

曲げ加工されたエポキシ樹脂塗装鉄筋および
亜鉛メッキ鉄筋の耐薬品性試験

— 試験報告書 —

平成 22 年 1 月 15 日

鹿児島大学大学院理工学研究科

武若耕司

1. はじめに

本報告書は、長期的な耐久性を期待されている LL 補強土工法の使用部材が、長期的に耐久性を保持する為の所定の品質を有しているか確認する為の試験を行った結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 耐薬品性試験

本試験は『エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改訂版]』の「エポキシ樹脂塗装鉄筋用塗料の塗膜耐薬品性試験方法(JSCE - E 528-2003)」に準拠して試験を行った。検討対象の鉄筋は、D19 のネジ調節棒鋼に塗装を行ったエポキシ樹脂塗装鉄筋（以下 EP 鉄筋と称す）と、比較用に同形状の鉄筋に亜鉛メッキ（JIS H 8641 2 種 HDZ55）を施した亜鉛メッキ鉄筋であり、これらをいずれも図-2.1 のように曲げ加工したものを試験体として用いた。

試験は、温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ の環境室内において、写真-2.1 に示すように試験材を各溶液に浸漬させて行い、浸漬時間は 1000 時間とした。試験に使用した溶液の種類を表-2.1 に示す。なお、亜鉛メッキ鉄筋に関しては、亜鉛が常温で硫酸と反応することから今回は硫酸への浸せき試験は行わないものとした。

浸漬終了後は、表-2.2 に示す項目で試験材の状況調査を実施した。このうち、基盤目試験試験は、土木学会基準 JSCE - E 522 に従って実施するものとし、試験対象箇所は、曲げ加工の部とした。

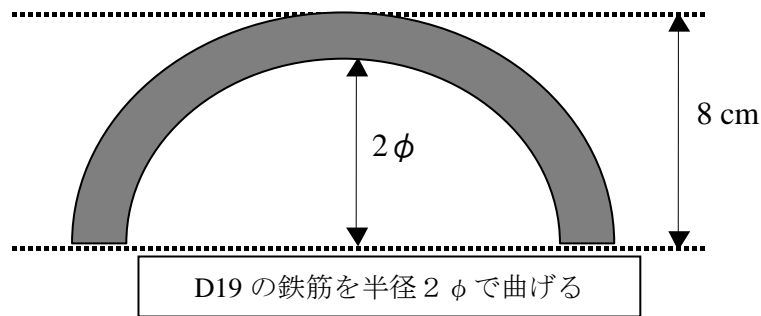


図 2.1 試験に用いた鉄筋の概要

表-2.1 試験に使用した溶液の種類

溶液の種類
濃度の 3mol/l の水酸化ナトリウム水溶液
水酸化カルシウム飽和水溶液
濃度 3mol/l の塩化カルシウム水溶液
5% 硫酸水溶液

表-2.2 試験材種類による検討項目

	検討項目
EP 鉄筋	外観観察
	基盤目試験
	腐食面積
亜鉛メッキ	外観観察
	浸せき後の亜鉛メッキ量



写真-2.1 浸せき状況

3. 試験結果および考察

3.3 耐薬品性試験

本試験では、試験前後の外観状況および基盤目試験による検討を行った。また、曲げた EP 鉄筋に関しては端部に腐食が確認されたものに関しては、端部及び端部側面の腐食面積の算出を行った。一方で、亜鉛メッキ鉄筋においては、浸せき後の亜鉛メッキ量の測定を行った。

3.3.1 外観観察

・曲げ加工部

すべての薬品中の EP 鉄筋において、曲げ加工部に膨れ軟化や膨潤などの異常が生じる状況は認められなかった。一方で、亜鉛メッキ鉄筋においては、塩化カルシウム溶液および水酸化カルシウム溶液に浸漬させたものでは白色の腐食生成物の発生はみとめられるものの、塗膜の大きな異常は見られなかったが、水酸化ナトリウム溶液に浸漬させたものについては、亜鉛メッキが溶けて鉄筋素地が現れ、黒色化している状況が確認された。

