

シリカフェームコンクリートと高耐久性鉄筋の付着について

立命館大学大学院理工学研究科

学生員

○棚橋 泰文

立命館大学理工学部

学生員

根来 京輔

立命館大学理工学部

正会員

水田真紀・児島孝之

1. 研究目的

海洋環境下における鉄筋コンクリート構造物への外部からの塩分浸透は、従来考えられたよりも早く、それに伴う鋼材の腐食は大きな問題となっている。

これまで、水結合材比、シリカフェーム置換率、かぶりを要因としたコンクリート供試体を用いて暴露試験を行い、試験結果から耐食性に関して水結合材比が最も大きく影響することが分かった¹⁾。それに加え新たな要因として、エポキシ樹脂塗装鉄筋やステンレス鉄筋(SUS410)といった高耐久性鉄筋に着目し、これらを用いた場合の耐食性についても今後暴露試験を行い検討していきたいと考えた。

それに先立ち、シリカフェームコンクリートと各種高耐久性鉄筋との付着とひび割れ性状の把握を目的とし、両引き付着試験を実施する。本研究で使用したステンレス(SUS410)は、一般的なステンレス(SUS304)に比べ耐食性が劣るものであるが、その分価格も安価であり、コスト面から海洋環境下の構造物に十分適用可能であると考え、エポキシ樹脂塗装鉄筋とともに比較検討した。

2. 実験計画

(1) 供試体作製

供試体の寸法は、60×60×500mmとし、断面中央のかぶり25mmの位置に各種鉄筋を1本(D10)配置した。鉄筋は、普通鉄筋(N)、エポキシ樹脂塗装鉄筋(E)、ステンレス鉄筋(S)の3種とした。コンクリートには、従来研究より耐食性の高いと思われる水結合材比40%と、比較的塩分の浸透が速かった水結合材比60%の2種とし、共にシリカフェームを15%内割りで置換したものを使用した。供試体名はN40のように「鋼材種類+水結合材比」として表すことにした。各種鋼材の力学的特性を表-1に示す。ここで、ステンレス鉄筋は明確な降伏点を示さないため、0.2%ひずみに相当する応力を降伏点強度とした。

(2) 測定項目(図-1)

①変位

②ひび割れ幅：鉄筋位置に50mm間隔で①～⑨のπ型ゲージを取り付け、各箇所のひび割れ幅を測定した。

③ひび割れ間隔：鉄筋に対して垂直方向に入

ったひび割れの各間隔をノギスで測定し、それらの平均値を平均ひび割れ間隔とした。

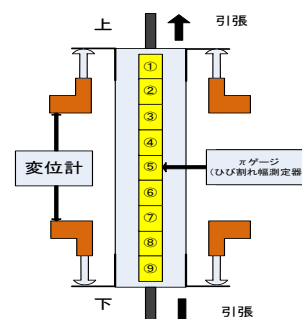


図-1 付着試験図

3. 実験結果及び考察

図-2に各供試体4面のひび割れ状況を、表-2に試験結果を、図-3に荷重-ひび割れ幅の関係を示す。

(1) ひび割れ発生状況

E40, E60は共に他の2種に比べて軸直角方向のひび割れの本数が少なく、さらに軸方向ひび割れは見られなかった。表-2より、平均ひび割れ間隔も大きいことがわかる。一般に両引き付着試験において、軸方向ひび割れの発生および軸直角方向のひび割れの本数は、付着の良好さを示す指標になる。よって、エポキシ樹脂塗装鉄筋は付着に関して他の2種より劣っていることがわかった。それに対して、S40, S60共に多くの軸方向ひび割れが見られ、平均ひび割れ間隔も小さくなった。また、S40とN40を比較すると、S40の方が平均ひび割れ間隔は小さく、軸直角方向本数も多かった。これより、ステンレス鉄筋はひび割れ分散性に優れ、普通鉄筋と同等以上の付着性能を有すると考えられる。

表-1 各種鋼材の力学的特性

種類	形状	規格	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	伸び率 (%)
普通		SD345	384.8	609.1	24
エポキシ		SD345	411.3	538.9	26
ステンレス		SD295	365.0	501.6	30

※ f_y ：降伏点強度、 f_u ：引張強度

キーワード 塩害、高耐久性鉄筋、両引き付着試験

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 TEL 077-561-3344

(2) 荷重—ひび割れ幅関係

図-3 に示されたグラフで注目すべき点は、2 本目以降のひび割れ発生時期の違いである。N40 と S40 は初ひび割れとほぼ同時に 2 つ目、3 つ目のひび割れが発生し、複数本のひび割れの幅が同程度に増加した。一方、E40 は 1 本目と 2 本目のひび割れの発生する時期に差が見られ、初ひび割れのみ幅が増加していく傾向が見られた。

次に、ひび割れが入らなかった箇所にも着目した。N40 や S40 において、ひび割れが入った箇所に隣接する π 型ゲージの変位が減少しており圧縮力が発生していることがわかる。一方、E40 には、そのような圧縮方向の変位はほとんど見られなかった。このことから、エポキシ樹脂塗装鉄筋と他の 2 種とでは、付着性状が異なることがわかった。

