

## 曲線区間の鉄道橋における増水時の運転規制に関する一考察

東海旅客鉄道株式会社 正会員 馬場隆徳 岩澤良彦 大西利美  
 (株)福山コンサルタント 正会員 青島亘佐 中野聡

### 1. はじめに

現在、東海道新幹線では、増水時に洗掘の可能性のある一部の長大橋りょうに対して、洗掘による基礎耐力の低下を、橋脚の実測固有振動数のモニタリング（衝撃振動試験により実施）により定量的に評価し、増水時の列車走行安全性の管理を行っている。この手法では、あらかじめ増水時の洗掘を考慮した橋脚の安定計算を行い、増水時に安定を確保できる限界の条件下における橋脚の固有振動数を解析的手法により算出しておくことで、その基準値を設定している。これまで検討を行ってきた橋りょうは、全て急流河川に対する渡河橋で、かつ直線区間であったため、安定上は、増水時の流水力（流速と水位により決定）と風荷重の2つの水平力の影響が支配的であった。これに対して、今回列車荷重の遠心力が支配的である曲線区間の橋りょうに対してこの手法の適用を検討したので、この結果について報告する。

### 2. 列車走行限界検討における作用荷重

曲線区間（ $R = 2000\text{m}$ ）の渡河橋を対象とし、河川流心付近に位置する橋脚に着目して検討を行った。図-1に対象構造物を示す。

本検討では、下記に示すように直線区間の橋りょうの検討に用いる照査荷重に加えて遠心荷重による影響を考慮した。

使用限界状態：

$$1.0D_1 + 1.0D_2 + 1.0W + 1.0(L + I + C) + 1.0W_{P2} + 1.0W_{P3}$$

終局限界状態：

$$1.1D_1 + 1.2D_2 + 1.0W + 1.1(L + I + C) + 1.0W_{P2} + 1.2W_{P3} + 1.0L_F$$

ここに、 $D_1$ ：固定死荷重       $L$ ：列車荷重       $W_{P2}$ ：浮力  
 $D_2$ ：付加死荷重       $I$ ：衝撃荷重       $W_{P3}$ ：流水力  
 $W$ ：風荷重       $C$ ：遠心荷重       $L_F$ ：車輛横荷重

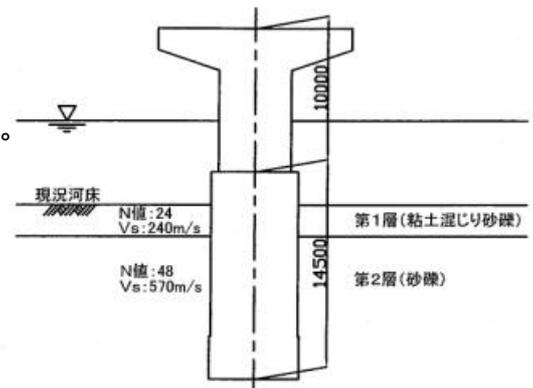


図-1 検討対象橋脚

なお、検討に用いた曲線区間の橋りょうは、河川の流下方向の関係で、流水力と遠心荷重の作用方向が正反対であるため、影響の大きい遠心荷重のみを考慮することとした。表-1に変動荷重の整理について示す。構造物に対して安全側の照査となる様に考慮して、列車と衝撃の作用による偏心モーメントが遠心荷重によるモーメントと同方向となる上り線のみを単線載荷して検討を行った。図-2に荷重状態図を示す。

表-1 変動荷重による作用曲げモーメントの整理

	列車 非載荷	上り線 単線載荷	下り線 単線載荷
$L$	0	+	-
$I$	0	+	-
$C$	0	+	+
$L_F$	0	+	+
$W$	-	+	+
$W_{P3}$	-	-	-
$M$ ( $\text{kN}\cdot\text{m}$ )	-11360	22360	12840

- 1  $M$ はケーソン天端における曲げモーメントの集計で、図-2における時計回りの方向を正とする。
- 2 緑色部分は、安全側の照査を念頭に置いた上で組合せに考慮する荷重ケース

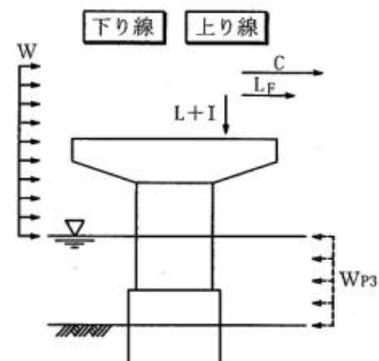


図-2 変動荷重の作用状態図

キーワード：洗掘、列車走行安全性、限界固有振動数、モニタリング

〒533-0031 大阪市東淀川区西淡路1-2-56 大阪新幹線構造物検査センター TEL.06-6307-0512 FAX.06-6307-0345

### 3. 検討の流れ

図-3に、検討の流れについて示す。まず、当該区間の通常走行時の列車運行速度（ $V = 165\text{km/h}$ ）の条件で遠心力を算出して検討を行い、さらに列車速度による限界固有振動数の変化の把握のために徐行規制速度（ $V = 70\text{km/h}$ ）の条件での検討を併せて行った。安定上の固有振動数の限界値の算出は、文献<sup>1)</sup>によった。

