

鋼材腐食と凍結融解の複合劣化がコンクリート中の異形鉄筋の
引抜き性状に及ぼす影響

北海道大学大学院 学生会員 ○早川 竜平
北海道大学大学院 正会員 松本 浩嗣

1. 研究背景および目的

実際の構造物には、さまざまな種類の劣化が同時に起こり得る．しかし現在、このような複合劣化が構造的に及ぼす影響は多くが未解明である．そこで本研究では、鋼材腐食と凍結融解による複合劣化を実験的に再現し、引抜き載荷試験による引抜き性状の検討を行った．また、一般に AE 剤は耐凍害性を向上させるとされているが、鋼材腐食と凍結融解による複合劣化に対しても有効性があるかどうかの検討を行った．

2. 実験概要

2. 1 供試体の寸法と実験ケース

本実験に用いた供試体の寸法を図－1 に、実験ケースを表－1 に示す．積算電流量、凍結融解サイクル数はともにケース 6 において発生したひび割れ幅から定めている．この際のひび割れ幅は、既往の研究¹⁾を参考にしている．ただし、凍結融解サイクル数は実験結果に応じて凍結融解の影響が表れやすいようにその都度サイクル数を決定した．実験プロセスとしては、まず電食試験を行い、鋼材腐食を発生させた．その後凍結融解試験を行い、複合劣化を実験的に再現した．最後に、引抜き載荷試験を実施し、引抜き性状を確認した．

表－1 実験ケース

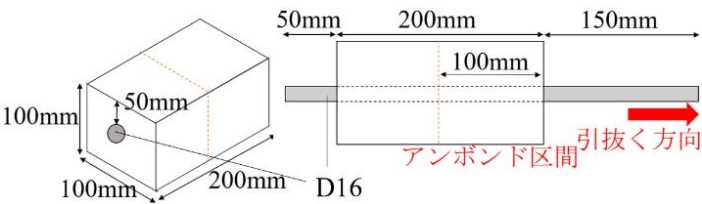
ケース	AE 剤の有無	電食試験の積算電流量	凍結融解サイクル数
1	×	0Ah	0
2	×	0Ah	25
3	×	24Ah	0
4	×	24Ah	25
5	×	48Ah	0
6	×	48Ah	17
7	○	24Ah	25
8	○	24Ah	37
9	○	24Ah	50
10	○	48Ah	25

2. 2 各試験の概要

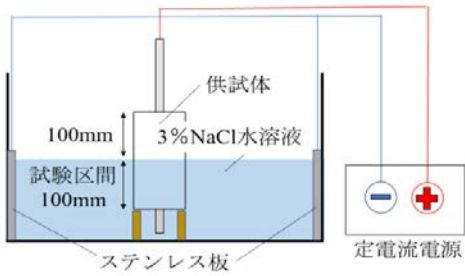
鉄筋の腐食を促進するための電食試験の概要を図－2 に示す．供試体の下部 100mm の試験区間のみを溶液に浸漬した．この際、自由端側の鉄筋(図－2 における下側の鉄筋)から腐食が進行しないよう、出ている鉄筋の部分被覆して実施した．電流はすべて 1A とし、積算電流量が 48Ah のものは 48h、24Ah のものは 24h 電流を流した．腐食量の評価は鉄筋の引抜き載荷試験後に、JCI－SC1「コンクリート中の鋼材の腐食評価法」²⁾に従って実施し、質量減少率を算出した．

凍結融解試験は凍結融解試験装置を用いて、JIS A 1148 A 法に準拠した 1 サイクル 3 時間で行った．凍結融解前後でひび割れ幅を、試験区間 10cm を 1cm 間隔でクラックスケールを用いて 10 カ所計測した．

引抜き載荷試験の概要を図－3 に示す．ひずみゲージを鉄筋に設置することで、測定したひずみと弾性係数から引抜き応力を算出できるようにした．



図－1 供試体概要



図－2 電食試験概要

キーワード 複合劣化，鋼材腐食，凍結融解，引抜き載荷，AE 剤
連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
 北海道大学 TEL:011-706-6219

