

漏洩磁束法による UFC 床版内の PC 鋼より線の破断検出に関する基礎研究

神戸大学 正会員 ○三木 朋広
神戸大学 山内 晴貴

1. はじめに

軽量かつ高耐久なコンクリート系の道路橋床版の開発が行われており、床版の材料に超高強度繊維補強コンクリート (UFC) が用いられ始めた。これにより、超高強度な UFC の特徴を活かした極めて薄く軽量の床版ができる。床版厚が小さい場合、偶発的に生じる作用、例えば車両や落下物の衝突による大きな力を受けることでひび割れや PC 鋼材の破断等の損傷が生じる可能性がある。

PC 鋼材の腐食による破断検出に用いられる非破壊検査手法の一つに漏洩磁束法¹⁾がある。ただし床版に用いられる UFC は鋼繊維を含むため、漏洩磁束法がそのまま適用できない可能性がある。

本稿では、UFC 床版を用いて鋼繊維の有無、鋼繊維の混入量といった鋼繊維による影響、また 20mm、40mm、60mm のかぶりによる影響、PC 鋼より線の素線の破断本数による影響を調べる。加えて、漏洩磁束法による着磁方法や計測方法を工夫して、PC 鋼材の破断が検出可能かについて検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 供試体条件

PC 鋼材等を配置していない UFC パネルを使用した。供試体寸法は、長さ 1000mm×幅 600mm×厚さ 20mm とし、重ねる枚数で異なるかぶりの厚さを再現した。パネルは 2 枚並べて、全長 2000mm の区間を測定した。UFC の配合を表-1 に示す。また、PC 鋼材については、全長 2.3m の鋼材の中央位置において切断機を用いて所定の素線本数を破断させて、計測に使用した。

2.2 計測ケース

以下に示す計測ケースを設定した。

- ・かぶり (UFC パネルの重ねる枚数で調整した)
- ・鋼繊維量 (配合①0.88%、②1.75%)
- ・破断素線本数 (0, 1, 3, 7 本破断)
- ・破断位置 (パネル端部から 800, 1100, 1400mm)
- ・計測ケースの名称例
②①: パネルを 2 枚重ねてかぶり 40mm を再現
最初の②が床版表面側、次の①が鋼材側のパネル

表-1 UFC の配合

配合 No.	単位量 (kg/m ³)				鋼繊維
	水	結合材	細骨材	高性能減水剤	
①	195	1287	905	32.2	68.7(0.875Vol%)
②					137.4(1.75Vol%)

2.3 計測手順

漏洩磁束法による測定では、はじめに対象のパネルを脱磁し、PC 鋼棒の直上であるパネル端部から 100mm の位置を着磁して、その後測定した。次に、鋼材から 200mm と 400mm 離れた位置を同様に着磁した。この作業を整磁と呼び、整磁した後に測定した。また、測定を 2 回繰り返して、再現性を検証した。なお、着磁に用いた磁石は、磁束密度のオーバーレンジを抑制するため、スペーサを用いて磁気底面をパネルから 50mm 程度離して使用した。

3. 実験結果と考察

3.1 鋼繊維量とかぶり

測定結果において、パネルの重ねた枚数によってかぶりを変化させた。また、異なる鋼繊維の量による比較を図-1 に示す。ここでは破断本数 7 本、破断位置 1400mm の結果を示す。かぶりに関しては、変曲点である 1400mm 付近での青色の S 字曲線に着目すると、かぶりが 20mm ①において磁束密度は最大値 364μT、最小値-176μT より、変化量は 540μT であった。一方、かぶりが 40mm に相当する①①では変化量が 242μT であった。つまり、かぶりが増すにつれて磁束密度の変化量が小さくなった。このことから、かぶりが増すほど磁束密度の変化は小さく、鋼材破断の検出が難しくなることがわかる。

次に、鋼繊維の量に関して①と②の青色の磁束密度曲線において比較する。②において振幅の変化量は 309μT であった。①における変化量は 540μT であったことから、①に比べ②の振幅が小さいことがわかった。かぶりを大きくした①①と②②の場合についても同様であった。よって、鋼繊維の量が多いほど振幅が小さいため、破断を

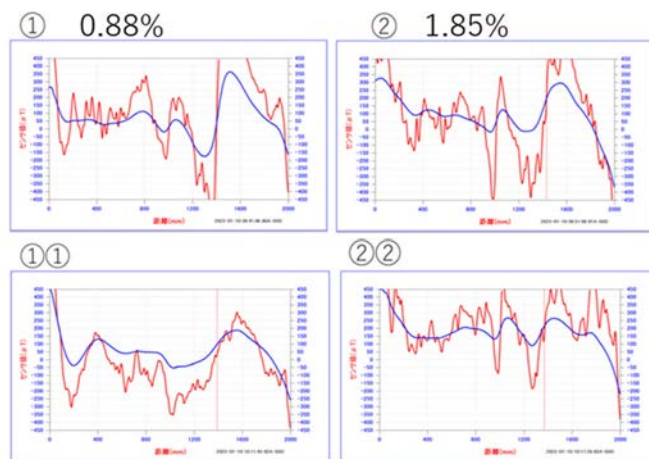


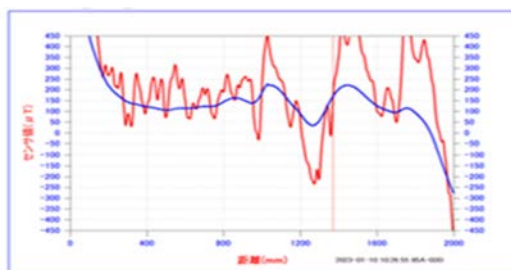
図-1 鋼繊維量・かぶりによる比較

キーワード 漏洩磁束法, PC 鋼より線, 破断検出, UFC パネル, 着磁, 脱磁

連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷1丁目 (外濠公園内) (公社) 土木学会 全国大会係 TEL 03-3355-



