

## VI-16

### 上部工の構造系を反力分散構造とした場合の橋脚補強について

○正会員 日本道路公団 東北支社 福島管理事務所 佐藤 久長  
同 同 技術部 保全第一課 高橋 修二

#### 1. はじめに

連続橋の橋脚補強において、支承条件が1脚固定のとき、ひとつの橋脚が負担する上部工の地震時慣性力が極端に大きく、1基の固定橋脚の補強では対応困難となる場合がある。この場合、別の対応として、反力分散構造や免震構造の採用により橋梁全体の構造系を変更する方法が考えられる。

本報では、RC3径間連続中空床版橋の橋脚補強において、橋梁全体の構造系を反力分散構造とした事例について述べる。

#### 2. 橋梁の概要

橋梁一般図を図1に示す。上部工形式はRC3径間連続中空床版2連、橋台形式は控え壁式橋台、橋脚形式は二柱式橋脚、基礎形式は全て直接基礎である。支承条件は1脚固定であり、2連とも橋脚（P2、P4）に固定支承を設け、地震時の上部工水平反力はこれらの橋脚が負担している。

本橋は昭和31年の耐震設計基準<sup>1)</sup>で設計されており、当時の基準ではやや良好な地盤に分類され、設計震度は水平震度 $k_h=0.15$ 、鉛直震度 $k_v=\pm 0.10$ となっている。一方、平成2年の道路橋示方書<sup>2)</sup>に基づいて地盤種別を判定すると、地盤の特性値は $T_0=0.34\sim 0.37$ となりII種地盤と判定され、設計水平震度は0.25となる。

側面図

断面図

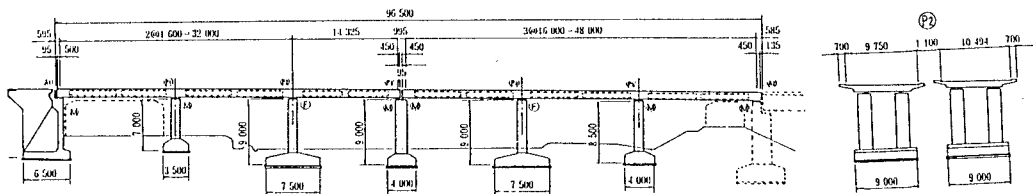


図1 橋梁一般図（支承条件：1脚固定）

#### 3. 補強設計の考え方

本橋の補強設計では、始めに1脚固定の状態では非線形動的解析を行ったところ、RC巻立て工法により保有水平耐力を満足させることができなかった。このため、P1、P2、P4及びP5橋脚のBP支承を積層ゴム支承（反力分散支承）に取替えて反力分散を図ることにより、構造系を1脚固定から2脚固定に変更することにした。なお、上部工反力を分散せず、鋼板巻立て工法により補強する方法も考えられたが、維持管理面からメンテナンスフリーとなるコンクリート巻き立てを基本とした。

#### 4. 補強設計の手順と結果

①各橋脚の分担力は線形フレーム計算により算出する。分担率は均等割を基本とするが、現況可動橋脚は配筋量が少なく耐力自体が小さいため、現況可動橋脚の補強計算が成立するように分担率を決定する。本橋の設計では表1に示すように、2点の固定脚で概ね半分の地震時慣性力を負担する結果となった。

表1 上部工反力一覧表（上り線）

| 橋脚番号 | 支承条件 |     | 鉛直反力(tf) |       | 橋軸地震時慣性力(tf) |      |       |
|------|------|-----|----------|-------|--------------|------|-------|
|      |      |     | 現 況      |       | 現 況          |      |       |
|      | 現 況  | 交換後 | 橋脚当り     | 柱1本当り | 橋脚当り         | 橋脚当り | 柱1本当り |
| P1   | M    | SF  | 344      | 175   | 0            | 443  | 222   |
| P2   | F    | SF  | 283      | 145   | 876          | 434  | 217   |
| P3   | M    | M   | 108      | 55    | 0            | 0    | 0     |
|      | M    | M   | 122      | 65    | 0            | 0    | 0     |
| P4   | F    | SF  | 304      | 155   | 851          | 424  | 212   |
| P5   | M    | SF  | 304      | 155   | 0            | 428  | 214   |

②橋脚補強の計算は非線形動的解析の簡便法<sup>3)</sup>により行う。保有水平耐力の照査結果を表2に示す。ここで、現況可動橋脚の橋軸直角方向の保有水平耐力については、現況固定橋脚のみで橋梁全体の水

平力を負担できると考え照査を省略した<sup>4)</sup>。また、掛違いのP3橋脚（可動）については、橋軸方向のみをH2道示Vに基づいて照査した<sup>4)</sup>。さらに段落し部の照査を全橋脚について行った結果、全橋脚とも、アンカー定着を併用した、厚さ25cmのコンクリート巻立て補強採用することとなった。各橋脚の補強断面（橋軸方向）を表3に示す。

