

実橋梁の変位測定および測定結果に基づく曲げ剛性評価に関する一検討

北海道大学大学院（現：パシフィックコンサルタンツ（株）） 学生員 ○高沢 優人
 北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦
 （株）共和電業 前田 芳巳
 （株）共和電業 津田 仁

1. はじめに

ひずみや変位を測定することは、実橋梁の性能を評価する有効な手段であるため、橋梁のひずみや変位を測定できる技術開発¹⁾が求められている。

本研究ではトラックを用いて実橋梁の静的载荷試験を行い、サンプリングモアレ法²⁾を用いて桁の面内変位の計測を行った。また、その測定による鉛直方向の変位、およびその鉛直変位に基づいた曲げ剛性の評価法を試みる。

2. 変位計測の概要

タイにある橋梁を対象として計測を行った。この橋梁は9径間であり、中央の3径間はスパン長30mのPC桁橋梁、外側の各3径間はスパン長15mのRC桁橋梁である。対象としたRC橋梁の断面図を図-1に、側面図を図-2に示す。

この橋梁は現在40年供用されており、20年前に車線数の増加のための拡張工事が行われた。図-1に示されている左側の5.5mの部分はその拡張工事での新設部である。ここで断面図において歩道側から順に第1車線、第2車線、第3車線とする。また、歩道側の外桁をA桁、反対側の外桁をB桁とする。

RC桁の測定では支点から進行方向に対してA桁に0m、3.75m、7.50mの位置に、一方でB桁に3.75m、7.50mの位置に格子状のターゲットシートを貼付けた（図-2参照）。

本研究では、貼り付けたターゲットシートを载荷前後にサンプリングモアレカメラで撮影し、両外桁の鉛直方向および水平方向における変位を算出した。

3. 測定結果

実橋梁におけるトラック（車重28.2t）を用いた静的な载荷試験の鉛直方向に対する変位の結果として変位分布図を示す。荷重条件は表-1に示されており、トラックの载荷位置を示している。RC桁の支承はゴム支承であり、測定した変位データにはこの支承の変位が加わっている。

RC桁で7.5mの位置にトラックを载荷したとき（図-3）の7.5mでの変位に注目するとA桁ではトラック1台目の载荷で大きく変位している。一方でB桁では3台目のトラックを载荷させることで大きく変位が発生したことがわかる。また、トラックを3台载荷したときの最大荷重時の変位に注目すると、B桁に比べてA桁の変位の方が大きい。これは既設部と新設部の床版桁において連続性が保たれていない可能性がある。

次にRC桁で3.75mの位置にトラックを载荷したとき（図-4）に7.5mでの変位に注目するとA桁では3台

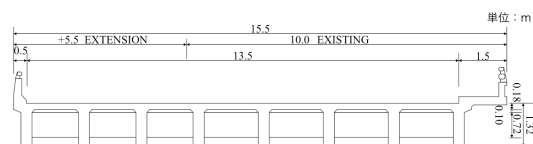


図-1 RC 橋梁断面図

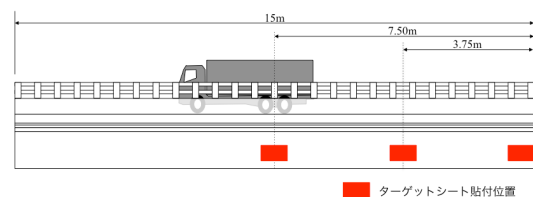


図-2 シート貼付位置（上からA桁・B桁）

表-1 荷重条件

荷重条件	条件	第一車線	第二車線	第三車線
静的荷重	Case 1.1	×	×	×
	Case 1.2	7.5m	×	×
	Case 1.3	7.5m	7.5m	×
	Case 1.4	7.5m	7.5m	7.5m
	Case 2.1	×	×	×
	Case 2.2	3.75m	×	×
	Case 2.3	3.75m	3.75m	×
	Case 2.4	3.75m	3.75m	3.75m

キーワード 実橋梁, サンプリングモアレ, 変位, 測定, 曲げ剛性, 評価

連絡先 〒085-0013 北海道札幌市中央区北13条西8丁目工学部 A554

目の載荷を行うと変位が減少する。B 桁では 1・2 台目の載荷で負の方向に変位が生じる。つまり、載荷車線と反対側の桁が上昇することがわかる。

4. 変位に基づく評価

RC 桁での測定した変位データに基づいて上部工の曲げ剛性に着目をした性能評価を行う。ここで着目する曲げ剛性は死荷重に交通荷重を加えた際の曲げ剛性である。ここでは A 桁の純たわみを変位データとして用いて、分配係数³⁾で除することですべての桁に対するたわみとして換算した。

