

繰返し水圧載荷によるコンクリートの砂利化再現実験

日本大学工学部 学生会員 ○綿貫 毅
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

1. はじめに

道路橋 RC 床版に生じる砂利化は、交通荷重の繰返しと高い含水状態で発生することが知られている。実際に、砂利化した RC 床版では、床版上面に発生した水平ひび割れや、ひび割れへの水の侵入が確認されており、降雨などの際には高い含水状態であることが考えられる。砂利化の再現実験では、ひび割れを通じて水圧がコンクリート内部に作用し、モルタル部を粉砕すると同時に、間隙水圧上昇が損傷を促進することが報告されている¹⁾。そこで本研究では、繰返し水圧載荷を与えることで、水圧が砂利化に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

表-1 に実験ケースを示す。実験は 3 つに大別できる。具体的には繰返し水圧載荷実験(No.1,2,3,6)、一定の水圧載荷実験(No.4)、水圧を与えなかった無載荷実験(No.5)である。繰返し水圧載荷は初めに 0.250MPa の水圧を載荷し、次に振幅 0.240MPa の水圧を 0.1Hz のサイン波として載荷し、最大値 0.490MPa、最小値 0.010MPa とした。一定水圧載荷では 0.5MPa の水圧を載荷した。供試体に与えたひび割れ幅は 0.5mm と 0.1mm とした。繰返し水圧の載荷回数は 5 万回とし、一定水圧載荷は繰返し水圧載荷に要した時間と同じ、6 日間とした。表-2 にはコンクリートの配合を示す。

図-1 に実験装置の概要を示す。写真-1 は実験装置の全体状況、写真-2 は水圧発生装置である。供試体は、直径 100 mm、高さ 100 mm の円柱供試体とし、予め圧縮試験機を用いて供試体直径方向に貫通ひび割れを発生させた。供試体を含む水状態にするため、脱気装置を用いて水中で 1 日間脱気を行った。圧力容器に供試体を固定する際は、供試体周面と圧力容器の隙間にコーキング材（シリコンシーラント SA-45889）を注入して固定した。載荷に使用する水は蒸留水を脱気して用いた。水圧発生装置は、水で満たされたシリンダー内のピストンが前後することにより水圧を発生させる。水圧発生装置をナイロンチューブで圧力容器と接続し、圧力容器内に水を注入することで、水圧が発生する。測定項目は蒸留水の載荷前後の pH とひび割れ密度及び粉体質量である。ひび割れ密度は載荷終了後、供試体の高さ方向の 6 か所を切断し、ひび割れの長さを計測し、それを断面積で除すことで求めた。粉体質量はひび割れ面を筆で軽く擦って粉体を採取し、その質量を測定した。加えてふるいを用いて粉体の粒度分布を測定した。

表-1 実験ケース

ケースNo.	ひび割れ幅(mm)		水圧 (0.5MPa)	繰返し載荷 (5万回)	材料	ひび割れ密度 (mm/mm ²)	pH
	0.1	0.5					
1	○		○	○	コンクリート	0.022	11.75
2	○		○	○	コンクリート	0.022	11.93
3		○	○	○	コンクリート	0.031	11.96
4		○	○	-	コンクリート	0.024	11.31
5		○	-	-	コンクリート	0.016	-
6		○	○	○	モルタル	0.015	12.15

表-2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					W	C	S	G	AE減水剤
20	12	64.3	4.5	48	178	277	839	1005	2.77

