

超臨界水処理によるアルカリ骨材の判定試験法

広島大学 ○藤本 郷史, 日大生産工 湯浅 昇
日大生産工 松井 勇, 日大生産工 笠井 芳夫

1 はじめに

アルカリ骨材反応とは、コンクリート用骨材中のシリカ分などの特定鉱物と細孔溶液中の金属イオンとの反応によってコンクリート内部に以上膨張が生じ、ひび割れの発生、ゲル状成分の浸出を生じてコンクリート構造物に被害を与える現象である。このような有害な骨材の判定方法として、モルタルバー法、化学法、迅速法など各種手法・規格が存在し、被害の防止に成果を挙げてきた。しかしながら試験終了までに多くの時間を必要とするため、人件費や施設維持費の面で負担である。本報では、超臨界水処理を用いて、アルカリ骨材反応を促進させる手法を用いて、迅速なアルカリ骨材判定方法を提案することを目的とする。

2 実験と判定方法の概要

2.1 試験装置

Fig.1に超臨界水処理装置の概要を示す。反応容器には、HC-22製耐圧容器（内径φ22×約165mm，内容積62.9cm³）を用いた。また、反応容器の加熱には、攪拌機付硝石槽（槽内寸法W550×D550×H850mm）を使用した。

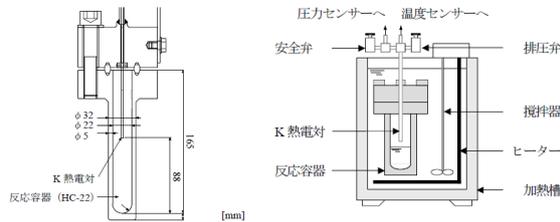


Fig.1 反応容器(左)、攪拌機付、硝石槽(右)

2.2 実験因子と水準

簡易かつ明確な判定法をめざして、実験因子は、処理時間、処理水の水酸化カルシウム濃度、処理対象の骨材種、骨材の粒径を設定した。

Table1 実験因子と水準

因子	水準
骨材種	大井川産砂利(アル骨なし) 瀬戸チャート(アル骨あり)
粒径	破碎・分級(参考:JIS A5005)
処理時間	5, 15, 30, 60 分
NaOH 濃度	純水, 0.01, 0.25, 0.5, 1.0mol/L

2.3 試験条件

試験条件及び試験結果をTable2に示す。温度圧力は、水が超臨界域に達する条件を設定した。冷却方法は、試験時間の短縮を目的として、水を用いた急冷とした。

Table2 試験条件

項目	条件
設定温度	400°C
目標圧力	25~30MPa
冷却方法	水で急冷 15 分間

2.4 判定の方法

以下の三つの方法で、コンクリート用骨材のアルカリ骨材反応有害性の判定を試みた。

2.4.1 質量変化率

反応性の有無によって、処理水への成分の溶出やアルカリ骨材反応の促進による溶解が予想された。そこで、処理前後での重量変化をもとに判定することを試みた。ここで、質量変化率は、処理前重量: w_{before} (g)、処理後重量:

w_{after} (g)、質量変化率: R_{w_diff} (%), と表記すると式(1)で定義される。

$$R_{w_diff} = \frac{w_{after} - w_{before}}{w_{before}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.2 目視

予備試験結果を元に、以下を観察した。

- 白いゲル状、固形物などの溶出・析出
- 粒子同士の付着および、容器への付着

2.4.3 処理液のpH変化

高温高圧環境下では、アルカリ骨材反応が促進的に発生することが予想された。そこで、NaOH水溶液中での処理においては、アルカリ分の消費によるpH変化を測定した。測定は、以下pH試験紙(pH 9.5-14.0, 7.0-10.0)を利用して行った。

A New Test Method for Alkali Aggregate Reaction
Using Supercritical Water Treatment

Satoshi FUJIMOTO, Noboru YUASA, Isamu MATSUI and Yoshio KASAI

2.5 実験結果

2.5.1 判定試験に要する総時間

現状の試験装置では、破碎・分級された試験体および処理水を用意した段階から算定して、Table3に示す時間が必要であった。

Table3 判定試験の所要時間

No.	作業内容	所要(分)
1	試験容器をソルト槽に投入	5-10
2	高温高圧環境下での処理	7-8
3	400℃までの昇温	5-60
4	ソルト槽から揚出→冷却開始	15-20
5	水中に放置して冷却する	15-20
6	容器の開封・付着除去など	5-15

