コンクリート舗装のひび割れ補修材の曲げ強度および疲労破壊抵抗性について

東急建設株式会社　正会員　○鈴木将充，正会員　伊藤正憲
世紀東急工業株式会社　正会員　中嶋　毅，正会員　吉野敏弘，正会員　永渕克己

1. はじめに

道路舗装の長寿命化を目的として，コンクリート舗装を積極的に採用する機運が高まっている．コンクリート舗装の長所としては，アスファルト舗装と比較して，高耐久性，低ライフサイクルコスト（LCC），ヒートアイランド対策（環境負荷低減），材料の安定供給，良好な視認性が挙げられる．一方，短所としては，初期コストが高い，新設・補修時の養生期間が長い，破損した場合の補修が困難，上下水道・ガス等における公共占用施設の埋設工事が困難，交通騒音，変状後の振動および乗り心地の悪化，すべり摩擦の低下が挙げられる．なかでも，コンクリート舗装の維持修繕を目的とした補修実施の際に，工法や適用方法が不明確なために補修が困難だと考えられていることや，交通開放に時間を要するなどの課題がコンクリート舗装の活用の妨げになっている[例えば1~3]．

また，従来のひび割れに対する維持修繕の工法は，路盤支持力の低下防止を目的とした雨水侵入を防ぐシーリング工法が大勢を占めていたが，筆者らは，舗装の安全性能を回復することが新たな目的となり得ると考え，大規模な補修工事を行うまでの維持として，ひび割れたコンクリート舗装片の飛散による事故防止などに用いる，ひび割れ部を一体化する効果が得られる簡便で早期交通開放可能な補修材の検討を行ってきた．

本報では，ひび割れ部の一体化の確認を目的として，コンクリート試験体を用いて検討したひび割れ補修材の静的曲げ強度および静的曲げ強度以下の応力が繰返し作用した場合の疲労破壊抵抗性について報告する．

2. 実験概要

2.1 使用材料

表 1 に使用材料を示す．補修材は，硬化後の樹脂の特徴が異なる 3 種類のポリウレタン樹脂を使用した．補修材の粘度は，いずれも 10mPa・s 程度以下の極めて低粘度であり，圧力を加えずとも，ひび割れ表面から自重のみで注入可能な粘度である．

表1　使用材料

種類	記号	仕様・特徴
コンクリート	—	21-12-20H
ひび割れ補修材	PU1	ポリウレタン樹脂，標準，
	PU2	〃，PU1より軟性，粘り強さ強化
	PU3	〃，PU1より硬性，接着力強化

写真１　ひび割れ注入例

2.2 試験体の作製方法

コンクリート試験体は，100mm×100mm×400mm の寸法とし，強度の安定を考慮して材齢 28 日以降のものを用いた．

ひび割れ補修の試験体は，補修前に JIS A 1106 に準拠して試験を行い曲げ破壊させた．曲げ破壊後の試験体は，ひび割れ幅 1mm となるように固定し，周囲をシーリングし，ひび割れ表面となる上面から補修材を注入した．参考として，**写真 1** に実環境でのひび割れ注入例を示す．補修材の注入後，温度 20℃，相対湿度 60%RH の環境下で養生を行った．養生期間 7 日以降に各種試験を行った．

2.3 実験方法

曲げ試験は，JIS A 1106 に準拠して行った．曲げ疲労試験は，JIS A 1106 を参考に，上限応力と下限応力を設定し，正弦波の繰返し荷重を 5Hz で与えた．上限応力は，補修前の曲げ強度から 90%～70%と設定した．下限応力は，既往の研究[4,5]から，0.29N/mm^2 と設定した．繰返し回数は，200 万回を目標とした．なお，比較として補修をしていない条件でも試験を行った．

キーワード：コンクリート舗装，ひび割れ，曲げ強度，疲労破壊抵抗性
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 土木材料 G Tel:042-763-9507

