結果

試験結果を**表-1**，**図-4** に示す．ひび割れ追従性の伸び量は，標準施工で平均 0.40 ㎜に対し，対策案 40 ㎜では平均 1.01 ㎜と約 2.5 倍ひび割れ追従性が向上した．対策案 20 ㎜でも 0.85 ㎜と約 2.1 倍向上しており，白河市の年間の最大気温差による温度伸縮 0.69 ㎜がひび割れ箇所に集中したとしても対策案であれば，ひび割れ追従性不足による亀裂発生の可能性は低いと考えられ，亀裂対策として有効である可能性があることを確認した．ひびわ割れ追従性と非接着範囲には**図-5** の相関関係が伺え，**図-2** の相関式から気温変化による温度伸縮量を推定することにより対策箇所別に非接着範囲の設定ができると考える．

表-1　ひび割れ追従性試験結果

試験体	伸び量（mm）	平均
標準施工 メッシュあり	0.42	0.40
	0.36	
	0.43	
対策案（非接着範囲20㎜） メッシュあり	0.85	0.85
対策案（非接着範囲40㎜） メッシュあり	0.94	1.01
	1.04	
	1.04	

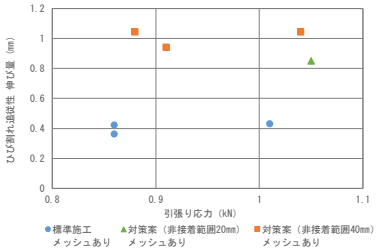

図-4　ひび割れ追従性試験結果

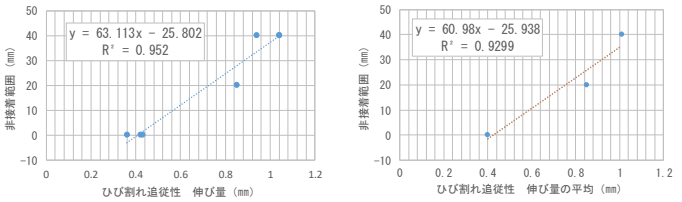

図-5　非接着範囲-ひび割れ追従性相関関係

4-2．繰り返しひび割れ追従性試験結果

試験結果を**表-2** に示す．A 工法のひび割れ追従性は**表-1** の試験結果より 0.4 ㎜とすると，標準施工では最大変位 0.3 ㎜を繰り返した場合，7,200 回で疲労亀裂が発生した．変位量 0.3 ㎜は，1 スパン 8m の防音壁が 18℃の気温変化を受けた際の温度伸縮量であり，年間 18℃の気温変化を毎日受けていたとすると約 20 年間で疲労亀裂が発生することになる．一方，対策案では最大変位 0.3 ㎜を 14,600 回繰り返しても疲労亀裂は発生することはなく，最大変位 0.5 ㎜を繰り返した場合 8,900 回で疲労亀裂が発生した．

これにより亀裂は，ひび割れ追従性不足による亀裂だけでなく，疲労亀裂も発生している可能性があると考えられる．上記と同様に，**図-2** の相関式から気温変化による伸縮量を推定することにより，**図-6** の相関関係から疲労亀裂が発生する可能性がある繰り返し回数を推定することができると考える．

表-2　繰り返しひび割れ追従性試験結果

試験体	ひび割れ追従性伸び量（mm）	初期変位（mm）	変位（mm）	最大変位（mm）	繰り返し回数（回）
標準施工 メッシュあり	0.4	0.1	0.15	0.25	14600
		0.1	0.2	0.3	7200
		0.1	0.3	0.4	1
対策案（非接触範囲40㎜） メッシュあり	1.01	0.1	0.2	0.3	14600
		0.1	0.4	0.5	8900
		0.1	0.6	0.7	160

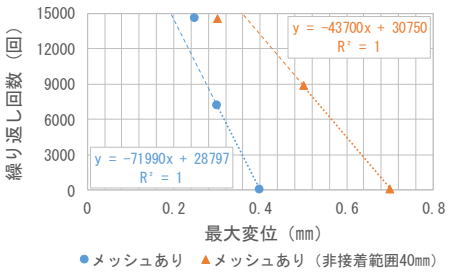

図-6　繰り返し回数-最大変位の相関関係

5．まとめ

年間の外気温差による温度伸縮がひび割れに集中していた場合，ひび割れ追従性不足により亀裂が発生する可能性があると考えられる．また，表面被覆材のひび割れ追従性以下の変位が繰り返し発生することにより疲労亀裂が発生する可能性があることを確認した．亀裂対策として，ひび割れ近傍に非接触範囲を設けることによりひび割れ追従性が向上し，ひび割れ追従性不足による亀裂と疲労亀裂に対して有効である可能性を確認した．さらに外気温差を把握することにより，防音壁の温度伸縮量を推定することができ，高架橋及び地域ごとに適した非接着範囲で対策を講じることができると考える．

© Japan Society of Civil Engineers