

X線造影撮影とX線回折によるアルカリシリカ反応の判定手法の開発

東北学院大学 学生会員 阿部 貴弘

東北学院大学 正会員 武田 三弘

1. はじめに

コンクリートの劣化要因の一つであるアルカリシリカ反応（以下ASRとする）は、コンクリートの大幅な強度または弾性係数の低下を引き起こす場合があること、長期にわたって劣化が進行すること、発生機構や膨張挙動に不明な点が多く残っていることなどからコンクリートの癌と呼ばれている。近年ではASRによってコンクリートにひび割れが生じるだけでなく、内部鉄筋の破断に至るケースも顕在化し、社会的な関心を集めている。現在、アルカリシリカ反応の判定に化学法やモルタルバー法などが用いられているが、これらの方法では時間がかかることや、正確に判定できない場合がある。本研究では、ASRが生じた既設コンクリート構造物からコアを採取し、X線造影撮影によるひび割れの発生状況の測定とX線回折による成分解析を行い、ASRの早期評価・判断に繋がる特徴について調べることを目的としている。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

供試体はASRが生じた現場（3箇所）よりコア抜きしてきたものをを用いた。いずれの現場も、表面にひび割れが入っていない箇所からコアを採取している。採取された供試体の寸法は現場によって異なるが、コア直径は $\Phi 70\sim 100\text{mm}$ のものをを用いた。

2.2 X線造影撮影

X線造影撮影は、厚さ10mmにスライスしたコンクリート供試体に対して、造影剤浸漬前と浸漬後60分間時にX線撮影を行うことによって、コンクリート中に発生しているひび割れや空隙を検出し、その検出された空隙量を定量化する手法である。本実験では、この定量化された値を透過線変化量として用いている。図-1は、X線造影撮影法の概要を、図-2は、X線造影撮影法より得られたコンクリートの圧縮強度と透過線変化量との関係を示したものである。

2.3 X線回折

コンクリートの成分解析には、エネルギー分散型蛍光X線分析装置を用いた。現場より採取された供試体の一部を粉末状にし、その化学成分を調べた。

2.4 実験方法

ASRが生じた供試体を厚さ10mm毎に深さ方向にカットし、X線造影撮影を用いて、表層から深さ方向の10mm毎の空隙量を透過線変化量として測定した。また、ひび割れの発生状況を確認するためX線フィルムの撮影も行った。

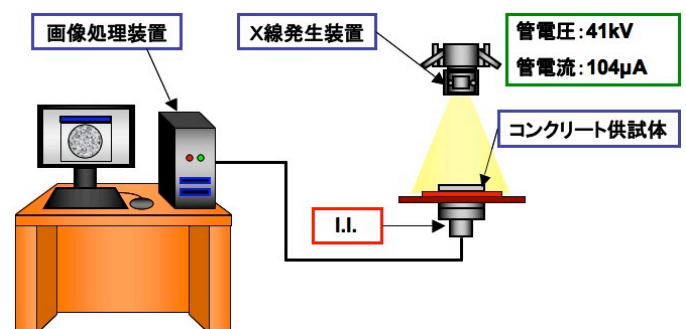


図-1 X線造影撮影の概要

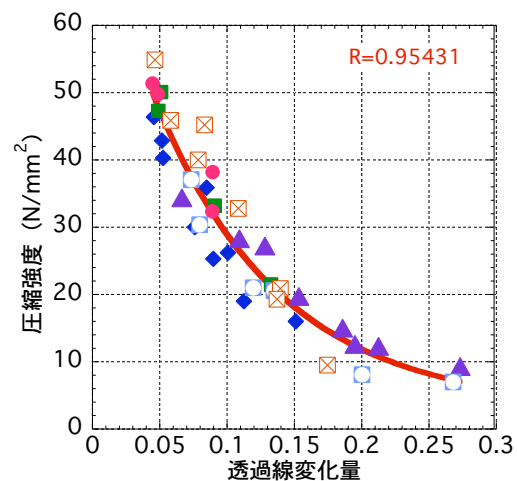


図-2 圧縮強度と透過線変化量の関係

3. 実験結果

3.1 透過線変化量の測定結果

図-3は、透過線変化量と表層からの深さの関係を求めたものである。図より、一般的なコンクリートの場合、表層から深さ方向にかけて透過線変化量がほぼ一定であるのに対し

キーワード：X線造影撮影法、アルカリシリカ反応、透過線変化量、X線回折

連絡先：東北学院大学工学部 宮城県多賀城市中央1-13-1 TEL・FAX 022-368-7479

て、No. 1 および No. 2 の ASR が生じた供試体の場合、表層より深さ方向にかけて透過線変化量が急激に増加し、その後、不規則に変動する傾向がみられた。No. 3 の場合は、反対に表層部において極端に透過線変化量が大きくなっているが、内部では低く、小刻みに変動する傾向がみられた。

