

劣化したはりを有する RC ラーメン橋の静的および動的変形解析

長岡工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○内山 拓也
 国土交通省北陸地方整備局 正会員 渡辺 啓太
 長岡工業高等専門学校 正会員 井林 康

1. はじめに

構造物の基本的な構成要素であるはりや柱部材の変形特性を把握することは、はりや柱を組み合わせた構造物全体系を地震時の応答を解析するために重要となってくる。本研究では塩害環境下で劣化した桁の静的載荷時の実験の事後解析を行い、その後比較的健全な桁のみで作成した橋全体系と、劣化した桁を有する全体系の解析モデルで地震応答解析を行い、劣化程度による応答の違いの比較検討を行った。

2. 劣化した RC はりの実験概要

対象としたのは、新潟県糸魚川市能生町にあった能生川橋である。1930年に竣工し、79年の間、海岸から約100mの塩害環境下にさらされた橋であり、2009年に長岡技術科学大学で載荷実験が行われた¹⁾。試験体は、能生川橋のP8橋脚からP9橋脚までの4本の主桁のうち、海側の比較的健全な中桁（以下、中桁）と比較的腐食が進んでいる外桁（以下、外桁）の2本の主桁を切り出したものである。塩害による劣化は進んでおり、土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]による構造物の外観上のグレードは、中桁が状態 II-2（加速期後期）、外桁が状態 III（劣化期）である。

図1に中桁の断面寸法および配筋を示し、表1に材料試験結果の値を示す。試験体長さは8900mm、支点間距離は8000mmであり、載荷方法は、等曲げ区間を2000mmとする2点集中載荷であった。

3. RC はりの静的解析

境界条件が単純支持されたはりを荷重載荷点、中央に節点を設けて要素分割して、非線形はり要素としてモデル化を行った。コンクリート要素の分割は、曲げ軸と平行方向にひとつの要素の高さ20mmを目安として50分割し、曲げ軸と垂直方向にはひとつの要素幅20mmを目安として分割した。

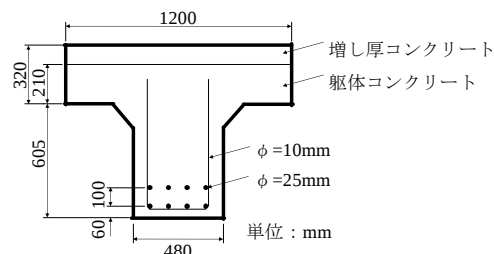


図1 中桁の断面図

表1 材料試験結果の値

鉄筋	種類	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
主鉄筋	丸鋼 φ 25	262	195
コンクリート	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	圧縮強度時 ひずみ(%)
躯体コンクリート	27	25	0.22
増し厚コンクリート	13	22	0.12

コンクリートの力学モデルは躯体コンクリートと増し厚コンクリートを各々設定し、Fedeeas モデルを用いた。引張側の構成則は、引張軟化型とし、Jon Mohleらのモデルを用いた²⁾。また、外桁は中桁に比べ劣化が進んでいるため、等曲げ区間内の継ぎ手部フックが露出していた上段側1本および下段側2本の鉄筋を除き、鉄筋の腐食減少率を、最大腐食減少率の平均値である28%とした。加えて増し厚コンクリートは躯体コンクリートとの一体性が悪いと見做すため、増し厚コンクリートは無いものとし、はり桁の下面はかぶりコンクリートが剥がれ落ちるほど劣化しているため、その部分を欠損させた。

4. 静的解析結果

解析結果は、実験結果の荷重－変位関係の図と比較を行う。図2に中桁の解析結果を実験結果と比較したものを示す。実験では変位40mm付近で増し厚コンクリートのはく離が発生したが、増し厚コンクリート有の解析結果は増し厚コンクリートのはく離するまでの挙動を再現している。増し厚コンクリート無の解析結

