

橋梁架替え設計における設計図書が現存しない 既設橋台底版下面位置の推定と非破壊調査結果

東洋技研コンサルタント株式会社 ○ 藤森 颯太

1. はじめに

現在わが国にある多くの橋梁は、高度経済成長期に架設され、橋梁の老朽化が急速に進んでいる。10年後には架設後50年を超える橋梁が全体の4割以上を構成するというデータが出ており、この他にも建設年度が不明の道路橋が全国でも多くある。そのため今後橋梁の架け替え工事が多くなると予想される。

しかし、架設から長い年数が経過しているため竣工図書が存在しない橋梁もあり、不可視部分についての寸法等が不明な場合もある。そのため本稿では設計図書が現存していない橋梁の非破壊調査を用いた橋台底版下面位置の推定とその結果について報告する。

2. 業務概要

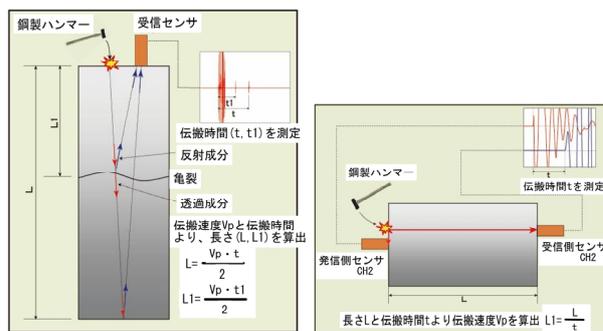
本業務は河川に架かる既設橋梁の老朽化に伴い同位置に橋梁の架け替え設計を行う業務である。既設橋の既往図書では寸法諸元が確認できず、河川橋であり既設橋台底面の露出による直接計測は困難な状況である。新設橋台は直接基礎であり、底版下面の標高は既設橋台底版下面が条件となるため既設橋台底版下面の標高の推定が必要となる。

不可視部分の推定方法は、コア抜きし部材厚を計測する方法、非破壊調査により計測する方法、測量成果や標準図から推定する方法が考えられる。本橋では竣工年度が橋梁台帳より把握できているため、当時の標準図集から橋台高、底版形状を推定し、非破壊調査により、推定値の確認を行う手法を採用した。

3. 原理と調査方法

(1) 原理

本業務では、非破壊調査手法の一つである高周波衝撃弾性波法を用いる。高周波衝撃弾性波法は、反射法と透過法に大別でき、反射法は調査対象物内のひび割れ・き裂の位置や幅、端部の位置などを把握する手法である。反射法により得られるのは、測定面から構造物の損傷部や端部までの弾性波の伝播時間である。透過法は弾性波速度を求めて調査対象物の力学的特性や劣化の状態などを推測する手法である。透過法で求められた弾性波速度は、反射法における調査対象物の位置の推定にも用いられる。



(a) 反射法 (b) 透過法
図-1 高周波衝撃弾性波法の概念図

本調査では、透過法によりコンクリートの弾性波速度を測定し、反射法で底版下面位置を把握する。

(2) 調査位置

当初A1、A2橋台橋座面の各2点(A1-1, 2、A2-1, 2)で実施したが、コンクリートの劣化により測定精度が悪く、橋台下面位置が想定よりも浅い結果となった。そのため壁壁前面で各1点(A1-3、A2-3)を追加し(計3点×2=6点)実施した。なお、橋座面上の調査点については、底版下部の突起有無を確認するために、橋座面上で前側・後側で調査位置をずらした。図-2に調査位置図を示す。

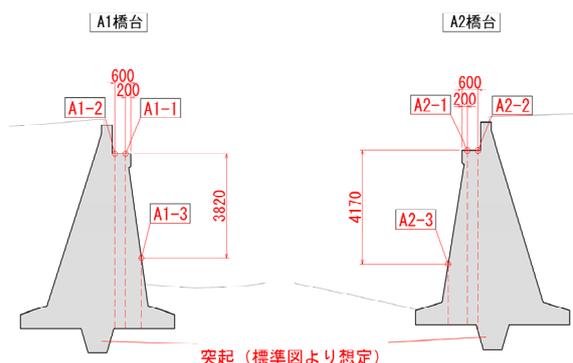


図-2 調査位置図

(3) 調査方法

調査ではまず測定面を平滑に整形・研磨する。目的はハンマー打撃による良好な衝撃弾性波を発生させること、測定面と受信センサの密着を高めることである。次に受信センサを設置する。設置面に対して垂直に取り付ける。次にコンクリートの弾性波速度は、配合条件や打設時の環境な

