

論 文

[1145] アルカリ骨材反応により損傷を受けたRCスラブの性状に関する研究

正会員 ○ 内田裕市 (岐阜大学工学部)

正会員 斎藤保則 (岐阜大学大学院)

正会員 六郷恵哲 (岐阜大学工学部)

正会員 小柳 治 (岐阜大学工学部)

1. はじめに

アルカリ骨材反応により損傷した鉄筋コンクリートのはり部材や柱部材については、部材表面にかなり激しい膨張ひびわれが発生しているような場合でも、耐荷力などは正常なコンクリートとほぼ同程度の値を示すという報告がされている¹⁾。一方、アルカリ骨材反応によって損傷を受けた鉄筋コンクリートスラブの研究報告は少ない²⁾。

そこで、本研究はアルカリ骨材反応によって損傷を受けた鉄筋コンクリートスラブの性状を明らかにすることを目的として、鉄筋比を変化させた数種類の鉄筋コンクリートスラブ供試体に対し、促進養生試験および載荷試験を行い、膨張量、ひびわれパターンおよび終局耐力などについて検討するものである。

2. 実験概要

①供試体

本研究に用いる供試体は、アルカリ骨材反応によってひびわれが生じた鉄筋コンクリートスラブ供試体（Aシリーズ）を7種類各1体ずつ、アルカリ骨材反応により損傷した鉄筋コンクリートスラブ供試体と耐力などを比較検討する目的で圧縮強度および鉄筋比などを同一とした健全な鉄筋コンクリートスラブ供試体（Nシリーズ）を4種類各1体ずつ用意した。供試体寸法はいずれも80×80×8 cmであり、鉄筋の純かぶりはすべて10mmとした。供試体の一覧を表-1に示す。

②使用材料

Aシリーズは普通ポルトランドセメントを使用し、アルカリ量がNa₂O等量で3%になるようにNaOHを添加し調整した。反応性粗骨材（比重：2.59, F.M.:7.08, Sc/Rc=1.45)を全粗骨材の60%使用

表-1 供試体一覧および載荷試験結果

供試体	鉄筋種別		鉄筋比(%)		実験時 最大耐力 P _{max} tonf	降伏線理論 曲げ耐力 推定値 tonf	M _{oe} せん断耐力 推定値 tonf	P _{max} $\sqrt{f_c}$ kgf ^{1/2} ·cm
	径 kgf/mm ²	降伏点 kgf/mm ²	X方向	Y方向				
A-000	-	-	-	-	2.42	-	-	-
A-010	D3	33.7	0.10	0.11	3.50	1.38	2.68	-
A-020	D3	33.7	0.21	0.22	4.60	2.81	4.32	-
N-020	D3	33.7	0.21	0.22	3.56	2.80	4.20	-
A-045	D6	44.7	0.42	0.47	7.80	6.78	6.43	431
N-045	D6	44.7	0.42	0.47	7.12	6.74	6.14	421
A-100	D10	38.8	1.20	1.40	11.40	14.7	7.72	630
N-100	D10	38.8	1.20	1.40	9.20	14.5	7.29	544
A-200	D10	38.8	2.10	2.60	11.80	21.3	7.89	653
N-200	D10	38.8	2.10	2.60	10.65	20.7	7.41	630
A-400	D13	37.9	4.17	5.20	15.70	35.6	8.33	868

f_c: 圧縮強度

表-2 コンクリートの配合

シリーズ名	水セメント比(%)	細骨材率(%)	水 kg/m ³	セメント kg/m ³	細骨材 kg/m ³	粗骨材 kg/m ³	AE剤		NaOH 添加量 kg/m ³
							CC	反応性 非反応	
Aシリーズ	50	45	176	352	768	575	382	107	10.7
Nシリーズ	70	50	185	264	937	-	937	-	-

した。AシリーズおよびNシリーズのコンクリートの配合を表-2に示す。なお、Nシリーズの配合は載荷試験時の圧縮強度がAシリーズの促進養生直前の圧縮強度に等しくなるように定めた。表-3に強度試験結果を示す。

