

小口径コア型試験装置を用いた RC 床版の微破壊検査による診断技術

日本大学 正会員 ○野口博之 フェロー会員 阿部忠
中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 正会員 高野真希子 正会員 大窪克己

1. はじめに

供用されている土木構造物の多くは高度成長期に建設され、老朽化が進行している。とくに道路橋 RC 床版は交通量の増加および過積載車両の走行により 2 方向ひび割れや抜け落ちなどの損傷が数多く報告されている。また、海岸線では飛来塩分による塩害、積雪寒冷地域では融雪剤の散布による塩害と凍害の複合劣化が生じ、RC 床版の耐久性が著しく低下している。これらの損傷した RC 床版の維持管理が重要な課題となっている^{1),2)}。損傷を受けた RC 床版の点検手法として衝撃弾性波法や電磁波レーダ法などの非破壊検査が実施されているが内部性状の判定および強度推定についての評価が確立されていないのが現状である。また、大口径のコア採取による診断では採取した位置の応力性状が変化する可能性がある。これらのことから阿部ら^{3),4)}はコンクリート構造物の内部性状調査および強度測定する小口径コア型試験装置を開発した。

本研究は小口径コア型試験装置を用いて供用後撤去された SFRC 上面増厚補強が施された実橋梁 RC 床版の強度推定を実施し、その整合性について検証する。

2. 小口径コア型試験装置の概略

(1) 小口径コア型試験装置 阿部らが提案する小口径コア型試験装置はエアーコンプレッサーによる空気を圧縮してドリルに荷重を作用させ、ドリルの回転により切削する装置である。この装置を用いた強度測定は、ドリルの回数、作用荷重、電流、切削深さを動的に計測する。ここで、小口径コア型試験装置を図-1に示す。

(2) 強度推定式 小口径コア型試験装置より得られたデータを用いて 1mm 毎の鉛直切削エネルギー (ΣE_F) とドリルの回転により回転切削エネルギー (ΣE_M) を算出し、合計切削エネルギー (ΣE) を評価し、コンクリートの圧縮強度を推定する。切削時にける合計切削エネルギーは式(1)として与えられる。

$$\Sigma E = \Sigma (E_F + E_M) \quad (1)$$

$$E_F = F_z \times \Delta L \quad (1.1)$$

$$E_M = M_z \times \Delta \theta \quad (1.2)$$

ここで、 ΣE : 合計切削エネルギー (J), E_F : 鉛直切削エネルギー, E_M : 回転切削エネルギー, F_z : 作用荷重 (N), ΔL : 計測間隔における深さ方向の変位 ($=\Delta L_{n+1}-\Delta L_n$: ΔL_{n+1} : $n+1$ 回目の深さ (mm), ΔL_n : n 回目の深さ (mm)), M_z : 切削トルク ($=A \times 0.9511$, A : 電流 (A)) (N・m), $\Delta \theta$: 計測間隔における

キーワード: 小口径コア型試験装置, RC 床版, 圧縮強度

連絡先: 〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 047-474-2468

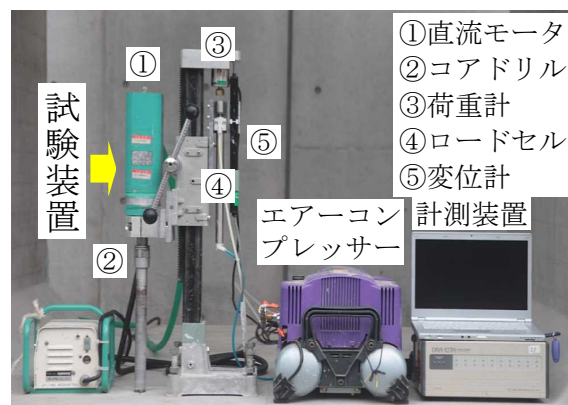


図-1 小口径コア型試験装置

ける回転角度 ($=$ 回転数 $\times 2\pi/60$) (rad/sec)

