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　学正会員　○山口 和成　　九州工業大学　生会員　幸左 賢二
富山土木センター　正会員　大代 武志　　住友大阪セメント(株)　正会員　草野 昌夫

１．はじめに

ASRが発生した構造物において，内部鉄筋が破断する現象も確認されており，特に複数の鉄筋破断が生じた構造物では，構造体としての耐力低下が懸念される．しかしながら，複数破断のメカニズムや亀裂進展状況について明らかになっていないのが現状である．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．図中(b)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．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．

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

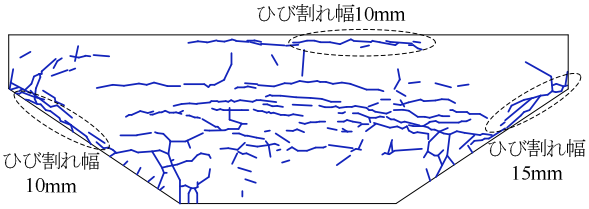
ここで，本研究では連続的な位置関係が確認できる梁上部に着目した．梁上部の鉄筋損傷率はTU，KU，M，KU2それぞれ41%，48%，33%，25%であり，梁上部の平均は39.1%となった．そこで，鉄筋損傷率が平均的な隅角部TUを分析対象とした．

３．鉄筋の材料試験

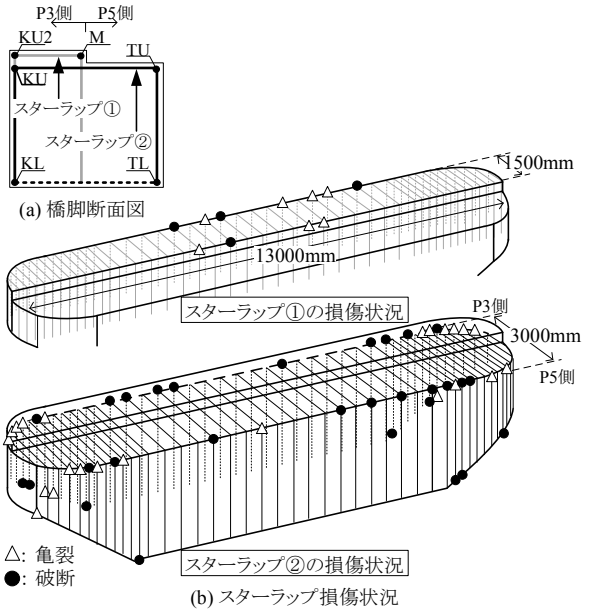
(1) 節形状の測定

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．

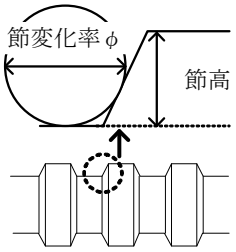
図－3に節高および節変化率φの結果を示す．鉄筋Dの節高



図－1　P4橋脚の外観損傷状況

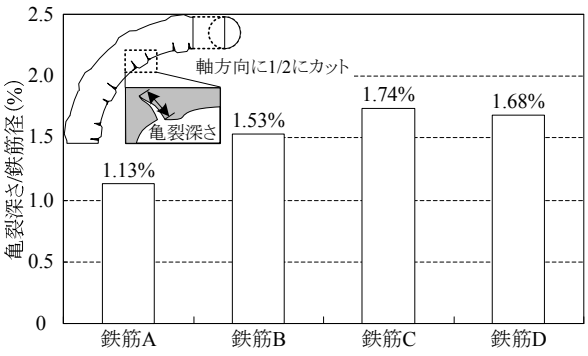


図－2　P4橋脚の内部損傷状況



	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

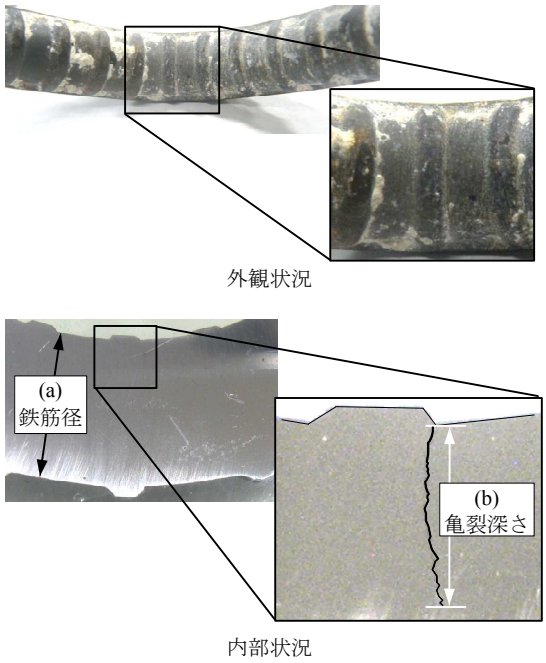
キーワード　アルカリ骨材反応，鉄筋破断
連絡先　〒804-8550　福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1　九州工業大学　TEL，FAX　(093)-884-3123

