

持続荷重を受ける RC はりの曲げひび割れと鉄筋腐食の検討

広島大学大学院国際協力研究科 学生会員〇八木彰一

広島県 正会員 沼口文彦

広島大学大学院工学研究科 正会員 石田剛朗

広島大学大学院工学研究科 正会員 佐藤良一

1. 背景及び目的

近年、性能照査型の設計体系への移行に向け、耐久性の研究が盛んに行われてきている。一般に鉄筋コンクリート構造物はひび割れを有しており、コンクリート内部へ水分や塩化物等の劣化因子の浸入を容易にしていると考えられている。それにより鉄筋の腐食を促進させ構造物の耐久性および安全性を低下させる恐れがある。しかし、ひび割れと鉄筋腐食の関係はあまりよくわかっていない。そこで本研究では、飛来塩分の影響を受ける実構造物を想定し、ひび割れと鉄筋腐食が互いに及ぼす影響を検討する。

2. 実験概要

本研究では実構造物の使用状態を想定した持続荷重を受ける RC はり供試体を作成した。用いたコンクリートの配合表を Table.1, 供試体一覧を Table.2 に示す。パラメータとしてかぶりを3種類(20, 30, 40mm), 鉄筋応力を3レベル(100, 200, 300N/mm²)に設定し、各々の供試体について変形や曲げひび割れ幅の検討を行う。RC はりは有効高さ 210mm で一定とし、幅 200mm, 長さ 2400mm, 等曲げ区間 800mm, せん断スパン 650mm とした。載荷は、材齢 505 日から順次開始し、材齢 511 日で 10 体すべての供試体について所定の荷重の導入を完了した。また RC はり供試体は飛来塩分を想定し、塩水の噴霧を行った。噴霧量は 100cc×2 回/週を 1 サイクルとし、材齢 523 日より行った。水分の浸入状況は、供試体のひび割れ近傍及び非ひび割れ部にステンレス電極を設置し、その電極間の抵抗を測定することにより把握した。また鉄筋の腐食開始は自然電位法により判別した。

3. 結果と考察

3-1 水分移動

本研究では水分移動の検討において、飽和時の抵抗 R_{sat} に対する各水分状態の抵抗の比を相対抵抗 P として次式で定義し、相対抵抗の逆数を用いて水分浸入状況を検討する。

$$P = (R/R_{sat}) \times 100 (\%)$$

Fig.1 より、ひび割れ部では鉄筋位置において抵抗値の

低下が見られ、水分が浸入していることがわかるが、非ひび割れ部においては鉄筋位置まで水分の浸入は見られない。これより、ひび割れの存在が構造物への劣化因子の浸入を容易にしていると言える。また、時間の経過した 33 サイクル目では、18 サイクル目よりも水分の浸入がより顕著であり、水分の逸散により時間を要している。これは、時間の経過とともに供試体の損傷が進行し、水分の浸入がより容易になっているためであると考えられる。また水分の到達している領域では、時間の経過により噴霧前の含水状態がより湿潤側に近づいていることがわかる。

Table.1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	G _{max} (mm)	単位量 (kg/?)					
			W	C	S	G	AE減水剤	AE助剤
60	47	20	175	292	833	956	2.92	2.92

Table.2 供試体一覧

かぶり (mm)	鉄筋応力レベル (N/mm ²)		
	100	200	300
20	-	NC2-CL200	-
30	NC3-CL100	NC3-CL200	NC3-CL300
40	-	NC4-CL200	-

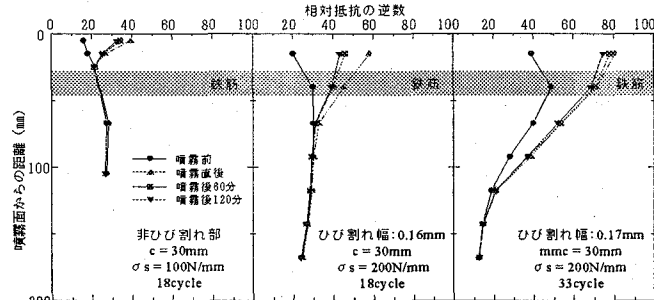


Fig.1 水分移動状況

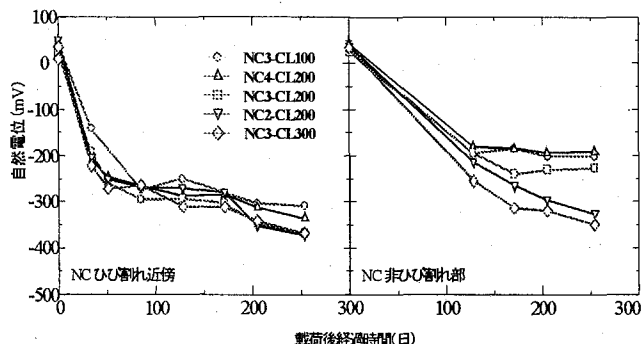


Fig.2 自然電位の経時変化

3-2 鉄筋の腐食

Fig.2 にひび割れ近傍及び非ひび割れ部の自然電位の経時変化を示す。自然電位の値がいずれの供試体もひび割れ近傍では同程度に急激に低下しており、鉄筋の腐食反応が開始していると言える。また、非ひび割れ部では NC3-CL300 及び NC2-CL200 供試体でより大きく低下しており、他の 3 供試体と低下に差が見られる。これは、NC3-CL300 では鉄筋応力が大きいことによる鉄筋周りの損傷の影響が考えられ、NC2-CL200 では、かぶり厚が薄いためであると考えられる。また、載荷完了後約 200 日に NC3-CL300 及び NC2-CL200 供試体の底面の一部分に腐食ひび割れが鉄筋の軸方向に生じているのを目視により確認した。この腐食ひび割れは載荷完了後約 250 日には広範囲に広がり、供試体側面にも部分的に生じた。また、載荷後約 250 日には残りの 3 供試体においても、底面に同様のひび割れが生じているのを確認した。

