

第Ⅴ部門

ASR が生じたモルタルにおける鋼材拘束下のケミカルプレストレスに関する基礎研究

神戸大学 学生会員 ○山本 隼一朗
神戸大学 正生員 三木 朋広

1. はじめに

アルカリシリカ反応 (ASR) はコンクリートの劣化現象の 1 つである。近年では ASR がコンクリートに膨張を生じさせることによって、強度や耐久性を低下させる現象としてコンクリート構造物に対する 1 つの大きな問題となっている。ASR のアルカリ供給源としては、セメントなどの材料に由来した内在アルカリ以外にも、沿岸部における飛来塩分や寒冷地で使用される凍結防止剤といった外来アルカリがある。また、内在アルカリを用いた実験は多く見られるが、外来アルカリ環境下で実験を行なったケースはあまり見られない。

よって、本研究では供試体内部に配置した鋼材による拘束を受けたモルタルが ASR によって膨張した場合の力学特性を評価することを目的に、外来アルカリ環境下で浸漬させた供試体に対して、膨張量の測定、圧縮強度試験及び切り欠きはりの曲げ試験を実施した。また、鋼材によって拘束されたモルタル供試体を対象として、膨張に伴って発生するケミカルプレストレスを曲げ載荷試験によって評価した。

2. 試験概要

表-1 に作製したモルタル供試体の配合を示す。細骨材として化学法 (JIS A 1145) により無害でないと判定された反応性骨材 (安山岩砕砂) を使用した。セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。また、反応性骨材の粒径が ASR による膨張量へ与える影響を検討した既往の研究¹⁾ を参考に、反応性骨材の粒径を 0.15-0.30 mm の範囲にすることで、ASR 配合の場合に膨張量が最大となるように粒径を調整

した。供試体の概要図を図-1 ならびに図-2 に示す。

3. 試験結果

3.1 膨張量

健全供試体と ASR 配合の膨張量測定の結果を図-3 に示す。デンマーク法²⁾では促進期間 13 週の膨張量が $4000 \times 10^{-6} \mu$ 以上であると膨張性があると判定される。実際の試験では促進期間 13 週において約 $36000 \times 10^{-6} \mu$ の膨張ひずみを示した。また、供試体には促進開始から 2 週目、3 週目に初期ひび割れの発生を観測した。

3.2 切欠きはりの曲げ試験

表-2 に圧縮強度試験と切り欠きはりの曲げ試験結果を示す。拘束の有無が異なる供試体の促進期間 13 週における荷重-開口変位の関係を図-4 に示す。

図-4 より、促進 13 週目の拘束下における ASR の曲げひび割れ発生荷重 (以下 P_{cr} と表す) は拘束のない場合と比較して約 3.25 倍に増加した。ASR により大きく膨張した ASR 配合では、拘束のない供試体と比較して拘束のある供試体の P_{cr} が大幅に増加した。これは、ASR による膨張を鋼材が拘束したことで、その反力としてモルタルに生じた圧縮応力が P_{cr} を増加させたと考えられる。

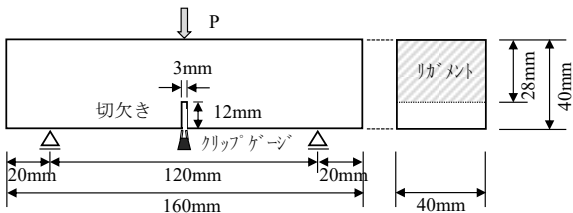


図-1 切欠きはりの曲げ試験の概要 (拘束無し)

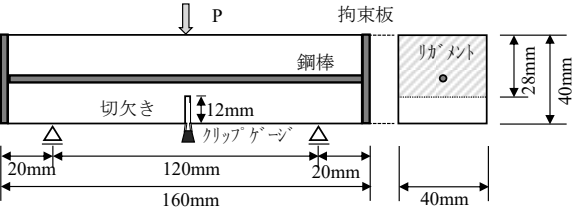


図-2 切欠きはりの曲げ試験の概要 (拘束有り)

表-1 配合表

配合名	細骨材の種類	単位量 (kg/m ³)		
		W	C	S
ASR	反応性骨材	290	579	1304

Junichiro YAMAMOTO, Tomohiro MIKI

222t139t@stu.kobe-u.ac.jp

表-2 圧縮強度・切欠きはり曲げ試験結果

圧縮強度試験				切欠きはりの曲げ試験		
f_c (N/mm ²)		E_c (kN/mm ²)		拘束	P_{cr} (N)	
促進0週	促進13週	促進0週	促進13週		促進0週	促進13週
43.6	17.0	17.8	3.5	無し	877	870
				有り	816	2833

