

複数の鉄筋破断を生じた ASR 実構造物の損傷度評価

九州工業大学 学生会員 山口和成
富山県富山土木センター 正会員 大代武志

九州工業大学 正会員 幸左賢二
住友大阪セメント 正会員 草野昌夫

1. はじめに

ASR 劣化が激しいと考えられる構造物において、内部鉄筋が破断する現象も確認されており、構造物としての耐力低下が懸念されることから、実構造物自体から得られる情報を基に、鉄筋破断現象の有無を特定可能とする診断技術の開発が望まれている。そこで、本研究は複数の連続的な鉄筋破断が生じた橋梁の調査データを新たに入手し、鉄筋の材料特性ならびにその配筋状態から鉄筋破断の特徴について検討した。

2. 対象構造物の概要

本研究では、複数の連続的な鉄筋破断を生じた A 橋橋脚を検討対象とした。A 橋は昭和 47 年に完成した橋梁で、橋脚は RC 橋脚 6 基である。平成元年にひび割れが顕在化したため、表面被覆による補修が行われたが、平成 17 年の調査で P4 橋脚は表面被覆上に ASR 劣化によるひび割れが確認された。図-1 に、P4 橋脚の外観損傷状況を示す。図に示すように梁全体にひび割れが再発していた。また、梁隅角部で幅 10mm 以上のひび割れが確認されている。次に、P4 橋脚内部の鉄筋損傷状況を図-2 に示す。なお、P4 橋脚は掛違い部があるためスターラップを 2 つに分けて図示した。図中(a)の橋脚断面図より、スターラップ①の隅角部をそれぞれ KU2, M, スターラップ②の隅角部をそれぞれ KU, TU, KL, TL とした。また、図中(b)では鉄筋損傷状況について、調査結果を基に亀裂鉄筋箇所と破断鉄筋箇所を示している。なお、各隅角部における鉄筋損傷の割合を比較するため、式 (1) により鉄筋損傷率を算出した。

$$\text{鉄筋損傷率} = \frac{\text{破断および亀裂本数}}{\text{調査本数}} \quad \dots (1)$$

ここで、本研究では連続的な位置関係が確認できる梁上部に着目した。梁上部の鉄筋損傷率は TU, KU, M, KU2 それぞれ 41%, 48%, 33%, 25% であり、梁上部の平均は 39.1% となった。そこで、鉄筋損傷率が平均的な隅角部 TU を分析対象とした。

3. 鉄筋の材料試験

(1) 節形状の測定

A 橋に用いられた鉄筋の特徴を把握するため、はつり出した鉄筋の節形状を計測した。評価は、過年度の研究¹⁾ で用いられた旧節形状の鉄筋 A (波節鉄筋)、鉄筋 B, C (竹節鉄筋) との比較によって行った。なお、A 橋 P4 橋脚からはつり出した竹