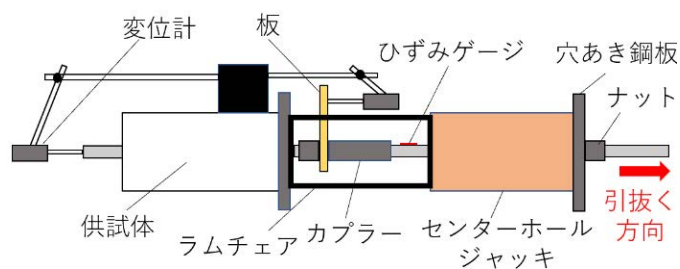


図-3 引抜き载荷試験概要

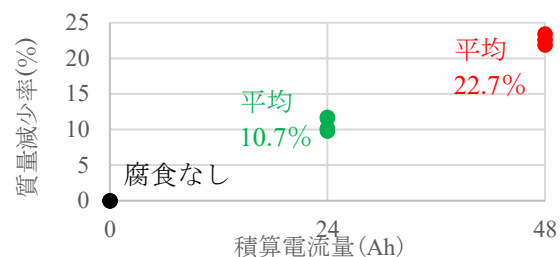


図-4 質量減少率と積算電流量の関係

3. 実験結果および考察

3. 1 電食試験結果

試験区間における質量減少率と積算電流量の関係を図-4に示す。積算電流量に対して質量減少率がほぼ比例していることがわかる。

3. 2 凍結融解試験結果

図-5にケース6における凍結融解前後の様子を示す。凍結融解後にひび割れ幅が大きくなっているように見えるが、実際には融解時に水に浸漬されていたことで、ひび割れ内の腐食生成物が流出して表面に残留したために測定が困難であったこと、また、ひび割れ近傍で角欠けが生じていたことから、見かけ上のひび割れ幅が大きくなってしまった可能性がある。そのため、以降、ひび割れ幅の影響については議論の対象外とした。

3. 3 引抜き载荷試験結果

引抜き耐力と凍結融解サイクル数の関係を図-6に示す。腐食なしのケースはサイクル数が増加するにつれて減少する傾向にあることがわかる。質量減少率の平均が10.7%のケース、質量減少率の平均が22.7%のケースは、どちらのケースもAE剤の有無によらず、サイクル数が増加しても引抜き耐力の低下はあまり見られないことがわかる。このことから、引抜き耐力は電食試験による腐食量の影響が大きく、腐食量が大きいと引抜き耐力が低下する傾向にあると考えられる。また、AE剤の有無によらず、凍結融解サイクル数が引抜き耐力に与える影響は比較的小さいことがわかる。これは、腐食によって生じるマクロなひび割れにより、ひび割れ中の水分が移動しやすく、凍結融解時に大きな圧力が生じなかったためと考えられる。

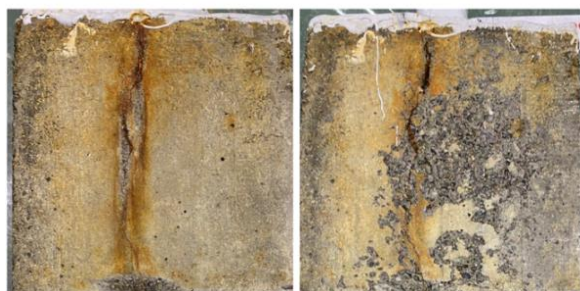


図-5 ケース6における凍結融解前後の様子

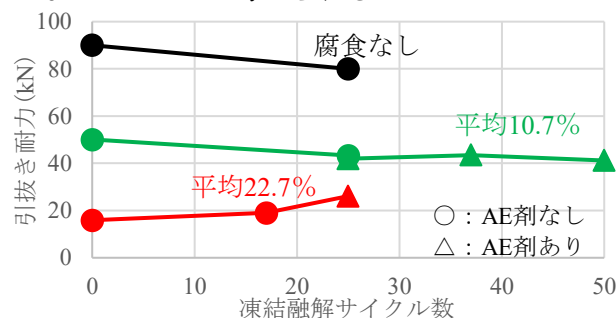


図-6 引抜き耐力と凍結融解サイクル数の関係

4. 結論

- 1) 本実験の範囲では、鋼材腐食と凍結融解の複合劣化が引抜き耐力に及ぼす影響は鋼材腐食が支配的で、腐食量が多いほど引抜き耐力が低下する傾向にある。
- 2) 鋼材腐食後に凍結融解による劣化を受けた際の引抜き耐力に関しては、凍結融解の影響は比較的小さいものと考えられる。これは、腐食ひび割れが比較的大きいマクロなひび割れであり、ひび割れ中の水分が移動しやすく、凍結融解時に大きな圧力が生じないためと思われる。
- 3) 鋼材腐食後に凍結融解を受けたコンクリート中の異形鉄筋の引抜き耐力に関しては、AE剤の効果は顕著ではない可能性がある。

参考文献

- 1) 相馬卓弥：横拘束圧を受ける鉄筋コンクリートの腐食ひび割れ性状とその検知手法の検討，2020年度北海道大学卒業論文
- 2) 日本コンクリート工学会：JCI 基準集(1997-2002年度)，pp. 91-94.