

委員会報告

アルカリ骨材反応による鉄筋破断が生じた構造物の安全性評価 (中間報告)

土木学会 コンクリート委員会 / アルカリ骨材反应对策小委員会

<http://www.jsce.or.jp/committee/concrete/index.html>

委員長 宮川豊章

委員会の経緯

近年、アルカリ骨材反応（以下、ASR と略す）によるコンクリートの膨張によって、鉄筋コンクリート構造中の鉄筋の曲げ加工部等で鋼材が破断している事例が複数報告されている。事態の重要性および緊急性に鑑み、コンクリート委員会内にアルカリ骨材反应对策小委員会（ASR 小委員会）が設置され、ASR による鉄筋破断の実態把握とメカニズムの解明および点検手法の検討、変状が生じた構造物の構造安全性に関する検討、変状が構造性能に及ぼす影響の解析的定量評価、変状が生じた構造物の補修・補強に関する検討などを行い、広くかつ迅速に情報発信することを目的に、2003（平成 15）年 4 月より 2 年間を目途に活動を開始した。

とりわけ、実務的な対応が急務と考えられる鉄筋破断が生じた場合の構造物の安全性の評価については、早急に中間発表を行うべく、集中的に検討を行い議論を重ねてきた。ただし、個別の事例についての安全性の確認は、各管理者がそれぞれの責任において実施すべきものであり、本小委員会では、一般的かつ学術的な検討を行うこととした。当面の内容として、鉄筋破断が報告された T 形橋脚に対して、現在一般的に用いられている限界状態設計法に基づいて、設計最大荷重作用時の構造物の終局状態における安全性について検討を行ったので、鉄筋破断事例の紹介とともにその概要について中間報告する。

鉄筋破断の状況

ASR によりひび割れの生じた構造物で鉄筋破断が確認された事例は、これまでのところ阪神地区、北陸地区、中国地区などの約 30 の構造物で報告されている。これらの地域は、いずれも従来から ASR が生じた構造物が多いと言われていたところである。

鉄筋破断は、過去に ASR 特有のひび割れなどの劣化現象が生じていた構造物で、補修工事などの際に確認されたものが多い。

構造物としては、橋梁の橋脚や橋台が多い。鉄筋破断の多くは配力鉄筋・せん断補強鉄筋の曲げ加工部や主鉄筋端部の曲げ加工部などのコンクリート部材の隅角部のほか、一部では主鉄筋の圧接部などでも生じている。構造物



写真-1 鉄筋破断した構造物のひび割れの例



写真-2 破断した鉄筋の例（表面コンクリートを取り去った状況）



図-1 鉄筋破断が生じた位置の例

のひび割れ状況の例を写真-1 に、鉄筋破断の例を写真-2 に、さらに T 形橋脚で鉄筋破断の生じた位置の例を図-1 に示す。

これらの構造物の建設時期としては、昭和40年代後半から昭和50年代前半のものが多い。構造物の置かれている周辺環境や材料特性などに何か特有の共通点があるかどうかについては、現在詳細を調査中である。

コンクリート構造物の安全性評価

今回検討対象とした構造物は、表-1に示す構造物であり、主鉄筋の圧接箇所および折曲鉄筋やスターラップの曲げ加工部などにおいて破断が生じたと想定し、これが曲げやせん断などに対する安全性に与える影響について検討した。今回の検討では、主鉄筋の圧接箇所の破断については安全側の評価となるべく、当該主鉄筋を無視して耐力の算定を行った。また鉄筋の曲げ加工部の破断については、破断位置から鉄筋定着に必要な範囲（安全側を考慮して20 ϕ を仮定、 ϕ ：鉄筋径）を無視して耐力計算上有効となる鉄筋量を設計図面から算出した。

材料強度については基本的には規格値を用いたが、ASRの影響によるコンクリート強度の低下が安全性に与える影響についても検討した。なお、ASRによる劣化が生じた鉄筋コンクリート構造物における適切な鉄筋定着長、コンクリートの強度低下やひび割れの影響などについては、実態調査や既往の研究成果等を踏まえ、今後さらに検討すべき課題としている。

