

ASR により損傷を受けた RC 部材のせん断耐力試験

JR 東日本 正会員 依田 佐知子

JR 東日本 正会員 田附 伸一

JR 東日本 正会員 大庭 光商

1. 目的

アルカリシリカ反応(以下, ASR という)によりひび割れを生じた鉄筋コンクリート部材(以下, RC 部材という)の耐荷力を把握することは, 構造物の維持管理を行っていくうえで必要である. これまでの研究は, ASR を人為的に発生させた模型部材を用いたものが多く, 実際に供用中の構造物で ASR によるひび割れを生じた RC 部材を用いて試験した例は少ない.

そこで, ASR により損傷を受けた構造物から RC スラブ部材を切り出して試験体を作成し, 静的せん断載荷試験を行ったところ, 鉄筋が適切に配置されている条件の下, せん断耐力は低下しない結果を得た¹⁾. 本稿では, さらに ASR の損傷の程度による耐荷力の変化を把握するため, ASR 促進膨張試験を実施した後に同条件で静的せん断載荷試験を実施したので, その結果を以下に報告する.

2. 試験体概要

試験に用いた RC スラブ部材は, スパン約 8m の 3 径間 RC ラーメン高架橋の側径間と中央径間の 2 箇所から中間スラブを切り出したものである. 切り出した RC スラブ部材の寸法およびひび割れ発生状況を図-1に示す. スラブ上面には 0.05~0.30mm のひび割れが発生しており, 下面からは白色の析出物が発生していた.

3. 促進膨張試験

ASR の程度による耐荷力の変化を把握するため, 飽和塩化ナトリウム容積浸漬法(デンマーク法)により ASR を促進膨張させ, ASR による膨張が収束した時点で静的せん断載荷試験を行うこととした. なお, 飽和塩化ナトリウム容積浸漬法とは, 50℃ の飽和 NaCl 溶液に供試体を浸漬させて ASR を促進させる方法である. 促進期間中, 供試体の長さ変化を測定し(図-2), その膨張率がほぼ収束した時点である 912 日後に載荷試験を実施した.

4. 静的せん断載荷試験

4. 1 試験概要

表-1には, 今回試験を行った ASR-2 と, 比較用に作成した基準試験体, 切り出した直後に実施した ASR-1 の試験体諸元を, 図-3には ASR 試験体の試験全体図を示す. 試験体長さは約 2.0m, せん断スパンは 500mm(載荷板端部から支承板端部まで)とした. なお, ASR 試験体については, ひび割れによる鉄筋の付着劣化を生じており, 引張鉄筋の抜け出しが懸念されたことから, 端部を鋼板($t=3.2\text{mm}$)で定着している. これは, 中間スラブの鉄筋はほぼ剛域である梁部材まで伸ばすことにより確実に定着されている状況を模擬するものである.

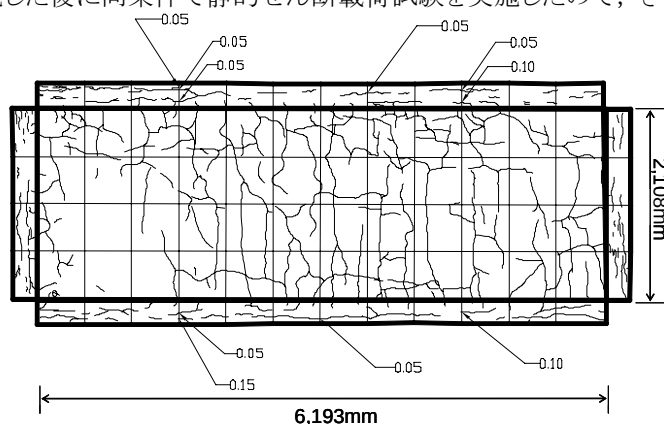


図-1 切り出した RC スラブのひび割れ状況(展開図)

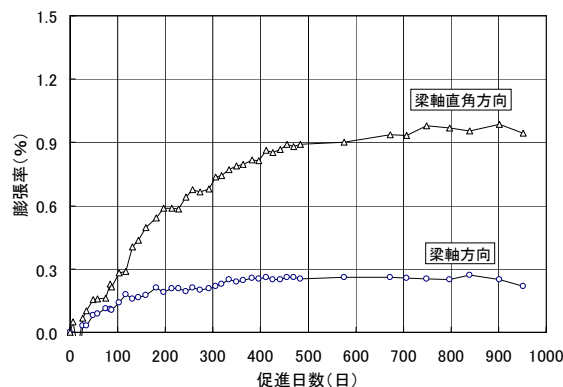


図-2 促進膨張試験結果

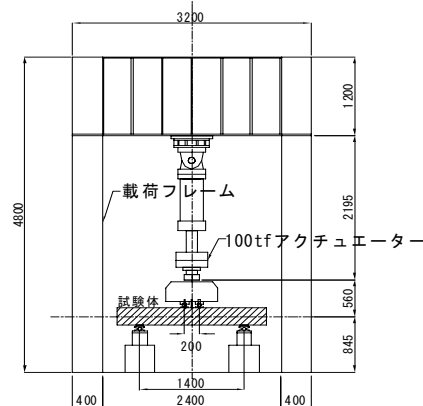


図-3 試験全体図

キーワード アルカリ骨材反応, せん断耐力, 飽和塩化ナトリウム容積浸漬法

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 東日本旅客鉄道(株) TEL 03-5334-1288

