

秋田県八幡平の硫酸温泉環境下におけるコンクリート暴露供試体の質量減少

秋田大学 正員 ○徳重英信 秋田大学 学生員 佐々木泰平 秋田大学 フェロー 川上 洵
 ランデス(株) 正員 細谷多慶 ランデス(株) 正員 松岡 智

1. はじめに

下水道や温泉など、硫酸環境下でのセメントコンクリートの劣化を低減する技術として、近年では硫黄固化体の利用をはじめとした様々な手法が研究・開発されてきている。一方で、コンクリート表面に硫酸浸食によって二水石膏を析出・被覆させて、劣化の進行を低減させる手法として、高炉スラグを多量（60～80％程度）に混和した耐酸性水和固化体の開発¹⁾も行われてきている。本研究では、この耐酸性水和固化体に用いる材料と配合を中心として、使用骨材や養生方法に加えて、水セメント比や細骨材率などの配合パラメータを与えた供試体を作製し、秋田県内にある温泉源泉に 1 ～2 年間浸漬した結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 供試体浸漬箇所

供試体の浸漬箇所は、図 1 に示す秋田県内の温泉地の源泉およびその下流河川である。浸漬地 A, B および E は硫酸性温泉源泉であり高温の酸性水が噴出している粘土質地帯である。C および D は塩酸が主となる温泉源泉から湧出している温泉水が流入している河川である。なお、A～D の 4 カ所については 2008 年 11 月より浸漬を開始し、浸漬地 E については 2010 年 2 月より供試体を浸漬している。

2.2 供試体の種類と配合パラメータ

供試体の種類は、表 1 に示す 38 通りとなっている。供試体 No.1 ～ No.32 までの供試体は、W/C, C/B, s/a および空気量を配合パラメータとしており、使用材料も細骨材に高炉スラグ細骨材（BFS）と川砂（RS）とし、粗骨材には碎石、石灰石および徐冷スラグを用いている。養生方法は各配合で標準養生と蒸気養生を行っている。



図 1 供試体の浸漬箇所

表 1 浸漬供試体の配合パラメータ

No	Gmax (mm)	W/B (%)	C/B (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)					細骨材	粗骨材	養生方法
						W	C	BF	S	G			
1	20	25.0	40.0	45.0	2.0	175	280	420	699	862	BFS	砂岩碎石	蒸気養生
2	20	30.0	40.0	45.0	2.0	175	233	350	746	921			
3	20	35.0	40.0	45.0	2.0	175	200	300	781	963			
4	20	25.0	30.0	45.0	2.0	175	210	490	696	859			
5	20	25.0	20.0	45.0	2.0	175	140	560	694	856			
6	20	25.0	40.0	40.0	2.0	175	280	420	621	940			
7	20	25.0	40.0	50.0	2.0	175	280	420	776	783			
8	20	25.0	40.0	55.0	2.0	175	280	420	854	705			
9	20	25.0	40.0	60.0	2.0	175	280	420	932	627			
10	20	25.0	40.0	45.0	4.5	175	280	420	668	824			
11	20	25.0	40.0	45.0	2.0	150	240	360	770	950			
12	20	25.0	40.0	45.0	2.0	200	320	480	627	773			
13	20	25.0	40.0	45.0	2.0	175	280	420	699	857	石灰石	徐冷スラグ	
14	20	30.0	40.0	45.0	2.0	175	233	350	746	916			
15	20	35.0	40.0	45.0	2.0	175	200	300	781	958			
16	20	25.0	40.0	45.0	2.0	175	280	420	699	857	RS	砂岩碎石	蒸気養生 標準養生 蒸気養生 標準養生 蒸気養生 標準養生 蒸気養生 標準養生 蒸気養生 標準養生
17	20	30.0	40.0	45.0	2.0	175	233	350	746	916			
18	20	35.0	40.0	45.0	2.0	175	200	300	781	958			
19	20	25.0	30.0	45.0	2.0	175	210	490	671	859			
20	20	25.0	30.0	45.0	2.0	175	210	490	671	859			
21	20	25.0	20.0	45.0	2.0	175	140	560	668	856			
22	20	25.0	20.0	45.0	2.0	175	140	560	668	856			
23	20	30.0	40.0	45.0	2.0	175	233	350	719	921			
24	20	30.0	40.0	45.0	2.0	175	233	350	719	921			
25	20	35.0	40.0	45.0	2.0	175	200	300	752	963			
26	20	35.0	40.0	45.0	2.0	175	200	300	752	963			
27	20	25.0	40.0	45.0	2.0	175	280	420	673	862			
28	20	25.0	40.0	45.0	2.0	175	280	420	673	862			
29	20	25.0	100.0	45.0	2.0	175	700	0	684	881			
30	20	25.0	100.0	45.0	4.5	175	700	0	655	844			
31	20	30.0	100.0	45.0	2.0	175	583	0	728	938	蒸気養生		
32	20	35.0	100.0	45.0	2.0	175	500	0	759	977			

