

# 東北地方太平洋沖地震で被災した RC 橋脚の損傷度と復旧性に関する一考察

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○小林將志

東日本旅客鉄道(株) 正会員 篠田健次

## 1. 目的

新幹線構造物では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって一部のRC橋脚く体が被害を受けた。複数の橋脚を損傷度ごとに整理し部材の損傷度と復旧性について分析したので、ここに報告する。

## 2. 対象構造物と調査の概要

### (1) 対象構造物の概要

調査対象としたRC橋脚は、新幹線PC桁及びRC桁を支持する単柱式のものとした。橋脚の断面は、円形または矩形である。配筋としては、軸方向鉄筋の段落しがあり、部材途中で定着されるように配置されている。調査は、新白河から北上までの約200kmの区間で比較的損傷が大きかった13橋脚を対象とした。

### (2) 構造物の損傷度

今回調査した新幹線構造物に、損傷度A、BBのものは無く、損傷度B及びCを調査対象とした。表-1は、RC橋脚く体の損傷度の分類と主な損傷状況について示したものであり、図-1は、RC部材の荷重変位関係と損傷度のイメージを示したものである。

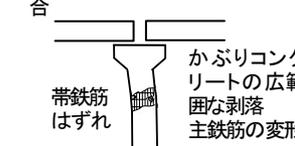
損傷度BBとBは、比較的損傷が大きく、曲げによる損傷としては、主にかぶりコンクリートの広範囲な剥落、軸方向鉄筋の外方への変形(鉄筋が降伏して部材の外側に曲がりながら変形している状態)、軸方向鉄筋の変形により押し出されることによる帯鉄筋の変形などがみられる。ここで、BBは軌道沈下が発生している状態であり、Bは軌道沈下がみられない場合とした。損傷度BB及びBは、損傷状況から荷重変位関係の最大水平荷重以降の状態であると考えられる。損傷度Cは、比較的損傷が軽微であり、曲げによる損傷としては、主に曲げひび割れ(水平ひび割れ)、曲げによるかぶりコンクリートの浮き・剥落などがみられる状態であるとした。損傷度Cは、損傷状況から荷重変位関係の最大水平荷重前の状態であると考えられる。

### (3) 復旧方法の概要

被災後の復旧は、応急復旧工事により対象とする構造物の性能を地震による損傷を受ける前の状態に回復し、運行を再開させ、本復旧工事で順次耐震補強を行うこととしている。

表-2は、段落し部が曲げにより損傷度BもしくはCの損傷を受けた場合の応急復旧手順を示したものである。

表-1 変状区分と損傷状況 (RC橋脚の橋脚く体の曲げ損傷)

損傷度 <sup>※1</sup>	C	B	BB
損傷状況の例	①曲げひび割れ(水平ひび割れ)が認められる場合 ②かぶりコンクリートの一部に浮きが認められる場合	①曲げひび割れ(水平ひび割れ)の貫通が認められる場合 ②かぶりコンクリートの広範囲の浮き、剥落、鉄筋の変形が認められる場合	①コアコンクリートの損傷により橋脚躯体の残留変形、軸短縮が認められる場合 ②かぶりコンクリートの広範囲の浮き、剥落、主鉄筋の変形・帯鉄筋のはずれが認められる場合
	 曲げひび割れ(水平)	 かぶりコンクリートの浮き・剥落 軸方向鉄筋の若干の変形	 帯鉄筋はずれ かぶりコンクリートの広範囲な剥落 主鉄筋の変形

※1 損傷度区分は以下による。

- A : 軌道沈下有り(柱の崩壊、桁・スラブの落下)
- BB: 軌道沈下有り(軸方向鉄筋の飛び出し、かぶりコンクリートの広範囲な剥落、貫通ひび割れ)
- B : 軌道沈下無し(軸方向鉄筋の飛び出し、かぶりコンクリートの広範囲な剥落、貫通ひび割れ)
- C : 軌道沈下無し(残留ひび割れ、かぶりコンクリートの一部の浮き、剥落)

