数値解析による ASR 劣化した RC 橋脚梁部の耐荷性能の検証

阪神高速道路(株)	正会員	ハツ元(仁	JIP テクノサイエンス(株)	正会員	戸田 圭彦
京都大学	正会員	山本貴士	阪神高速道路(株)	正会員	飛ヶ谷 明人

1.はじめに

ASR 劣化した RC 構造物では,コンクリートの膨張に伴い鉄筋とコンクリートの付着性能の低下や鉄筋破断によ る定着性能の低下が生じることが既往の研究により確認されている.しかし,このようなコンクリートと鉄筋の付 着性能や定着性能の低下が RC 構造物の耐荷性能に与える影響については,実験や解析による知見がまだ十分でな く定量的に評価することは難しい.一方,鉄筋とコンクリートの付着性能の低下を再現することができる解析モデ ルの研究が進んできており,このようなモデルを用いた数値解析を数多く実施することでコンクリートと鉄筋の付 着性能の低下等の ASR 劣化特有の現象と RC 構造物の耐荷性能の関係が解明されることが期待されている.

本検討では,この ASR 劣化による現象と RC 構造物における耐荷性能との関係を検証するために,コンクリート と鉄筋の付着性能や鉄筋破断による定着性能の低下を再現できる解析モデルを用いることで,実在する ASR 劣化橋 脚の耐荷性能の検討を行った.

2.解析概要

本検討では、コンクリート剛性の低下や主鉄筋に亀裂が生じるなど ASR 劣化現象が実際に生じていた阪神高速東 大阪線の実在橋脚を検討対象として、その橋脚梁部の耐荷性能を 3 次元 FEM 解析(DIANA)により求めた.図-1 にコンクリート部分の要素分割図と鉄筋要素の配置およびその寸法を示す.解析要素は、8 節点ソリッド要素、鉄 筋は付着すべり埋め込み鉄筋要素を用いた.表-1 に解析に用いた材料物性値を示す.弾性係数については、過去の 詳細調査で実施したコア試験結果である 9600N/mm²を ASR 劣化後の弾性定数とした.コンクリートの膨張率は文 献 1)に示す推定式を用いることで膨張率 4100µ を算出した.付着応力 - すべり関係については、中尾らの研究²⁾に よる提案式を基本に算出し、図-2 に示す ASR 劣化時の鉄筋の付着応力 - すべり関係を求めた.なお、この付着応 力 - すべり関係は主鉄筋にのみ使用し、その他の鉄筋については完全付着していると仮定した.コンクリートの応 力ひずみ曲線は道路橋示方書 編³に示す二次曲線モデルを使用し、終局ひずみである 3500µ に達した後は応力が 0 となるように設定した.鉄筋については完全弾塑性体としたバイリニアモデルを使用した.上載荷重については、



キーワード ASR 劣化, RC 橋脚梁部, 3 次元 FEM 解析, 付着応力 - すべり関係, 耐荷性能 連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-13 阪神高速道路㈱ 技術開発課 06-4963-5790 橋脚天端の支承位置に上部構造 重量(P)と活荷重(L)の合計 値 (P+L) を漸増載荷した.表 -2 に解析検討ケースを示す.実 在する ASR 劣化橋脚の梁部にお

解析ケーマ – 暫

	鉄筋の付着特性	主鉄筋曲げ下げ部	上段主鉄筋圧接部	コンクリートの材料劣化			
case1	健全	健全	健全	考慮しない			
case2	劣化	健全	健全	考慮しない			
case3	劣化	破断	1/2破断	考慮しない			
case4	劣化	破断	破断	考慮する			

いて,鉄筋曲げ下げ部や圧接部で鉄筋破断が生じていることが報告 されているため、本検討ではそれらの箇所における鉄筋破断を再現 するとともに破断箇所の違いが与える影響について確認すること とした.なお,鉄筋の圧接部においては詳細図面からその位置を判 断することができなかったため、梁と柱の接合部にあたる梁中央部 に圧接部を設けた.また,コンクリートの材料劣化については,2. で示したコア試験から得られた ASR 劣化時の弾性係数を用いた.

3.解析結果

図-3 に荷重倍率と梁右端部の沈下量の関係を,解析における最 終ステップ(以降,終局時)の応力コンター図を図-4に,主鉄筋 の応力コンター図を図-5 に示す.終局時の荷重倍率 α は case1 およ び case2 で 2.45, case3 で 2.40 とほぼ差が生じなかったが, case4 で は 1.95 と case1 に比べて 20%の耐荷力の低下が生じた.しかし,い ずれのケースも道路橋示方書 編に示す終局限界状態の安全性の 照査(α=1.7)を満たす耐荷力を有していた.荷重倍率α=1.7 にお ける沈下量は case1 と case2 はほぼ同じであったが, case3 は case1 に比べて約 6%, case4 は case1 に比べて約 40% 増加した. 終局時に ついては、いずれのケースにおいても主鉄筋が全て降伏するととも に,図-4に示す右側柱付根断面における圧縮縁コンクリートが終 局ひずみに達する等の終局状態に至った.主鉄筋応力については, 図-5に示すとおり case3 では鉄筋破断を想定した曲げ下げ部や梁中 央部の圧接部において応力低下が生じており,付着性能の低下や鉄





図-5 終局時の主鉄筋応力コンター図

|筋破断による定着性能の低下が生じていることが確認された.このように,今回対象とした RC 橋脚梁部の構造諸 元と劣化状態では,鉄筋とコンクリートの付着性能の低下や定着性能の低下よりもコンクリートの材料劣化が耐荷 |性能に与える影響が大きいことがわかった.また,橋脚梁部の変形量についても同様に,コンクリートの材料劣化 が与える影響の方が鉄筋とコンクリートの付着性能の低下等による影響よりも大きくなることがわかった.

4.まとめ

本検討では,ASR 劣化特有の現象である鉄筋の付着性能の低下やコンクリートの材料劣化などを再現できる解析 モデルを用いることで,ASR 劣化が橋脚梁部の耐荷性能に与える影響を検証した.耐荷性能や,使用性能に直結す る梁部の変形量については,コンクリートの材料劣化による影響が大きいことがわかった.また,本検討で想定し た ASR 劣化状態の橋脚梁部は、道路橋示方書に示す終局限界状態の安全性照査を満足する耐荷性能を保有している ことを確認した.

参考文献

1) 土木学会:アルカリ骨材反応対策小委員会報告書-鉄筋破断と新たなる対応-,p. -82,2005.8

- 2) 中尾真,山本貴士,服部篤史,宮川豊章:ASR 膨張ひび割れがコンクリートと鉄筋の付着応力-すべり関係に 与える影響,土木学会第62回年次学術講演会講演概要集5-274,pp.547-548,2007.9
- 3) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, コンクリート橋編, 2012.