

1. 研究背景と目的

沿岸部における飛来塩分や寒冷地域で使用される凍結防止剤に含まれる塩分などの外的要因によって ASR が発生することがある。内在アルカリで ASR を促進させて実験は多くあるが、実環境と同様の外来アルカリによって反応させて実験を行った事例りは比較的少ない。本研究では、外来アルカリ環境下で養生したディープビームのせん断耐力が ASR によって受ける影響と劣化状態を明らかにすることを目的として、外来アルカリ環境下で養生したディープビームを対象とした荷重試験を行った。また、膨張量測定、EPMA 分析によるアルカリ浸透度、X 線 CT スキャンによるコアの観察から総合的に ASR による劣化状態を評価した。

2. 実験概要

2. 1 供試体概要・試験方法

使用した供試体は、断面寸法が 200mm×100mm、全長 700mm、有効高さ 150mm、せん断スパン 150mm、 $a/d=1.0$ のディープビームである。促進材齢 0 週と 41 週にて、2000kN 万能試験機を用いて 4 点曲げ荷重試験を行った。荷重試験後、コアを削孔し、マイクロスコープによる観察と X 線 CT スキャンを行った。同様の促進材齢にて、円柱供試体による圧縮・引張強度試験、EPMA 分析を行った。

3. 実験結果・考察

3. 1 圧縮強度・静弾性係数・引張強度・膨張量

表 1 に材料特性のまとめを示す。膨張ひずみが 16574 μ と大きく膨張した ASR では促進材齢 0 週と 41 週を比較すると、圧縮強度、静弾性係数、引張強度全てのパラメータにおいて著しく低下した。膨張の挙動がみられなかった健全、抑制材 5%、10%では全てのパラメータにおいて促進材齢 0 週と 41 週では同程度か増加傾向にあった。

表-1 材料力学特性 (円柱供試体)

	圧縮強度(N/mm ²)			引張強度(N/mm ²)			静弾性係数(N/mm ²)			膨張ひずみ(μ)
	0 週	41 週	変化率 (%)	0 週	41 週	変化率 (%)	0 週	41 週	変化率 (%)	
健全	37.5	49.0	30.4	2.87	3.55	23.6	29200	34000	16.4	-820
ASR	36.1	13.4	-63.0	2.92	1.53	-47.8	28200	7470	-73.5	16574
5%	36.7	47.9	30.6	3.32	3.18	-4.2	28300	32600	15.1	-654
10%	37.5	52.0	38.4	3.17	3.31	4.3	28800	33400	15.8	-1620

3. 2 ディープビーム荷重試験・ひび割れ進展

表-2 にディープビーム荷重試験の結果を示す。促進材齢 0 週と 41 週の最大荷重を比較すると ASR のみが約 7%の低下を示し、抑制材 5%、10%ではどちらも最大強度は増加した。

図-1 に荷重試験後のひび割れのスケッチを示す。黒が荷重前、赤が荷重後のスケッチである。ASR、抑制材 5%では荷重前に ASR によるひび割れが確認できた。ひび割れの進展は、ASR では荷重前に発生していたひび割れに繋がるようなひび割れや、水平、縦方向に進展するひび割れが確認で

表-2 荷重試験結果

配合名	促進材齢	実験値 (kN)	計算値 (kN)	せん断強度 (N/mm ²)
ASR	0 週	271.0	219.3	1.50
	41 週	251.0	113.3	3.75
抑制材 5%	0 週	283.0	221.8	1.54
	41 週	325.9	263.7	1.37
抑制材 10%	0 週	291.5	225.0	1.55
	41 週	310.2	279.8	1.19

きた。抑制材 5%では支点と載荷点を結ぶようにひび割れが進展したが、載荷前のひび割れに影響を受け、ひび割れの方向が分散した。抑制材 10%は支点と載荷点を結ぶようにひび割れが進展し、供試体中央付近に曲げひび割れも確認できた。

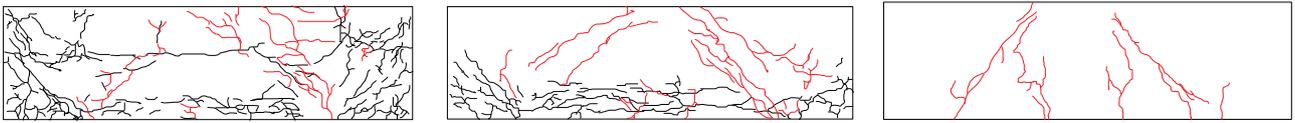


図-1 ひび割れ性状スケッチ (左：ASR, 中：抑制材 5%, 右：抑制材 10%)