③養生および促進養生試験

Aシリーズ供試体は約240日間気中養生(20°C)を行った後に促進養生(40°C, 100%R.H.)を16週間行った。促進養生時ではスラブ供試体を立てて置いた。膨張量は1週間ごとに測定した。Nシリーズ供試体は約50日間気中養生(20°C)を行った。

④載荷試験

試験は4辺単純支持とした。載荷はスラブ中央における部分集中載荷とし、載荷面は $6 \times 6\text{cm}$ の正方形とした。スパンの長さはX方向、Y方向ともに70cmとした。スラブ中央のたわみ測定のために載荷点直下のスラブ下面に変位計を取り付けた。この変位計をロードセルとともにX-Yレコーダーに接続し荷重-たわみ曲線を記録した。

表-3 強度試験結果

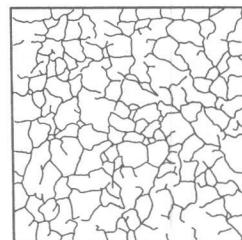
(Aシリーズ) 強度 kgf/cm ²	(促進養生前) 材令約230日	(促進養生後) 材令約360日	(Nシリーズ) 強度 kgf/cm ²	(気乾養生後) 材令約50日
圧縮強度	286	327	圧縮強度	285
引張強度	26.3	24.6	引張強度	24.9
曲げ強度	37.7	24.8	曲げ強度	44.8

$$\omega_{\max} = 0.04 \text{ mm}$$



打設面

$$\omega_{\max} = 0.20 \text{ mm}$$

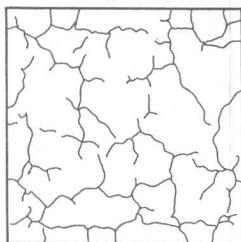


底面

図-1 ASRによるひびわれ (A-000)

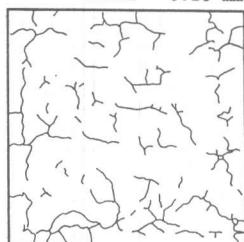
(ω_{\max} :最大ひびわれ幅)

$$\omega_{\max} = 0.06 \text{ mm}$$



打設面

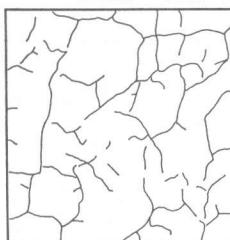
$$\omega_{\max} = 0.10 \text{ mm}$$



底面

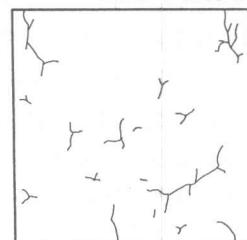
図-2 ASRによるひびわれ (A-010)

$$\omega_{\max} = 0.08 \text{ mm}$$



打設面

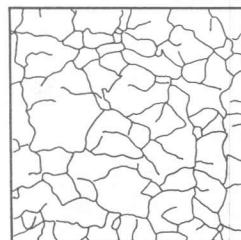
$$\omega_{\max} = 0.08 \text{ mm}$$



底面

図-3 ASRによるひびわれ (A-020)

$$\omega_{\max} = 0.20 \text{ mm}$$



打設面

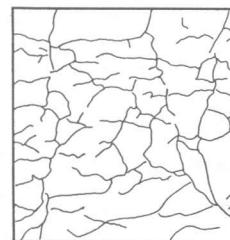
$$\omega_{\max} = 0.06 \text{ mm}$$



底面

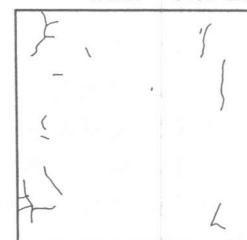
図-4 ASRによるひびわれ (A-100)

$$\omega_{\max} = 0.25 \text{ mm}$$



打設面

$$\omega_{\max} = 0.04 \text{ mm}$$



底面

図-5 ASRによるひびわれ (A-200)