No	Gmax (mm)	W/B (%)	C/B (%)	S/B (%)	養生方法	No	バインダーの 種類
33	5	25	40	1.38	標準養生	36	レジン
34	5	25	40	1.38	標準養生	37	
35	5	25	40	1.38	標準養生	38	

No	Gmax (mm)	W/B (%)	C/B (%)	S/a (%)	養生方法	No	バインダーの 種類
33	5	25	40	1.38	標準養生	36	レジン
34	5	25	40	1.38	標準養生	37	
35	5	25	40	1.38	標準養生	38	

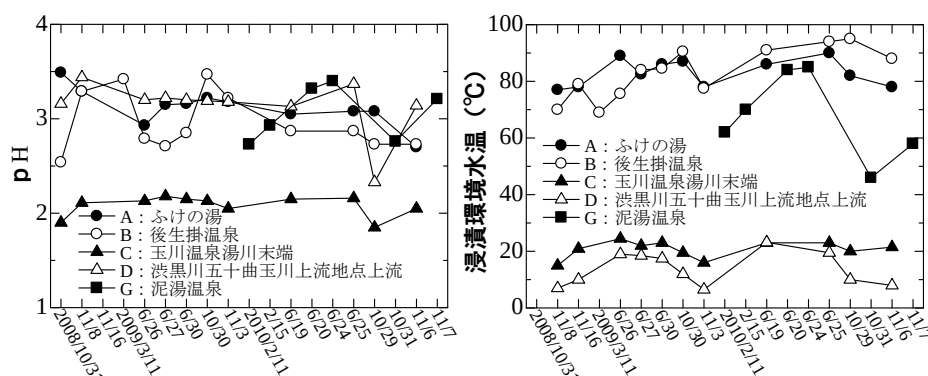


図 2 浸漬地区の pH と水温

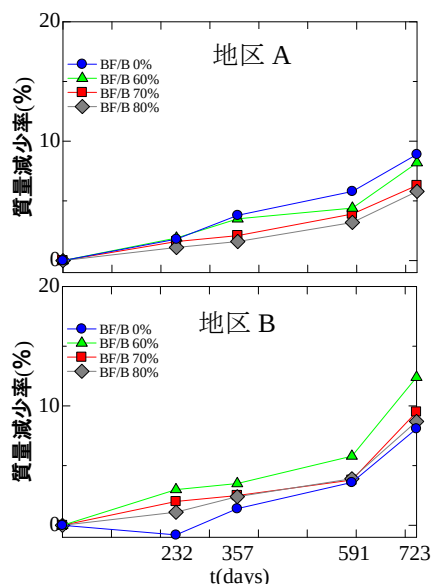


図3 質量減少率と暴露期間

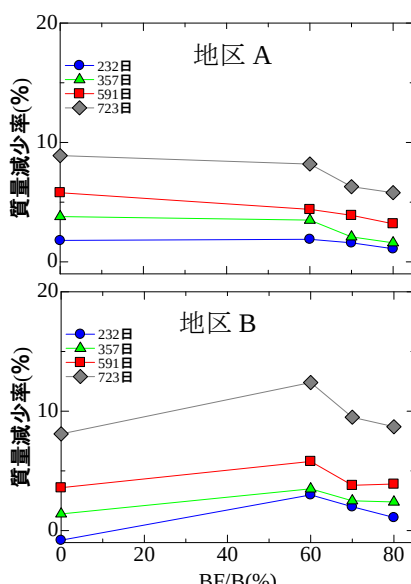


図4 質量減少率と BF/B

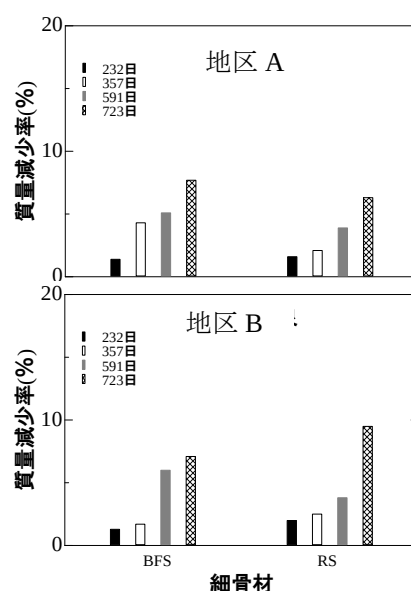


図5 質量減少率と細骨材率

一方、No.33～No.35 の供試体はモルタルであり、高炉スラグ細骨材の種類を変えている。さらに、No.36～No.38 は比較のために浸漬した不飽和ポリエステルレジンコンクリートである。

3. 浸漬試験結果

3.1 浸漬環境

浸漬地区の pH と水温を図 2 に示す。地区 A、B および D においては pH は 3.5～4.5 程度であるが、水温は 50℃～90℃程度と高温環境となっている。一方、地区 C では水温は 20℃前後であるものの pH は 2.0 程度と強酸性水での浸漬試験環境となっている。特に地区 C および D は水温 20℃前後であるものの、主に塩酸性水質であり、本研究対象の高炉スラグ混和セメント系固化体に対しては過酷な環境である。

3.2 浸漬試験結果

