

定着部に腐食を有する RC はりの力学性状と補修方法に関する基礎研究

東京工業大学 学生会員 ○酒井 舞

東京工業大学 正会員 松本 浩嗣

東京工業大学 フェロー 二羽 淳一郎

1. はじめに

供用中の鉄筋コンクリート(RC)構造物において、鉄筋腐食に関する問題が顕在化してきている。腐食した RC はりに関する既往の研究¹⁾では、スパン内の引張鉄筋が腐食した RC はりの力学性能について検討されているが、実環境下では定着部にも腐食が発生するにも関わらず、その影響は検討されていない。また、腐食した RC はりの補修方法も提案されていない。そこで、本研究では、引張鉄筋の定着部にも腐食を有する RC はりの力学性状の把握とその補修方法の検討を行った。

2. 実験概要

(1)供試体概要ならびに载荷実験方法

図-1 に、RC はり供試体ならびに载荷実験方法を示す。供試体は、健全な状態で斜め引張破壊が生じるように設計した。载荷は、単純支持の 4 点曲げで行った。

表-1 に、実験ケースを示す。実験パラメータは、腐食量、補修の有無、アンボンド処理(スパン内の引張鉄筋と補修材の付着を断つ処理)の有無、補修材の強度とした。腐食量は、電食試験時の積算電流量(電流量×通電時間)を供試体ごとに管理することで調節した。

(2)腐食促進試験方法および補修方法

全ての供試体には、材齢 7 日目から電食試験を実施し、定着部およびスパン内の引張鉄筋を腐食させた。また、補修は、断面修復工法¹⁾を用いて行った。まず、腐食領域のコンクリートをハンドブレイカーにより除去し、引張鉄筋と母材コンクリートの間に約 20mm の空きを設けた。次に、10%クエン酸水素二アンモニウム

水溶液に、常温で 2 日間、引張鉄筋のみを浸漬させて、錆を除去した。ここで、CA5-UN、CA5-UH に対して、アンボンド処理は、スパン内の引張鉄筋のリブと節を油粘土で平滑化し、さらにビニールテープを巻き付けることで行った。最後に、供試体を上下逆に設置し、型枠を再度組み立て、補修材(モルタル)を打設した。

3. 実験結果

(1)破壊モード、最大荷重ならびにひび割れ性状

表-1 に各供試体の破壊モードと最大荷重を、角田²⁾らの実験における、腐食を有しない供試体 N の結果と併せて示す。なお、供試体 N の寸法ならびに材料特性は、他の供試体と同一である。また、図-2 に、ひび割れ性状を示す。CA5 では定着部にひび割れが生じ、CA10 では圧縮縁のコンクリートが圧壊して、破壊に至った。このように他の供試体の破壊モードも、定着破壊、または曲げ破壊となった。CA5、CA10 では、せん断破壊に至らなかったことから、せん断耐力は実験で得られた最大荷重を上回ると考えられる。また、これらの最大荷重がせん断破壊した供試体 N の最大荷重を上回っていることから、腐食によりせん断耐力が増大したことがわかる。このように、定着部が健全でないにも関わらず、せん断耐力が増大したのは、定着部に直角フックを設けたためと考えられる。これにより機械的抵抗作用が働き、定着が確保されたことでタイドアーチ機構が形成されたと推測される。また、CA5-NN、CA5-UN では、同じ定着破壊を呈した CA5 と比較して、

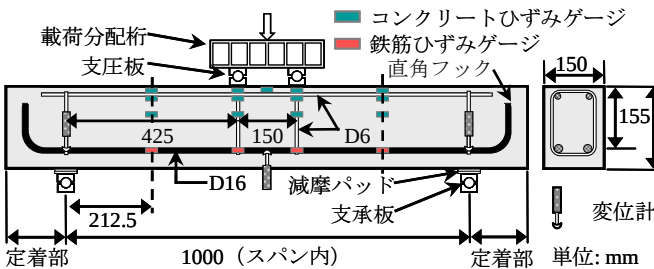


図-1 供試体ならびに载荷実験方法

表-1 実験ケースおよび载荷実験結果

供試体名*	腐食量 [%]	補修	U/B	物性[N/mm ²]		载荷試験結果	
				f'_{cr}	f'_{cb}	破壊モード	最大荷重 [kN]
CA5	5	無	—	—	32.3	定着	100.4
CA10	10			—	43.5	曲げ	89.7
CA5-NN	5	有	無	32.0	47.7	定着	72.8
CA5-UN			有	32.7	36.6	定着	55.8
CA5-UH				59.0	38.4	曲げ	92.1
N	—	—	—	—	38.4	せん断	72.4

*表記方法:CA[腐食量]-[アンボンド処理の有無][補修材の強度]

UB:アンボンド処理, f'_{cr} :補修材圧縮強度, f'_{cb} :コンクリート圧縮強度

キーワード RC はり, 腐食, 定着部損傷, 断面修復工法, タイドアーチ機構

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17 二羽研究室 TEL03-5734-2584 FAX03-5734-3577

最大荷重が大幅に低下した。これは、補修材の強度が母材コンクリートと同一であっても、粗骨材が含まれていないことで、噛合い効果が得られず、その結果、定着部の強度が低下したためと考えられる。また、CA5-UN では、アンボンド処理によりスパン内の引張鉄筋の付着が完全に消失しているため、定着部に作用する引抜き力が増大したことも原因として挙げられる。