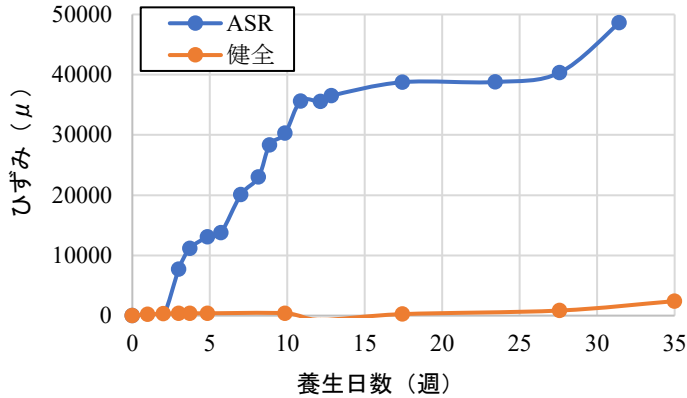


図-3 膨張測定結果

3.3 ケミカルプレストレスの算定

表-3 にケミカルプレストレス $\sigma_{chemical}$ の計算結果を示す。算定は式 (1) にて行った。

$$\sigma_{chemical} = f_b - \frac{3 \cdot P_{cr} \cdot a}{b \cdot h_{lig}^2} \quad (1)$$

ここで、 $\sigma_{chemical}$: ケミカルプレストレス (N/mm²)、 P_{cr} : ひび割れ発生荷重 (N)、 a : セン断スパン (mm)、 b : 断面幅 (mm)、 h_{lig} : リガメント (mm)、 f_b : 曲げ強度 (N/mm²)

P_{cr} を仮定したときの $\sigma_{chemical}$ は促進0週で1.4 N/mm²、促進13週で-13.3 N/mm²となった。圧縮強度17.0 N/mm²に対して、 $\sigma_{chemical}$ は-13.3 N/mm²と大きく計算された結果となった。これは大きく膨張したASR配合での P_{cr} が比較的に大きくなったことや、圧縮強度から算出した曲げ強度と実際のモルタルが持つ曲げ強度の乖離による影響であると考えられる。また、曲げ強度の妥当性を検討するために拘束無しの供試体の P_{cr} から曲げ強度を計算し、 $\sigma_{chemical}$ の算定も行った。 $\sigma_{chemical}$ は促進0週で1.3 N/mm²、促進13週で-11.3 N/mm²となった。圧縮試験の結果からASRによって、圧縮強度が低下することは確認でき、圧縮強度から曲げ強度を計算すると約47%の強度低下であったが、拘束無しの P_{cr} から曲げ強度を計算したところ、約10%の強度低下となった。曲げ強度の妥当性に関しては、今後の実験で検討する必要がある。

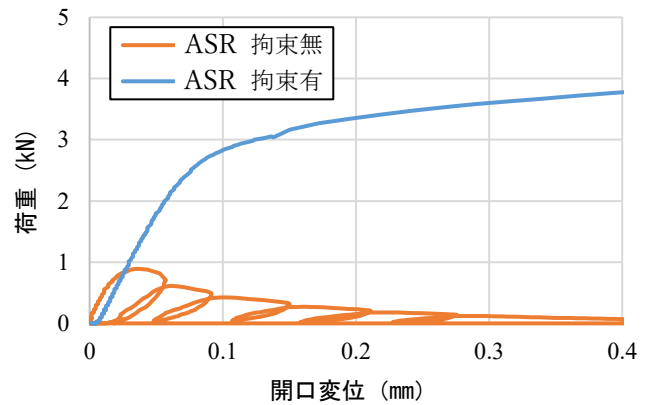


図-4 促進期間13週における荷重-開口変位

表-3 ケミカルプレストレスの計算結果

ケミカルプレストレスの計算		
促進	0週	13週
f_c (N/mm ²)	43.6	17
f_b (N/mm ²)	5.6	3.0
f_t (N/mm ²)	2.8	1.5
P_{cr} を仮定したときの $\sigma_{chemical}$		
P_{cr} (N)	734	2833
$\sigma_{chemical}$ (N/mm ²)	1.4	-13.3
曲げ強度の妥当性		
P_{cr} (N)	962	870
f_b (N/mm ²)	5.5	5.0
$\sigma_{chemical}$ (N/mm ²)	1.3	-11.3

4. まとめ

本試験のまとめを以下に示す。

- (1) 促進13週目の拘束条件におけるASRのひび割れ発生荷重は拘束のない場合と比較して約3.25倍に増加した。
- (2) P_{cr} を仮定したときの $\sigma_{chemical}$ は促進0週で1.4 N/mm²、促進13週で-13.3 N/mm²となった。また、曲げ強度の妥当性を検討するために拘束無しの供試体の P_{cr} から曲げ強度を計算し、 $\sigma_{chemical}$ の算定も行った。 $\sigma_{chemical}$ は促進0週で1.3 N/mm²、促進13週で-11.3 N/mm²となった。

参考文献

- 1) 黒野承太郎, 安田瑛紀, 河野克哉, 三木朋広: 外来アルカリ環境下でアルカリ骨材反応が生じたモルタルの力学特性, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文集, Vol.22, pp231-236, 2022.10
- 2) Chatterji, S.: An accelerated method for the detection of alkali-aggregate reactivities of aggregates, Cement and Concrete Research, Vol.8, No.5, pp.647-649, 1978