

光ファイバーによる橋梁の健全度評価に関する研究

(株)間組技術設計部 正会員 ○山下英俊・大橋幹生
(独)北海道開発土木研究所 正会員 佐々木慎一
(株)間組技術研究所 正会員 前田信行

1. はじめに

橋梁等のコンクリート構造物の健全度評価を実施する場合、長期にわたるたわみやひび割れ状況の経時変化を測定して、その情報を基に対策等の検討を行うことが望ましい。しかし、実際は短期の測定により健全度を評価する必要性が求められることが多く、各機関で検討されているところである。本文では、梁試験体と実橋梁に光ファイバー等を取り付け、構造物の挙動を測定し、また、超音波伝播速度等も同時に測定することにより、それらの関係からコンクリート構造物の健全度評価を試みた結果について報告する。

2. 試験方法

2.1 室内試験

梁試験体の形状、寸法および各計器の設置位置等を図-1に、測定項目を表-1に示す。試験体の寸法は、250×150×2,700 mm、水セメント比は65%とした。載荷は2点載荷とし、測定項目は梁のたわみ、コンクリートと鉄筋のひずみおよびひび割れ状況、超音波伝播速度とした。超音波伝播速度の測定は、ひび割れをはさむように a-a、a-b、a-c 断面とし、ひずみ測定は、ストレインゲージと光ファイバーセンサとした。

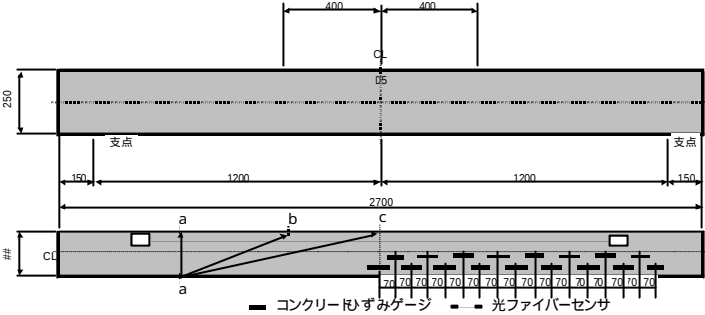


図-1 試験体寸法および計器配置図

表-1 測定項目

測定項目	測定方法	利用
梁の挙動	荷重	ロードセル 荷重値
	たわみ	変位計 たわみ量、たわみ分布
	コンクリートひずみ (1張側)	ひずみゲージ ひび割れ発生状況
	鉄筋ひずみ (1張側)	ひずみゲージ 光ファイバセンサとの比較
	コンクリート表面変位	光ファイバセンサ ひび割れ発生状況 コンクリート区間ひずみ (1張側)
コンクリートの品質	ひび割れ状況	目視、デジタルカメラ ひび割れの確認
	超音波伝播速度	超音波測定器 ひび割れ発生状況

2.2 実橋梁

測定は、供用中の3径間連続PC和橋およびPC床版橋で行った。材料特性の調査として、デジタル画像処理を用いたひび割れ測定およびコンクリート表面の超音波伝播速度の測定を実施した。また、構造特性の調査として、既知重量の試験車両を走行させた時の挙動の測定を行った。測定を実施した橋梁の概要を図-2、測定項目を表-2に示す。

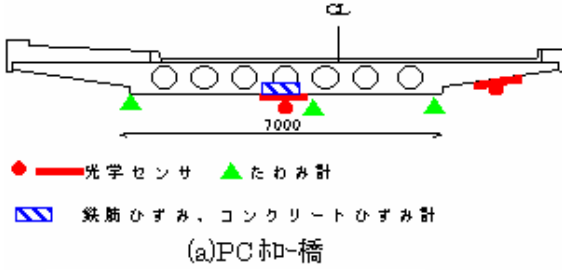


図-2 実橋梁の計器設置位置

表-2 測定項目および数量

項目	方法	数量	
		PC和橋	RC床版 非合成桁橋
材料特性	ひび割れ分布	デジタルカメラ 下り線全面	2箇所
	超音波伝播速度分布	超音波測定器 2	2
構造特性	コンクリート変位	光ファイバセンサ 4	4
橋梁の挙動	たわみ	変位計 3	3
	コンクリートひずみ	ひずみ計 1	2
	鉄筋ひずみ	ひずみゲージ 2	2

