

鉄筋の腐食膨張に伴う損傷過程の A E 特性

福島工業高等専門学校 正会員 山ノ内正司
 福島工業高等専門学校 田中 裕美

1. はじめに

鉄筋の腐食膨張に伴うかぶりコンクリートがどのように破壊するかを解明することは、コンクリートの耐久性研究の重要な基礎である。本研究では、コンクリート中の鉄筋に対して電気腐食試験を行い、試験中に発生した A E を 8 チャンネルで計測することにより、鉄筋の腐食開始から、腐食生成物の増大、コンクリートの腐食ひび割れの発生・成長にいたる損傷過程の A E 発生源分布と振幅特性を考察した。

2. 実験概要

コンクリートの配合条件は、水セメント比 50%、最大骨材寸法 20mm とし、練り混ぜ水には 3% NaCl 水溶液を用いた。供試体は 1 辺 150mm の立方体とし、図 1 に示すように、供試体中央に鉄筋（丸鋼 25）を配置した。電気腐食試験では多くの場合、コンクリート供試体全体または一部を NaCl 水溶液に浸す方法を採用しているが、本研究では A E 計測を可能にするために供試体上部に凹部を設け、NaCl 水溶液の供給場所とした。なお、かぶり厚は凹部の深さで調整した。

8 チャンネルの A E センサを取り付け、A E 波形を記録した（サンプリングタイム：200nsec、波形長：2Kwords）。また、側面の鉄筋上部に防水型ひずみゲージを 3 枚、供試体上部にパイ型変位計（感度 1/1000mm）を 2 つ取り付けた。

上部の凹部に - 極の銅板を置き、3% NaCl 水溶液を注ぎ、鉄筋を + 極として直流電源にて 0.15A の通電を行った。

3. 実験結果および考察

かぶり厚を 60mm とした供試体について、図 2 に開口変位とひずみの経時変化を、図 3 には 30 分毎の A E イベントカウントとその累積曲線を示す。鉄筋上部から発生したひび割れが、鉄筋に近い 2 枚のひずみゲージを迂回し 3 枚目のひずみゲージを通過するように進んでいたため、ここでは 3 枚目のひずみゲージの結果のみを示した。約 20 時間後ひずみゲージが切断し、記録は停止している。

通電後 A E が一定の割合で発生し始め、ひずみも直線的に増加しているが、開口変位には大きな変化はない。10 時間後、A E、開口変位、ひずみ共に急激に増加し、鉄筋上部にはひび割れが確認された。18 時間後あたりから開口変位の変化率は一定になり、44 時間で計測を停止した。

記録された A E 波形に基づいて A E 位置標定解析を行い、開口変位の変化に着目して A E 発生特性を検討した。図 4 は、図 2 に示すように損傷過程を区間 A から区間 E までの 5 区間に分割し、各区間の A E 発生源分布を表したものである。