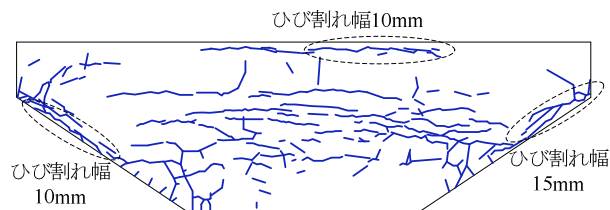


図-1 P4 橋脚の外観損傷状況

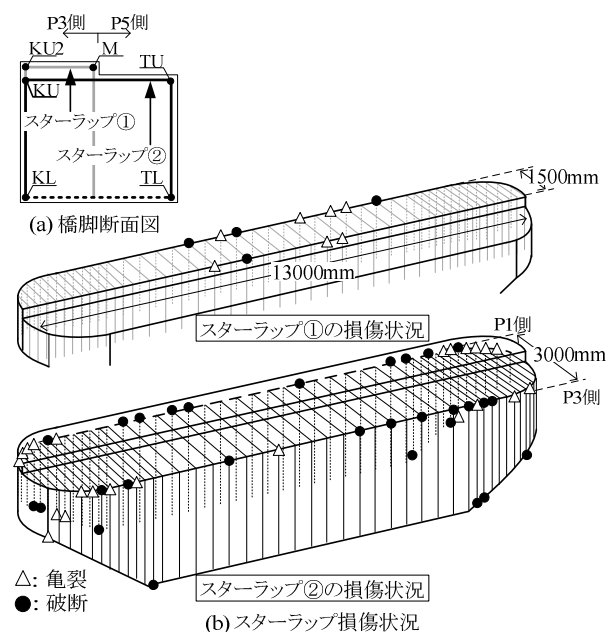


図-2 P4 橋脚の内部損傷状況

	節高 (mm)	節変化率φ (mm)
鉄筋A	0.91	3.1
鉄筋B	1.12	1.1
鉄筋C	1.22	0.9
鉄筋D	1.15	1.2

図-3 鉄筋節形状

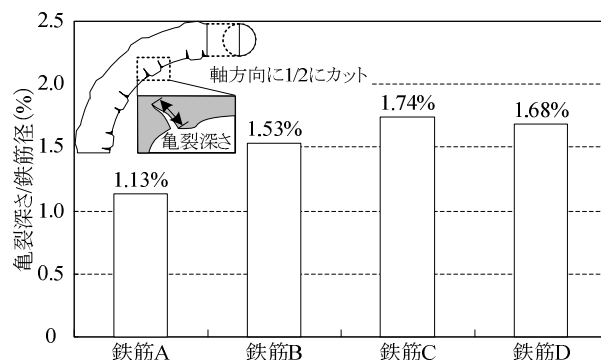


図-4 初期亀裂結果

節鉄筋を鉄筋 D とした。

図-3 に節高および節変化率 ϕ の結果を示す。鉄筋 D の節高は 1.15mm, 節変化率 ϕ は 1.2mm であった。過年度の成果より、鉄筋 B, C は初期亀裂が生じやすい鉄筋であることが確認されている。鉄筋 D の節形状は鉄筋 B, C と比較して節高・節変化率が同程度のため初期亀裂が生じやすい鉄筋と考えられる。

(2) 初期亀裂発生状況

前項では鉄筋の節形状について評価を行った。ここでは、実際に曲げ加工を行い初期亀裂の発生状況を確認した。評価方法は、P4 橋脚からはつり出した鉄筋 D の直線部を 1.0d で曲げ加工し、その部位を軸方向に 1/2 にカットした後、顕微鏡を用いて 50~200 倍に拡大した断面における亀裂深さの測定によって行った。初期亀裂は、亀裂深さを鉄筋径で除した値とした。

図-4 に初期亀裂の観察結果を示す。鉄筋 D の初期亀裂は 1.68% で、初期亀裂の大きい鉄筋 B, C と同程度となった。以上の結果から、節形状で推測した通り鉄筋 D は、亀裂や破断などの損傷要因である鉄筋加工時の初期亀裂が発生しやすい鉄筋であることが確認できた。

4. 鉄筋損傷と配筋の関係

ここでは、配筋状況が亀裂や破断など鉄筋に与える影響を確認するため、鉄筋の損傷状況を基に配筋との関係性について検討を行った。図-5 に隅各部 TU の亀裂進展量とスターラップ位置の関係図を示す。なお、亀裂鉄筋については初期亀裂観察と同様に顕微鏡観察で計測した亀裂深さを鉄筋径で除し、亀裂進展量を算出した。図より、鉄筋破断の傾向には 2 つのパターンが見られた。破断パターン 1 のように破断が生じた鉄筋の隣に配筋された鉄筋が損傷していないケース、破断パターン 2 のように破断鉄筋周辺の連続した配筋に亀裂が進展しているケースである。そこで、破断パターン 1 のように破断鉄筋の両隣りが健全鉄筋の場合を単数損傷、破断パターン 2 のように破断鉄筋の両隣りが損傷を生じた鉄筋の場合を複数損傷と定義した。

