

剥離倍率を用いた維持管理手法に関する検討

京都大学 学生会員○元濱 浩人 京都大学 正会員 高谷 哲
京都大学 正会員 山本 貴士 京都大学 フェロー会員 宮川 豊章

1. 目的

荒木ら¹⁾はかぶりおよび弾性体長さを実験要因として単一鉄筋腐食模擬実験を行い、剥離ひび割れ発生時の半径変化量を軸方向ひび割れ発生時の半径変化量で除した値を剥離倍率と定義し、剥離倍率を用いて剥離ひび割れの発生時期を予測する手法を提案している。しかし、これは単一鉄筋の場合について検討したものであり、隣接する複数の鉄筋が腐食した場合には剥離倍率が変化する可能性がある。そこで、本研究では、隣接する2本の鉄筋の腐食を模擬する実験を行い、かぶりや鉄筋径、鉄筋間隔が剥離倍率に与える影響を検討するとともに、剥離倍率を用いた維持管理手法について検討した。

2. 実験概要

供試体寸法は、600×400×150mmとし、内部に弾性体を挿入する円柱空洞を2本設置した。実験要因は、かぶり(C: 10, 20, 30mm)、鉄筋径(弾性体径)(D: D13, D19, D29)および鉄筋間隔(L_p : 90, 120, 150mm)とし、弾性体長さは100mmとした。供試体は、各要因の組み合わせにつき3体ずつ、計81体作製した。载荷は図2に示す手法で行い、ロードセルを取り付けたシャフトを鉛直降下させることによって弾性体に鉛直変位を与え、ポアソン効果により円柱空洞内壁に膨張圧を発生させ、鉄筋腐食膨張圧を模擬した。

3. 剥離倍率を用いた維持管理手法に関する検討

3.1 剥離倍率

実験の結果得られた軸方向ひび割れ(幅0.05mm)発生時の半径変化量(drp_{max})および剥離ひび割れ発生時の半径変化量($drsp_{all}$)を用いて剥離倍率を算出した。その結果を表1に示す。表を見ると、鉄筋間隔や鉄筋径の影響は小さく、かぶりが大きくなると剥離倍率が大きくなる傾向にあることが分かる。本実験においては全供試体の平均値は1.62(標準偏差は0.53)であった。荒木らは、単一鉄筋腐食の場合の剥離倍率は全供試体の平均値が1.63(標準偏差0.3)であり、かぶりや弾性体長さの影響は小さいと報告している。本実験では平均値で見ると単一鉄筋腐食の場合と同様の値が得られているが、標準偏差が大きく、かぶりの影響が見られたことから、隣接鉄筋腐食の場合の剥離倍率は単一鉄筋腐食の場合とは若干異なる可能性がある。

3.2 剥離倍率の確率統計的処理

本実験で得られた剥離倍率のばらつきは大きく、平均値を用いて構造物の維持管理を行った場合には危険側の判断となる可能性がある。荒木らは、確率統計的な検討を行うことにより安全な剥離倍率を設定することができるとしている。単一鉄筋腐食の場合、平均値1.63、標準偏差0.3の正規分布に従うと仮定して確率密度関数を求めると、図3のようになる。ここで、安全確率を90%に設定すると、剥離倍率は1.25となる。

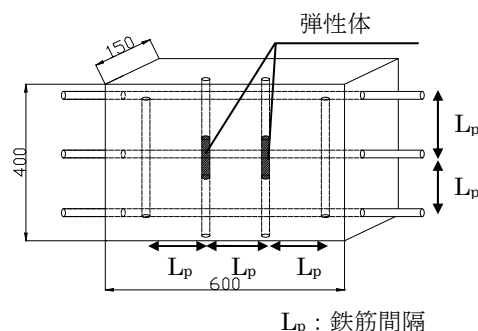


図1 供試体概要 (単位: mm)

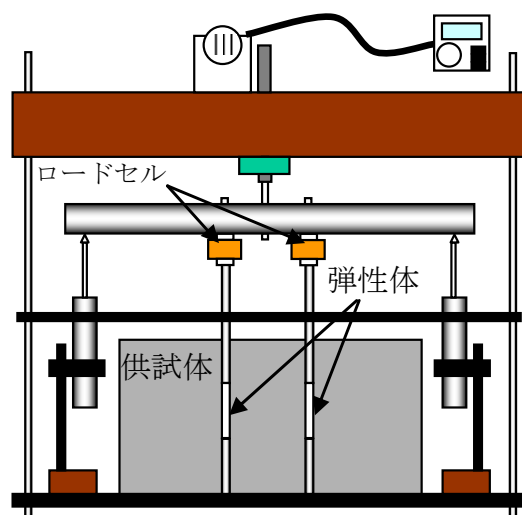


図2 载荷の様子

キーワード 隣接鉄筋, 腐食, 半径変化量, 剥離倍率

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-458 TEL075-383-3173 FAX075-383-3177