3. 測定結果

3.1 室内試験

目視によるひび割れは、荷重の増加とともに梁下面から上部に進展している。ひび割れ本数等のひび割れ状況とキーワード 光ファイバー、健全度評価、超音波法、実構造物

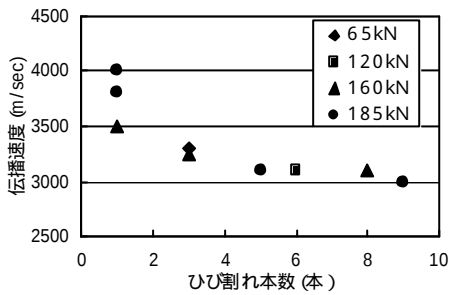


図 - 3 ひび割れ本数と伝播速度の関係

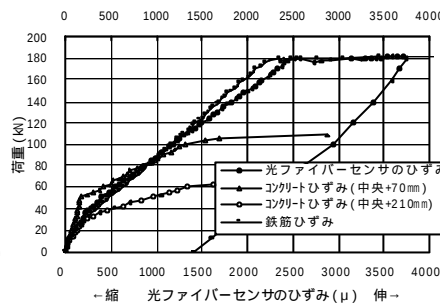


図 - 4 光ファイバーとコンクリート
および鉄筋ひずみの関係

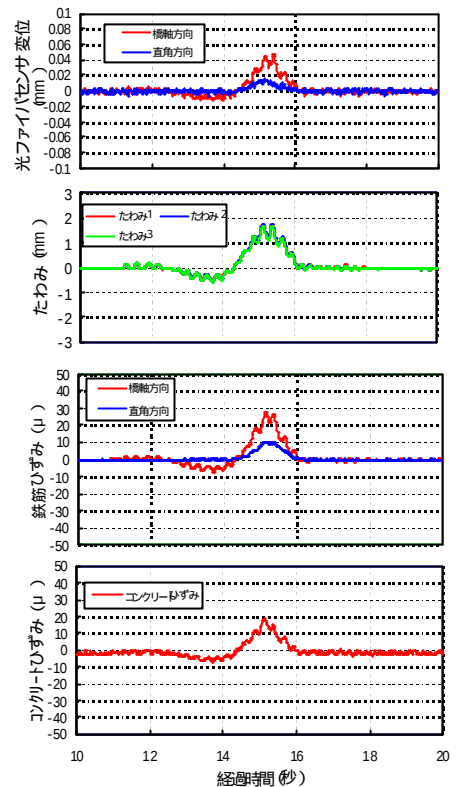


図 - 5 測定の結果 (PC 和-橋)

伝播速度の関係を図 - 3 に示す．ひび割れ本数が多いほど伝播速度は遅くなる傾向にあるが，伝播速度の低下は微細ひび割れの影響が大きく，ひび割れ本数よりひび割れの有無の影響が大きいように思われる．つまり，伝播速度の測定により目視では判断できないコンクリートの品質の変化を定量的に評価できることが分かった．また，光ファイバーセンサによるコンクリートの表面ひずみ，鉄筋ひずみと荷重の関係を図 - 4 に示す．荷重の増加にともない，光ファイバーセンサと鉄筋のひずみはほぼ同様な傾向を示すが，ストレインゲージによるコンクリート表面ひずみは他のひずみとは異なる傾向を示している．これは，ひび割れが発生することにより局部的なひずみの影響を受けているためと思われるが，光ファイバーセンサの測定では安定した挙動を計測することができた．一般に実橋において梁の挙動を測定する場合は，直接たわみを測定したり，鉄筋をはつり出して鉄筋ひずみを測定する場合が多い．しかし，この作業は非常に手間な作業である．本試験結果から光ファイバーを用いることにより容易に梁の挙動を定量的に評価できることが確認できた．

表 - 4 各試験ケースにおける最大値 (PC 和-橋)

		光学ストランドの変位				たわみ			鉄筋ひずみ		コンクリートひずみ
		本体		張出							
		橋軸 mm	直角 mm	橋軸 mm	直角 mm	1 mm	2 mm	3 mm	橋軸 μ	直角 μ	
走行車線	0km/h	0.050	0.027	0.029	0.010	1.8	1.8	1.6	29	11	19
	20km/h	0.042	0.019	0.025	0.009	1.6	1.6	1.5	27	10	20
	40km/h	0.050	0.018	0.015	0.008	1.8	1.8	1.7	27	10	21
追越車線	0km/h	0.055	-0.008	0.037	0.019	1.7	2.1	2.9	31	-7	22
	20km/h	0.034	-0.012	0.024	0.015	1.1	1.4	2.0	22	-5	14
	40km/h	0.045	-0.016	0.036	0.006	1.3	1.7	2.4	25	-6	16

3. 2 実橋梁

超音波伝播速度は，概ね 4000m/sec 程度であり，一般的に健全なコンクリートと同等の結果であった．これは，品質上特に問題はないと思われる．また，挙動測定の結果の内，一例として速度 40 km/h での結果を図 - 5 に示す．光ファイバーセンサの測定データは，最初に少し縮み側に変位し，その後大きく伸び側に変位した．この変化の状況は室内試験と同様，たわみ，鉄筋ひずみおよびコンクリートひずみの変化状況とよく一致している．この変化は，ひとつ前の橋梁に車両が載っているときに縮み，当該橋梁に車両が載っているときに伸びていると推定される．それぞれの試験ケースにおける各センサによる測定データの最大値を表 - 4 に示す．これらの値は試験車両の走行速度にかかわらず同程度の値であることから，0～40 km/h 程度の速度では橋梁の挙動に対する走行車両の速度の影響は小さいと考えられる．以上のように，今回対象とした橋梁は，比較的損傷の小さな構造物であったことと，まだ 1 回目の測定であったことから，今回の測定のみで明確な健全度評価ができたとは考えていない．今後経時的に測定を行い，課題点等の検討をしていく予定である．

4. まとめ

室内試験および実橋梁において，ひび割れ分布や超音波伝播速度によるコンクリートの品質評価の定量化が可能であることが確認された．また，光ファイバーによって測定される変位は，橋梁の健全度に直接影響するたわみや鉄筋ひずみと同様な結果を示し，長期にわたるモニタリングの可能性を見いだすことができた．今回の測定は，あくまでも 1 回目の測定であり，今後計画的に経時変化を把握することにより橋梁の健全度評価に役立てていきたい．