検討対象としたT形橋脚（鉄道、道路）のはり部材は、いずれも部材断面が大きく鉄筋比の小さいはりで、コンクリート標準示方書（土木学会：2002年制定）に基づき、耐力の算定における安全係数は全て1.0として解析した結果、以下のことが明らかとなった。曲げについては、建設年次の設計手法により差異があるものの、モーメントシフト（コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕9.5.3）を考慮して検討を行った場合でも、主鉄筋の破断が同一断面において15～50%程度までであれば、曲げ耐力は設計断面力を上回っている。せん断については、折曲鉄筋やスターラップの曲げ加工部の多くが破断して

も、せん断耐力には十分余裕がある。これは、今回検討対象の構造物のはり高が大きく、曲げ加工部の破断がせん断耐力計算上有効な鉄筋の長さ大きくは影響しないためである。今回検討対象とした構造物の劣化程度であれば、コンクリート強度の低下が、曲げ耐力およびせん断耐力の低下に与える影響は小さい。

また、ASRの影響による鉄筋破断等が構造性能に与える影響の解析的評価を行った結果、スターラップの破断位置が主鉄筋の位置近傍である場合には、トラス耐荷機構が保持されることで主鉄筋に沿った付着破壊が回避され、スターラップの定着有効範囲の減少を考慮することで、せん断耐力を簡易に評価できることが解析と既往の実験から明らかになった。一方、スターラップの破断に伴い部材軸直交方向の膨張抑制効果が消失し、将来、主鉄筋に沿って部材を貫通するようなひび割れが発生した場合には、主鉄筋定着破壊につながる付着破壊によってせん断耐力が低下する状態も想定される。現状を放置すれば、将来、構造耐力の低下を招く複数のシナリオが存在することも明らかになりつつある。今後はそのようなシナリオに基づく維持管理がきわめて重要となる。

一般的には、鉄筋破断による影響は、コンクリート表面に顕著なひび割れなどの変状となって現われることが多く、また、多数の鉄筋が同時に破断することはまれである。さらに、構造物は所定の安全率をもって建設されている。したがって、構造物の日常・定期点検や臨時点検等が適切な方法で実施され、必要に応じて補修・補強など適切な措置が適時実施されていれば、上記の検討のような構造耐力の低下状態に至ることを未然に防ぐことは十分に可能である。このように、ASRによってただちに構造物の安全性能が損なわれるような事態は生じ難く、現状においては適切な維持管理のもとでいずれの構造物も安全性を有していると考えられる。

表-1 鉄筋破断による安全性の検討例

検討対象構造物	建設年	コンクリート	鉄筋
T形鉄筋コンクリート橋脚（鉄道）	1974（昭和49）年	$f_{ck}=27$ N/mm ²	$f_{sy}=345$ N/mm ² はり部の主鉄筋 D32-25本 うち、折曲鉄筋 D32-7本 スターラップ D16-4組 配置間隔 150 mm
T形鉄筋コンクリート橋脚（道路）	1974（昭和49）年	$f_{ck}=27$ N/mm ²	$f_{sy}=295$ N/mm ² はり部の主鉄筋 D32-26本-2段 スターラップ D16-3組 配置間隔 150 mm
T形鉄筋コンクリート橋脚（道路）	1972（昭和47）年	$f_{ck}=24$ N/mm ²	$f_{sy}=295$ N/mm ² はり部の主鉄筋 D32-19本-2段 うち、折曲鉄筋 D32-28本 スターラップ D16-2組 配置間隔 300 mm
T形プレストレストコンクリート橋脚（道路）	1979（昭和54）年	$f_{ck}=35$ N/mm ²	$f_{sy}=295$ N/mm ² はり部の主鉄筋 D29-21本 スターラップ D16-3組 配置間隔 300 mm