小口径コア型試験装置を用いたコンクリートの圧縮強度を評価するために、コンクリートの骨材寸法 15mm 以下を配合した呼び強度 24N/mm² で配合した供試体 3 体, 30N/mm² で製作した供試体 1 体, 最大寸法 25mm 以下を配合した呼び強度 30N/mm² および 40N/mm² で配合した実橋梁床版供試体を用い、合計切削エネルギーを算出した。また、鋼繊維を添加させた床版部材を用いて合計切削エネルギーを算出した。さらに、採取したコアを用いて圧縮試験を実施し、合計切削エネルギーと圧縮強度の関係から近似式を算出する。この近似式をコンクリートの強度推定式と定義し、式(2)、式(3)、式(4)を提案する。

$$\text{既往の研究: } f_{cRC} = 0.3894 \times \Sigma E^{0.7040} \quad (2)$$

$$\text{RC: } f_{cRC} = 0.5064 \times \Sigma E^{0.6597} \quad (3)$$

$$\text{SFRC: } f_{cSFRC} = 0.2466 \times \Sigma E^{0.7789} \quad (4)$$

ここで、 f_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²), ΣE : 合計切削エネルギー (J)

3. 供試体概要および実験方法

(1) 実橋梁 RC 床版供試体 小口径コア型試験装置を用いて強度推定を行う供試体は供用後撤去された実橋梁 RC 床版で、床版上面の損傷により SFRC 上面増厚補強が施されている。供試体の断面寸法は SFRC 層が 50mm, 既設 RC 床版の厚さが 160mm である。また、小径コアを採取して圧縮試験を実施した結果、SFRC 層の圧縮強度は平均 51.5N/mm², 既設 RC 床版の圧縮強度は平均 27.7N/mm² であった。

(2) 実験方法 供試体上面に小口径コア型試験装置を設置する。小口径コアビットの寸法は内径 ϕ 25mm,

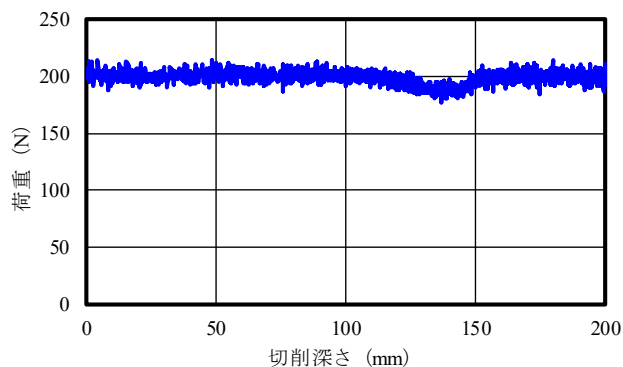


図-2 荷重と切削深さの関係

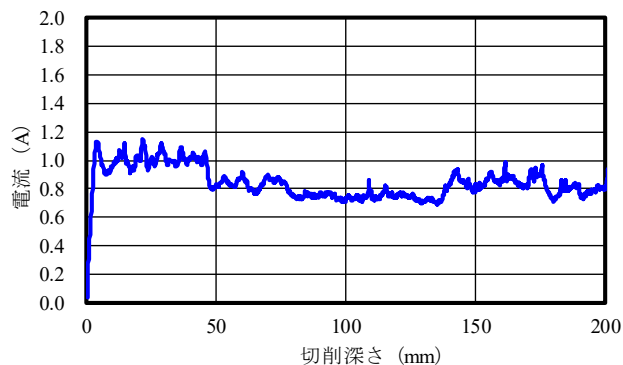


図-3 電流と切削深さの関係

厚さ 3mm, 長さ 300mm である。エアーコンプレッサーによる作用荷重は 0.72MPa とする。深さ方向 200mm を切削に要する最大所要時間を 5 分, 収録データ数を 3000 データと設定する。なお, 小口径コアビットの回転数は 1500rpm とする。

