

海洋環境下におけるコンクリート中 溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食挙動

- ・ 九州大学 大学院工学研究院 社会基礎部門
 - ・ (一社) 日本溶融亜鉛鍍金協会 (沖縄ガルバ(株))
 - ・ (一社) 日本溶融亜鉛鍍金協会 (愛知亜鉛鍍金(株))
 - ・ (一社) 日本溶融亜鉛鍍金協会
- 濱田秀則
仲松庸一郎
○ 永見美典
高野嘉彦

1

目的

溶融亜鉛めっき鉄筋を用いた部材の
塩害を受ける構造物への適用

- ☞ 塩害環境が最も厳しいとされる沖縄県本島の海浜環境に試験体を設置し暴露試験を開始。
- ☞ 試験は継続中で、これまでの測定や観察結果を報告。

2

実験内容

- 1・暴露5年までの自然電位経時変化。
- 2・ひび割れ導入及び促進中性化を行った試験体の暴露1年における劣化状況。

3

暴露場所(沖縄県)

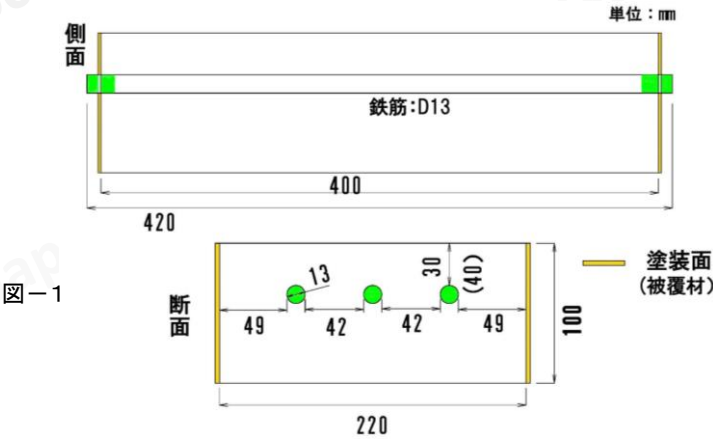
大宜味村津波
(独)土木研究所
暴露試験場

中城村伊舎堂
沖縄ガルバ(株)
構内海岸面

4

1・自然電位の経時変化

1-1 実験概要:暴露供試体 概略



5

1-2 コンクリート性状

表1 コンクリート配合表

No.	水セメント比	スランプ	単位量 kg/m^3				
	%	cm	セメント	水	砂	砂利	混和剤
1	55	8	289	159	809	1085	2.89
2	50	8	320	160	764	1102	3.20

表2 コンクリート 圧縮強度試験結果

No.	水セメント比	圧縮強度 N/mm^2			
	%	7日		28日	
		塩分無混入	塩分混入	塩分無混入	塩分混入
1	55	13.1	15.9	21.0	22.4
2	50	15.9	18.5	24.4	27.4

塩分はNaClとして1.2Kg/m³ 混入した。

6

1-3 供試体作成



7

1-4 暴露状況

平成18年6月 設置
(独)土木研究所
暴露試験場



8

1-5 自然電位の測定結果(5年間暴露)

