

雄物川橋橋脚診断について

松尾長五郎*

Investigation of the Piers of the Omono-gawa Railway Bridge and their Reinforcement

By
Chogoro Matsuo

The Omono-gawa Railway Bridge on the Ōso Line of the Ugo-Kōtsu Co., Ltd. was severely damaged by the flood in 1965. To ascertain the safety of the bridge, a vibration test was carried out for the 2nd, 5th, 8th and 9th piers. The test results show that the 9th pier of the bridge is in unstable conditions and needs urgent reinforcement.

1. ま え が き

雄物川橋は、秋田県横手市を流れる雄物川に架設された羽後交通株式会社、横荘線、館合駅、大森駅間にある24連23橋脚の単線鉄道橋である。

この橋梁の流心にある第9号橋脚が水害によって深く洗掘され、列車運行が危険となったので、この橋脚の安全度を知ることと、今後の対策を得るために診断試験を行なった。

本資料はその概要である。

2. 試 験 期 日

昭和40年9月12～15日

3. 供 試 橋 脚

診断試験を実施した橋脚は、第2号、第5号、第8号および第9号の4基である。

橋脚の形状寸法は、図3に示す。

4. 診断時における供試橋脚の状況

4.1 第2号橋脚

この橋脚は、図3および図4に示すように、角型の軀体で基礎は杭打ちであり、また、この橋脚附近は河原となっている。

橋脚の洗掘は少なく、その露出部は河原から3.30mで、安定した橋脚と思われる。

したがって、他の供試橋脚との比較と、荷重の変化による振動加速度比の増加率を知るため供試橋脚とした。

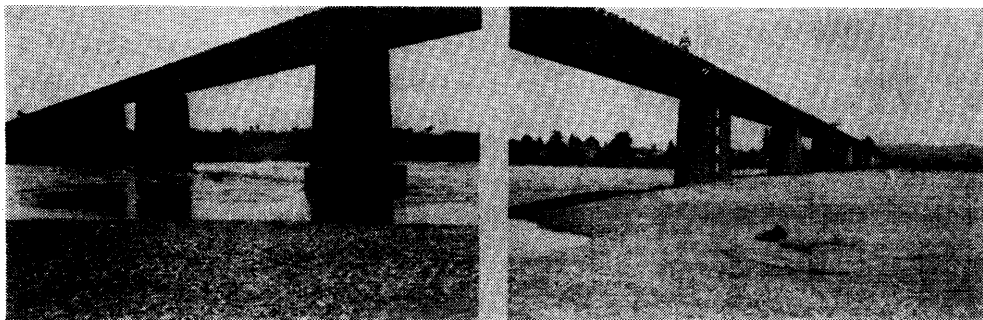


図1 雄物川橋梁全景

* 交通技術部

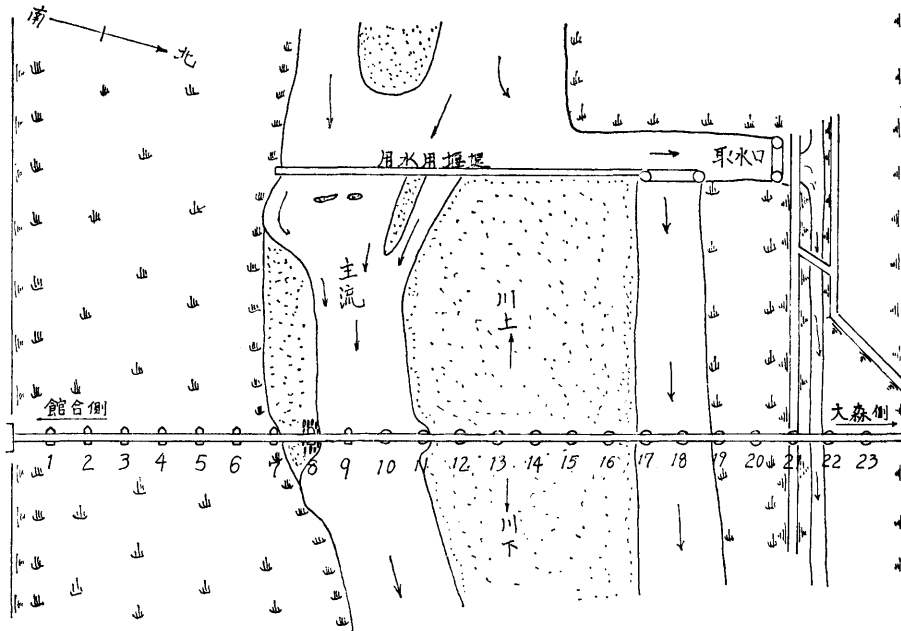


図2 雄物川橋梁附近見取図

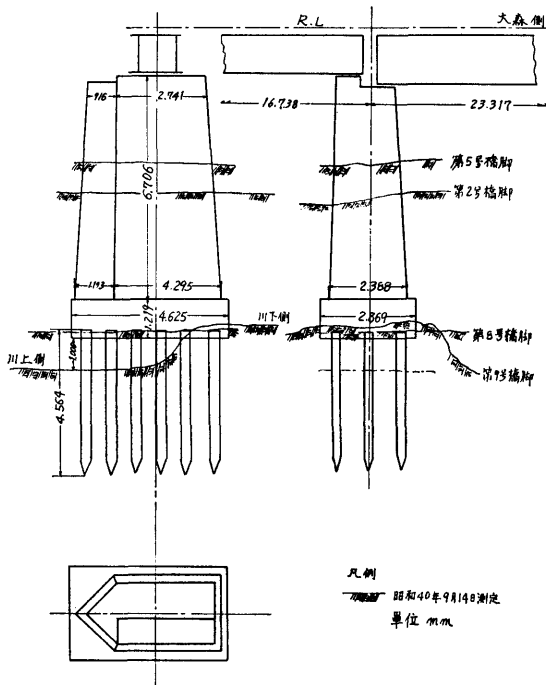


図3 雄物川橋脚竣功図

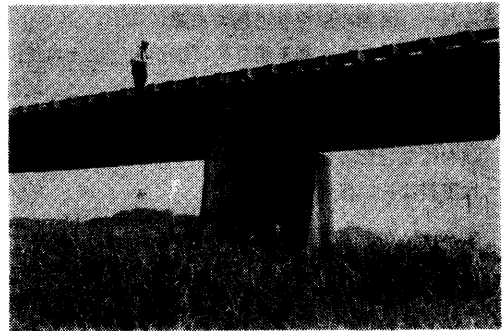


図4 第2号橋脚

4.2 第5号橋脚

この橋脚は、第2号橋脚と同様な目的と、この種の角型橋脚がどの程度洗掘されたら、不安定になるかの洗掘の限度を知るための供試橋脚とした。

本脚の露出部は、河原より3mである。

橋脚の形状および附近の状況は、図5に示す。

4.3 第8号橋脚

この橋脚は、図3および図6に示すように、流心附近にあるため洗掘も多く、その露出部は基礎の廻りに敷かれている蛇籠の上から測って、5.50mで、河床はさらに2mほど下にあるので、実際の洗掘は7.5mである。したがって、地中にうずまわっている