全車線に対して同様の荷重をかけていること、その荷重を受けるすべての桁で同様に変位が発生することを前提にすると分配係数を用いることができる。この場合、式 (1)-(2)の関係式が成り立ち、各外桁の純たわみから曲げ剛性を算出することができる。この曲げ剛性 EI の条件を満たしているかどうかの検討を初期状態の曲げ剛性 E_cI_g との比較で確認する。その結果を表-2 に示す。

スパン中央 7.5m での載荷ケースでの結果を見ると測定位置が 7.5m で 72%、測定位置が 3.75m で 106%となった。この載荷位置での結果は予想の範囲内にある。RC 桁では曲げひび割れを許容する構造となっている。そのため、曲げモーメントが大きくなるスパン中央ではひび割れが入りひび割れ断面としての曲げ剛性が算出されていると考えられる。

一方で 3.75m の載荷ケースでは初期の曲げ剛性よりも現在の曲げ剛性の方が高いということになった。スパン中央の載荷ケースに比べてこのケースでは変位が小さいため、純たわみを正確に補正できていない可能性が高い。すなわち、せん断力により発生するゴム支承の変形に伴う剛体変位を正確に求めることができていないことの影響が大きく現れた可能性が高い。桁の弾性変形と剛体変位を正しく分離するための計測が必要であり、今後の課題として残された。

5. まとめ

本研究ではトラックの載荷による橋梁の変位を測定することで橋梁の全体的な挙動を捉えることができることがわかった。そして測定結果に基づいた曲げ剛性による評価では剛体変位を補正する必要があると考えられる。いずれにしても、桁数、桁型、車線数など多様に設計されている数多くの橋梁の構造性能を、合理的に評価できる指標の開発が望まれる。そのためには、本研究で行った橋梁の空間的な変位情報を 3 次元有限要素解析による結果と比較するなどの検討が求められる。

参考文献

1) 例えば、渡辺健・東広憲・三木朋広・二羽淳一郎:コンクリート構造実験を対象としたリアルタイム画像解析システムの開発、土木学会論文集 E No.1 Vol.66、pp68-79 (2010)
2) 藤垣元治、富田大樹、村田頼信:サンプリングモアレ法による動的たわみ角分布計測、日本実験力学 Vol. 15 No. 4 、 pp. 315-319 (2015)
3) Narendra Taly: Highway Bridge Superstructure Engineering, pp.73-691 (2015)、CRC press

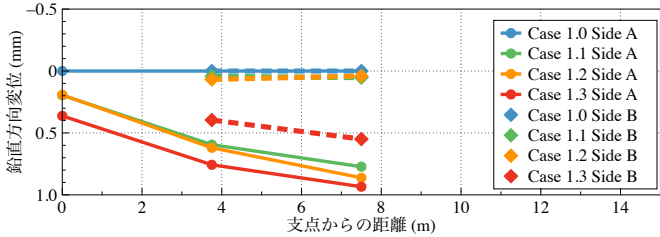


図-3 変位分布図 (載荷位置 7.5m)

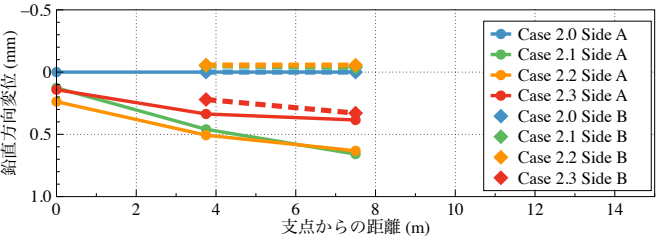


図-4 変位分布図 (載荷位置 3.75m)

表-2 曲げ剛性に基づく評価結果

載荷位置	測定位置	純たわみ	EI(kN/m ²)	EI/E _c I _g
3.75m	3.75m	0.147mm	7.886.E+07	171%
3.75m	7.5m	0.186mm	4.915.E+07	135%
7.5m	3.75m	0.526mm	1.061.E+07	106%
7.5m	7.5m	0.520mm	3.344.E+07	72%

$$v = g_{\Delta max} \times v' \tag{1}$$

$$EI = \frac{Pbx(L^2 - b^2 - x^2)}{6v'} \tag{2}$$

$g_{\Delta max}$: 分配係数 v : 桁の純たわみ
 v' : すべての桁に対する換算たわみ
 b : 支点から載荷位置までの距離
 x : 支点から測定位置までの距離