* 飽和硫酸銅電極を参照電極として測定

1) 無処理(黒皮)鉄筋

- 塩分を混入した供試体で比較的『貴』な状態。
- 塩分無混入の方がわずかに『卑』な傾向。

塩分混入の供試体は初期NaClの投入量が鉄筋の発錆を引き起こす濃度としては不足していると考えられる。

2) 溶融亜鉛めっき鉄筋

- 電位測定値は概ね-400mV → 亜鉛の電位を計測
普通鉄筋と比較『卑』。

- 無処理鉄筋も溶融亜鉛めっき鉄筋も暴露期間では測定電位値はほぼ一定値を示し卑化する傾向がないので鉄筋の腐食はまだ生じていないものと判断。

9

2・ひび割れ導入、促進中性化を行った試験体の暴露1年間の劣化性状

- コンクリート構造物には、ひび割れ発生が多く見られる。
- 溶融亜鉛めっき鉄筋は、ひび割れが発生している場合が優位と予想される。

以上の観点でひび割れ導入、促進中性化した試験体を作製し沖縄県大宜味村の(独)土木研究所暴露場内に設置し試験を開始。

10

2-1 暴露供試体の概略

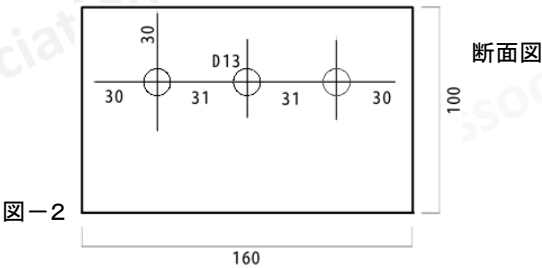


表-3 コンクリート配合表

No.	水セメント比	フロー	単位量 kg/m ³				
	%	cm	セメント	水	砂	砂利	混和剤
1	40	50程度	445	178	817	836	6.00
2	50	50程度	350	175	902	836	4.50

11

2- 2-1 供試体の作製（打設）

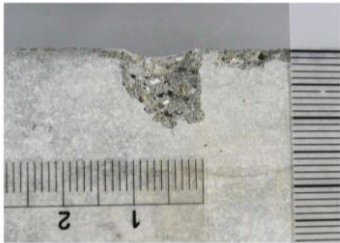
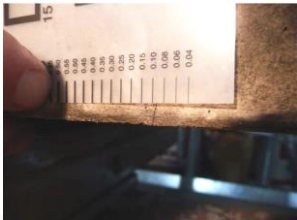


12

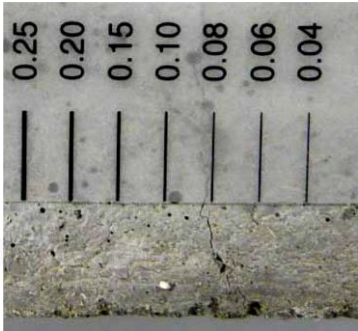
2- 2-2 供試体の作製（ひび割れ導入）



中央点載荷法による曲げ試験

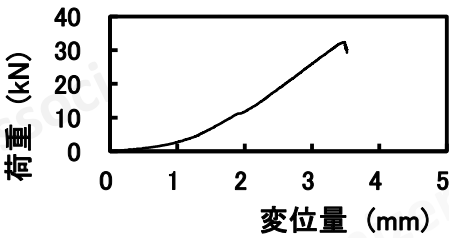


側面は曲げ発生時に剥落

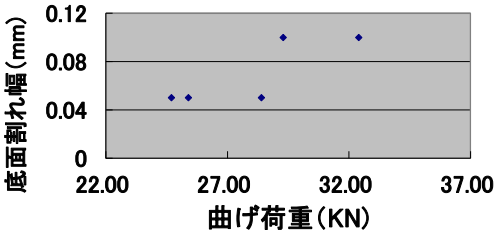


13

2- 2-3 供試体の作製（ひび割れ導入）



図－3 供試体への荷重に対する変位量



図－4 供試体への荷重に対するひび割れ幅

表－4 供試体のひび割れ幅

供試体 No.	ひび割れ幅	
	側面	底面
Z40B1	0.08	0.08
Z40N1	0.08	0.10
Z50B1	0.08	0.08
Z50N1	0.08	0.08
B40B1	0.08	0.08
B40N1	0.08	0.08
B50B1	0.08	0.08
B50N1	0.08	0.10

14

2-2-4 供試体の作製（促進中性化試験）

中性化条件 温度： $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$
相対湿度： $60 \pm 5\%$
二酸化炭素濃度： $5 \pm 0.2\%$
促進期間：4週間