・端部処理部

EP 鉄筋を水酸化ナトリウム溶液、水酸化カルシウム溶液、塩化カルシウム溶液に浸せきしたものは、端部処理部分についても塗膜の異常は確認されなかった。しかし、硫酸溶液に浸せきを行ったものについては、端部に腐食が確認されたものもあった。これは、端部処理時に塗膜厚のばらつきが原因と考えられた。亜鉛メッキ鉄筋についてみると、曲げ加工部と同様に、水




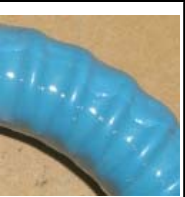
















試験材種類	試験開始前	試験終了後			
		CaCl ₂	NaOH	Ca(OH) ₂	H ₂ SO ₄
EP鉄筋					
亜鉛メッキ					
試験材種類	試験開始前	試験終了後			
		CaCl ₂	NaOH	Ca(OH) ₂	H ₂ SO ₄
EP鉄筋					
亜鉛メッキ					

写真-3.1 耐薬品性試験における各検討部材の外観状況
(上：曲げ加工部、下：端部処理部)

酸化カルシウム溶液あるいは塩化カルシウム溶液に浸漬したのものでは、白色の腐食生成物の発生が認められるにとどまっていたが、水酸化ナトリウム溶液に浸漬されていたものでは、メッキは消失し、鉄筋腐食も認められた。

3.3.2 EP 鉄筋の碁盤目試験

EP 鉄筋においては、写真-3.2 に示すように曲げ加工部に 3×3mm のマス目を作り、そのマスにセロテープを貼り付けて瞬時に剥がし、マス目の残存数を数え、その残存率を計算することにより、金属素地と塗膜の密着性を評価した。

この結果、EP 鉄筋の曲げ加工部におけるマス目の残存率は、何れの溶液に浸漬させた後でも、100%だったことから、鉄筋素地と塗膜の密着性は十分にあり、曲げ加工部においても耐薬品性は十分に確保されていることが確認された。



写真-3.2 碁盤目試験状況

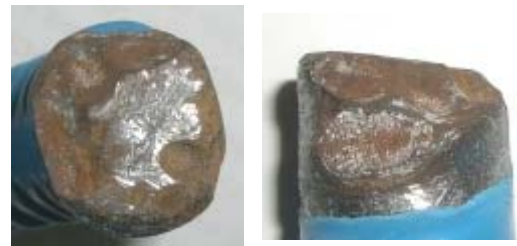


写真-3.3 硫酸浸漬 EP 鉄筋端部の腐食状況 (左: 端部処理部、右: 端部側面)

3.3.3 EP 鉄筋端部の腐食状況

硫酸に浸せき EP 鉄筋の端部処理部において、塗膜の劣化と鉄筋素地の腐食が確認された。写真-3.3 に硫酸に浸漬させた EP 鉄筋素地の腐食状況の一例を示す。

そこで、全ての溶液に浸漬させた EP 鉄筋を対象として、端部処理部の被覆を除去し、その部分の鉄筋素地の腐食状況調査を行った。表-3.1 および図-3.1 にその結果を取りまとめて示す。硫酸以外の溶液に浸漬させたものでも端部処理部の塗膜表面に若干の変状の認められるものもあったが、鉄筋素地の腐食あるいは変色などの異常は全く認められなかった。一方、硫酸に浸せきを行った EP 鉄筋においては、計 8 箇の端部のうち 5 箇所で腐食が発生している状況で (発生確率 62.5%) あった。また、その腐食状況については、端面には硫酸で鉄筋素地が溶けて大きな断面欠損が生じている箇所もあるなど、激しい腐食が確認された。また、端面だけではなく、端部側面の静電粉体塗装がなされている箇所でも鉄筋素地の腐食がみられた。

表 3.1 硫酸浸漬した EP 鉄筋端部の腐食割合

試験材の種類	溶液の種類	端部腐食割合 (%)
EP鉄筋	CaCl ₂	0
	NaOH	0
	Ca(OH) ₂	0
	H ₂ SO ₄	62.5

※端部腐食割合=腐食が発生した端部数/全端部数(試験本数×2)