3.2 圧縮強度と透過線変化量の関係

本研究室では、圧縮強度と透過線変化量の関係（図-2）から、強度推定を行ってみようとしたが、No. 1 においては、透過線変化量の値が極端に大きく（0.3 以上）なり、透過線変化量からの強度推定が不可能であった。また、No. 2 においても、コアによる圧縮試験結果では 20N/mm² 程度であることが分かっていることから、図-2 を用いた強度推定では値が大きく異なることが分かる。写真-1 は、健全なコンクリートと ASR が生じたコンクリートの X 線造影撮影結果（X 線フィルム）である。この写真より、ASR が生じたコンクリートの場合、粗骨材周りやモルタル部に微細なひび割れが数多く発生していることが分かる。この結果より、ASR が生じたコンクリートの場合、図-2 に示すような強度と透過線変化量との関係とは異なるひび割れ・空隙状況になっているものと思われる。このひび割れ性状については、今後、検討する予定である。

3.3 成分解析結果

表-1 は、X 線回折による成分解析結果である。一般的なコンクリートに比べて ASR が生じたコンクリートは SiO₂ が多く、CaO が少ない傾向が見られた。しかし、今回は 3 箇所値の比較であるため、今後、データ数を増やしていく、その傾向を確認する予定である。

4. まとめ

ASR が生じているコンクリートは圧縮強度と透過線変化量の関係からはずれる傾向がみられた。X 線造影撮影により表層から内部にかけての透過線変化量の分布を調べたところ、不規則に大きく変動する傾向がみられた。X 線によりひび割れ発生状況を調べたところ、ASR が生じたコンクリートは全体的にひび割れが生じており、特に骨材周辺やモルタル部にひび割れが生じている。また、成分解析を行った結果、ASR が生じたコンクリートは SiO₂ が多く、CaO が少ない傾向が見られた。今後、測定データを増やすことで ASR が生じたコンクリートの傾向をつかみ、X 線造影撮影と X 線回折による ASR の迅速な判定手法の確立を行っていきたい。

〔謝辞〕

本研究の実験を進めるにあたり、終始御協力頂きました佐々木雄基氏、鹿山祐樹氏に深く感謝を申し上げます。また、本研究に御協力頂いたみなさまに深くお礼申し上げます。

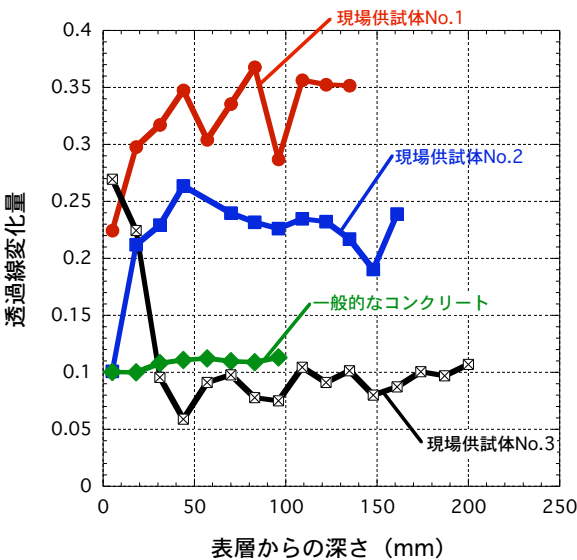


図-3 透過線変化量と表層からの深さの関係

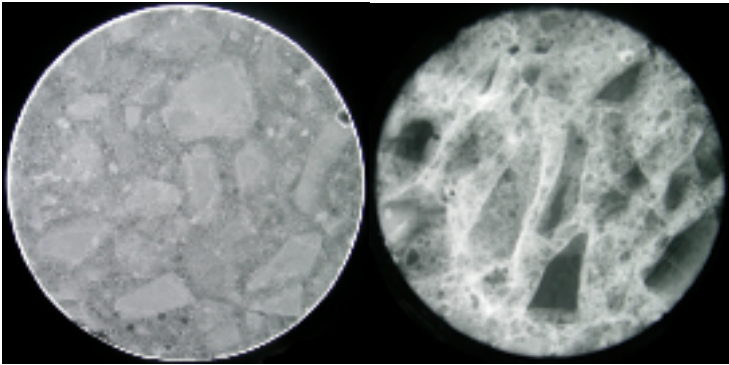


写真-1 X線フィルム画像

表-1 成分解析結果

供試体名	化学成分 (%)									
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	ZnO
一般的なコンクリート	4.82	26.27	1.14	0.59	0.29	38.93	0.12	0.11	4.28	0.04
現場供試体No. 1	8.02	41.52	0.48	0.45	0.93	23.04	0.13	0.14	5.18	0.03
現場供試体No. 2	9.03	37.78	0.64	0.59	1.13	26.00	0.21	0.16	6.92	0.04
現場供試体No. 3	6.22	33.95	0.71	0.50	0.94	30.94	0.12	0.10	4.89	0.03