3-3 曲げひび割れ幅及び変形特性

Fig.3 に曲げひび割れ幅の経時変化を示す。いずれの供試体も時間の経過とともに曲げひび割れ幅が増加している。これは持続荷重の影響の他に、鉄筋の腐食が影響を及ぼしている可能性が考えられる。鉄筋の腐食は載荷完了後かなり早い段階で始まっていると考えられ、曲げひび割れ幅の増加は腐食によるひび割れとして目視により確認できるより以前から、供試体内部やひび割れ部では影響があったのではないかと考えられる。今後鉄筋の腐食は進行していくと考えられるため、現在見られる曲げひび割れ幅の増加が、鉄筋腐食の影響によるものなのかどうかを検討していくとともに、鉄筋の腐食と曲げひび割れ幅の関係を解明していくことが今後の課題であると言える。

3-4 変形特性

Fig.4 にたわみの経時変化を示す。また、土木学会標準示方書の長期有効曲げ剛性式⁽¹⁾による計算値もあわせて示している。いずれの供試体においても、示方書式による計算値に比べ、時間の経過によるたわみの増加が大きいことがわかる。特に NC3-CL300 供試体では他の供試体より大きく増加していることがわかる。これは、時間の経過による供試体の損傷の蓄積に加え、鉄筋の腐食による影響が考えられる。しかし、同程度の腐食ひび割れの見られる NC2-CL200 供試体ではたわみの増加は他の 3 供試体よりは若干大きいと顕著であるとは言えないため、これが鉄筋腐食によるものかどうかは不確定である。今後鉄筋の腐食は進行していくと考えられるため、曲げひび割れ幅、たわみに及ぼす影響も大きくなってくると考えられる。よって、鉄筋の腐食とそれらの関係を継続し

て検討していくことが今後の課題である。

4. 結論

- (1) 曲げひび割れの存在は供試体内部への劣化因子の浸入を容易にし、鉄筋の腐食反応の開始を早めた。
- (2) 水分の到達する供試体表面付近では、時間の経過とともに水分の逸散に時間がかかるようになり、コンクリート内部が湿潤になっている。
- (3) 同程度の曲げひび割れ幅ではかぶり厚に関係なくほぼ同時期に腐食反応が開始する。
- (4) 鉄筋応力 300N/mm^2 、かぶり 20mm の供試体は他の供試体に比べ腐食ひび割れの発生が早い。
- (5) 鉄筋腐食が曲げひび割れ幅及びたわみなど、構造挙動に影響を及ぼした可能性が考えられる。腐食はさらに進行すると考えられるため今後の検討の継続が必要である。

参考文献

- (1) 土木学会 コンクリート委員会：【2002 年版】コンクリート標準示方書[構造性能照査編]改訂案

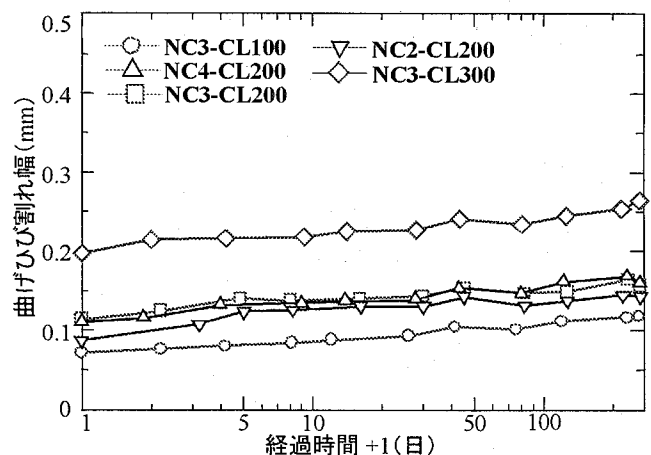


Fig.3 曲げひび割れ幅の経時変化

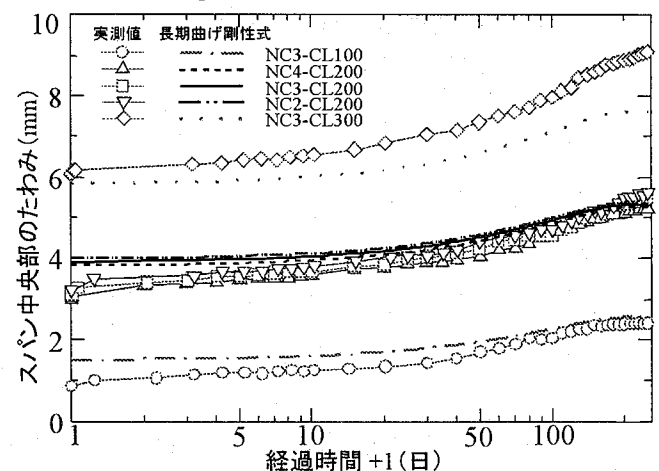


Fig.4 たわみの経時変化