

第V部門

ASR と鋼材腐食による複合劣化が RC はり部材の耐荷特性や付着特性に及ぼす影響に関する研究

大阪工業大学大学院 学生員 ○福谷 祥

大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘

大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. はじめに

コンクリート構造物に対する高耐久化や長寿命化が望まれているが、塩害、ASR などの単独による劣化現象の研究事例は多いものの、複合劣化の研究は未だ少ないのが現状である。

本研究では、ASR、塩害、ASR と塩害の複合劣化が生じた RC はり供試体を作製し、載荷試験を行った。さらに、土木学会に準じた付着供試体（小）と RC はり供試体と同じ断面形状を有し、コンクリート内部にせん断補強筋を配置した付着供試体（大）の2種類を作製し、引抜き試験を行った。以上の結果から、コンクリート応力-ひずみ関係、鉄筋の応力-ひずみ関係をモデル化し、3次元非線形解析を行い、その解析結果と RC はり供試体の実験結果の比較検討を行った。

2. 付着供試体

付着試験結果を表-1 に示す。付着供試体（小）では、劣化を生じた供試体は健全な供試体と比較して、最大付着応力度が低下した。一方、付着供試体（大）では、ASR 膨張圧をせん断補強筋が拘束することで発生するケミカルプレストレスにより、最大付着応力度が健全な供試体と比較して増加する傾向を示した。付着供試体（大）の試験結果は、後の解析で実測モデルとして用いることとする。

3. RC はり供試体

図-1 に示すような単鉄筋長方形断面を有する全長1800mm の RC はり部材を対象として、スターラップ配置間隔 140mm とした。作製した供試体の一覧を表-2 に示す。なお、供試体の主鉄筋には D16 (SD295A)を用い、せん断補強筋には D6(SD345)を用いた。載荷試験結果と腐食鉄筋の機械的性質を表-3 に示す。劣化を生じた供試体の最大荷重は健全な供試体と比較して低下する傾向を示した。

表-1 付着試験結果

供試体（種類）	付着供試体（小）平均値		付着供試体（大）平均値	
	最大荷重	最大付着応力度	最大荷重	最大付着応力度
	(kN)	(N/mm ²)	(kN)	(N/mm ²)
N-0-13(健全)	38.58	11.99	44.32	5.91
C-2-11(塩害)	27.70	8.61	43.13	5.75
A-2-11(ASR)	17.07	5.31	49.63	6.62
A-2-10(ASR)	25.69	7.98	53.76	7.17
AC-2-11(ASR+塩害)	23.03	7.16	52.12	6.95
AC-3-10(ASR+塩害)	29.01	9.02	64.52	8.60

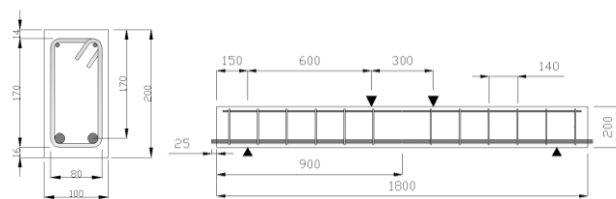


図-1 RC はり供試体 詳細図

表-2 供試体一覧

名称	供試体の種類	養生年数	作製年度	載荷試験年度
N-0-13	健全	0	2013	2013
A-2-10	ASR	2	2010	2012
A-2-11		2	2011	2013
C-2-11	塩害	2	2011	2013
AC-2-11	ASR+塩害	2	2011	2013
AC-3-10		3	2010	2013

表-3 載荷試験結果と腐食状況

供試体	はり供試体		腐食鉄筋			
	最大荷重(kN)	破壊形式	質量減少率	みかけの降伏強度	みかけの引張強度	ヤング係数
			(%)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/mm ²)
N-0-13	70.07	曲げ引張破壊	-	343.8	527.8	192.8
A-2-10	64.92		3.25	331.9	420.7	179.9
A-2-11	67.62		0.88	341.7	486.7	185.3
C-2-11	67.13		1.93	334.3	473.7	181.3
AC-2-11	65.66		2.56	330.0	474.3	178.9
AC-3-10	66.88		3.31	333.1	489.1	180.6

4. 解析概要

3章で示した RC はり供試体をモデルとし、汎用有限要素解析プログラム DIANA Version 9.4.3 において 3 次元非線形解析を行った。構成則として、コンクリートの圧縮特性は Nakamura らが提案するモデル¹⁾、引張特性はコンクリート標準示方書モデル、鉄筋の特性はバイリニアモデル、付着特性は付着供試体（大）の試験結果より作成した実測モデル、島モデル²⁾、塩害モデル³⁾の 3 種類を選定した。また、ASR が生じた供試体のケミカルプレストレス量は上田らが提案している式⁴⁾にて算出し、供試体中央の主鉄筋位置のコンクリートに目標とするケミカルプレストレスを導入する ASR 膨張解析を行なった。