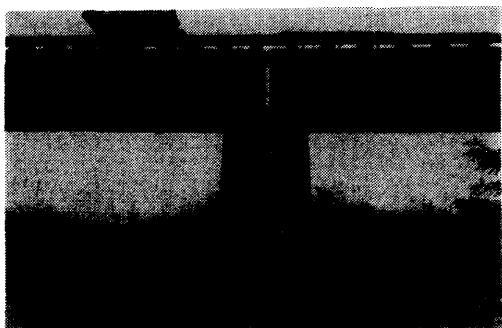


図5 第5号橋脚

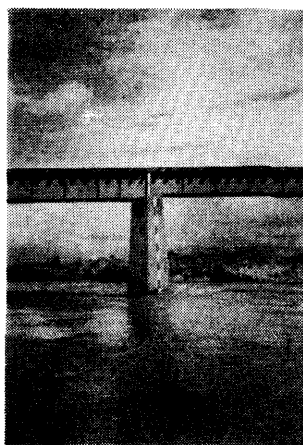


図7 第9号橋脚

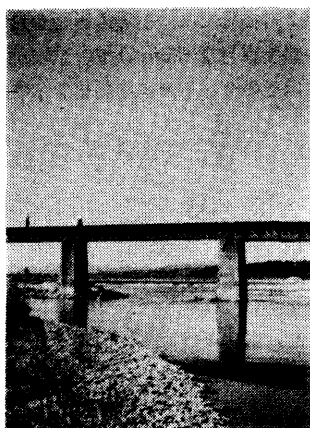


図6 第8号橋脚

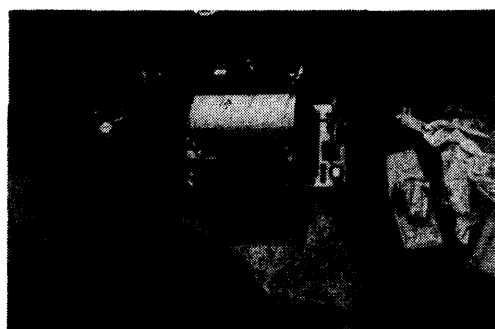


図8 試験機

る部分は杭を含めて約4.50mである。

橋脚の形状は第2号と同じで、基礎の部分は川と河原との境にある。

4.4 第9号橋脚

この橋脚は最も注目されているもので、躯体は前と同じ型である。

この橋脚の洗掘状態を水中メガネを用いて調査した結果、基礎の洗掘は図3に示すように、深い部分では基礎底面より約1mに達し、現在もお進捗中である。

また、露出している杭の部分に流水が渦巻状をなして衝突しているため、露出している杭の部分は磨耗して、杭の断面が少なくなっている。

基礎附近の河床には上流から流れて来たものと思われる大きなコンクリートのブロックが数個うずまっているが、これは基礎杭に衝突してそこらうずまったものと考えられる。

5. 試験機および橋脚診断

5.1 試験機

診断には下記の試験機を用いた。

2成分橋脚用振動変位計	1台
性能	
倍率	40倍
固有周期	0.5秒

5.2 橋脚の診断

前述の振動変位計を橋脚天端中央に設置し、その橋脚上を試験車が通過する時の振動変位の測定値から、前後動加速度（列車進行方向）と左右動加速度（列車進行に対し左右）を次式によって算出する。

$$\alpha = a \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

ここに α = 加速度 (g)
 a = 振巾 (mm)
 T = 周期 (s)

つぎに上式より求められた前後、左右振動加速度よりさらに、合成水平振動加速度および加速度比を次式により算出する。

$$\alpha_H = \sqrt{\alpha_h'^2 + \alpha_h''^2} \dots\dots\dots (2)$$

ここに α_H = 合成水平振動加速度 (g)
 α_h = 前後振動加速度 (g)
 α_h' = 左右振動加速度 (g)

$$K = \frac{\alpha_H}{1 - \alpha_h''} \dots\dots\dots (3)$$

ここに α_h'' = 上下振動加速度 (g)

なお、加速度比の算出にあたり、上下振動加速度は非常に小さく影響が少ないので無視した。

以上の式をもって、測定した振動変位から加速度比を求め、その加速度比と列車速度 (Vkm/h) の関係から、それぞれの橋脚の安定度を求めた。

また、今までに試験した橋脚 300 基の加速度比の値から、安定なものと不安定なものとの限界値を求めると、その限界値は、 $K = 0.0027V + 0.06$ で表わされることが知られている¹⁾。

今回の試験でもこの式で示される K を安定限度値と見なした。

(V は列車速度 km/h)

6. 試験方法および試験車

洗掘された橋脚は、前に記したように相当不安定な状態となっており、ここに営業列車を直接使って試験することは危険と判断されたので、図 9 に示す自重 2.6ton のモーターカーとこのモーターカーにさらに 2.4ton の荷重を積んで全重量を 5 ton にした試験車を使用した。

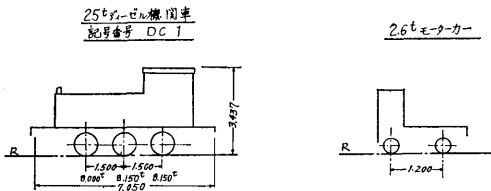


図 9 試験車 (単位mm)

その写真を図10に示す。

試験列車速度は、橋脚を中心にして、5 km/h, 15



図10 試験車

km/h, 30km/h の 3 種類で行なった。

なお、第 2 号橋脚では、荷重の影響を見るために、ディーゼル機関車自重 (25ton) での試験を行なった。

図 9, 11 はそのディーゼル機関車を示す。

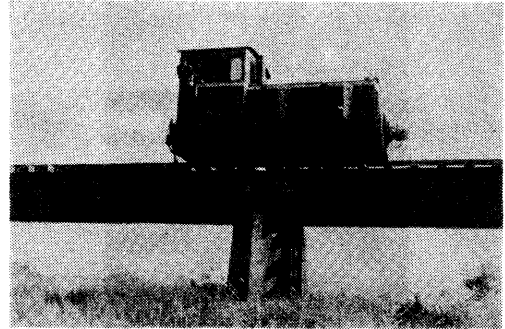


図11 試験車

7. 第 2 号橋脚の振動試験結果および考察

この試験は、前に示した列車荷重の差による振動加速度比の変化を求めるために行なったものでその結果を図12に示す。

図中横軸は列車速度 km/h, 縦軸は振動加速度比であり、また、鎖線は橋脚の安定限度値である。

試験時の最高速度による振動加速度比の値を次表に示す。

種類	列車速度 km/h	加速度比	備考
モーターカー (無載荷)	25.8	0.017	自重 2.6ton
モーターカー (載荷)	25.8	0.024	自重 5 ton
ディーゼル機関車	26	0.082	自重 25ton

