

腐食を有するコンクリート中の鉄筋の定着性能と補修方法に関する基礎研究

東京工業大学大学院 正会員 ○松本 浩嗣
東京工業大学大学院 学生会員 酒井 舞

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋腐食は、断面欠損による引張強度の減少に加えて、付着強度の低下を引き起こす。RC はりの引張鉄筋に腐食が生じるとタイド・アーチ機構が形成され、せん断耐力が増加することが知られている¹⁾が、そのためには鉄筋端部の定着性能が健全である必要がある。しかし、腐食を有する鉄筋定着部の力学性能に関する研究はこれまでほとんど実施されておらず、また補修方法も検討されていない。そこで本研究では、腐食を有する鉄筋定着部の引抜き試験を実施した。また、断面修復工法による補修効果を検討した。

2. 実験概要

本研究では、図－1に示すはり型引抜き試験を実施した。試験区間は図中右側の部分であり、RC はりの定着部を模擬している。載荷荷重で生じる曲げモーメントにより、試験区間に引抜き荷重が作用する。図－2に、試験区間の詳細を示す。鉄筋のかぶり厚は 42mm とした。引抜き荷重の作用点から 50mm のアンボンド区間を設けており、鉄筋の定着長は 350mm である。

表－1にコンクリートの示方配合を示す。セメントには早強ポルトランドセメントを用いた。鉄筋には降伏強度 341MPa、弾性係数 206GPa の D16 異形ネジフシ鉄筋を使用した。表－2に実験ケースと実験時のコンクリート圧縮強度を示す。実験パラメータは腐食による鉄筋の質量減少率、補修の有無である。図－2に示すように、すべての試験体に対して、供試体端から 100mm 離れた位置のアンボンド区間にひずみゲージを貼付し

た。また、N および C10R に対して、鉄筋の付着性状を検討するため、定着域にひずみゲージを 50mm 間隔で貼付した。さらに、自由端のすべりを変位計で測定した。鉄筋の腐食は電食試験により導入した。

C10R に対して、断面修復工法による補修を実施した。電食試験後にコンクリート劣化部を取り除き、鉄筋の腐食生成物を除去した後、プライマーを塗布し、修復材による埋戻しを行った。表－3に、修復材として使用した繊維補強モルタルの配合を示す。繊維には耐腐食性の高い PVA 繊維を採用し、また耐久性と施工性の観点からシリカフュームを添加した。実験時の修復材の圧縮強度は 21.6MPa である。

3. 実験結果

C10、C20、C10R に対して、載荷試験後に鉄筋をはつり

表－1 コンクリートの示方配合

G_{max} (mm)	単位量 (kg/m ³)				
	水	セメント	細骨材	粗骨材	AE 減水剤
20	177	296	838	963	0.443

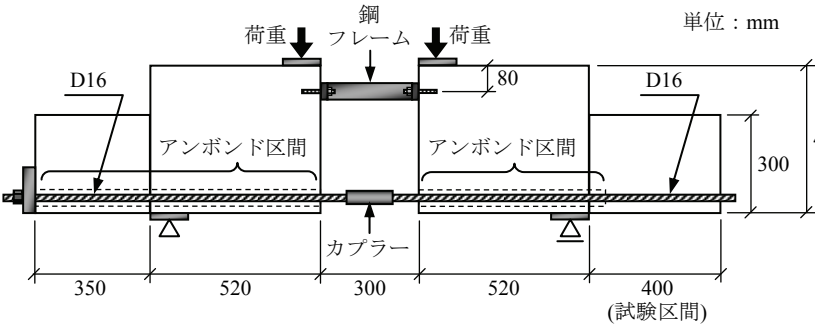
G_{max} ：粗骨材最大寸法

表－2 実験ケースおよびコンクリート圧縮強度

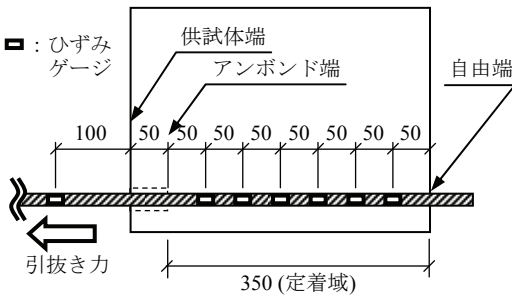
試験体名	鉄筋の質量減少率(%)		補修の有無	コンクリート圧縮強度(MPa)
	目標	実測平均値		
N	0	0.0	—	35.5
C10	10	8.0	無	33.4
C20	20	18.4	無	34.3
C10R	10	10.2	有	33.2

表－3 繊維補強モルタルの配合 (単位量：kg/m³)

水	セメント	シリカフューム	細骨材	PVA 繊維	AE 減水剤
281	422	47	1317	19.5	0.703



図－1 はり型引抜き試験概要図



図－2 試験区間詳細

キーワード 腐食、付着・定着、すべり、断面修復、PVA 繊維、シリカフューム

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-17 東京工業大学大学院 土木工学専攻 TEL 03-5734-2584