5. 解析結果

本概要ではすべての供試体を扱うことができないため、扱う供試体は健全供試体と複合劣化供試体のみとする。RC はり供試体の実験値および各モデルの解析値の荷重-中央変位関係を図-2~3 に示す。なお、各モデルの後に CP と添付しているものは ASR 膨張解析によりケミカルプレストレスを導入した場合の解析値を示す。N-0-13 供試体の解析値は実測モデル、島モデルともに実験値と比較し、降伏荷重および最大荷重が若干低下しているものの、降伏に至るまでのたわみ剛性は精度よく再現できている。AC-3-10 供試体の解析結果については、ASR 膨張解析を用いなかった場合にはたわみ剛性が低下し、実験結果を再現できていない。しかし、ASR 膨張解析を用いてケミカルプレストレスを導入することでたわみ剛性が向上し、実験結果を精度よく再現することができた。また、実測モデル、島モデルを用いた場合は塩害モデルを用いた場合と比較して、降伏荷重付近の挙動をより精度良く再現できている。

6. まとめ

AC-3-10 供試体については、ASR 膨張解析を行うことでケミカルプレストレスを導入し、降伏に至るまでのたわみ剛性を向上させ、実験結果の挙動を再現することができた。このことから、ASR を生じた RC はり供試体に対する ASR 膨張解析の整合性を確認することができた。また、付着モデルによる解析結果の違いについては、実測モデル、島モデルを用いた場合は塩害モデルを用いた場合と比較して、降伏荷重付近の挙動をより精度良く再現することができた。

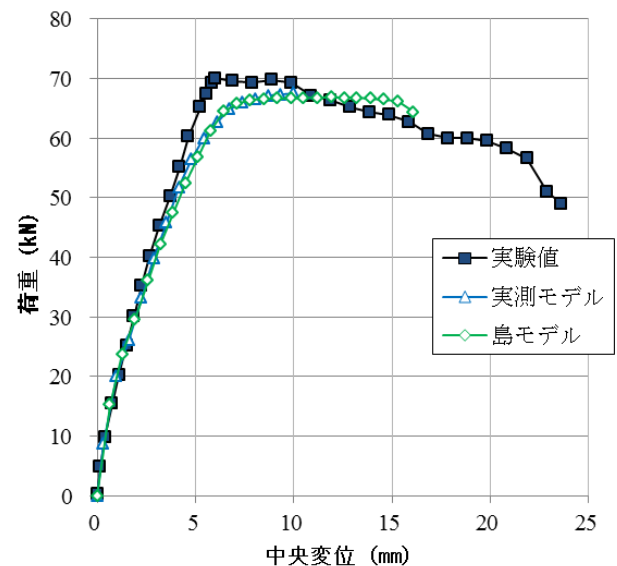


図-2 荷重-中央変位関係 (N-0-13)

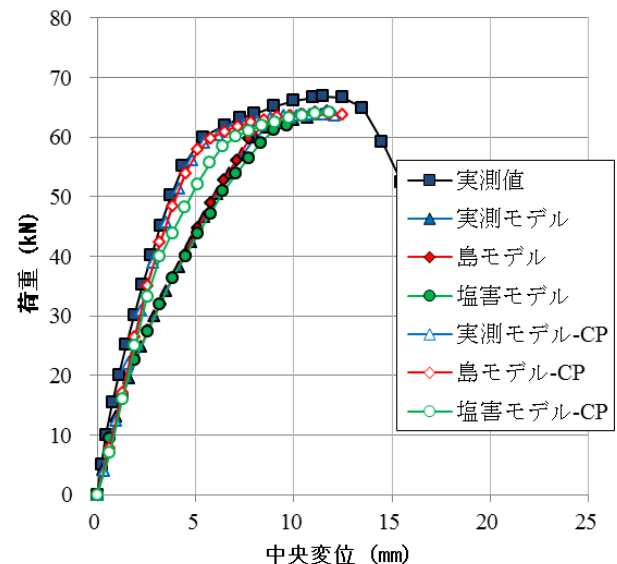


図-3 荷重-中央変位関係 (AC-3-10)

7. 参考文献

- 1) 斎藤成彦, 中村光, 檜貝勇: 剛体バネモデルを用いた RC パネルのせん断二次破壊に関する解析的研究, 土木学会論文集, V-55, No.704, pp.219~234, 2002.5
- 2) 島弘, 山本恭史: 腐食した鉄筋の局所付着応力-局所すべり関係, 日本コンクリート工学年次論文集, vol.13-1, pp.663~668, 1991
- 3) コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書, 日本コンクリート工学会, 1998
- 4) 上田尚史, 中村光, 国枝稔: ASR を生じた PC はりの膨張挙動と損傷後の構造性能の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, 2009