

プレストレストコンクリート部材の鋼材腐食に関する研究

埼玉大学 学生会員 ○谷口 博胤
 埼玉大学 正会員 睦好 宏史
 埼玉大学 今野 洋一
 埼玉大学 Ha Minh

1. はじめに

近年、ポストテンション方式 PC 橋梁において、塩害、グラウト施工不良に起因した PC 鋼材の腐食が問題となっている。LCC や建設後の維持管理を考える上で、既設 PC 橋梁の劣化度の予測やどの程度鋼材が腐食しているのかの判定法の確立が早急に求められている。本研究は、通電による腐食促進試験を行い、各腐食要因がシース及び PC 鋼材の腐食に与える影響や PC 梁部材の腐食劣化性状を実験的に明らかにしたものである。さらに、PC 梁の腐食に伴うひび割れ発生挙動をモデル化し、数値的に検討した。

2. 実験概要

実験供試体はポストテンション方式 PC 梁で、全長 2000mm、断面寸法は 100×200mm の矩形断面とした。PC 鋼より線（SWPR7Aφ9.3mm）を鋼製シースの中に配置し、プレストレス導入後グラウトを行った。導入プレストレス量は PC 鋼材の引張り強さの 60%とした。腐食促進試験概略図を図-1 に示す。アクリル製プールにチタンメッシュを敷き、その上に供試体を設置した。プール内に質量パーセント濃度 5%の塩水を入れ、PC 鋼より線を陽極に、チタンメッシュを陰極に設定し、電流を 0.7A 一定として強制的に腐食電流を流した。また乾燥を防ぐ為に、適時スプレーによって塩水を供試体表面に噴霧した。各供試体名と実験要因を表-1 に示す。腐食促進試験では腐食ひび割れ幅の計測を行った。所定の日数通電した後、載荷試験を行い、その後、鋼材を取り出して腐食量を調べた。

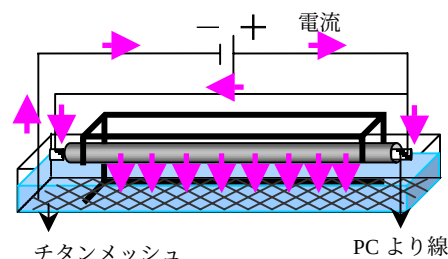


図-1 腐食促進試験概略

表-1 供試体名と実験要因

No.	通電 時間(週)	シースの 径φ (mm)	コンクリート内 Cl ⁻ (kg/m ³)	グラウト内 Cl ⁻ (%)
A-1	0	20	0	0
A-2	2			
A-3	3			
A-4	4			
A-5	5			
C-1	2	20	3	0.02
C-2				0.1
C-3				0.2
D-1	2	30	0	0
D-2		35		
D-3		40		
E-1	2	20	0	0
E-2			1.2	
E-3			4.5	

3. 腐食促進試験結果

図-2 にシース径を変化させた D シリーズの積算電流量-腐食ひび割れ幅関係を示す。D-2 は D-1 よりも腐食ひび割れ幅が小さいことがわかる。これは式 (1) に示すようにシース径が大きいほど単位表面積あたりに流れる電流量（腐食電流 (A/cm²)）が小さくなり、錆の発生量も少なくなった為である。これによって錆の発生に伴う膨張圧は小さくなり、腐食ひび割れ幅も小さくなったと考えられる。グラウト及びコンクリート内の塩化物イオン (Cl⁻) 濃度を変化させた C, D シリーズのひび割れ幅を見てみると、Cl⁻濃度の明確な影響は見られず、むしろ腐食ひび割れから供給される酸素と水分の影響が大きいことが明らかとなった。

$$G = \frac{M}{2Fa} \int I_{corr} dt \quad \left(I_{corr} = \frac{I}{S} \right) \quad (1)$$

ここに、G：腐食量(g/cm²)、M：鉄の原子量(55.8)、I：電流(A)

Fa：ファラデー数、S：シース表面積、I_{corr}：腐食電流 (A/cm²)

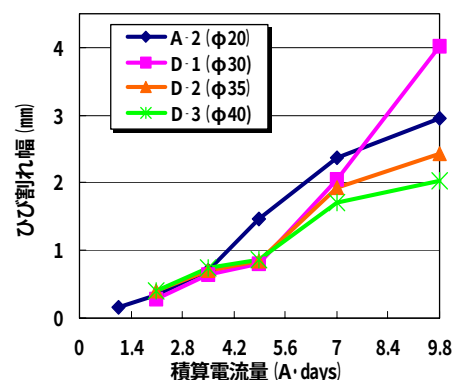


図-2 積算電流量と腐食ひび割れ幅との関係

キーワード 腐食促進試験、積算電流量、腐食量、腐食ひび割れ幅

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 建設材料研究室 TEL 048-858-3556

4. 荷重試験結果

図-3 に積算電流量を変化させた A シリーズの荷重実験から得られた荷重 - 変位関係と PC 鋼材の質量減少率を示す。積算電流量の増加に伴い最大耐力が減少していることが分かる。これは、まずシースの外部の腐食が進行し、その膨張圧によってひび割れが生じる。さらに、シース内の PC 鋼材が腐食し、鋼材の断面減少が耐力低下の原因であると考えられる。通電 2 週間を超えると終局変位も急激に小さくなり、梁は脆化する。曲げ耐力比を見ると、A-5 では健全な供試体 (A-1) と比較して約 91% の耐力低下を生じている。これは、A-5 で腐食による素線 (4 本) 破断が生じたためである。

