

(V-15) モルタル中鋼板の埋設方向が鋼-モルタル間界面性状と腐食速度に及ぼす影響

東京工業大学 正会員 宮里心一
東京工業大学 正会員 大即信明
東京工業大学 正会員 三木千壽
東京工業大学 学生員 原 法生

1. はじめに

近年鋼-コンクリート複合構造物のニーズが高まり、構造的検討に関する報告は多くなされている。例えば土木学会では「複合構造物設計・施工指針(案)」を発刊している。しかしながら、鋼-コンクリート複合構造物の耐久性、特にコンクリート中鋼板の腐食に関する研究は僅かである。また、コンクリート中の異種材料間(例えば、骨材-ペースト間)の界面を対象とした研究が昨今活発に行われている。しかしながら、鋼板とコンクリート間の界面性状に関する研究は少ない。以上のことから、本研究は鋼とモルタル間に形成される界面の基礎性状を把握し、その結果を踏まえ鋼板に生じる腐食速度を評価することを目的として、実験的検討を行った。このため、モルタルの打設方向に対して平行および垂直な位置に鋼板を埋設し、1. 鋼板の上面、下面および側面に形成された界面の硬さを測定した。また、2. 打設方向に対して平行に埋設された鋼板の上部と下部で形成される腐食セルおよび打設方向に対して垂直に埋設された鋼板の側面間で形成される腐食セルの腐食速度を測定した。さらに、1を踏まえ2を考察した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

使用材料、モルタルの配合および強度を表1に示す。縦横の長さが5cm、厚さが0.7cmの鋼板の黒皮を剥ぎ、端部にリード線をはんだ付けた。2枚の鋼板を絶縁体であるエポキシ樹脂で張り合わせ、厚さが1.5cmの鋼板を作製した。さらに、5×5cmの2面を除きエポキシ樹脂で被覆し、リード線を接続することにより、電気化学的に1組の鋼板とした(図1)。これを、型枠底面からの高さが12.5cmの位置に中心が存在するよう、打設方向に対して水平および垂直の2方向に配置し、φ10×20cmのモルタル供試体を作製した(図2)。28日間の湿空養生(RH90%, 20℃)後、測定を行った。

2.2 測定概要

鋼板とモルタル間における硬度を測定するため、ピッカース硬さ試験を行った。本研究においては打設方

キーワード：鋼-コンクリート複合構造物、界面(境界相)、ピッカース硬さ、マクロセル腐食速度

表1 使用材料、配合および強度

<使用材料>

セメント：普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)

細骨材：陸砂(比重:2.63,粗粒率:2.26)

鋼板：SM490B

<配合と圧縮強度>

W/C=55(%), S/C=2.5, 28日圧縮強度 38.4(MPa)

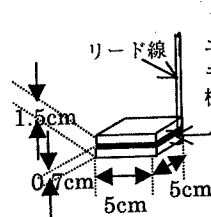


図1 鋼板概要図

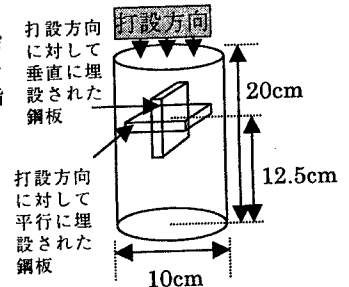


図2 供試体概要図

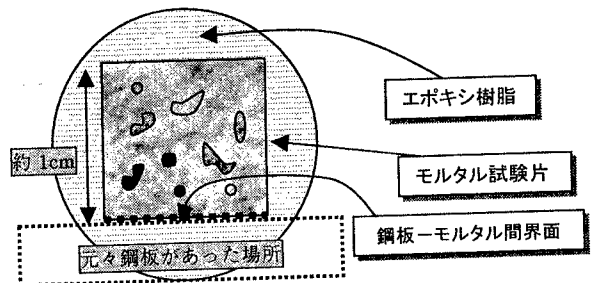


図3 測定面の概要図

向に対して、鋼板の上面、下面、側面に着目し、その部分でのモルタルのビッカース硬さを測定した。供試体から鋼板のみを取り出し、鋼板とモルタルが接していた部分を 1cm 程度の角柱に切り出した。さらにエポキシ樹脂を用い、その試験片の界面を観察できるような状態で $\phi 2\text{cm} \times 1\text{cm}$ 程度の円柱に硬化させた後、測定面を研磨した(図 3)。鋼板表面から $10\mu\text{m}$ おきに $100\mu\text{m}$ 、さらに $120\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ の計 13 点について測定した。なおビッカース硬さ(HV)は、試験面にくばみを付けたときの試験荷重(N)と、くばみの表面積(mm^2)とから求めた硬さであり($\text{HV}=0.102\text{F/S}$)、硬さ記号 HV0.01 は、試験荷重が 10g を意味する。

