

塑性ひずみ履歴を受けた鋼材の腐食性状

コンクリート研究室

B4 河原井 貴之

指導教官 丸山 久一教授

1. はじめに

阪神・淡路大震災は、神戸市を中心として阪神地域の広範囲に大きな被害をもたらした。道路や橋梁に関するコンクリート構造物は、多様な損傷が発生していた。災害のダメージから元の生活に戻すために大規模な復旧工事が損傷頻度に応じて行われた。復旧工事では、費用を削減するために屈曲した鉄筋を直線に戻し、その一部もしくは全部を再使用した。若松ら[1.2]は、震災により被害を受けた地下鉄駅舎のRC柱の打ち換え部分と、打ち換え後の柱をH形鋼と鋼板で巻き立てた狭隘な空間内部を、膨張性高流動コンクリートを用い、直接法による逆打ち工法で復旧させた。その際、塑性ひずみを受けた鉄筋を再使用している。山内ら[1.3]は、地震の影響を受けた実構造物の柱主鉄筋と、交番繰り返し载荷を行った後の模型供試体の柱主鉄筋とを加熱矯正し、引張試験を行っている。その結果、地震の被害を受けた実構造物の柱主鉄筋は、加熱矯正後の再使用が可能である。また、大变位の交番繰り返し荷重を受けた柱軸方向筋は、伸び能力が落ちるものの十分再使用が可能であることを報告している。コンクリート標準示方書[耐震性能照査編][1.1]によると、構造物が保有すべき耐震性能は、構造物の損傷が人命に与える影響、非難・救

援・救急活動と二次災害防止活動に与える影響、地域の生活機能と経済活動に与える影響、復旧の難易度と工事費等を考慮して定めるのを原則としている。一般の場合、構造物の耐震性能は以下の3つとしている。

- (1) 耐震性能1:地震時に機能を保持し、地震後にも機能が健全で補修をしない状態で使用が可能。
- (2) 耐震性能2:地震後に機能が短時間で回復でき、補強を必要としない。
- (3) 耐震性能3:地震によって構造物全体が崩壊しない。

ここで、耐震性能1は、地震後の構造物の残留変位が十分小さい範囲にとどまっている状態とする性能である。耐震性能2は、地震後に構造物の耐火力は低下しない状態とする性能である。一般には、地震時に各部材はせん断破壊せず、かつ各部材の応答変位が終局に至っていなければ、この耐震性能を満足すると考えてよい。耐震性能3は、地震後に構造物が修復不可能となったとしても、構造物の質量および負債質量、土圧、水(液)圧などによって、構造物全体は破壊しない状態とする性能であるとしている。

現在も阪神・淡路大震災から復旧したコンクリート構造物には、塑性ひずみを受け

た鉄筋を再使用され続けている。再使用された鉄筋の力学的な研究報告は山内ら [1.3] の研究を含め多数されている。しかし、腐食性に関する報告はなされていない。腐食性に関する研究は、塑性ひずみを受けていない鉄筋で実験するのが一般的である。そこで、本研究では、塑性ひずみ履歴を与えた鉄筋を用意して電解腐食法により腐食を促進させ、塑性ひずみを受けた鋼材の腐食性状を検討することを目的としている。

2. 実験の概要

2.1 使用材料と供試体作成方法

実験に用いた実験材料は、D16 異形鉄筋を使用した。まず、代表的な鉄筋の応力 - ひずみ関係のグラフを図 2.1 に示す。

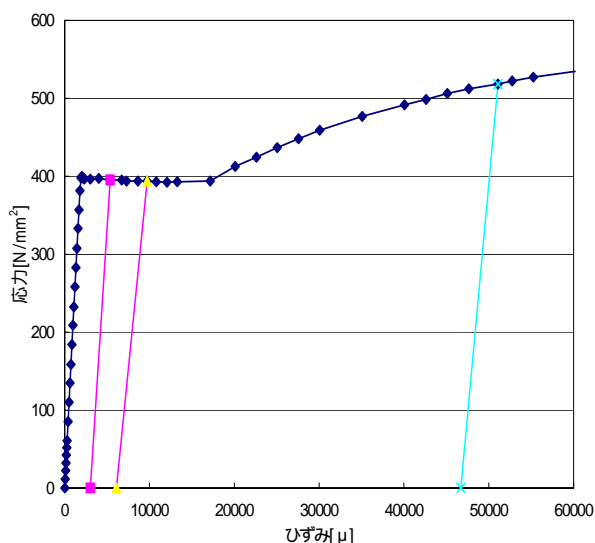


図 2.1.1 鉄筋の応力 - ひずみ関係

D16 異形鉄筋を 800mm に切断し、鉄筋の中心にひずみゲージを対象に貼り付け、データロガーを用いてひずみを測定しながら、引張試験機により、塑性ひずみを与え

る。塑性ひずみの量は、図 2.1 を参考にして、5000 μ、10000 μ、50000 μ、3 つの最大ひずみを与える。実際に試験体に与えられるひずみの量は、除荷するので残留ひずみとなる。