どの影響により異なるため、橋台のコンクリートを対象に現地で弾性波速度を透過法により測定する(キャリブレーション)。次に調査装置のフィルタの周波数や鋼製ハンマーの種類などを選定するために予備測定を実施する。次に本測定では、受信センサで反射波を測定し、フィルタ処理を行い、測定波形を観察する。各測点において反射波の再現性を十分に確認し、橋台下端面からの反射波に関して、再現性が高い測定波形を取得・記録する。写真-1に本調査で使用した高周波衝撃弾性波測定システムを示す。



写真-1 高周波衝撃弾性波測定システム

4. 調査結果

(1) コンクリート弾性波速度

構造物の損傷部や端部までの距離を求めるには、構造物固有の弾性波速度が必要となる。そこで、本橋台においてのコンクリートの弾性波速度を透過法により推定した。各橋台の弾性波速度を表-1に示す。

表-1 透過法によるコンクリートの弾性波速度

対象施設		伝播時間 Δ t (ms)			伝播距離 L (m)	弾性波速度 ^{※1} Vp (km/s)	標準偏差	変動係数 ^{※2}	データ数
		最大	最少	平均					
橋台	A1	1.18	0.97	1.08	3.00	2.780	0.071	6.55%	10
	A2	1.12	1.09	1.10	3.00	2.730	0.009	0.80%	10

※1: 弾性波速度の算定式 : $V_p = L/T$ (透過法)

※2: 変動係数 (%) = (標準偏差/平均値) × 100

コンクリートの弾性波速度は、2.73~2.78km/secの値が得られた。弾性波速度からコンクリートの品質を評価する基準として、ASTM (American Society for Testing and Materials) より表-2が提案されている。

表-2 弾性波速度 (P波速度) によるコンクリートの品質評価基準 (ASTM)

弾性波速度 (km/s)	評価
4.57以上	優
3.66~4.57	良
3.05~3.66	やや良
2.13~3.05	不良
2.13以下	不可

この基準よりコンクリート品質は「不良」に分類される。既往調査による圧縮強度が 6.75~8.3N/mm²と設計強度 15 N/mm² (竣工当時の設計基準強度推定値) に比べて非常に低

い結果が得られており、コンクリートの品質が劣化していると判断できる。以上より、本業務で実施した弾性波速度結果と既往調査圧縮強度は整合していると判断できる。

(2) 橋台形状寸法

反射法により、橋台高さについて形状調査を実施した。測定結果は、構造物端部からの反射波を読み取り、測点毎に整理・解析を行った。測定より得られる情報は、構造物端部または不連続面から反射してくる反射波の伝播時間である。橋台高さは伝播時間と橋台の弾性波速度で算出する。

計測の結果、A1 橋台高さは橋座面から約 5.7m、A2 橋台高さは橋座面から約 5.8mと推測された。計測結果から推定した橋座面からの高さは測定結果の平均値を採用している。図-3に橋台高さの算出結果を示す。

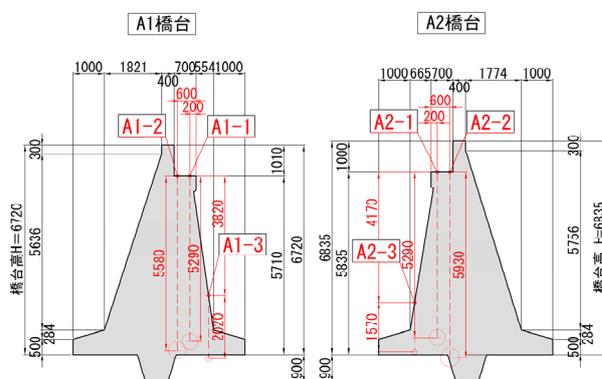


図-3 調査結果図 (フーチング上面と測定結果の関係)

測点 A1-1 および A2-1 地点では他の測点より短い結果が得られた。この原因として、A1-1 および A2-2 付近では、橋台内部に弾性波の伝播を阻害する不連続面が存在すると推測される。計測結果を見ると、橋台底面から 0.5m 上部付近で確認されていることから、フーチング上面の打設面からの反射波を捉えていると推測される。

5. まとめ

本業務では、当初橋座面の2点で橋台高の測定を実施したが、想定していた橋台高(想定高: 7.356m、計測結果: 6.31m)の差異が見られた。これは弾性波速度がコンクリートの状態が悪ければ、精度が悪くなる傾向にあるためと考えられる。このため、中間点付近となる壁前面に調査位置を追加し再度測定した結果、想定する橋台高と近似する結果となった。高周波衝撃弾性波法は、コンパクトな測定機器で、手軽に、既設構造物を痛めることなく、不可視部分の形状を把握できるため、竣工図書が現存しない構造物の形状調査には、有効な手法である。しかしながら、コンクリートの品質が劣化していると、誤差を生じるため、注意が必要である。今後は、コンクリート品質と精度の関係を明確にし信頼性を数値化することが望まれる。