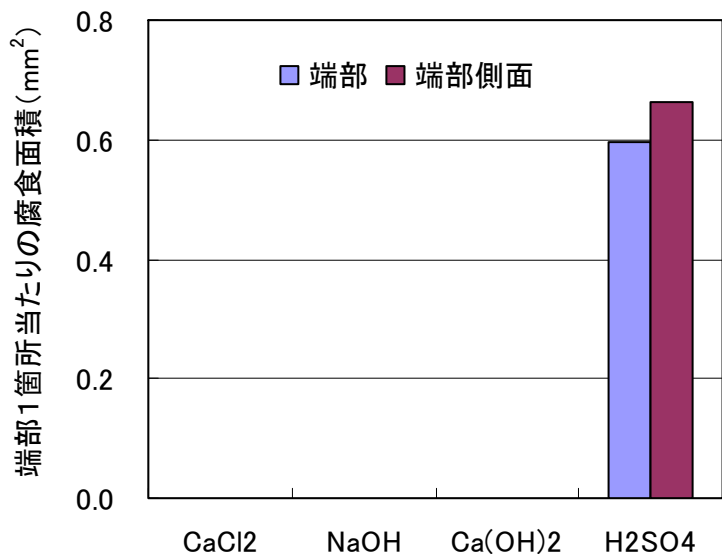


図-3.1 浸せき後の端部 1 箇所当たりの腐食面積

3.3.4 浸漬後の亜鉛メッキ量

亜鉛メッキ鉄筋の耐薬品性を検討するため、浸漬終了後の鉄筋に

において亜鉛メッキ量を調べた。調査方法は、浸漬試験終了後の鉄筋を塩酸（35% HCl 以上の塩酸500mlにヘキサメチレンテトラミン3.5gを加え、その後水で1Lに希釈したもの）溶液に浸漬して亜鉛を溶解除去し、その減量から残存メッキ量をもとめるものとした。

各溶液浸漬後の残存亜鉛メッキ量を図-3.2に示す。この結果から、塩化カルシウム溶液、水酸化カルシウム溶液に浸漬した亜鉛メッキ鉄筋では、浸漬を行わなかった鉄筋に比べてメッキ量がわずかに減少するにとどまっていたが、水酸化ナトリウム溶液に浸漬を行ったものでは、メッキ量が著しく減少していることを定量的に確認できた。

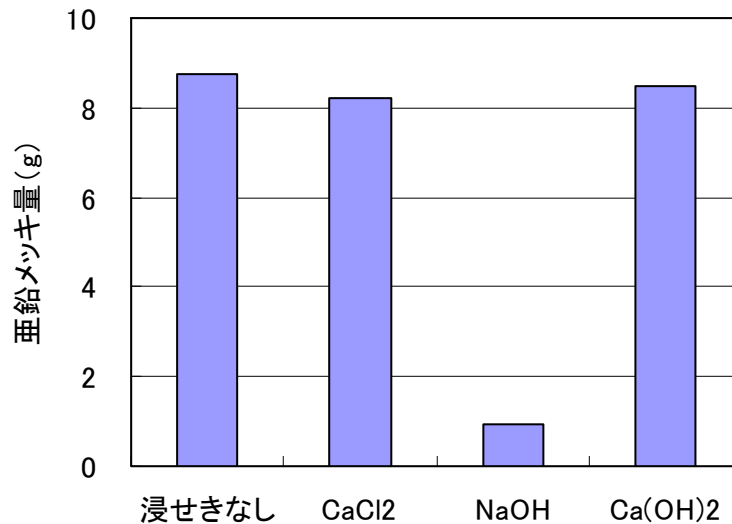


図-3.2 浸せき終了後の亜鉛メッキ量

4. まとめ

曲げ加工を行ったエポキシ樹脂塗装鉄筋および亜鉛メッキ鉄筋を各種溶液に浸漬し、その耐久性について検討を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ① エポキシ樹脂塗装鉄筋は、曲げ加工部においても耐薬品性に優れていた。また、端部処理部においても、塩化カルシウム溶液、水酸化カルシウム溶液ならびに水酸化ナトリウム溶液に浸漬させたものでは耐久性は確保されていた。ただし、今回用いた EP 鉄筋の端部処理状態では、硫酸に対しては十分な耐久性が確保できているとは言えず、より入念な端部処理が必要となることが確認された。
- ② 亜鉛メッキ鉄筋については、水酸化ナトリウム溶液のような高アルカリ性の溶液中でメッキ厚が著しく減少し消滅する状況が確認された。ただし、塩化カルシウム、水酸化カルシウム溶液に対しては亜鉛のわずかな減少にとどまっていた。