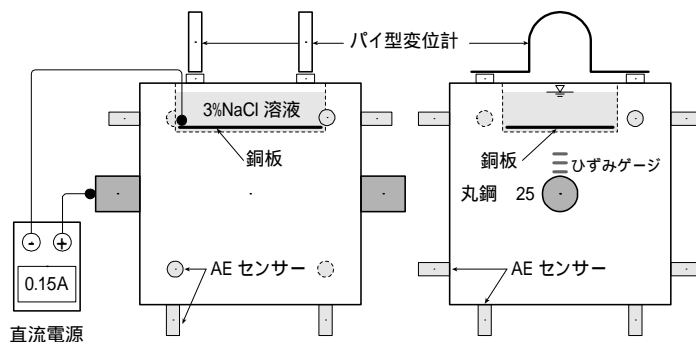


図 1 電気腐食試験

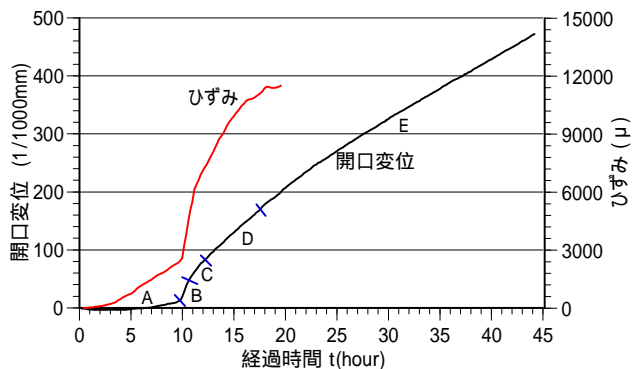


図 2 開口変位とひずみの経時変化

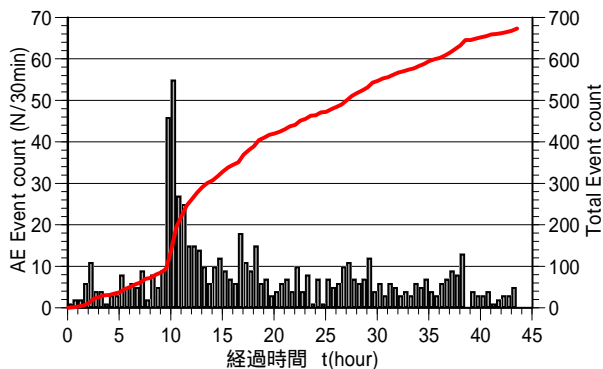


図 3 A E の経時変化

区間Aでは、ほとんどのA Eは鉄筋表面付近に位置している。供試体内部に塩化物イオンが存在しているため、通電後直ちに不導体膜の破壊が始まっていると考えられ、区間Aはこれを発生源とするA Eであると推察される。

区間Bでは、鉄筋からやや離れたコンクリート内部に3つのA Eクラスタが確認できる。これらのクラスタは、区間Aで発生したA Eの上部に位置していることから、局所的な腐食生成物の増加に伴う膨張圧によるものと考えられる。また、引き続き鉄筋表面の破壊も確認される。

区間C以降では、発生源がさらに上部に移動し、区間Dではひび割れは供試体上部にまで達している。

区間Dではこれまでとは異なり、鉄筋下部に破壊源が移動し始めており、特に最後の区間Eではこの傾向は顕著である。多くの発生源が鉄筋下部に現れ、方向性を持って広がっており、新しい割れモードの核が形成されている。

図5は鉄筋表面から5mm以内に位置するA Eとそれ以外のA Eについて、発生源が鉄筋上部に位置する前期(区間A B C)と鉄筋下部に位置する後期(区間D E)に分けて振幅分布を表したものである。鉄筋周辺以外のA Eはコンクリートの微視破壊に対応したものであり、振幅分布構造に違いは認められないが、鉄筋周辺のA Eは前者の振幅分布構造と大きく異なり、前期の不導体膜の破壊に伴うA E振幅が50以下であるのに対し、後期では振幅の大きいA Eが半数を占めている。これは、供試体上部に向けて進展したひび割れにより、腐食生成物による膨張圧が分散されたため、局所的なひび割れが起こりにくくなり、鉄筋に面するコンクリート全体に微視破壊が引き起こされたためと考えられる。

4. 最後に

本文では、A E解析を通して鉄筋の腐食膨張に伴う損傷過程を考察した。今後は、鉄筋腐食量を測定すると共に、かぶり厚や配合条件の違いが損傷過程に及ぼす影響を明らかにしたいと考えている。