表2 保有水平耐力照査結果（上り線）

| 橋脚番号          | P1      |           | P2        |           | P3        |           | P4        |           | P5        |           |
|---------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               | 照査方向    | 橋軸方向      | 橋軸方向      | 直角方向      | 橋軸方向      | 橋軸方向      | 橋軸方向      | 直角方向      | 橋軸方向      | 橋軸方向      |
| 鉛直反力          | tf      | 175       | 145       | 145       | 115       | 155       | 155       | 155       | 155       | 155       |
|               | 水平力     | tf        | 225       | 220       | 440       | 65        | 220       | 435       | 220       | 220       |
|               | 補強厚     | t=25cm    | t=25cm    | t=25cm    | 現況断面      | t=25cm    | t=25cm    | t=25cm    | t=25cm    | t=25cm    |
|               | 主鉄筋     | D22ctc250 | D38ctc125 | D38ctc125 | D38ctc125 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 |
| 照査断面          | 帯鉄筋     | D16ctc150 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 | D25ctc100 |
|               | アンカーピッチ | ctc500    | ctc250    | ctc250    | ctc250    | ctc250    | ctc250    | ctc250    | ctc250    | ctc250    |
| 保有耐力          | Pa      | 93.252    | 224.553   | 264.894   | 47.360    | 224.553   | 266.329   | 116.359   | 224.553   | 266.329   |
| 塑性率           | $\mu$   | 8.000     | 4.585     | 8.000     | 8.000     | 4.563     | 8.000     | 7.934     | 4.563     | 8.000     |
| 等価水平変位        | khe     | 0.320     | 0.600     | 0.450     | 0.220     | 0.600     | 0.450     | 0.450     | 0.600     | 0.450     |
| 慣性力           | khe×W   | 80.602    | 153.994   | 214.495   | 20.611    | 153.994   | 212.245   | 114.396   | 153.994   | 212.245   |
| 照査：Pa/(khe×W) |         | 1.157     | 1.458     | 1.235     | 2.298     | 1.458     | 1.255     | 1.017     | 1.458     | 1.255     |
| 破壊位置（終局）      |         | 基部        | 基部        | 基部        | 基部        | 基部        | 基部        | 基部        | 基部        | 基部        |

表3 各橋脚補強結果一覧表

| 橋脚番号 | 脚高 (m) | 現 況       |         |           |     | 補 強 結 果  |           |         |           |
|------|--------|-----------|---------|-----------|-----|----------|-----------|---------|-----------|
|      |        | 柱断面(m)    | 主鉄筋*    | 帯鉄筋       | 段落し | 補強厚 (cm) | 主鉄筋       | アンカーピッチ | 帯鉄筋       |
| P1   | 7.00   | 1.80×1.20 | D25×9本  | D13ctc100 | 無   | 25       | D22ctc250 | 500     | D16ctc150 |
| P2   | 9.00   | 1.80×1.20 | D29×17本 | D13ctc125 | 有   | 25       | D38ctc125 | 250     | D25ctc100 |
| P4   | 9.00   | 1.80×1.20 | D29×17本 | D13ctc125 | 無   | 25       | D38ctc125 | 250     | D25ctc100 |
| P5   | 8.50   | 1.80×1.20 | D25×13本 | D13ctc125 | 有   | 25       | D25ctc300 | 300     | D22ctc150 |

\*：現況主鉄筋は配筋ピッチが不規則なため本数で表示した。

③現況のBP支承から反力分散支承に取替える際に、既設橋脚に設置してあるアンカーボルトの取替えが困難であることから、既設のアンカーボルトを生かし、不足するせん断耐力及び上揚力対策については、施工上の制約により図2に示すように変形させたアンカーボルトを追加して対応した。表4に反力分散後の水平力でアンカーボルトのせん断応力度を照査した結果を示す。

表4 反力分散型支承アンカーボルト照査結果（上り線）

| 橋脚番号 | 支承条件 |     | アンカーボルト径×本数 |       | せん断応力度の照査                  |       |                             |
|------|------|-----|-------------|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|
|      |      |     |             |       | 計算結果(kgf/cm <sup>2</sup> ) |       | 許容応力度(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|      | 現 況  | 交換後 | 既 設         | 追 加   | 既設のみ                       | 既設+追加 |                             |
| P1   | M    | SF  | φ25×4       | φ30×2 | 1,426                      | 831   | 900                         |
| P2   | F    | SF  | φ46×4       | —     | 421                        | —     | (600×1.5)                   |
| P4   | F    | SF  | φ46×4       | —     | 406                        | —     |                             |
| P5   | M    | SF  | φ25×4       | φ30×2 | 1,477                      | 861   |                             |

5. おわりに

本報では、1脚の補強では補強しきれない橋梁に対し、構造系の変更により対応した事例を報告した。本報がひとつの補強事例として、会員の皆様の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書 1956.5
- 2) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編 1990.2
- 3) 日本道路公団：耐震設計・施工要領（案） 1995.7
- 4) 日本道路公団：可動橋脚の補強設計例 1995.8

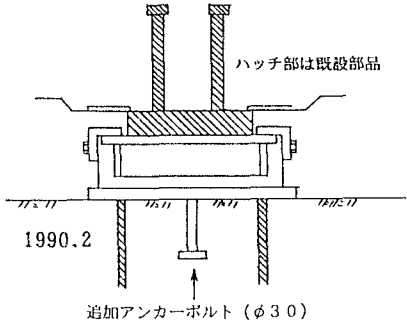


図2 反力分散型ゴム支承（P1）