

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（F S 研究課題対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）	所属	役職	
	岸 利治（きし としはる）	東京大学生産技術研究所	教授	
②研究 テーマ	名称	ひび割れ自己治癒技術の高度化とコンクリート床版の長寿命化		
	政策 領域	[主領域] (4)コスト構造を改革し、道路資産の効率的な形成	公募 タイプ	タイプⅡ（F S 実施）
		[副領域]		
③研究経費（単位：万円）	平成21年度			
	400			
④研究者氏名	（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入して下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加して下さい。）			
氏名	所属・役職			
安 台浩	東京大学生産技術研究所・助教			
糸山 豊	東京大学大学院工学系研究科・博士課程2年			
⑤研究の目的・目標	（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入して下さい。）			
	<p>コンクリート床版に疲労によるひび割れが発生したとしても、コンクリートに付与したひび割れ自己治癒機能により、ひび割れ中に比較的剛性の高い生成物を析出させ、ひび割れの開閉幅および応力振幅を減少させることにより、床版への疲労負担を軽減し、もって床版の長寿命化を可能とする技術を開発することが最終的な目標である。本F Sでは、短時間に繰り返し荷重を受けるRC部材のひび割れにおいて、各種の自己治癒技術を適用して剛性の高い生成物をひび割れ中に生成物を生じさせることにより、部材の圧縮剛性等が改善するかを実験的に確認し、自己治癒技術の床版ひび割れへの適用可能性の検討を行う。</p>			

⑥ F S 調査の結果

(FS調査により得られた結果について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入して下さい。)

繰返し荷重を受けるRC部材におけるひび割れ自己治癒現象を確認するとともに、ひび割れ部に析出した生成物の剛性について検討を行った。実験には、既往の研究によりひび割れ近傍の局所の追加膨張によりひび割れを閉合する効果が確認されている膨張材過添加かつ低水粉体比のコンクリート(E25)と、止水性について効果が確認されている自己治癒材料(SH47.3)を用いた。また、比較用に、低水セメント比の普通コンクリート(N25)と普通強度のコンクリート(N47.3)についても検討した。記号中の数字は、それぞれ水粉体比を表す。

(1) 繰返し荷重を受けたRC部材におけるひび割れ自己治癒現象の確認

ひび割れに析出する自己治癒生成物が繰返し荷重によって押しつぶされた後に、再度析出物が生成されてひび割れが自己治癒するか確認した。供試体を4週間水中養生させ、その間の1週・2週・4週目に気中で繰返し荷重試験を行った。その結果、図1に示すようにSH47.3とE25において、繰返し荷重を行った後もひび割れ部への生成物の析出が確認された。

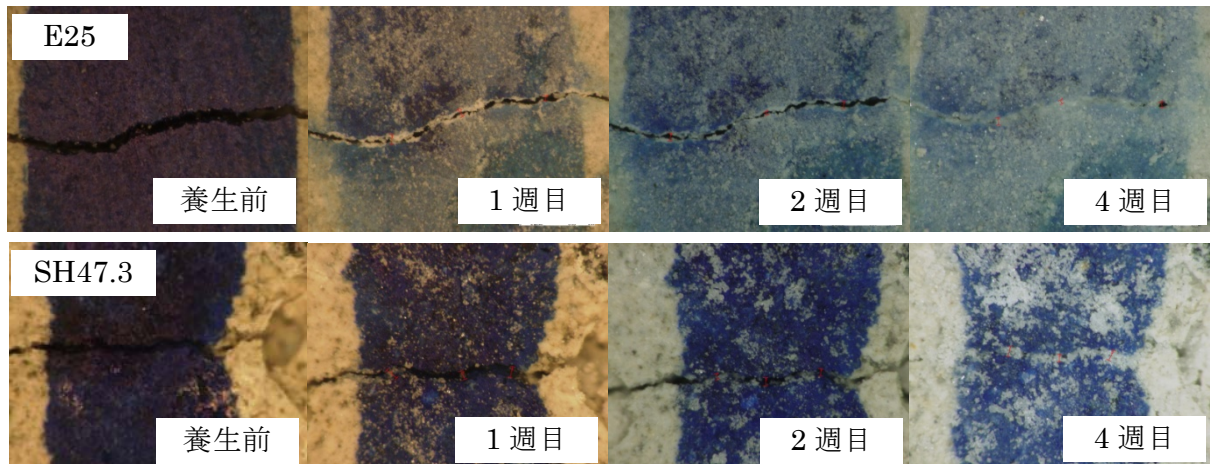


図1 繰返し荷重を受ける部材のひび割れ治癒 (上:E25 下:SH47.3)