各供試体は促進試験機へ間隔をとって側面が鉛直となるように設置



15

2-3 供試体の暴露



大宜味村(独)土木研究所 暴露場 平成22年11月設置

16

2-4 暴露1年間の調査結果



回収した供試体

目視での外観はひび割れ部を含め殆ど変化なし



コンクリートカッターで割れ目を入れ、ダガネで解体

17

2-4.1 鉄筋の目視観察

●垂鉛めっき鉄筋 📌 鉄素地からの腐食なし
一部白錆の発生あり。

●無処理鉄筋 📌 B40B1の供試体で3本中
1本は腐食なし。
他の供試体すべての鉄筋に腐食が発生。

供試体番号 Ex : B 40 B 1

B: 無処理 Z: 溶融垂鉛めっき

40 & 50: 水セメント比

N: 中性化 B: 無中性化

1~3 供試体番号

18

2- 4-2 無処理鉄筋の発錆部



19

2- 4-3 フェノールフタレインによる中性化試験

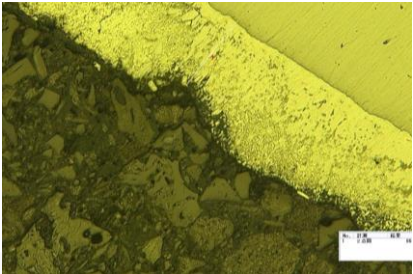
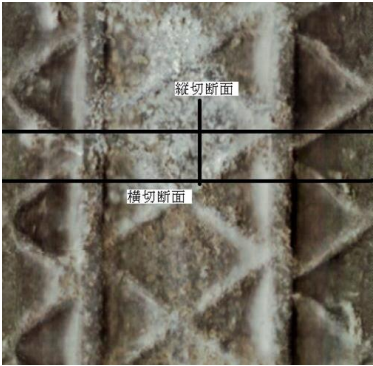


ひび割れ部を
中心に発錆

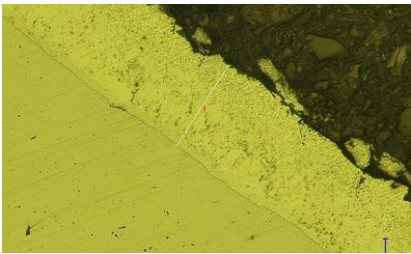
20

2- 4-4 顕微鏡観察
(亜鉛めっき鉄筋)

供試体: Z50B1



白錆発生部 × 800



めっき健全部 × 800

21

2- 4-5 鉄筋の腐食面積

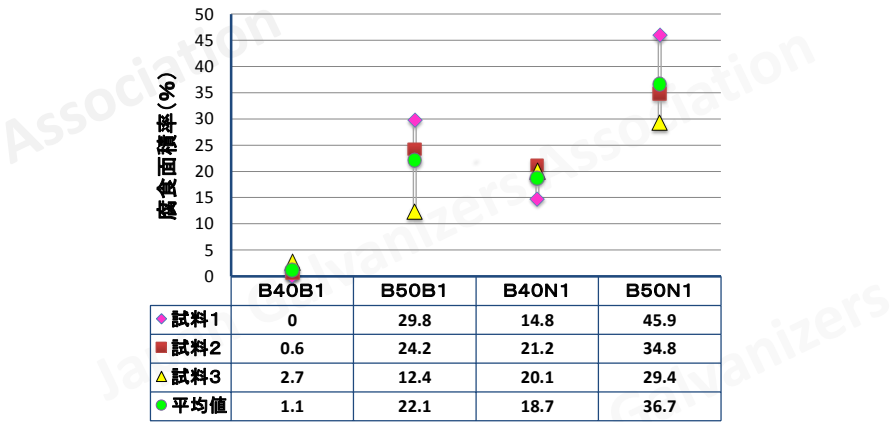
供試体: B50N1の腐食部 画像



画像の範囲
ひび割れ部を中心に5.5cm幅で
スキャンし、画像を2値化

22

2- 4-6 鉄筋の腐食面積率



図ー5 無処理鉄筋の腐食面積率
(溶融亜鉛めっき鉄筋は発錆がないので除外)

23

ひび割れ導入、促進中性化を行った試験体の
暴露1年間の結果

☞ **コンクリートの性状**

水セメント比が小さいほど腐食の進行が遅い。

☞ **促進中性化**

促進中性化を行った供試体ほど腐食の進行が早い。

☞ **溶融亜鉛めっき鉄筋**

白錆の発生は確認されたが、鉄素地からの腐食は
確認されなかった。

☞ **無処理鉄筋**

供試体に埋設した9本中、1本だけ腐食がなかった。

以上

24