表-1 試験体諸元および材料強度

試験体		長さL (mm)	断面高さ h(mm)	断面幅 b(mm)	有効高さ d(mm)	せん断スパン a(mm)	コンクリート強度※2 (N/mm ²)	鉄筋降伏強度※2 (N/mm ²)
基準		2001	250	375	211	500	19.2	368
ASR-1	促進前	2084	262	375	220	500	24.0	390
ASR-2※1	促進後	2000	250	370	227	500	18.9	390

※1 ASR-2の断面寸法は促進試験前の測定結果を示す

※2 実験値を示す

4. 2 試験結果

図-4に荷重変位曲線を示す。促進後のASR-2試験体は、荷重開始後150kNで試験体中央に曲げひび割れが発生し、180kN付近よりせん断ひび割れが支点部から荷重点の下にもぐり込むかたちで進展したが、アーチが完全に結成される前に、定着部の付着破壊により最大荷重に達した。これは、試験体の製作上、定着部の引張鉄筋のかぶりが10mm程度しか確保できていなかったためと考えられ、実際には実験値以上のせん断耐力を有していたものと推察される。

ASR促進試験前後の試験結果を比較すると、ひび割れ発生荷重はASR-1では80kNであり、荷重変位曲線の初期勾配からみてもASR-2の方が部材の剛性が高い結果であった。これは、ASRによる膨張が促進されたことにより、当初より大きな軸力が作用していたためと考えられる。

表-2には、式(1)に示す石橋らのフーチングの実験²⁾による提案式により求めたせん断耐力を示した。基準試験体は、ほぼ計算値と一致したが、ASR試験体は計算値より大きい結果を得た。

$$V_c = 0.76(a/d)^{-1.166} \cdot \sqrt[3]{f'_c} \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot b_w \cdot d \quad \dots \text{式(1)}$$

a : 支持部全面から荷重作用点までの距離 (mm) d : 検討断面の有効高さ (mm) b_w : 腹部の幅 (mm)
 f'_c : コンクリート強度 (N/mm²) $\beta_p = \sqrt[3]{100/d} \leq 1.5$ $\beta_p = \sqrt[3]{100p_c} \leq 1.5$

これは、ASRの膨張を鉄筋が拘束することでプレストレスが付加されたことが考えられたため、鉄筋の拘束による軸力を推定し、計算値に反映させた結果を表-2に示した。なお、軸力は、ASR-1は鉄筋のひずみ、ASR-2は供試体のそり量より推定し、式(1)に $\beta_n (=1+M_0/M_u)$ を乗ずることで考慮した。その結果、ASR-1は軸力を考慮した実験値よりも大きく、ASR-2は実験値とほぼ一致したが、ASR-2は上記のとおり定着部の付着破壊を生じたため実際のせん断耐力は計算値よりも大きかったものと考えられる。この理由として、ASRにより生じた水平方向のひび割れが斜めひび割れの進展を妨げ、水平方向に誘導することで、ひび割れ角度が小さくなり、ひび割れがアーチ型を形成したことが影響したものと推察される。

5. おわりに

今回、ASRの進行程度によって耐力に及ぼす影響を把握するため、飽和塩化ナトリウム容積浸漬法(デンマーク法)によりASRを促進膨張させた試験体について静的せん断試験を実施した。その結果、ASRによる膨張が収束するまでASRを進行した状態においても、鉄筋が適切に配置されていれば、せん断耐力は低下しない結果を得た。

参考文献

- 1) 田附, 津吉, 石橋, 松田, 今井: ASRにより損傷したRC部材の耐荷力に関する実験的研究, 土木学会論文集, Vol.63 No.1, pp166-177, 2007.3
- 2) 石橋, 松田, 齋藤: 少数本のくいを用いたフーチングのせん断設計について, 土木学会論文報告集, 第337号, pp197-207, 1983.9

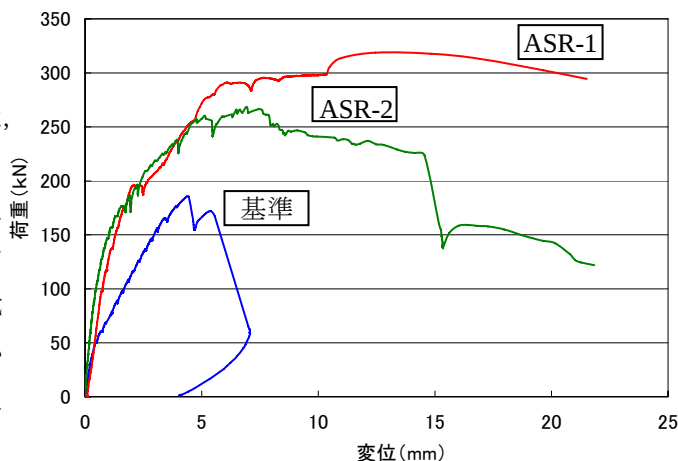


図-4 荷重変位曲線

表-2 計算値との比較

試験体 No	実験値 (kN)	計算値 (kN)	
		軸力なし	軸力考慮
基準	92.5	89.3 (1.04)	
ASR-1	159.5	102.8 (1.55)	112.0 (1.42)
ASR-2	134.0	92.5 (1.45)	135.1 (0.99)

()内の数値は実験値と計算値との比を示す(実験値/計算値)