1) 橋脚の安定限度, 運研報告第 7 巻第 2 号。

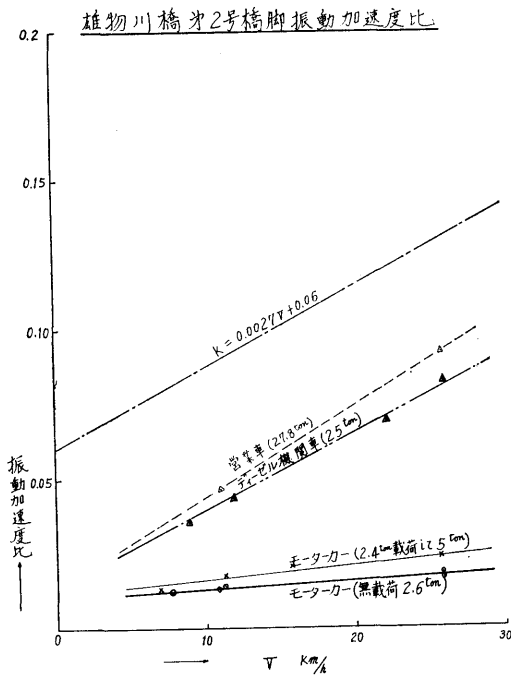


図12

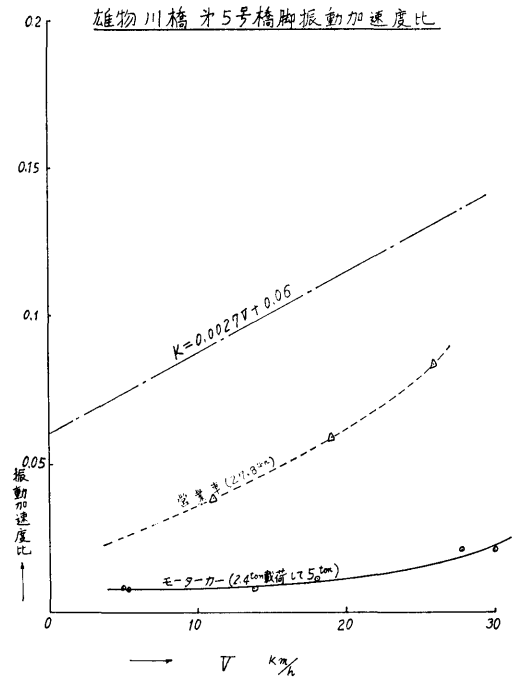


図13

本路線の営業列車の自重は 27.8ton であるが、この列車を通過させた場合の加速度比はつぎのようにして推定した。すなわち図12の結果から一定速度においては加速度比を縦軸、荷重を横軸として置点すると加速度比と荷重が略直線関係にあることが知られたので、営業列車の自重 27.8ton に対して外挿して求めた。

なお次項以下に記載する第 5, 8, 9 号橋脚に営業列車を通過させた場合の加速度比も同様に直線的外挿により推定した。

8. 第 5 号, 8 号および 9 号橋脚の診断試験結果および考察

8.1 第 5 号橋脚

この橋脚の試験結果は、図13に示すごとくで、試験値を前記の方法で求めた営業列車の加速度比は、25.7m/h で 0.083 を示し、橋脚の安定限度値と比較して見ると安定した橋脚である。

8.2 第 8 号橋脚

この橋脚の洗掘状況は前に述べた通りで、これが振動にも現われ、図14に示すように、営業列車に換算すると約 14km/h で橋脚の安定限度値と交叉し、14 km/h 以上になると危険域に入り不安定な橋脚である。