2.5.2 昇温・昇圧条件

試験体を2.0g、処理水を20.0gとし、ソルト槽の温度を400℃として試験を行った場合の昇温、昇圧の1分ごとの測定結果をFig.2に示す。温度、圧力の履歴は、サンプル間で近い値を示しており、試験条件を統一できていることが確認できた。

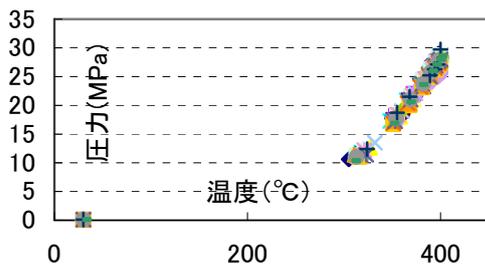


Fig.2 昇温・昇圧の履歴(サンプル15~34)

2.5.3 純水処理による判定試験

試験法の簡便さ・安全性を考慮し、超臨界水のみによる判定を試みた。Table4に見られるように、重量変化、目視変化、pH変化ともに有意な差は見られなかった。従って、超臨界純水では、アルカリ骨材は判定できないと結論できる。

Table 4 重量変化率(超臨界純水処理)

試験体	W_{before}	W_{after}	R_{w_diff}
アル骨A	1.006	0.999	-0.696
アル骨B	1.006	0.999	-0.696
普通骨材	1.001	0.989	-1.199

2.5.4 NaOH処理液による判定試験

2.5.4.1 質量変化率による判定

NaOH水溶液高温高圧処理による判定においては、試験体が容器の底部に付着することがおおく、20%程度の処理においてしか質量計量そのものを行えなかった。回収された骨材についても、アルカリ骨材と普通骨材の差は見られなかった。以上のことから、質量変化率による判定は難しいと結論した。

2.5.4.2 目視による判定 : 処理時間

濃度が低く、比較的安全性が高い0.01mol/L NaOH水溶液による処理を対象として、処理時間の検討を行った。15,30,60分、いずれの処理時間をにおいても変化は見られなかった。

2.5.4.3 目視による判定 : NaOH濃度

処理時間を5分として目視による判定を試みた。0.25mol/L以上のアルカリ反応性を有する骨材では、粒子同士の接着が見られた。また、1.0mol/Lでは、白い析出物によって全ての試験体粒子が互いに接着した。一方、アルカリ骨材反応性のない普通骨材では、粒子の接着が稀にみられたものの、白い析出物は見られず、粒子は互いに離れたままであった。以上のことから、処理時間5分、NaOH濃度1.0mol/Lの条件では目視による判定が可能と結論した。



Fig.3 処理後:アルカリ骨材(左)普通骨材(右)

2.5.4.4 処理液のpH変化による判定

NaOH濃度を変えた場合の、処理前、処理後のpH変化をTable5に示す。いずれもアルカリ骨材反応性による違いは見られなかった。

Table5 pH変化

NaOH 濃度	pH		
	処理前	ASR	notASR
0.25	13.5	12.0	12.5
0.50	13.5	12.0	12.5
1.00	14	13.0	13.5

3 まとめ

コンクリート用骨材の超迅速型アルカリ骨材判定試験法として、高温・高圧NaOH水溶液を用いた方法を提案した。Table6に示す試験条件でアルカリ骨材を判定可能である。

Table 6 判定試験の条件

項目	条件
環境	400℃、25~30MPa で5分
前処理	破碎・5~10mm に分級:2g
処理液	1.0mol/LNaOH 水溶液:20g
判定方法	目視:アル骨材なら、白く固着

現状では、容器容量が小さいため化学法同様、サンプリングに問題がある。また、高濃度のアルカリの濃縮が発生していると考えられるため、容器の安全性が危惧される。超臨界環境に耐える金属材料の開発が期待される。