以上より、エポキシ樹脂塗装鉄筋は、普通鉄筋やステンレス鉄筋に比べ付着に関して大きく劣っているという結果が得られた。

(3) 最大平均付着応力

2 つの仮定、①コンクリートは引張強度に達するとひび割れが発生する、②定常状態のひび割れ間隔を実験で得られた平均ひび割れ間隔とする、に基づいて、最大平均付着応力を求めた。表-2 より最大平均付着応力は、S40 が最も大きく、E60 が最も小さい値を示した。これは、ひび割れ幅やひび割れ間隔などの測定結果とも一致しており、実験結果の裏付けとなった。

またいずれの鉄筋においても、水結合材比 60% より 40% の方が高い値を示したことから、水結合材比が小さいほど付着が良くなることが分かった。

4. まとめ

(1) 本実験で使用したステンレス (SUS410) は一般のステンレス (SUS304) に比べ耐食性の劣るものであるが、普通鉄筋と同等以上の高い付着性能を有していた。また、伸び能力も高いので、重要な構造物にも適用可能であると考えられる。

(2) エポキシ樹脂塗装鉄筋は普通鉄筋よりも付着性能が大きく劣る。

参考文献

1) 棚橋泰文, 鈴木宏信, 抜木幸次, 水田真紀, 児島孝之: 海洋環境下に暴露したシリカフェームコンクリートの長期耐久性, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.9, pp.51-56, 2009

表-2 両引き付着試験結果

供試体名	コンクリート		平均ひび割れ間隔 (mm)	平均最大付着応力 (N/mm ²)
	f'_c (N/mm ²)	f_t (N/mm ²)		
N40	52.4	3.2	106.5	7.1
N60	34.4	2.4	84.3	6.8
E40	52.4	3.2	124.2	6.1
E60	34.4	2.4	108.5	5.3
S40	52.4	3.2	81.7	9.3
S60	34.4	2.4	96.4	5.9

※ f'_c : 圧縮強度、 f_t : 引張強度

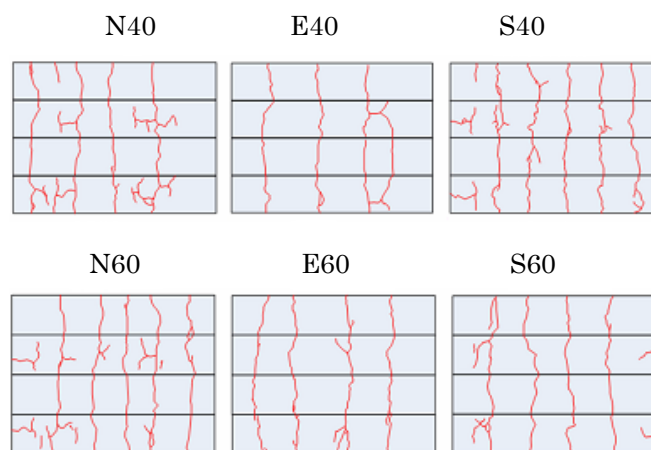


図-2 供試体ひび割れ図

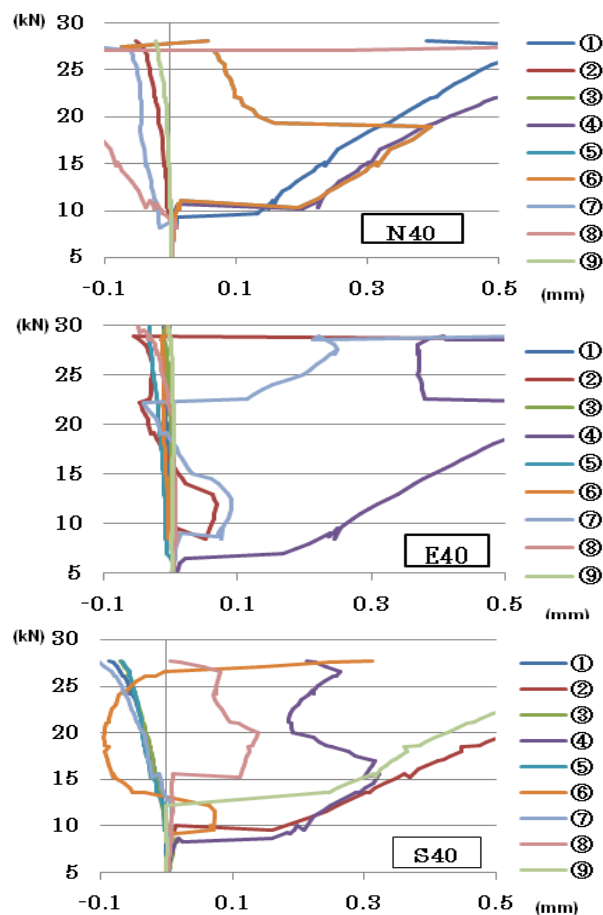


図-3 荷重—ひび割れ幅曲線