3. 3 X線CTスキャン

図-2 に ASR (鉛直方向), 図-3 に ASR (水平方向) のコア CT 画像を示す。図-2(1)では骨材周りのひび割れや、骨材のひび割れが確認できた。また、図-2(2)では目立ったひび割れは確認することはできなかった。図-3 で示した水平方向のコアでも同様の傾向がみられた。これは、ディープビーム表層から 10mm-30mm 程度の位置まではアルカリの浸透が十分で ASR が反応していると考えられる。表面から 40mm-60mm の位置では ASR によるひび割れが発生していないことから、アルカリの浸透が不十分であったと考えられる。また、このことからディープビームにおいて、供試体の表面から 10mm-30mm 程度の位置のみが ASR の劣化の影響を受けているとすると、ディープビーム中心部は劣化していない状態の特性のコンクリートで、その周囲が劣化の影響を受けたコンクリートになっている状態である。これは 7%の強度低下の要因になりうると考える。また、先行研究ではケミカルプレストレスによって供試体の強度が増加した²⁾とあるが、今回のケースでは鉄筋のかぶり位置周辺まで十分に ASR による劣化が進行していなかったと考えると、RC 部材の内部ではケミカルプレストレスは生じていなかったと考えられる。

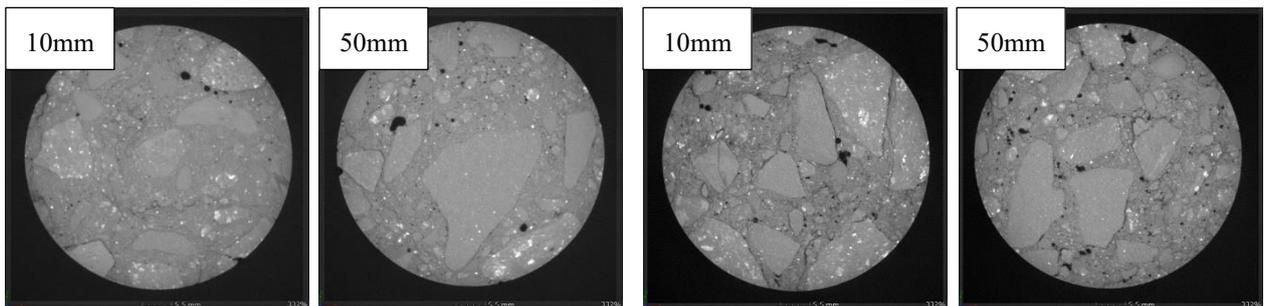


図-2 コア CT 画像(鉛直方向)

図-3 コア CT 画像(水平方向)

4. 結論

- (1) 膨張を示した ASR の圧縮強度、静弾性係数、引張強度全てのパラメータにおいて促進材齢 0 週から 41 週にかけて著しく低下した。膨張を示さなかったその他のケースでは全てのパラメータにおいて同程度か増加の傾向であった。
- (2) ディープビームの促進材齢 0 週と 41 週での最大荷重を比較すると、ASR のみが低下し、抑制材 5%, 10%においては増加した。抑制材 10%では支点と載荷点を結ぶように載荷のひび割れが発生したが、ASR, 抑制材 5%では載荷前に ASR によって起きたひび割れがあったため、載荷で発生するひび割れが水平方向や鉛直方向に分散した。
- (3) ディープビームから削孔したコアの CT 画像では、ASR において供試体表層から 10mm-30mm 程度の位置まではひび割れの確認ができたが、40mm-60mm の位置では目立ったひび割れは確認できなかった。外来アルカリによる ASR の劣化がディープビームにおいてどの程度起きているかを明らかにすることができた。

参考文献

- 1) 西政好, 濱田秀則, 佐川康貴, 川端雄一郎: フライアッシュ混和コンクリートの ASR による膨張挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 2009
- 2) 荒川智大, 三木朋広: アルカリシリカ反応によるコンクリートの損傷が RC はりのせん断耐荷機構に与える影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vlo.43, pp.397-402, 2021