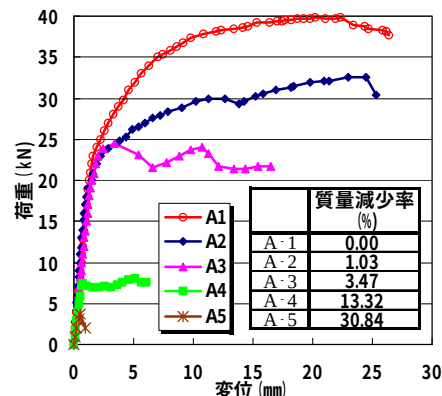


図-3 荷重-変位関係と質量減少率

5. ひび割れ発生モデルを用いた解析

本研究では、グラウト、シース、かぶりコンクリートでモデル化し、シース腐食によるコンクリートのひび割れ発生メカニズムを検討した。図-4 に腐食膨張圧によるひび割れ発生モデルを示す。まず、発生する錆はシースの表面に均一に発生すると仮定した。シース外部の腐食が進行すると、錆の膨張により、シースに圧力 q_0 、

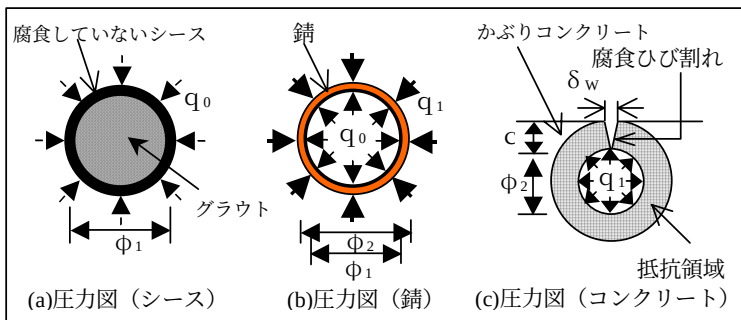


図-4 腐食ひび割れモデル

かぶりコンクリートに圧力 q_1 が発生する。この圧力 q_1 によりコンクリート表面にひび割れが生じると仮定した。式 (1) にシースの腐食量と腐食電流 (定電流: 0.7A) を与えて腐食期間を算出し、腐食膨張圧によるひび割れ発生モデルとして図-4(c) に示す圧肉円筒モデルを用いて式 (2) から腐食ひび割れ幅を算出することにより、積算電流量と腐食ひび割れ幅の関係を求めた。

$$\delta_w = \frac{3}{16} \frac{\pi q_1 (\phi_2 + c)^3 \cdot (\phi_2 + 2c)}{E_c \cdot I_c} \quad (2)$$

ここに、 E_c : クリープを考慮したヤング係数、 I_c : 単位厚さの円筒の断面 2 次モーメント

図-5 は A シリーズにおけるひび割れの実験値と解析値を示したものである。図から分かるように解析値は、実験値と比較的よく一致していると言える。

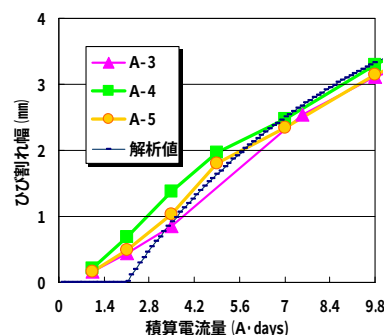


図-5 実験値と解析値の

6. 結論

本研究から以下の結論が導かれる。

- 1) シース径が腐食ひび割れ幅に大きな影響を与えることが明らかとなった。
- 2) グラウト及びコンクリート内の Cl^- 濃度には直接的な影響はなく、むしろひび割れから供給される酸素と水分が鋼材腐食に与える影響の方が大きい。
- 3) 積算電流量の増加と共に PC 梁の耐力は低下した。これは腐食による鋼材の断面減少が影響している。
- 4) ひび割れ発生モデルを用いた解析を行った結果、腐食ひび割れ幅をある程度数値的に求めることができた。

参考文献

- 1) 谷口博胤, 睦好宏史, 今野洋一, Ha Minh, 二井谷教治: グラウトの充填度が PC 鋼材腐食に及ぼす影響, PC 構造物の現状の問題点とその対策, コンクリートシリーズ 52 号, pp309-314, 2003.6
- 2) 堤知明, 安田登, 松島学, 大賀宏行: 腐食生成物によるひび割れ幅のモデルに関する研究, 土木学会論文集, №585, V-38, pp69-77, 1998.2
- 3) 須田久美子ほか: 腐食ひびわれ発生限界腐食量に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.14, №1, 1992