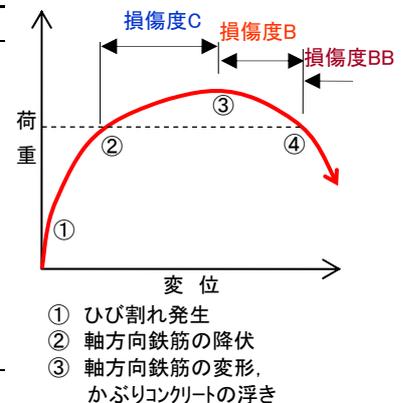


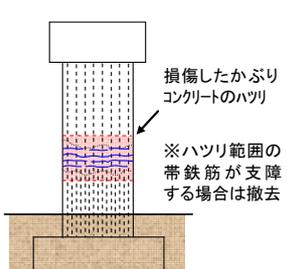
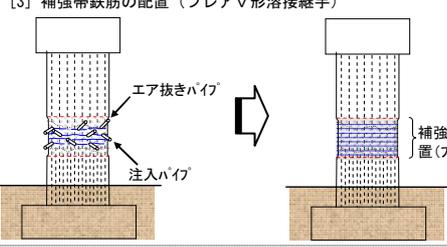
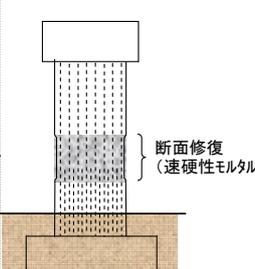
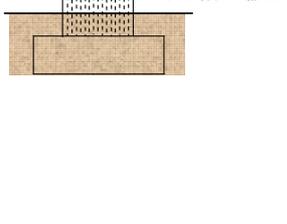
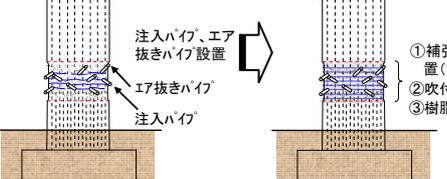
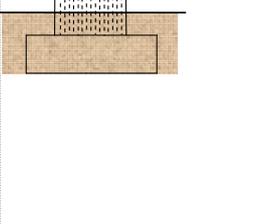
図-1 RC部材の荷重変位関係と損傷度のイメージ

キーワード 耐震設計, 鉄筋コンクリート橋脚, 損傷度, 復旧性

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2丁目2-2 東日本旅客鉄道株式会社 TEL 03-5334-1288

損傷度B及びCでは、かぶりコンクリートの浮きや剥落が発生することから、く体表面からのひび割れへの樹脂注入のみでは断面性能は回復しない。そのため、まず損傷区間のかぶりコンクリートを全周に渡って撤去する（軸方向鉄筋内部のコンクリートについては可能な限り撤去しない）。次に、断面内へのひび割れ注入を行うが、注入及び空気抜き用のパイプを各ひび割れに配置し、シーリング及び空気抜きの施工を確実に行った上で断面内への注入を行う工法Ⅰと、パイプを設置した後に吹付けコンクリートでシーリングを行う工法Ⅱの何れかにより施工した。次に、鉄筋は、断面からはみ出す軸方向鉄筋を熱処理しながら曲げ戻し、帯鉄筋を所定量（ここではD25ctc100とした）配置した。最後に、型枠を設置し速硬性の無収縮モルタルを打設することで断面修復を行った。

表-2 橋脚段落し部の主な復旧手順(損傷度B, Cの場合)

復旧工法の分類	復旧工事の施工ステップ		
	Step 1 整地→足場組み→損傷したかぶりコンクリート撤去	Step 2 ひび割れへの樹脂注入→帯鉄筋の再配置	Step 3 断面修復
<b>復旧工法Ⅰ</b> [ひび割れ注入用のパイプを手練りモルタルでシーリングする場合]	[1] 損傷区間のかぶりコンクリートの全周撤去 	[2] パイプの設置→ひび割れへの樹脂注入 [3] 補強帯鉄筋の配置（フレアV形溶接継手） 	[3] 断面修復（速硬性モルタル） 
<b>復旧工法Ⅱ</b> [ひび割れ注入用のパイプを吹付けモルタルでシーリングする場合]		[2] 補強帯鉄筋の配置（フレアV形溶接継手） [3] 吹付けモルタル→ひび割れへの樹脂注入 	[3] 断面修復（速硬性モルタル） 

3. 復旧性の調査結果

本報告では、損傷度B, Cの損傷を受けたRC橋脚の復旧工事期間の実績をもとに、損傷度が復旧性に及ぼす影響について検証する。

(1) 損傷度と実績復旧期間

表-3は、復旧期間の実績期間を損傷度毎に整理したものである。実績期間のうち、「地震発生～着工」は、調査、施工法の指示、資材・労務調達等の期間とし、「復旧工事」は、準備工（整地・足場組立など）から表-3に示す応急復旧の工程を示し、「施工完了」は、「地震発生～着工」と「復旧工事」の合計とし、「復旧完了」は、施工完了に養生期間を加えたものとした。表より、地震発生から着工までの期間は損傷度Bが短く、復旧完了期間は損傷度によらずほぼ同程度となっている。これは、損傷度がひどい柱の復旧方針の検討及び施工が最優先で実施されたためと考えられる。

表-3 損傷度と実績復旧期間

損傷度	箇所数	実績期間（平均）			
		地震発生～着工	復旧工事	施工完了	復旧完了
B	5	4.3	6.4	10.7	13.7
C	8	6.6	4.7	11.2	14.2

(単位:日)

(2) 損傷度と復旧工事の施工期間

表-4は、損傷度と「着工から復旧工事完了までの期間」の関係を示したものである。Step 0は、着工から整地、足場組立までの準備工の期間、Step 1~3までは応急復旧工事の期間を示している（養生期間を含む）。表より、復旧工事完了までの施工期間は、損傷度B, Cの順で長かった。しかし損傷度BとCの復旧工事の施工期間は8日~10日程度と同程度であり、この範囲で損傷度が変わっても復旧性に及ぼす影響が低い結果となった。

表-4 損傷度と復旧工事の施工期間(実績)

損傷度	箇所数	実績期間（平均）				
		step0 準備工	step1 損傷コンクリートのハツリ	step2 ひび割れ樹脂注入 帯鉄筋の再配置	step3 断面回復 +養生	step0~3
B	5	1.0	0.5	1.8	1.8	4.3
C	8	0.3	0.9	1.8	0.7	4.0

(単位:日)

注)準備工には、整地及び足場組立を含む。

参考文献 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 運輸省鉄道局監修, 鉄道総合技術研究所編, 1999.10