(2) ひび割れ部に析出した自己治癒生成物の剛性の確認

図2および図3に、一軸の正負交番繰返し荷重試験での1サイクル目におけるひび割れ幅の変化を示す。図は引張を正、圧縮を負としている。

実験の結果、ひび割れ自己治癒性能を付与したSH47.3とE25は、養生後において、ひび割れ幅の振幅が顕著に低減した。養生中はひび割れ幅を強制的に所定の値で保持するため、ひび割れ部には引張荷重が作用する。しかし、荷重試験を行う際に一旦引張荷重を除去するため、養生中よりもひび割れ幅は小さくなる。したがって、治癒養生中にひび割れ部に水和物が析出した場合、除荷の際に析出物がひび割れ内に介在

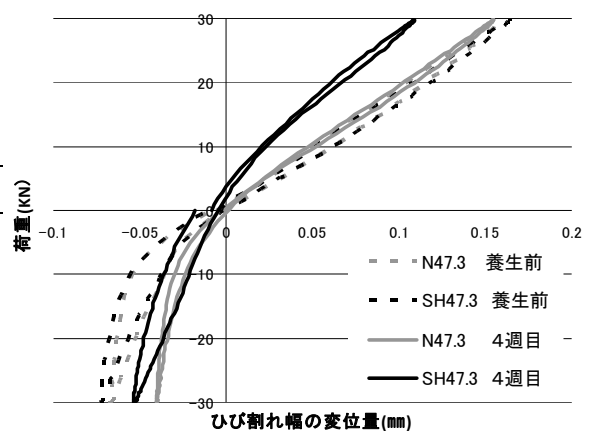


図2 繰返し荷重におけるひび割れ幅 (N47.3 および SH47.3)

することにより、ひび割れ部に圧縮応力が生じる。そのため、低い引張荷重下ではひび割れが接触した状態にある。E25の10kN未満の低引張荷重下における剛性の向上がひび割れ部への生成物の析出によるものと仮定すると、析出した生成物の圧縮剛性は十分に高いものと推察され、くさび効果が期待される。

一方、高引張荷重下において、E25とSH47.3は、特別な自己治癒効果を付与していない他の2種と比較した場合、養生後における剛性が養生前よりも向上していることが分かる。その効果は、同じ荷重におけるひび割れ幅の減少として確認できる。これはひび割れ幅が大きな貫通ひび割れの自己治癒とともに、鉄筋近傍の微細なひび割れが治癒して付着が向上したことに起因するものと考えられる。

圧縮側のひび割れ振幅は、いずれの配合においても養生によって低減した。水中養生によってコンクリートが膨潤した可能性が考えられる。高圧縮荷重下における剛性については、SH47.3とN47.3では明確な差異は認められなかったが、E25の改善効果は大きかった。

繰返し載荷において、ひび割れ幅の振幅が養生によってどの程度変化したかを図4に示す。養生前の載荷時における振幅を基準として、各養生期間後の載荷試験におけるひび割れ幅の振幅の低減度合いを示している。自己治癒機能を有する系のうち、E25は養生1週目から振幅の大幅な低減が認められる。一方でSH47.3は、載荷後の養生期間が1週間である1週目と2週目に比べて、養生期間が2週間となる4週目の載荷時に振幅が大きく低減している。したがって、これまでに提案してきたひび割れ自己治癒材料によっても、ひび割れ部の自己治癒効果により、ある程度耐疲労抵抗性の改善が期待できるのではないかと考えられる。特に、自己治癒生成物が強固と考えられるE25のひび割れ振幅の低減効果は大きく、今後、より現実的な配合で剛性の高い自己治癒生成物を析出させることの重要性が示唆された。