© Japan Society of Civil Engineers

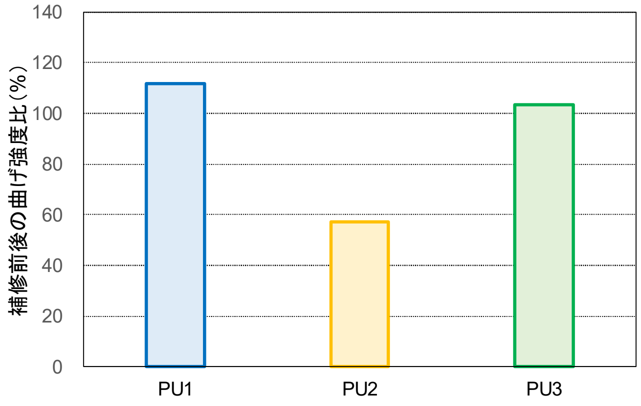

図1　曲げ試験結果

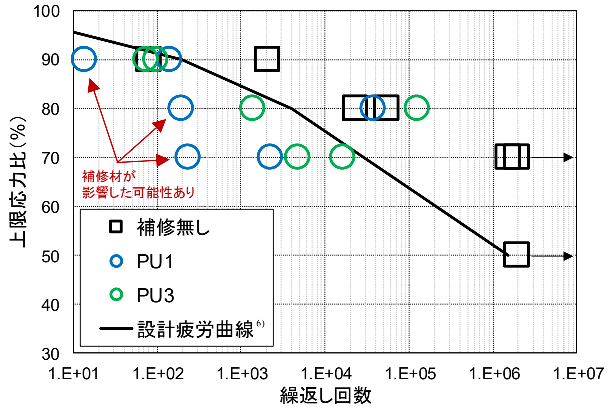

図2　曲げ疲労試験結果

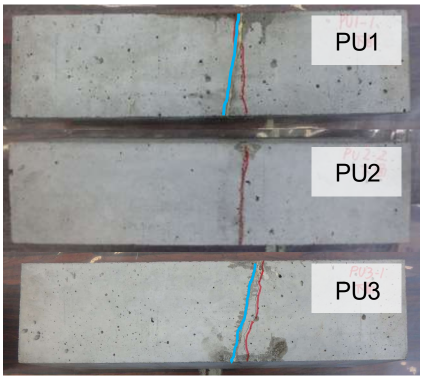

写真2　曲げ試験後のひび割れ状況

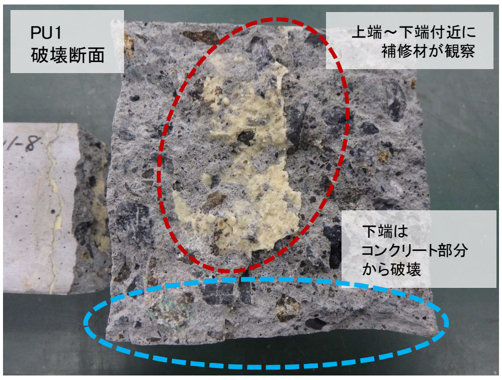

写真3　曲げ疲労試験後の破壊断面（PU1）

3. 実験結果

3.1 曲げ試験（静的載荷）

図1に曲げ試験結果，**写真2**に曲げ試験後のひび割れ状況を示す．なお，曲げ試験後のひび割れは，青線で補修したひび割れ，赤線で補修後の曲げ試験で発生したひび割れを示している．PU1およびPU3は，補修したひび割れと異なる箇所から新たにひび割れが発生して破壊に至り，曲げ強度が補修前と同等以上に回復することが確認された．一方，PU2は，補修したひび割れから破壊し，補修後の曲げ強度が補修前の57%程度と曲げ強度が回復しないことが確認された．この理由として，PU2は補修材がひび割れ全体に充填されるものの，発泡量が多く硬化後の樹脂の空隙も多くなったこと，硬化後の樹脂が他と比較して軟らかいことが原因と考えられた．

試験結果より，PU1およびPU3を用いて曲げ疲労試験を実施した．

3.2 曲げ疲労試験（動的繰返し載荷）

図2に曲げ疲労試験結果，**写真3**に曲げ疲労試験後の破壊断面を示す．図中には，コンクリート舗装の設計疲労曲線[6]を併せて示している．PU3は，ばらつきがあるものの設計疲労曲線に近い回数や補修なしと同程度の回数で破壊に至った．破壊形態は，補修したひび割れと異なる箇所から新たにひび割れが発生して破壊した．PU3により補修したひび割れ部は，繰返し荷重に対して弱点とならないものと考えられた．

一方，PU1は，PU3と同程度の回数で破壊に至るものもあるが、早期に破壊するケースも確認された（図2中赤矢印）．早期に破壊したPU1の破壊断面を観察すると、断面下端はコンクリート部分から破壊しているが、下端付近～上端まで補修材が確認された．この理由として、繰返し荷重で徐々にPU1とコンクリート界面の付着がきれ、局所的に曲げ強度が低下した可能性が考えられる．

4. おわりに

本報では接着力を強化したポリウレタン樹脂をひび割れ補修材として用いた場合，ひび割れ部が一体化し，静的曲げ強度の回復および繰返し荷重に対して弱点とならないことを報告した．今後は，この補修材を実環境下で適用した場合の耐久性について検討する予定である．

＜参考文献＞
1) 日本道路協会：コンクリート舗装ガイドブック 2016，2016.3
2) セメント協会：コンクリート舗装の普及に向けた取組みについて，重工業研究会と業界紙記者との定例懇談会，資料2，2017.10
3) 土木研究所：コンクリート舗装の維持修繕に関する研究，平成 27 年度重点研究報告書，2016.
4) 伊吹山四郎他：鋼繊維補強の曲げ疲労特性，コンクリート工学年次論文集，Vol15，No.1，pp.421-424，1979.
5) 水越睦視他：SFRC の曲げ疲労ひび割れ進展寿命の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol22, No.3，pp.199-204，2000.7
6) 岩間滋：コンクリート舗装の構造設計に関する実験的研究, 土木学会論文集第 111 号, pp.16-46, 1964.11

© Japan Society of Civil Engineers