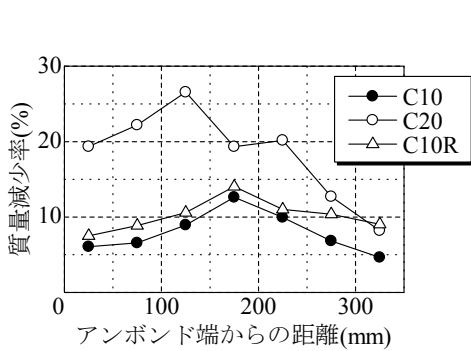


図-3 質量減少率分布

表-4 破壊モードおよび最大引抜き荷重

試験体名	破壊モード	最大引抜き荷重, P_{max} (kN)
N	鉄筋降伏	67.7
C10	鉄筋降伏	67.7
C20	付着割裂破壊	34.9
C10R	界面剥離	64.6

出し、質量減少率を JCI-SCI「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法」に基づき測定した。図-3に質量減少率の分布、表-2に平均値を示す。分布に若干のばらつきがあるものの、質量減少率の平均値は目標値に概ね近い値となった。

表-4に、実験で測定した最大引抜き荷重と破壊モードを示す。引抜き荷重は、アンボンド区間に貼付したひずみゲージの測定値から算出した。N および C10 は鉄筋降伏により終局に至り、最大引抜き荷重は 67.7kN であった。C20 は鉄筋に沿った腐食ひび割れが拡幅し、かぶりコンクリートが剥落することにより荷重が低下した。最大引抜き荷重は 34.9kN であり、健全時の約 50%に低下した。C10R は補修材と母材コンクリートとの界面にひび割れが発生、進展することにより荷重が低下した。最大引抜き荷重は 64.6kN であり、健全時の 95%程度となった。

図-4に、引抜き荷重 P の増加に伴う N および C10R の鉄筋ひずみ分布の変化を示す。C10R のひずみ勾配は N よりも小さくなっており、付着応力が減少したと考えられる。また、最大引抜き荷重時、C10R の $x < 50\text{mm}$ の領域においてひずみが一定となっている。これは、界面剥離の影響と考えられる。

N および C10R に対して、式(1)ですべりを算出した。

$$S(x) = \int_x^{350} \varepsilon(x) dx + S(350) \quad (1)$$

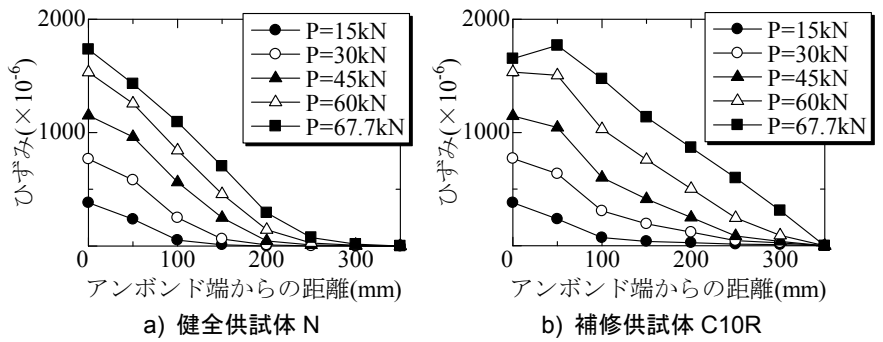


図-4 ひずみ分布

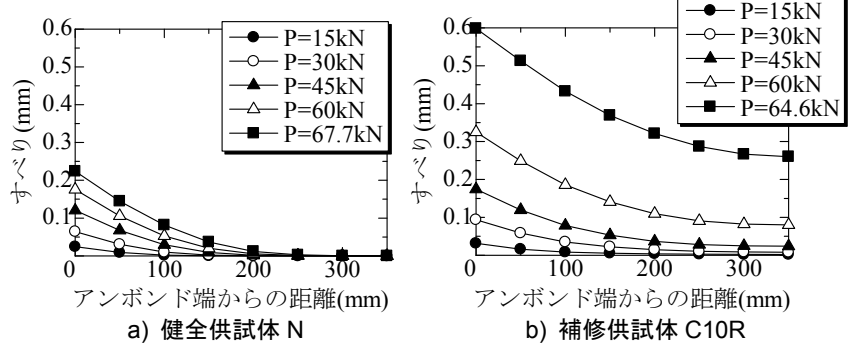


図-5 すべり分布

ここに、 x はアンボンド端からの距離、 $S(x)$ は位置 x におけるすべり、 $\varepsilon(x)$ は位置 x におけるひずみ、 $S(350)$ は自由端のすべり、である。

最大引抜き荷重時、アンボンド端における C10R のすべりは N よりも 3 倍弱大きくなった。N の自由端すべりがほぼ 0 であったのに対して、C10R は 0.26mm のすべりが最大引抜き荷重時に自由端に生じており、界面におけるすべり変位の影響が大きいものと推察される。

C10R の最大引抜き荷重は健全時に近い値となったが、大きなすべり変位が生じており、補修効果をさらに向上させるためには界面性状を検討する必要がある。

4. 結論

- 1) 腐食による鉄筋の質量減少率 20%程度で、定着部の最大引抜き荷重は健全時の 50%程度に低下した。
- 2) PVA 繊維補強モルタルによる断面修復で補修した結果、最大引抜き荷重は健全時の 95%となった。ただしすべりが大きく、界面の接着性状をさらに検討必要があるものと思われる。

謝辞

本研究は、平成 22 年度土木学会吉田研究奨励賞の助成を受け、実施しました。

参考文献

- 1) 角田真彦ほか：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.