(a) ①②(PC 鋼材側がパネル②)



(b) ②①(PC 鋼材側がパネル①)

図-2 鋼繊維量の組み合わせによる比較

検出するのが難しくなる。

また、②のパネルを用いたグラフのほうが①を用いた場合より、赤い線で示されるパネル近傍のセンサの結果において凹凸が多くなっている。これは、②のパネルのほうが、鋼繊維が多いため、パネル内の UFC の鋼繊維が計測結果に影響したと考えられる。

3.2 鋼繊維量の組み合わせ

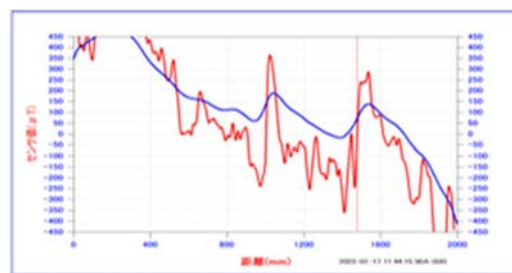
鋼繊維量の異なるパネルの上下を変えることで、表面から鋼材の破断までの間の鋼繊維の分布のばらつきを再現した。破断本数7本、破断位置1400mmとして、①②と②①を比較し考察する。これらの磁束密度曲線を図-2に示す。同図をみると、②が表面の上側にある場合の方が①が上側にある時よりも凹凸が多く、赤い線に着目すると破断位置付近において振幅が大きくなっている。よって、表面近くにおいて鋼繊維が多く分布するようなパネルの場合、破断検出の判断が困難となる。

3.3 隣り合う PC 鋼材が破断検出に与える影響

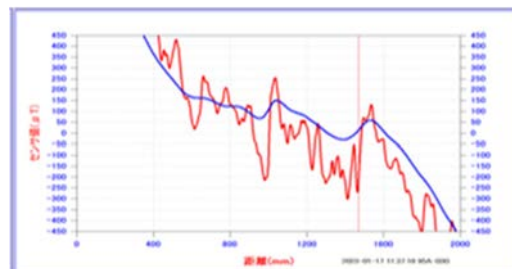
PC 鋼材を2本配置し、隣り合う PC 鋼材の影響について調べた。計測条件として、PC 鋼材はパネルの100mm上では7本破断、300mm上では0本破断とした。また、破断位置は1400mmとして、パネルは鋼繊維量が多い②のパネルを用いてかぶり厚は20mmとした。3本破断の計測結果の比較を図-3に示す。この図より、PC 鋼材2本の場合において全体的にセンサ値が小さくなった。

3.4 脱磁方法の検討

脱磁方法について、その影響範囲を検討するために、パネル表面全体の脱磁から PC 鋼材の真上だけを脱磁する方法を試行した。その結果、図-4のように1400mm付近の位置に明確に S 字曲線が残っており、脱磁による効果を十分に発揮した計測結果となった。

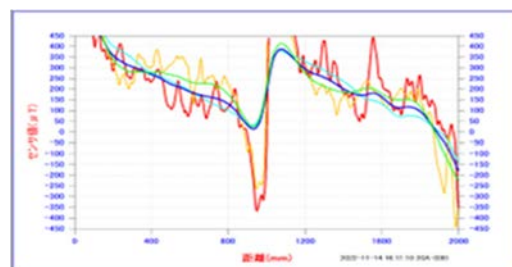


(a) 整磁後、3本破断 (PC 鋼材1本)

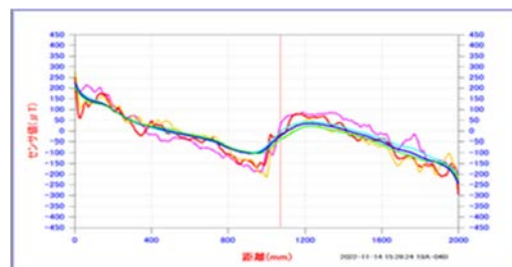


(b) 整磁後、3本破断 (PC 鋼材2本)

図-3 隣り合う PC 鋼材の影響



① 整磁後の計測結果



② 整磁、脱磁後の計測結果

図-4 パネル②②②、破断本数7本、破断位置

4. まとめ

- 1) 漏洩磁束法によって、UFC パネル中の PC 鋼材の破断検出ができる条件を把握した。鋼繊維量 0.88% のときは検出できる場合が多いが、鋼繊維量が 1.8% のときは、破断検出が困難であった。
- 2) 破断本数に関して、7本破断は検出しやすく、特に脱磁後の測定結果では明確に破断位置を確認できた。1本または3本破断に関しては、7本破断に比べると検出が困難な条件が多いことがわかった。

参考文献

- 1) 萩原直樹, 宮永憲一, 青木圭一: 実験による漏洩磁束法の適用性検証, 第24回プレストレストコンクリートシンポジウム論文集, pp.283-286, 2015.10