表 2.1 試験体の塑性ひずみ履歴

	ひずみ [μ]	最大ひずみ [μ]	残留ひずみ [μ]
No.0	=0	0	0
No.1	=5000	4660	3375
No.2	=10000	10062.5	6109.75
No.3	=50000	50374	46711.5
No.4	=5000	5090	3627
No.5	=10000	10356	6459.25
No.6	=50000	50331	46655.5

次に、引張った D16 異形鉄筋からサンプルを 2 本切り出す。切り出した試験体の寸法を図 2.2 に示す。

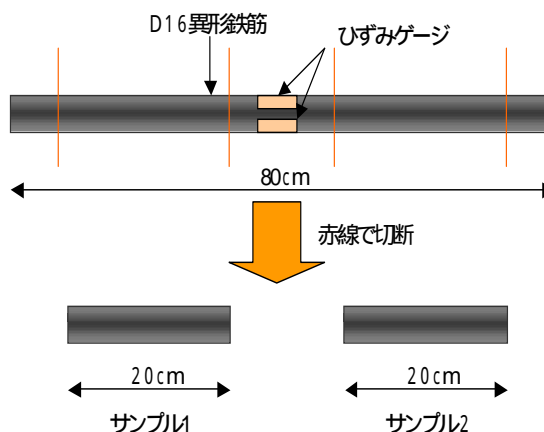


図 2.1.2 試験体の寸法

次に、切断した試験体の質量を測定する。測定方法は、デジタル質量計で 100 分の 1g

までとした。今回は、試験体の黒皮を 10% クエン酸アンモニウム溶液を用いて除去した。後に、試験体にリード線をつないでエポキシ樹脂を用いて鋼材の表面積が一定になるようにシーリングを行った。試験体のシーリング寸法を図 2.3 に示す。

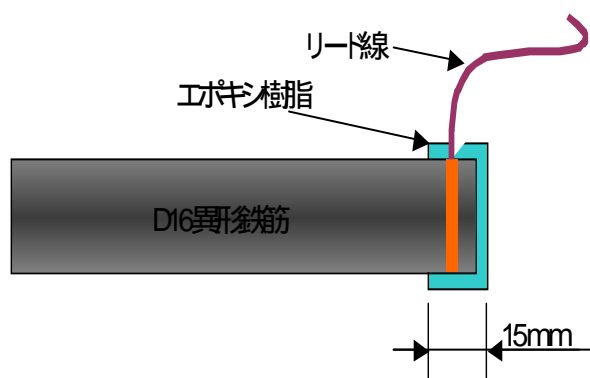


図 2.1.3 試験体のシーリング寸法

2.2 実験方法

試験体の腐食方法は、電解質溶液中で鉄筋を陽極、側面に配置したチタンメッシュを陰極に配線し、直流安定化電源により強制的に直流電流を通電し、鋼材表面のイオン化を促進させる電解腐食法を用いた。電解腐食装置を図 2.2.1 に示す。水槽内の電解質溶液は、腐食を促進するために海水相当の食塩水 (NaCl : 3%)、もっと過酷な状況を想定し食塩水 (NaCl : 10%) とした。尚、陽極の鉄筋と陰極のチタンメッシュが接触しショートすることを防止するために水槽の底に粗骨材をしくことにした。電流の大きさは、1A に設定した。通電期間は 11 日とし、積算電流量を一定にして塑性ひずみ履歴を受けた鉄筋の腐食性状について検討を行った。実験条件を表 2.2 に示す。