キーワード 鉄筋コンクリートはり、塩害、ファイバーモデル、静的解析、地震応答解析

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 Tel:0258-34-9271

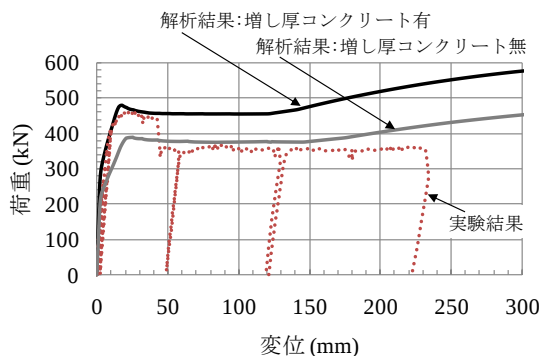


図2 中桁の解析結果

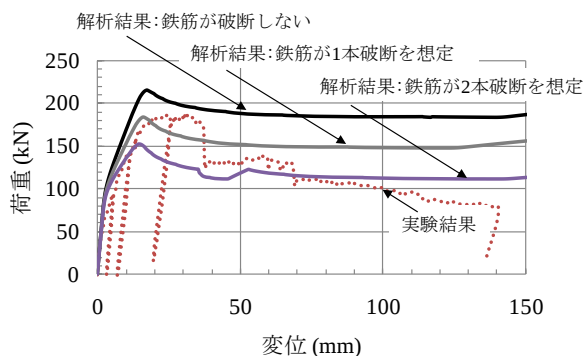


図3 外桁の解析結果

果は変位 50mm~150mm の間でよく再現している. 増し厚コンクリートを取り去ることは初期剛性と耐力の低下に影響を及ぼした.

図3に外桁の解析結果を実験結果と比較したものを示す. 鉄筋が破断しないと仮定した解析結果は, 実験結果よりも剛性が高くなる挙動を示し, 最大荷重は実験結果よりも大きい値を示した. 上段側の鉄筋を1本減らした条件の解析結果は, 変位 40mm 付近で実験結果よりも大きな値を示したが, 1本目に破断した鉄筋は有効断面積が大きい分, 耐力の低下が大きくなったことが差の要因と考えられる. さらに上段側の鉄筋を1本減らし, 鉄筋が2本破断したと想定した解析結果は, 変位 70mm 付近で実験結果と一致し, 状態が次第に遷移していくともみなすことができる.

5. RC ラーメン橋の地震応答解析

能生川橋は, 3 径間連続桁橋であるため, 解析モデルを図4に示すようにπ型ラーメン橋として, モデル化した. 入力地震波は, 2004 年新潟県中越地震の際に K-NET 長岡で観測されたもので, 橋軸方向には長岡 EW 波 (最大加速度 369gal), 鉛直方向には長岡 UD 波 (同 331gal) を使用し, 橋軸方向と鉛直方向の2方向同時入力とした. 減衰定数は 0.02 とし, 数値積分法には Newmark の β 法 ($\beta=1/4$) を用い, 1/500 秒刻みで

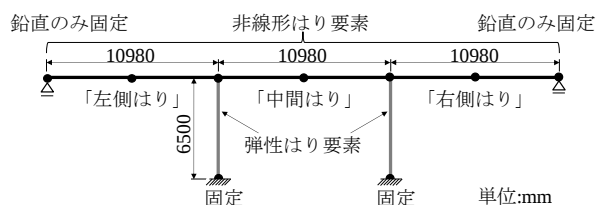


図4 構造系全体のモデル化

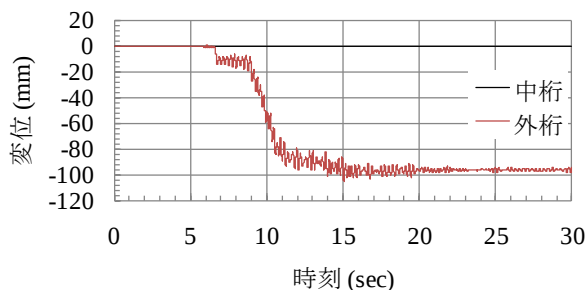


図5 左側はりの鉛直方向の応答変位

逐次数値積分を行った.

6. 動的解析結果

図5にπ型の左側に位置するはり桁の中央における鉛直方向の時刻歴応答変位を, 外桁と中桁を有する場合についてそれぞれ示す. 外桁は, 中桁よりも応答が非常に大きく, 外桁の最大応答変位は 105mm であるのに対し, 中桁の最大応答変位は 0.45mm となっている. また, 中桁は残留変位が発生していないが, 外桁は 96mm の残留変位が発生している. また, 中桁は弾性域内での応答に収まるものの, 外桁は 17mm 付近で塑性域に移行すると考えられるため, 劣化部分を有する場合, 構造系全体の耐震性が大きく低下することがわかる.

7. まとめ

劣化したはりを有する RC 構造物の地震応答解析を行った結果, 静的な耐力の差以上に応答変位に及ぼす影響は大きいことが判明し, 一部の部材の劣化が構造系全体の耐震性の低下につながることを確認できた.

参考文献

- 1) 下村匠, 田中泰司, 山口貴幸: 塩害により劣化した橋齢 80 年の実橋 RC 桁の載荷試験, コンクリート技術シリーズ, No.86, pp513-518, 2009.10.
- 2) Silvia Mazzoni et al.: OpenSees Command-Language Manual, 2009.5.