

# RC 耐震橋脚補強工事におけるひび割れ制御方法の一考察

東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所 正会員 ○小島 淳史

## 1. はじめに

鉄道高架橋等の耐震補強は、1995年1月の阪神淡路大震災以降、本格的に進められてきた。まず、阪神淡路大震災の被害を踏まえ、せん断破壊型のRCラーメン高架橋柱等の補強を優先的に進め、その後、新潟県中越地震（2004年10月）以降、RC橋脚の補強に本格的に着手した。補強方法は、一般の施工条件での経済性からRC巻き立て補強を基本としている。橋脚躯体にRC巻き立て工法を行う場合、温度変化、収縮等により生じる変形を既設部が拘束することにより予期せぬひび割れが生じることが考えられる。本稿では、RC耐震補強工事におけるひび割れ制御方法について考察する。

## 2. RC橋脚の耐震補強設計の概要

RC橋脚は、以下の特徴を有する。

- ① 鉄筋が橋脚く体で途中定着されている箇所（以下、段落し部）が存在し、この箇所が地震時に弱点となる恐れがある（図-1、写真-1）。
- ② 断面形状が、く形・円形・小判形・中空など様々であり、また比較的大断面である。
- ③ 壁式橋脚や小判型橋脚などの場合、橋軸方向と橋軸直角方向とで断面形状、断面性能、耐力が大きく異なる（図-2）。

橋脚耐震補強の設計は、基部のみでなく段落し部の検討が必要である。これは橋脚の作用モーメントが橋脚天端から基部にかけて三角形分布となるため、躯体途中で曲げに対して不要となった軸方向鉄筋を高さ方向に減じた設計を行っていたため、この部分が弱点となるためである。以上から、橋脚には兵庫県南部地震レベルの大規模地震に対して構造物の崩壊や大きな損傷が生じないように、以下の性能を満足させることとしている。

### ●基部に要求される性能

曲げ破壊先行型であることを基本とし、地震時に崩壊しない程度の変形性能を有する。

### ●段落し部に要求される性能

基部が曲げ破壊に達する前に段落し部が曲げ破壊せることのないような曲げ耐力を有する。併せて、基部が曲げ耐力に達する前にせん断破壊することのないようなせん断耐力を有する。

以下にRC橋脚耐震補強の考え方を示す。

- a) 橋脚く体全体のせん断補強を行い、せん断破壊を防止する。
- b) 必要に応じ、段落し部付近を補強し、この箇所での損傷を防ぐ。
- c) 損傷を橋脚く体基部に集中させ、必要に応じ、橋脚く体基部の変形性能を高め、耐震性能を向上させる。

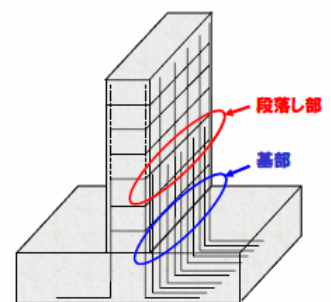


図-1 RC橋脚段落し部



写真-1 段落し部の損傷例

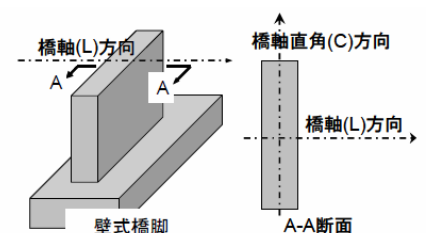


図-2 RC壁式橋脚の例



写真-2 施工状況

### 3. RC 巻き立て工法

RC 巻き立て工法は、補強部と既設部を一体化させるアンカージベル鉄筋を配置し、その外周に設計上必要な軸方向鉄筋・せん断補強鉄筋を配置し、コンクリートで巻き立てる構造である。一般的に用いられている構造であり、基礎が地中深くにある箇所に適用する場合および河川内橋脚に適用する場合には、仮土留工や仮締切工が必要となる。RC 巻き立て工法の構造細目を表-1 に示す。

施工状況およびコンクリート打設状況を写真-2, 3 に、コンクリート打設イメージを図-3 に示す。軸方向鉄筋・帯鉄筋、アンカージベルが密に配置された中で厚さ 200mm のコンクリートを打設するため、通常、コンクリートは流動性の良い 24-15-20N を使用している。1 ロッドの打設高は 3.6m を基本としており、1.5m 以下の打込み高さの確保およびコンクリートの締固めを十分に行うため、1 ロッド打設高のほぼ中間に 300mm×300mm 程度のコンクリート打設口を橋脚の起点側・終点側に各 3ヶ所設け、打込み位置を移動させながら打設および締固めを行う。