3. 結果および考察

3. 1 膨張およびひびわれ性状

図-1～図-5にASRによって生じたひびわれ図を示す。なお、同図はひびわれ幅に関係なくすべての目視ひびわれを示したものである。無筋スラブの場合、供試体底面（型枠面側）には微細なひびわれが多数発生したが、打設面ではほとんどひびわれは確認されなかった。一方、鉄筋コンクリートスラブの場合、鉄筋比が大きくなるにつれて供試体底面（鉄筋配置側）は鉄筋によって膨張が拘束されるため、ひびわれの数およびひびわれ幅が減少し、逆に打設面側のひびわれが増加している。図-6～図-8に膨張量の計測結果の一例を示す。供試体の打設面と底面で膨張特性が明かに異なっていることが確認できる。なお、打設面と底面で膨張特性が異なることは、スラブ供試体と同時に作成、養生した $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 角柱供試体でも確認された。

3. 2 載荷試験結果

表-1に試験結果を示す。図-9～図-12には荷重-変位曲線を示す。鉄筋比が0.1、0.2%の供試体はA、Nシリーズとも曲げ破壊を生じた。鉄筋比0.45%の供試体は曲げ破壊が先行し、最終的に押し抜きせん断破壊を生じた。鉄筋比が1.0%以上になるとすべて押し抜きせん断破壊を生じた。

図-9～12において、同一鉄筋比のAシリーズとNシリーズの供試体を比較すると、いずれの鉄筋比においてもASRを生じた方が剛性が高くなり、最大耐力も1割ないしそれ以上大きくなっている。なお、ASRを生じた方が圧縮強度が高くなっているので（表-3）、最大耐力を $\sqrt{f_c}$ 。 $(f_c: \text{圧縮強度})$ で除してコンクリート強度の補正をしたが、それでもASRを生じた供試体の耐力はASRを生じていない供試体と同等もしくはそれ以上である。表-1には降伏線理論による終局曲げ耐力の推定値とMoore式³⁾による押し抜きせん断耐力の推定値を示す。実験時の耐力はいずれの供試体も推定値を大きく上回る結果となった。ASRによって剛性および耐力が増加するのは鉄筋の拘束によるケミカルプレストレス的な効果によるものと考えられる。なお、押し抜きせん断破壊の場合には、Aシリーズでは耐力、剛性の増加にともない、最大耐力点の変位は小さくなっている。

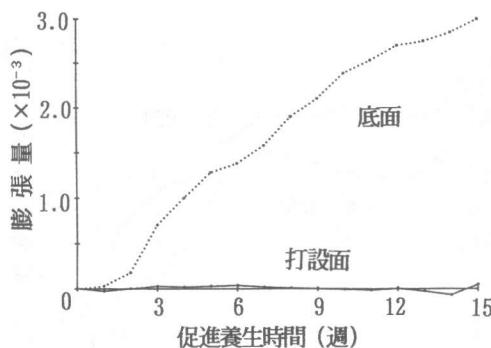


図-6 膨張量の経時変化 (A-000)

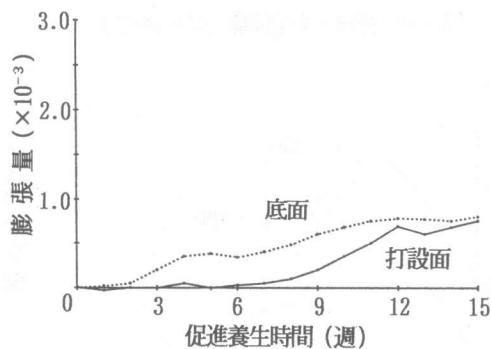


図-7 膨張量の経時変化 (A-020)

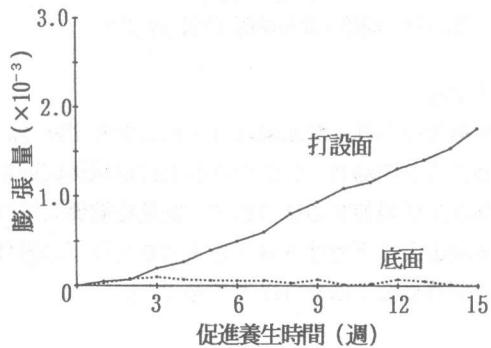


図-8 膨張量の経時変化 (A-200)