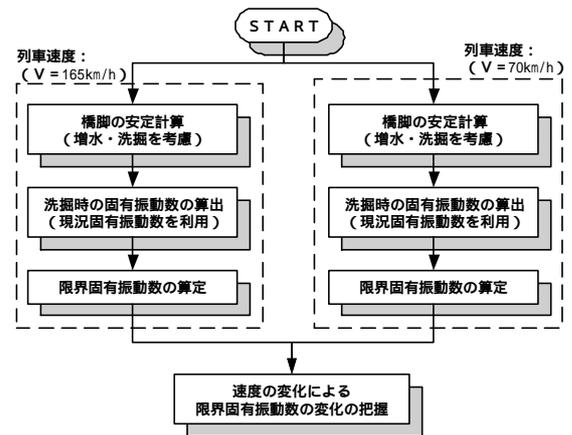


図-3 検討フロー

### 4. 走行速度に対する限界固有振動数の変化の把握

図-4に、 $V = 165\text{km/h}$ の条件での増水時の水位と橋脚の固有振動数の関係を示す。このように、水位の上昇に伴う固有振動数の変化は僅かであり、これまで行われてきた水位による増水時の運転規制と異なる結果となった。これは、流水力の作用を安全側となるように無視したためであり、僅かな変化は水位の上昇による風荷重作用範囲の縮小の影響である。安定計算の決定ケースは、使用限界状態と終局限界状態の双方ともに、基礎の水平変位量であった。

続いて、徐行規制速度  $70\text{km/h}$  の条件での、限界固有振動数を算定し、速度による限界固有振動数の変化の把握を行った。図-5に走行速度による限界固有振動数の変化について示す。列車速度を運行速度から徐行速度まで減速させた場合、衝撃荷重の変化による偏心モーメントの減少、遠心荷重の減少のため、終局限界状態の限界固有振動数は  $0.3H_z$  下がり、限界固有振動数に相当する洗掘深さは  $1.3\text{m}$  深くなる結果となった。

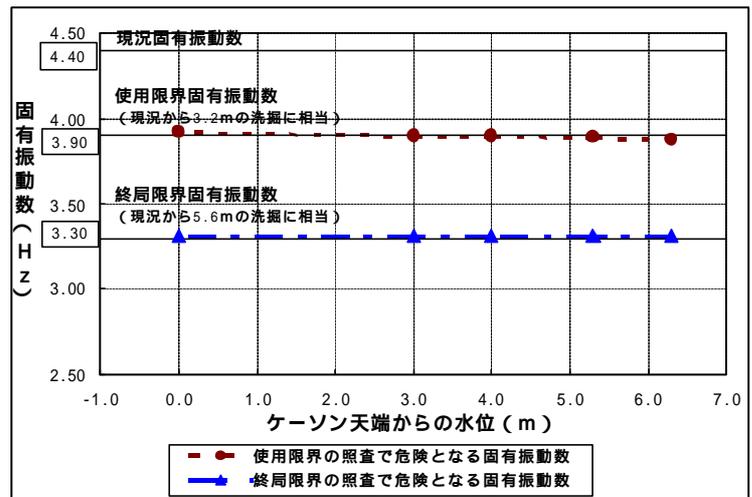


図-4 水位と限界固有振動数の関係 ( $V = 165\text{km/h}$ )

### 5. まとめ

これまで検討が行われてきた直線区間における河川内の長大橋りょうの場合には流水力の作用が支配的要因となっていたが、曲線区間においては列車速度が関係する遠心力による影響が大きいことがわかった。

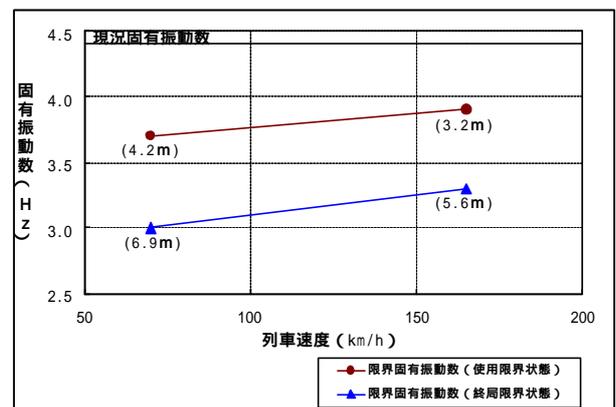
また、今回の様な条件（流水力と遠心力の作用方向が正反対）においては、これまで本橋りょうで行っていた水位による運転規制では不十分であり、洗掘度を定量的に把握できる固有振動数による規制が、増水時の安全性を確保する上で有効であることがわかった。

今後は、増水時の橋脚の固有振動数の合理的なモニタリング手法について研究を進めていきたい。

<参考文献>

1) 関・堤・山下・中野・西村：“鉄道橋の洪水時の安全管理システムに関する考察”

土木学会論文集 No.686 / - 52, 79 - 89, 2001.9



図中の ( ) は、限界固有振動数に相当する、現況河床からの洗掘深さを示す。

図-5 走行速度による限界固有振動数の変化