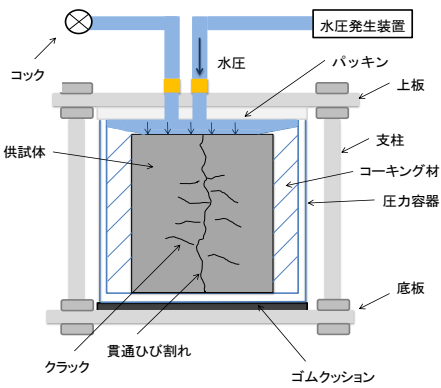


図-1 装置の概要

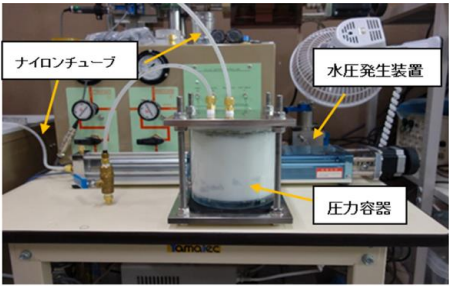


写真-1 実験装置

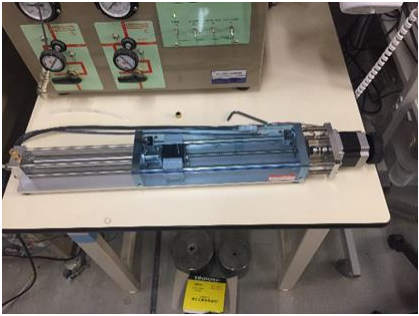


写真-2 水圧発生装置

キーワード 砂利化，水圧，繰返し載荷。

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部 TEL-024-956-8710

3. 実験結果及び考察

写真-3 に No.3 供試体の切断面、写真-4 にその拡大写真を示す。ひび割れは赤線で示した。拡大した端部では、赤線で囲われた部分で粗骨材とセメントの界面でひび割れが生じている。この現象は、繰返し水圧載荷を加えた(No.1~3)で見られ、ひび割れ幅が大きいほど顕著であった。これは、ひび割れ幅が大きい程、供試体内部にひび割れが形成されているため、それらを通じて水圧が作用し、骨材とセメントの界面を破壊したものと考えられる。一定水圧載荷ではひび割れを与えた時に生じたと思われるもの以外、界面の破壊は確認されなかった。なお、無載荷では界面での破壊は確認されなかった。このことから、水圧の繰返し作用が骨材とセメントの界面破壊を促すものと考えられる。

図-2 にケース毎のひび割れ密度を示す。図より、繰返し水圧載荷(No.1~3)ではひび割れ幅 0.5mm の No.3 が 0.1mm 幅の No.1,2 よりも大きい値となった。これよりひび割れ幅が大きい程ひび割れ密度も大きくなることが分る。同じひび割れ幅 0.5mm で比較すると、載荷方法の違いにより、繰返し水圧載荷(No.3)が一番大きく、一定水圧載荷(No.4)、無載荷(No.5)の順に小さくなった。これより、水圧の繰返し作用により、界面の破壊が促され、ひび割れが発生したと考えられる。また、繰返し水圧載荷(No.6)のモルタル供試体は無載荷(No.5)と同程度の値となった。これは、モルタル供試体は粗骨材が入っていないため、粗骨材とセメントの界面の破壊が発生せず、ひび割れの進展も発生しなかったものと考えられる。

図-3 にひび割れ面から採取した粉体質量と粒径ごとのの質の関係を示す。なお図中には載荷後の蒸留水の pH も併せて示した。ひび割れ幅の違いでは、図より繰返し水圧載荷(No.1~3)で 0.5mm 幅の No.3 の粉体質量が最も大きく、pH も高い。載荷方法(No.3,4,5)の違いでは、繰返し載荷(No.3)の粉体質量が大きい。粒度分布に着目すると、繰返し水圧載荷(No.3)で 2mm より小さい粉体が少ないのに対し、一定水圧載荷(No.4)では多くなった。これは、水圧の繰返し作用により細かい粉体が洗い流されて水中に分散・溶け出したのに対し、一定水圧載荷では洗い流されずひび割れ面にとどまったものと考えられる。そのため、(No.4)の蒸留水の pH が(No.1~3)よりも低い値となった。

4. まとめ

本研究では、ひび割れコンクリート供試体に繰返し水圧を載荷して、砂利化の再現を行った。水圧 0~0.5Mpa の繰返し載荷により粗骨材とセメントの界面にひび割れが発生し、砂利化の兆候が確認できた。ひび割れ密度とひび割れに伴う粉体質量は、初期に与えたひび割れ幅、水圧載荷方法、粗骨材の有無の影響を受けることがわかった。今後は低水圧や圧縮履歴を与えたひび割れ供試体で実験を行う予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費（課題番号 16H04402）代表：藤山知加子（法政大学）の助成を受けました。記して謝意を示します。

参考文献

1)仙頭紀明, 子田康弘, 藤山知加子: 繰返しの圧縮力およびせん断力を与えたコンクリートの砂利化発生機構の検討, コンクリート工学年次論文集, 40 巻, 2 号, pp.601-606, 2018.



写真-3 No. 3 切断面



写真-4 No. 3 切断面（拡大図）

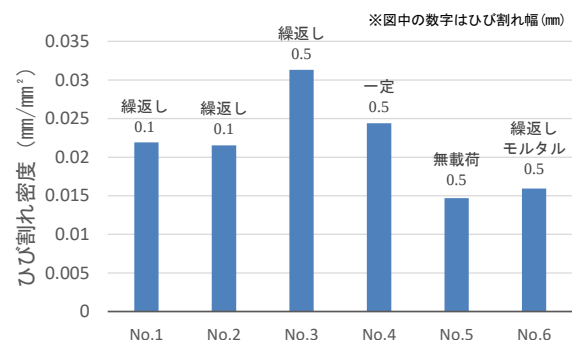


図-2 ケース毎のひび割れ密度

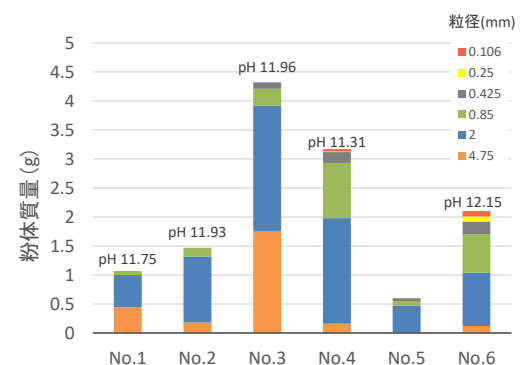


図-3 粉体質量と粒径分布