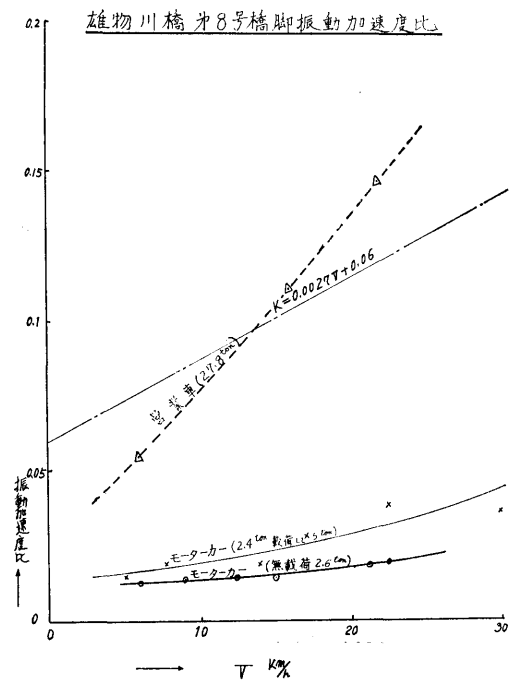


図14

8.3 第9号橋脚

この橋脚はこの型の橋脚では最も深く洗掘されているもので、試験結果も図・15に見られる通り、営業列車に換算した加速度比は5 km/h の最低速度でも、橋脚の安定限度値の危険域にあり、その値は速度の上昇とともに急激に増加し、供試橋脚中最も不安定な状態を示している。

9. 橋脚の根入れ深さと安定限度

橋脚が洗掘された場合、その橋脚がどの程度洗掘されたら不安定となるかを調べ、本橋梁の供試橋脚外の橋脚の保安対策の資料として、洗掘の限度を求めておく必要がある。

それを示したのが図16で、図は横軸にある速度(20km/h)の場合の振動加速度比を表わし、縦軸には橋脚の露出深さ(洗掘深さ)を示したもので、図に見られるごとく、この橋脚の洗掘の限度は天端から計った長さで示すと約6.20m附近にあり、根入れから見ると約6.50m以上の深さに保つことが必要となる。

10. あとがき

以上の試験で特に第9号が著しく危険な状態にある

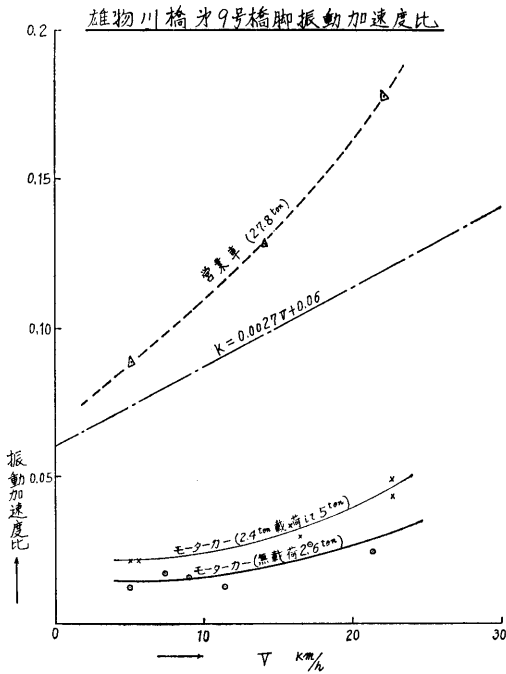


図15

ことが結論され、以後列車は運行を停止されていたが、昭和41年2月4日、この橋脚は図・17に示すように流失し、躯体は崩壊する結果となり、この診断方法は橋脚の安定度を見るのに適当なものであることが再確認された。

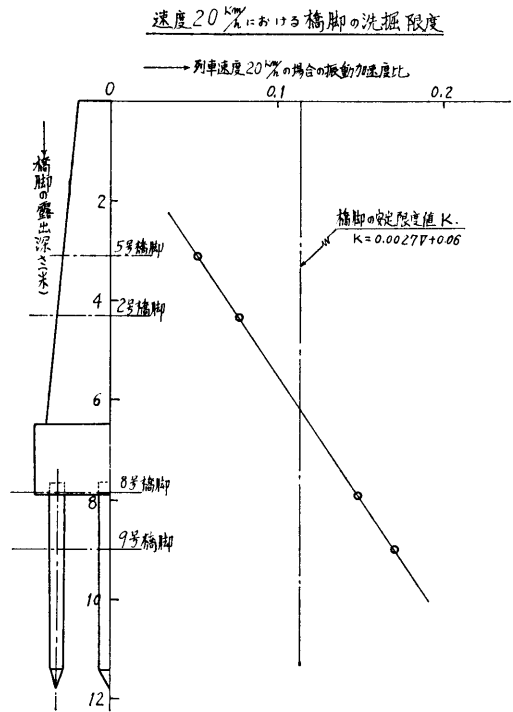


図16

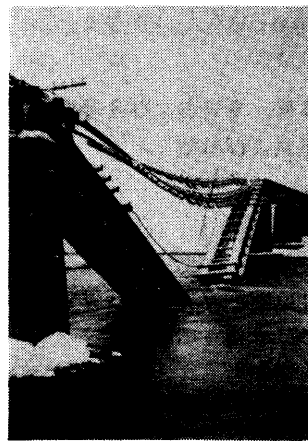


図17 崩壊流失状況