(2)荷重－変位関係

図－3 に、荷重－変位関係を示す。CA5, CA10, CA5-NN では、斜めひび割れ発生後も荷重が増大し続けた。また、CA5 における斜めひび割れ発生後の剛性は、CA10 が示す剛性よりも大きくなった。これは、腐食量の増加に伴い、引張鉄筋とコンクリートの付着力が低下することで、引張鉄筋のダウエル作用が低下し、斜めひび割れがより拡幅したためと考えられる。

(3)タイドアーチ機構貢献分の定量的評価

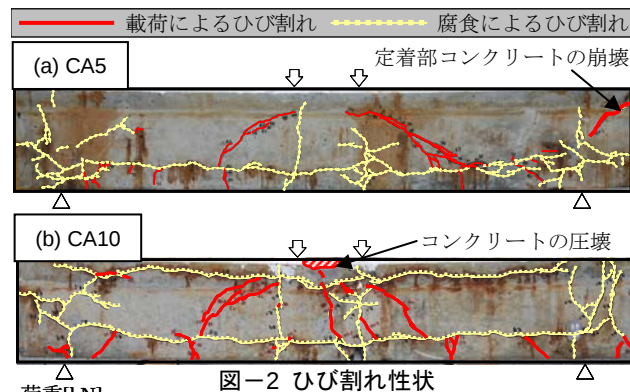
本研究では、Pansuk ら³⁾による手法を参考に、次式により、タイドアーチ機構を定量的に評価した。

$$V = \frac{dM}{dx} = \frac{d(T \cdot jd)}{dx} \approx T \frac{\Delta jd}{\Delta x} + jd \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

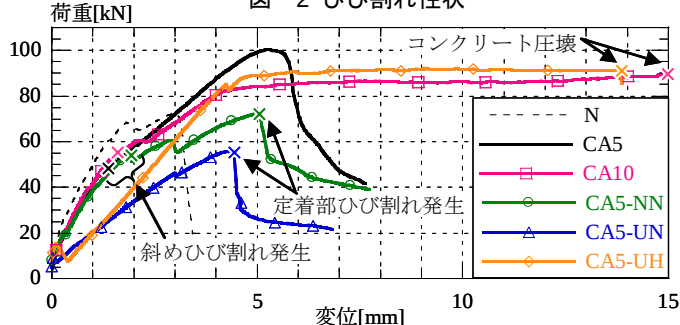
ここに、 Δx : 断面間の距離(mm), Δjd : 各断面におけるモーメントアーム長の差(mm), ΔT : 各断面における引張合力の差(N)である。第1項は全せん断力におけるタイドアーチ機構、第2項ははり機構の貢献分を表している。ひずみゲージから得られる断面のひずみ分布より、上式の各項を求めた。ただし、 T および jd には、各断面で算出した値の平均値を用い、断面間の平均的なせん断抵抗力を算出した。図－4 に、作用全せん断力に対する各せん断抵抗力の貢献分を示す。CA5-NN では、斜めひび割れ発生後、耐荷機構が、はり機構からタイドアーチ機構に変化していることがわかる。また、CA5-UN では、荷重初期からタイドアーチ機構が卓越していることが確認できる。

4. 結論

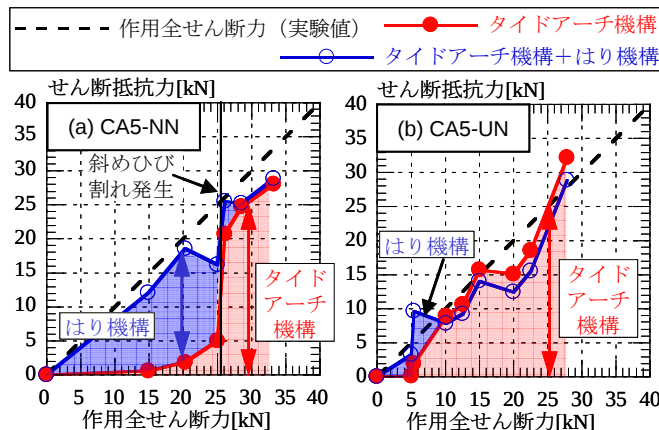
- (1) 定着部およびスパン内の引張鉄筋に 5%, 10%の腐食量を有する RC はりでは、いずれもタイドアーチ機構が形成され、せん断耐力が増大し、それぞれ定着破壊、あるいは曲げ破壊した。
- (2) 圧縮強度が 30N/mm² のモルタルで補修したところ、粗骨材による噛合い効果が得られず、定着破壊した。圧縮強度が 60N/mm² のモルタルで補修することで定着強度が得られ、アンボンド処理によるタイドア



図－2 ひび割れ性状



図－3 荷重－変位関係



図－4 作用全せん断力に対する各せん断抵抗力の算定結果

チ機構の形成に伴い、最大荷重が向上し、最終的に曲げ破壊した。

- (3) 作用全せん断力をはり機構とタイドアーチ機構に定量的に分離した。その結果、アンボンド処理をしていない RC はりは斜めひび割れ発生後に、アンボンド処理した RC はりは荷重初期から、タイドアーチ機構が支配的となることを確認した。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編], pp.189-266, 2005.4.
- 2) 角田真彦, 渡辺健, 三木朋広, 二羽淳一郎：局所的な鉄筋腐食を有する RC はり部材のせん断耐荷性能に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.1705-1710, 2008.7.
- 3) Withit Pansuk and Yasuhiko Sato, Shear Mechanism of Reinforced Concrete T-Beams with Stirrups, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 5, No. 3, pp. 395-408, 2007.