鋼板の腐食速度は、対になる鋼板間を流れる腐食電流を無抵抗電流計により測定し、鋼板表面積で除することにより求めた。

3. 実験結果及び考察

3. 1 ビッカース硬さに関する実験結果

図 4 に鋼板上下側面におけるビッカース硬さを示す。これによると、鋼板上面、下面、側面とも、鋼板近傍 ($50\mu\text{m}$ 以内) では鋼板から $100\mu\text{m}$ 以上離れたバルク部分と比べ、ビッカース硬さが低いことがわかる。このことからモルタル中鋼板においても、骨材や鉄筋の場合と同様に、その近傍では脆弱な界面、即ち境界相が存在していることがわかる。

また、鋼板近傍における上下側面のビッカース硬さを比較した場合、上面が最も高く、次いで側面、下面と低下することがわかる。これは、ブリーディングの影響と考えられる。すなわち、鋼板下面にはブリーディング水あるいは気泡が集中し、この部分の組織が粗になる。そのためにビッカース硬さが低下したと考えられる。なお、鋼板上面と接するモルタルでは目視による空隙は全く確認できなかったが、下面と接するモルタルでは多くの空隙が確認できた。

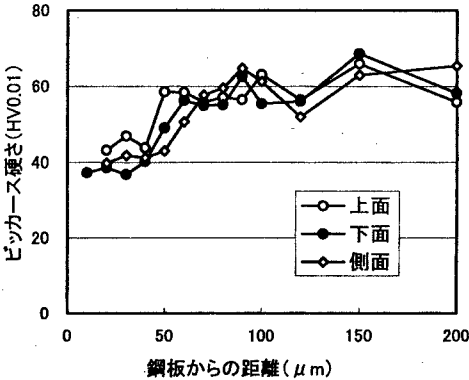


図 4 鋼板上下側面におけるビッカース硬さ

3. 2 鋼板の腐食速度に関する実験結果

鋼板の腐食速度を表 2 に示す。これによれば、打設方向に対する鋼板の埋設方向が平行な場合、垂直な場合と比較して、腐食速度は速いことがわかる。また、鋼板下面がアノードとなった。

表 2 鋼板の腐食速度

打設方向に対する鋼板の埋設方向	平行	垂直
腐食速度[10 ⁻² mm/年]	7.3*	0.6

*：鋼板下面がアノード、鋼板上面がカソード。

3. 3 考察

以上の結果から、鋼板とモルタル間の界面性状と腐食速度の関係を考察する。打設方向に対して平行に埋設された鋼板では、上面と比較して下面において鋼 - モルタル界面が粗となる。すなわち、鋼板上面と下面では異なる環境と接することとなる。したがって、鋼板下面がアノードとなるマクロセルが形成され、腐食速度が促進される。一方、打設方向に対して垂直に埋設された鋼板においては、側面において鋼 - モルタル間に界面(境界相)が存在する。しかしながら、鋼板の両側面は同等の環境と接するため、マクロセルは形成されず腐食速度は遅い。

4. まとめ

- (1) モルタルと鋼板間においても、脆弱な界面 (境界相) が存在する。この界面のビッカース硬さは、鋼板下面と接するモルタルにおいて最も低く、次いで側面、上面の順に高くなる。
- (2) モルタルの打設方向に対して平行に埋設された鋼板では、垂直に埋設された鋼板より、腐食速度が速い。これは、粗な界面と接する鋼材下面がアノードとなるマクロセルが形成されるためと考えられる。

【謝辞】 この研究の一部は、文部省科学研究費補助金 20016645 (代表者：三木千壽) および 11750408 (代表者：宮里心一) の一環で行ったものであることを記し、謝意を表する。