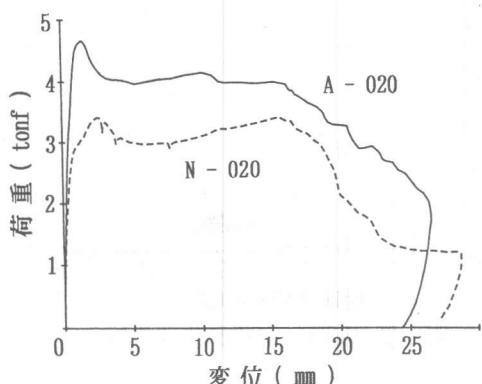


図-9 荷重-変位関係(020 シリーズ)

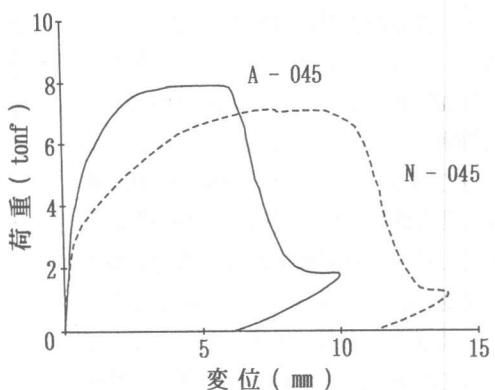


図-10 荷重-変位関係(045 シリーズ)

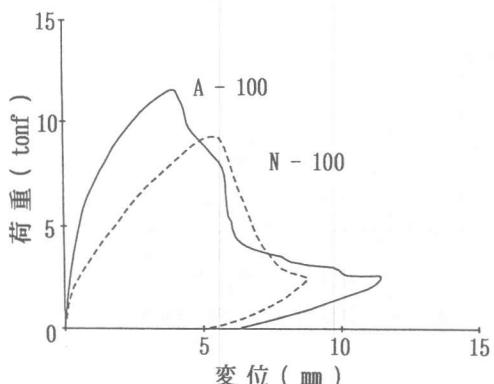


図-11 荷重-変位関係(100 シリーズ)

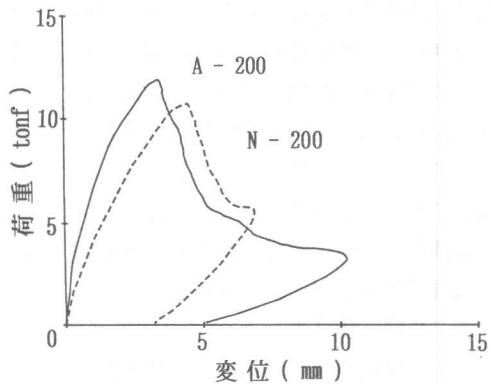


図-12 荷重-変位関係(200 シリーズ)

4.まとめ

本実験で得られ主な結果は以下のとおりである。

- 1)無筋スラブの場合、膨張ひびわれは供試体底面に多く生じた。鉄筋コンクリートの場合には、補強筋量が増加するにつれて、鉄筋配置側にはひびわれが生じなくなった。
- 2)本実験の条件下ではASRを生じたスラブの剛性および耐荷性能は、ASRを生じていないものと同等もしくはそれ以上であった。

【参考文献】

- [1] 例えば、小柳 治、六郷恵哲、石田裕哉：アルカリ骨材反応によるひびわれとRC部材の性状、セメント技術年報39、1985.
- [2] Clark, L. A. & Ng, K. E.: The Effects of Alkali Silica Reaction on the Punching Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs, Proc. 8th Inter. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, Kyoto, Japan, pp. 659-664, 1989.
- [3] 小柳 治：鉄筋コンクリートスラブの押し抜きせん断とその設計上の取扱い、コンクリート工学、Vol.19, No.8, pp. 3-13, 1981.