次に、他の隅角部についても鉄筋損傷と配筋の関係性について確認を行った。ここでは傾向を得やすくするために、同型同寸の梁形状で鉄筋破断本数が同程度の A 橋 P2 橋脚の隅角部を分析対象として追加した。図-6 に A 橋 P4 および P2 橋脚それぞれの隅角部の鉄筋損傷状況を示す。図中 a は P4 橋脚の隅角部 TU, 図中 b は P4 橋脚の隅角部 KU2, 図中 c は P2 橋脚の隅角部 TU, 図中 d は P2 橋脚の隅角部 KU2 を示している。図より他の隅角部についても、単数損傷と複数損傷の 2 つの破断パターンが認められた。また、今回対象とした P4, P2 橋脚それぞれにおいて、単数損傷は梁中央部で、複数損傷は梁端部で発生している傾向が見られた。

5. まとめ

- (1) 複数の鉄筋破断を生じた P4 橋脚について、使用鉄筋の材料特性を確認した結果、過年度の研究で特に鉄筋損傷の可能性が高い旧節形状鉄筋と同程度となり、ASR 劣化による損傷が生じやすい鉄筋であることを確認した。
- (2) 鉄筋損傷程度を実構造物での配筋位置と対応させ、同一構造物内における鉄筋破断箇所の特徴を検討した結果、鉄筋破断が単独の鉄筋で生じている箇所と鉄筋亀裂および鉄筋破断が連続的に生じている箇所が確認された。

6. 参考文献

- 1) 稲垣裕之ほか、大型 ASR 模擬供試体を用いた各種鉄筋の亀裂進展度評価、コンクリート年次論文集, Vol.32, No.1, pp.977-982, 2010.7

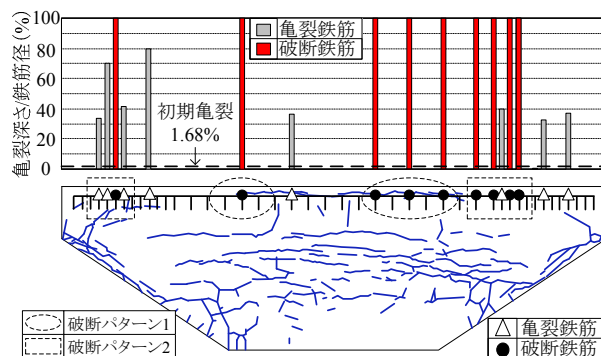


図-5 亀裂進展量とスターラップ位置

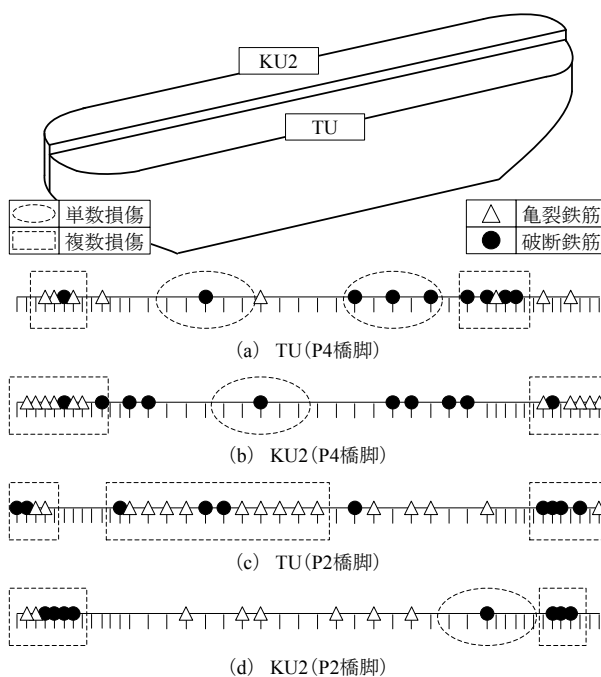


図-6 隅角部の鉄筋損傷状況