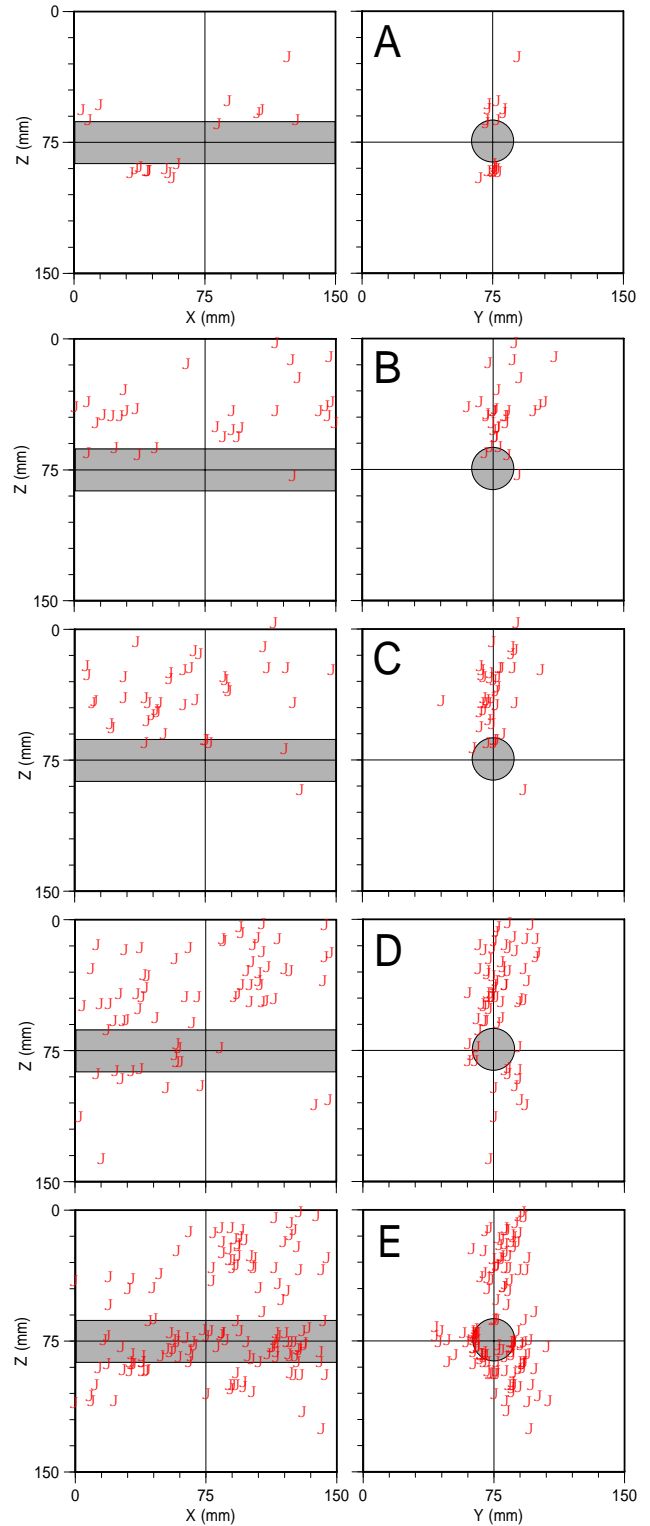


図4 A E発生源分布図

【参考文献】

- (1) 中村則清、橘高義典：鉄筋の腐食膨張に伴う表面ひび割れ開口の破壊力学的実験研究；コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.93-98，1997
- (2) 松尾豊史、西内達雄、松村卓郎：鉄筋の腐食膨張に伴うコンクリートのひび割れ進展解析；コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.99-104，1997

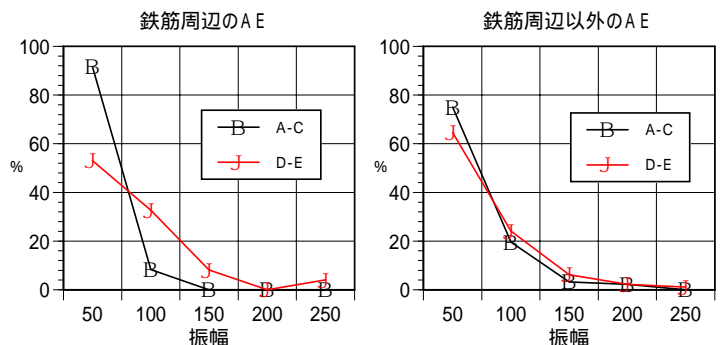


図5 A E波形の振幅特性