4. 実験結果

(1) 計測データ 本実験より得られた荷重と切削深さの関係を図-2, 電流と切削深さの関係を図-3に示す。

荷重と切削深さの関係より, 切削開始から終了まで荷重の変動があるものの 200N と一定の荷重で切削している。次に, 電流と切削深さの関係では切削深さ 0mm から 50mm 付近まで電流値の 0.9 ~ 1.1A の範囲で変動し, 平均 1.0A で切削されている。その後, 切削深さ 50mm を超えた付近から電流値が 0.8A まで低下し, 電流の変動があるものの平均 0.79A で切削されている。電流の変動が確認された位置は, SFRC と既設 RC 床版との界面であることから, コンクリートの圧縮強度に差異が生じていると推察される。また, この計測データを基に切削エネルギーを算出し, SFRC および既設 RC 床版の圧縮強度を推定する。

(2) 切削エネルギーおよび圧縮強度 計測データより算出された切削深さの関係を図-4, 圧縮強度と切削深さの関係を図-5に示す。

式(1)より得られた合計切削エネルギーは 0mm から 50mm すなわち SFRC 層では平均 1027J であり, 50mm 以降すなわち RC 床版層では平均 687J である。

次に, 式(2)で算出された圧縮強度は SFRC 層で

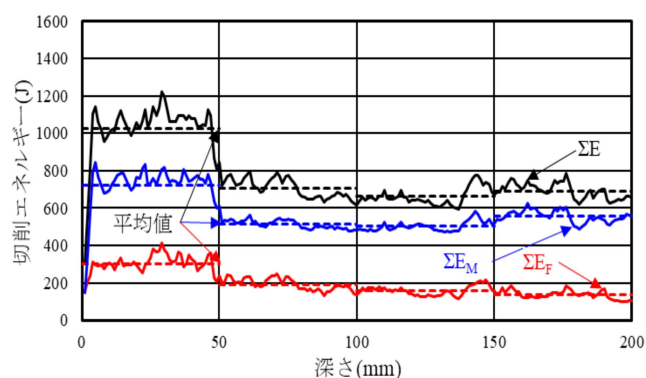


図-4 合計切削エネルギーと切削深さの関係

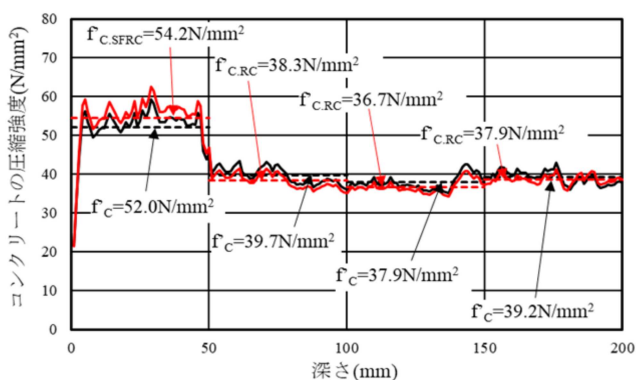


図-5 圧縮強度と切削深さの関係

51.2N/mm², RC 床版層で 38.7N/mm² と床版撤去時の圧縮強度と比較してそれぞれ 0.99 倍, 1.40 倍である一方, 式(3)で得られた RC 床版の圧縮強度は 37.6N/mm² と撤去時と比して 1.36 倍である。式(4)より得られた SFRC 層の圧縮強度は 54.5N/mm² と撤去時と比して 1.05 倍である。

以上より, 実橋梁床版と同等の圧縮強度が得られていることから小口径コア型試験装置を用いたコンクリートの圧縮強度の推定は可能である。

5. まとめ

小口径コア型試験装置に収録された計測データより, 作用荷重と回転数が一定に作用していることから電流の変動が著しい位置では内部変状を確認することが可能となる。また, SFRC と既設 RC 床版の強度差も反映される結果が得られた。

合計切削エネルギー式および圧縮強度推定式より算出された圧縮強度と実橋梁床版の強度と近似することから実構造物の強度を推定することが可能となった。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造シリーズ 27 道路橋床版の維持管理マニュアル 2016, 2016.10
- 2) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領, 2014.6
- 3) 阿部忠, 高野真希子：コンクリート構造部材の深さ方向性状測定方法及び装置, 特許第 6093951 号
- 4) 阿部忠, 大窪克己, 高野真希子：コンクリート構造部材の柱状サンプル採取方法, 特許第 6308541 号