表 1 半径変化量と剥離倍率

		dr(pmax)			dr(spall)			剥離倍率		
		C10	C20	C30	C10	C20	C30	C10	C20	C30
Lp90	D13	0.28	0.43	0.60	0.33	0.58	1.28	1.18	1.36	2.13
	D19	0.16	0.30	0.30	0.22	0.48	0.68	1.34	1.61	2.24
	D29	0.16	0.21	0.31	0.23	0.36	0.54	1.43	1.69	1.75
Lp120	D13	0.31	0.51	0.67	0.40	0.80	1.10	1.30	1.57	1.63
	D19	0.21	0.34	0.37	0.29	0.54	0.62	1.38	1.58	1.69
	D29	0.21	0.33	0.39	0.34	0.53	0.69	1.64	1.65	1.77
Lp150	D13	0.28	0.45	0.74	0.34	0.75	—	1.20	1.66	—
	D19	0.25	0.36	0.56	0.34	0.68	0.79	1.33	1.88	1.40
	D29	0.21	0.30	0.33	0.33	0.45	0.89	1.56	1.48	2.70

本実験ではかぶりが剥離倍率に影響を与える可能性がみられたことから、かぶりが安全確率に与える影響を検討した。その結果を図4に示す。図をみると、同じ安全確率を設定した場合、かぶりが小さくなるにつれて小さな剥離倍率となることが分かる。しかし、実際の適用が考えられる、安全確率が高い範囲においては剥離倍率に与えるかぶりの影響は小さい（例えば安全確率90%の場合には、かぶり10、20、30mmの順に、剥離倍率は0.97、1.07、1.06である）ため、剥離倍率はかぶりに関係なくほぼ一定値とみなせると考えられる。しかし、構造物の置かれた環境により安全確率は変化すると考えられるため、適切な安全確率を設定することが必要である。

3.3 剥離ひび割れ発生時期予測手法の提案

荒木らは、半径変化量は腐食減量に換算することができるため、剥離倍率を用いて軸方向ひび割れ発生時期から剥離ひび割れ発生時期を予測する手法を提案している。しかし、半径変化量から換算して求めた腐食量は実際の腐食量よりも大きいことが報告されており、また、実構造物において幅0.05mmの軸方向ひび割れを発見するのは難しいと考えられる。そこで、ひび割れ幅と腐食減量の関係（例えば Q_i ら²⁾）を用いる手法を提案する。この関係を適用すると、幅0.05mmの時点、およびひび割れ発見時のひび割れ幅から腐食減量を推定できるため、剥離倍率を用いればひび割れ発見時から剥離ひび割れ発生までの猶予期間が推定可能となり、ひび割れ幅の拡大を観察することで腐食速度の算定も可能となる。

4. 結論

- 1) 実験の結果得られた剥離倍率は、高い安全確率を設定した場合、隣接鉄筋の影響は見られず、概ね一定値とみなせることが確認された。
- 2) 剥離倍率を用いた剥落時期予測手法として、ひび割れ幅から算出した腐食減量を用いて維持管理を行う手法の提案を行った。その際には構造物の環境やかぶりを考慮した安全確率を設定する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 荒木弘祐・服部篤史・宮川豊章：鉄筋の腐食膨張によるかぶりコンクリートの剥離現象とその予測，土木学会論文集，No.802/V-69，pp.209-222,2005.11
- 2) Qi Lukuan，関博：鉄筋腐食によるコンクリートのひび割れ発生状況およびひび割れ幅に関する研究，土木学会論文集，No.669/V-50，pp161-171，2001.2

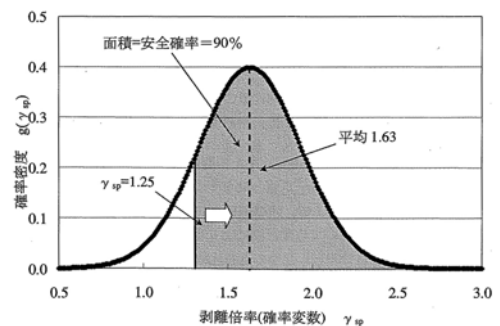


図 3 剥離倍率の正規分布

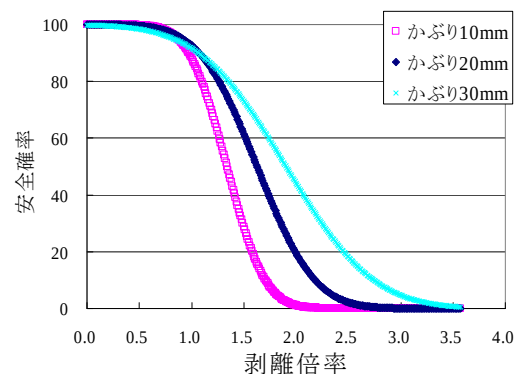


図 4 剥離倍率と安全確率