### 4. RC 巻き立て工法における標準配合とひび割れ制御方法の考察

RC 巻き立て工法における標準配合を表-2 に示す。

表-2 RC 巻き立て工法における標準配合例

設計基準強度	呼び強度	セメントの種類	粗骨材の最大寸法	スランプの範囲	空気量の範囲	耐久性から定まる最大のW/C
(N/mm <sup>2</sup> )	—		(mm)	(mm)	(%)	(%)
設計図書による	設計基準強度と同様とする	普通ポルトランドセメント	20又は25	12±2.5	4.5±2.5	60

当社における普通コンクリートの品質管理は、現場にて「スランプ、空気量、圧縮強度、塩化物イオン量、単位水量」の品質管理試験を実施している。単位水量に関する基準値は、粗骨材の最大寸法が 20~25mm の場合、上限値 175kg/m<sup>3</sup> に 10 kg/m<sup>3</sup> を加えた 185 kg/m<sup>3</sup> としている。

RC 巻き立て工法における「ひび割れ発生状況と単位水量[実測] (kg/m<sup>3</sup>) および単位セメント量(kg/m<sup>3</sup>) との関係」を図-4 に示す。

この図より、単位セメント量  $C \leq 305 \text{kg/m}^3$ 、単位水量[実測]  $We \leq 165 \text{kg/m}^3$  の範囲において、最大ひび割れ幅が 0.2mm 以上の橋脚は見られなかった。しかし、単位水量[実測]が基準値以下(185kg/m<sup>3</sup>)の場合においても、最大ひび割れ幅が 0.2mm 以上の橋脚が存在する。これは先に示した図-3 の打設イメージのとおり、補強コンクリートが既設橋脚により変形が拘束されるため、収縮とともにひび割れが発生したものと考えられる。

以上より、RC 巻き立て工法におけるひび割れ制御方法として、単位セメント量  $C \leq 300 \text{kg/m}^3$ 、単位水量  $We \leq 160 \text{kg/m}^3$ 、W/C=55 程度に配合することで、ひび割れ制御に対する効果があると考えられる。

### 5. おわりに

本稿では、RC 巻き立て工法における「ひび割れ発生状況と単位水量[実測] (kg/m<sup>3</sup>) および単位セメント量(kg/m<sup>3</sup>) との関係」を示し、ひび割れ制御の効果があると考えられる配合の一例を示した。

表-1 RC 巻き立て工法の構造細目

巻き立て厚 (mm)	200mm
補強鉄筋のかぶり (mm)	75mm
補強鉄筋(軸方向鉄筋)の直径 (mm)	22~38
補強鉄筋(軸方向鉄筋)の間隔 (mm)	150 ~ 500
補強鉄筋(せん断鉄筋)の直径 (mm)	13 ~ 29
補強鉄筋(せん断鉄筋)の間隔 (mm)	100 ~ 300
アンカージベル鉄筋	1本/m <sup>2</sup> 程度以上配置



写真-3 コンクリート打設状況

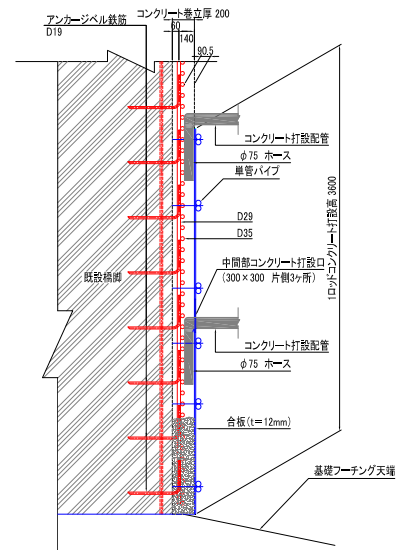


図-3 打設イメージ

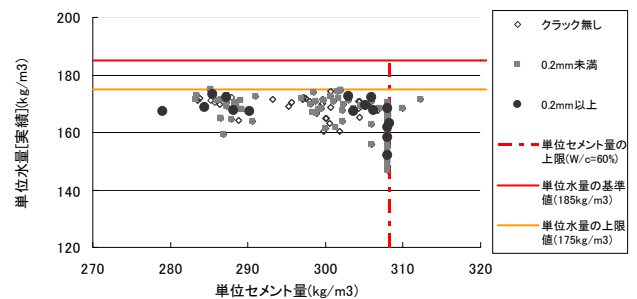


図-4 RC 巻き立て工法におけるひび割れ発生状況と単位水量[実測] (kg/m<sup>3</sup>) および単位セメント量 (kg/m<sup>3</sup>) との関係