暴露期間中の地区 A および B での質量減少率と浸漬期間の関係を図 3 に示す。暴露期間中、各供試体の質量減少はほぼ線形に増加しており、2 年間で最大で 10% の質量減少率までに達する供試体もある。一方、結合材に対する高炉スラグ粉末混和率 (BF/B) 別での質量減少率をみると、図 4 に示すように、高炉スラグ無混和 (BF/B=0%) の質量減少率に比較して、高炉スラグ混和率 60% の供試体はいずれの暴露期間においても質量減少率が高くなる傾向であるが、高炉スラグ混和率 80% と多量に高炉スラグを混和すると、無混和の質量減少率とほぼ同程度の値をしめした。

供試体は温泉源泉に浸漬しており、完全に水中もしくは泥分中にある場合は二水石膏の生成が観察され、

劣化を低減することに効果を発揮したことが考えられる。しかし、自然環境であるため、供試体上部が気中に曝されている部分があり、その箇所は劣化が激しい。このことが、高炉スラグ粉末無混和の場合と高炉スラグ粉末 80% 混和の場合の質量減少率が同程度となった要因とも考えられる。

一方、図 5 に示すように、細骨材に BFS と RS を用いた場合には、地区 B において RS を使用した場合において若干質量減少率が高くなる傾向を示したが、地区 A においては 2 年の浸漬結果で BFS を用いた方が質量減少率が若干高くなり、全体としては高炉スラグ細骨材の使用の影響はあまり認められない。また石灰石を粗骨材に用いた供試体は、骨材の爆裂が観察されて劣化は非常に激しい結果を得ている。なお、レジンコンクリートについては劣化は全く認められていない。

4. まとめ

本研究で秋田県内の温泉地に高炉スラグ混和セメント系固化体を主とした各種コンクリートを浸漬した結果、高炉スラグ混和の優位性がある程度認められたものの、さらに試験を継続して劣化要因と機構について検討を継続する必要がある。

参考文献 1) 松岡ほか：プレキャストコンクリート製品に適用する高炉スラグを用いた耐硫酸性セメント硬化体の力学的特性，材料，Vol.59，No.10，pp.757-762(2010)

謝辞：供試体の作製にあたり、岡山大学 綾野克紀博士および藤井隆史博士に多大なるご助力をいただきました。ここに謝意を表します。