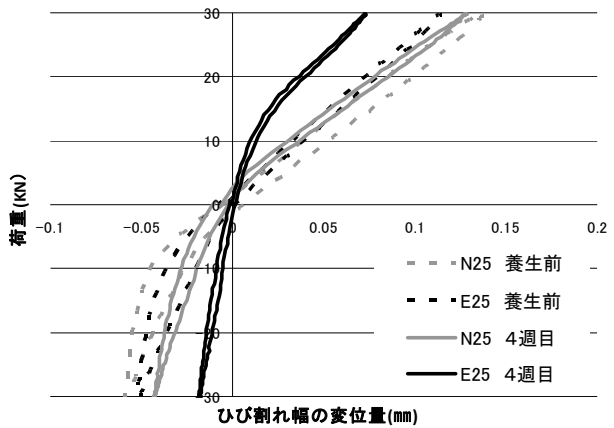
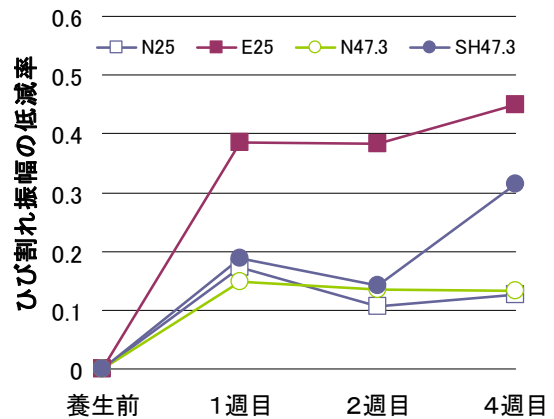


図3 繰返し載荷におけるひび割れ幅 (N25 および E25)



⑦本格研究の見通し

(FS研究から得られた成果により、本格研究における研究成果の見通し、研究の目標の達成見込み、成果の活用方法、手段、今後の展開等を記入して下さい。)

本FS研究により、これまでに提案してきたひび割れ自己治癒技術を適用した部材において、繰返し载荷によって生成物に摺り磨きを加えた後に水中養生を行ったところ、再度生成物が析出した。このことから、疲労により生成物が押しつぶされても、継続的にひび割れ部を治癒する系の実現可能性が示された。また、当初期待していたひび割れ部への生成物の析出によるくさび効果と圧縮剛性の増加のみならず、付着劣化領域の改善効果とも考えられる引張剛性の改善傾向が顕著に確認された。そして、ひび割れ部に自己治癒生成物が析出することにより、繰返し载荷時にひび割れ幅の振幅が大幅に低減する現象を確認した。その結果、ひび割れ自己治癒効果の付与により、繰返し荷重作用時にひび割れの変形(振幅)を小さくできる可能性が高いことが示された。今後、より現実的な配合で、比較的剛性の高い自己治癒生成物を生成させる系を模索することにより、より現実的なコストで耐疲労抵抗性を向上させることも可能になるものと期待できる。一方、本研究の着手以前に、より現実的な配合で、より高いひび割れ自己治癒効果を期待できる系の着想を得ており、その方法であれば、ひび割れ部に、より剛性の高い生成物を析出させることも可能であると考えている。ただし、そのようなひび割れ自己治癒材料の製造技術に課題が残っていたため、本FSの範囲内で検討するには至らなかったが、別途、製造面での課題の克服に一定の目処が立ったため、来年度以降の検討では、コスト面でより現実的な配合で、E25の改善効果に遜色ない系の検討が進むものと考えている。

また、ひび割れ自己治癒技術は、貫通ひび割れの自己治癒による直接的な耐疲労抵抗性の向上のみならず、床版の耐疲労抵抗性に悪影響を与えられ床版上面の表層微細ひび割れや損傷を治癒することにより、間接的に耐疲労抵抗性の毀損を防ぐ効果も期待できるのではないかと考えている。

⑧特記事項

(本研究から得られた知見、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入して下さい。また、研究の目的・目標からみた、研究成果の見通しや進捗の達成度についての自己評価も記入して下さい。)

本FSで検討した自己治癒技術は、科学雑誌Newton(日本語版、2010年2月号)に紹介記事が掲載された。また、別途進めている自己治癒材料の製造技術の改善にも進捗が見られており、数年以内に自己治癒材料の実用化に向けた検討が進展すると考えている。本FSでは、従来の自己治癒技術を用いた検討に留まったが、自己治癒技術の適用により耐疲労抵抗性が改善される可能性は実験的に示唆されたと考えており、来年度以降の研究の進展に手応えを得ている。