表 2.2 実験条件

電流量	1[A]
積算電流量	99.4[A・h]
電解質溶液	3、10% 食塩水

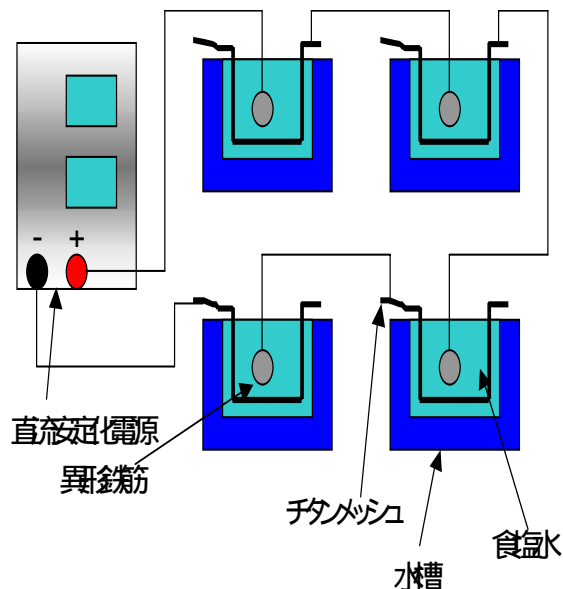


図 2.2.1 電解腐食装置

2.3 実験結果

図 2.3.1、図 2.3.2 に腐食量とひずみについてのグラフ、図 2.3.3 に塩化物イオン濃度による腐食量の差のグラフを示す。図 2.3.1 より、3% 食塩水を用いた時の各試験体は、ひずみを受けていない試験体と比較すると腐食量に差がないことが分かる。図 2.3.2 から、10% 食塩水を用いた時の試験体は、ひずみを受けていない試験体と比較すると腐食量に大きな差がないことが分かる。図 2.3.3 からは、3% 食塩水を用いるより 10% 食塩水を用いた方が腐食の量が大きかった。このことから、塩化物イオン濃度が高い方が腐食量に大きな影響を与える事がわかる。

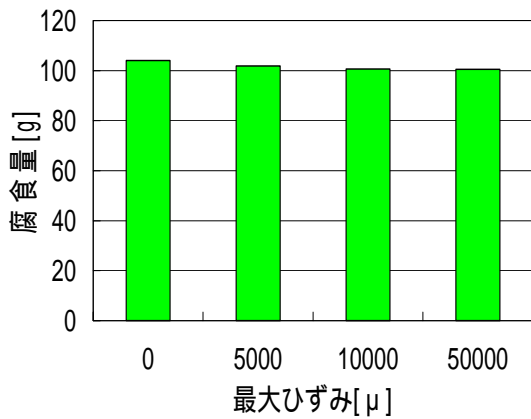


図 2.2.1 最大ひずみと腐食量の関係
3%食塩水

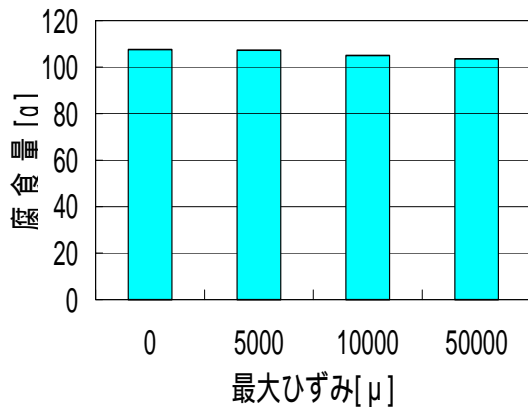


図 2.2.2 最大ひずみと腐食量の関係
10%食塩水

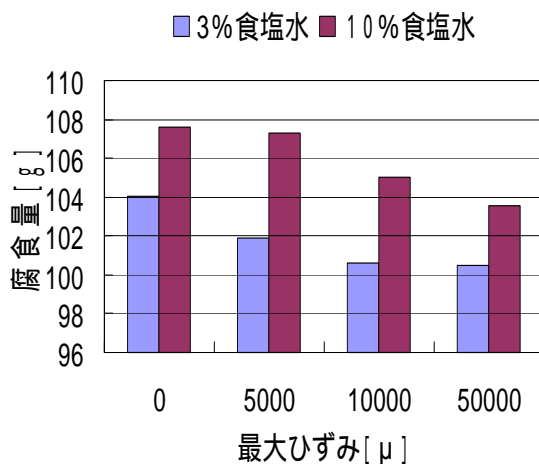


図 2.2.3 塩化物イオン濃度による腐食量の差

3. 結論

塑性ひずみ履歴を受けた鋼材がどのような腐食性状をしているのかを解明するため、電解腐食法を用いて鉄筋の腐食を促進させた結果、本実験の範囲で以下のことが明らかとなった。

(1) 塑性ひずみを受けた鉄筋は、電解腐食法では腐食の差がほとんど無いことがわかった。

(2) コンクリート中の鋼材腐食を再現する実験を行なうことが必要である。

参考文献

- [1.1] 土木学会：コンクリート標準示方書[耐震性能照査編]、2 3、2002
- [1.2] 若松岳、竹中康訓、田中広司、横溝文行：震災を受けた地下RC柱の膨張性高流動コンクリートによる補修、コンクリート工学年次論文報告集 vol.18、p.17 22、1996
- [1.3] 山内俊幸、石橋忠良、菅野貴浩、大久保啓一：交番繰り返し荷重を受けた柱軸方向筋の強度特性、コンクリート工学年次論文報告集 vol.18、p.11 - 16、1996