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．

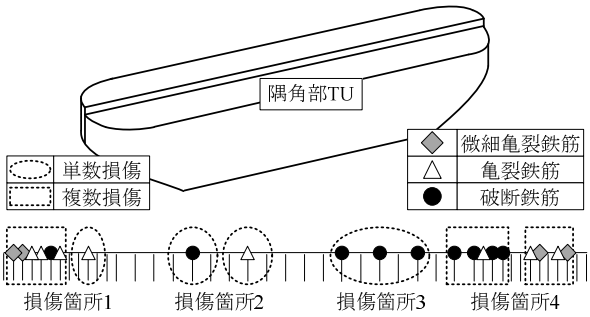
図－4 に初期亀裂の観察結果を示す．鉄筋 D の初期亀裂は 1.68%で，初期亀裂の大きい鉄筋 B，C と同程度となった．以上の結果から，節形状で推測した通り鉄筋 D は，亀裂や破断などの損傷要因である鉄筋加工時の初期亀裂が発生しやすい鉄筋であることが確認できた．



図－5　健全鉄筋の微細亀裂進展状況

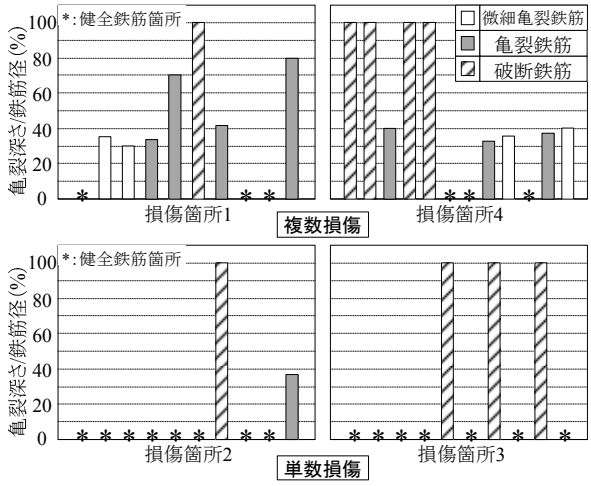
４．鉄筋損傷と配筋の関係性

ここでは，配筋状況が亀裂や破断など鉄筋に与える影響について検討を行った．各鉄筋の詳細な損傷状況を把握するため，隅角部 TU の鉄筋 44 本を対象に，初期亀裂観察と同様に軸方向に 1/2 にカットし，亀裂観察を行った．その結果，健全鉄筋 4 本で微細な亀裂が発生していた（**図－5** 参照）．後述する亀裂進展量については，亀裂深さ（図中 b）を鉄筋径（図中 a）で除した値とした．



図－6　隅角部 TU の鉄筋損傷状況

次に，亀裂観察結果を基に配筋との関係性について検討を行った．**図－6** に隅各部 TU の鉄筋損傷状況を示す．図より，鉄筋損傷の傾向には 2 つのパターンが見られた．1 つは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（複数損傷），もう 1 つは破断・亀裂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（単数損傷）である．2 つの損傷パターンが見られたことから，その箇所における亀裂進展量の確認を行った．**図－7** に損傷箇所別の亀裂進展量を示す．複数損傷箇所では，破断鉄筋周辺の鉄筋で亀裂が 30%以上進展していた．単数損傷箇所では，破断鉄筋周辺の鉄筋で亀裂進展が見られず，単独で破断していることを確認した. 複数損傷が生じた原因は，鉄筋破断が生じた際に，破断箇所で拘束力が減少することによって，その両隣りから徐々に損傷が進展していったものと推察される．



図－7　損傷箇所別の亀裂進展量

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) 鉄筋損傷状況を構造物の配筋と対応させた結果，2 つの損傷パターンが見られた．その内の 1 つである複数破断のメカニズムとして，鉄筋破断箇所の両隣りから徐々に損傷が進展する過程を確認することが出来た．