

ASR が発生したプレキャスト PC 床版の内部のひび割れ性状に関する研究

金沢大学 学生会員 ○畑野 翔哉
金沢大学 正会員 深田 幸史

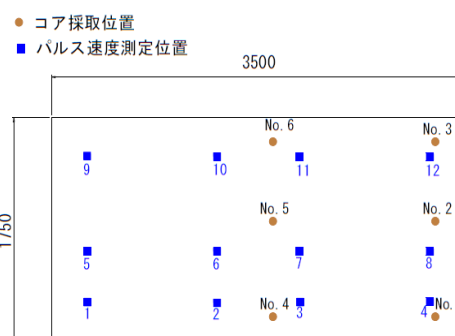
(株) 国土開発センター 正会員 浦 修造
金沢大学 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

現在、床版の更新事業において施工工期の短縮やコンクリートの高耐久化を目的として、プレキャストキャスト PC 床版を採用した事例が多数ある。しかし、プレキャスト PC 床版における ASR によるひび割れとそれに伴う劣化機構については、これまで詳細に検討されていないのが実状である。そこで本研究では ASR による劣化メカニズムを調べるために、常願寺川産の川砂と川砂利を使用した、実物大のプレキャスト PC 床版を製作し、実環境下（金沢大学構内）にて長期間屋外暴露（写真－1）し、PC 床版および採取したコアに対して非破壊検査手法を適用することでコンクリート内部の劣化性状について実験的に明らかにした。



写真－1 プレキャスト PC 床版試験体の



図－1 測定位置図

2. 実験概要

2. 1 使用材料および試験体の概要

プレキャスト PC 床版のコンクリートの配合を表－1 に示す。セメントには、早強ポルトランドセメント（密度：3.14 g/cm³）を使用し、反応性骨材には、富山県常願寺川産の川砂（密度：2.62 g/cm³，吸水率：1.85 %）および川砂利（密度：2.60 g/cm³，吸水率：1.45 %，Gmax：20 mm）を使用した。なお、コンクリートの ASR 膨張を促進

する目的で、添加アルカリ量（等価 Na₂O）が 10 kg /m³ となるように NaCl をコンクリートに 18.87 kg/m³ 添加した。本試験体で使用した鋼材は、D13（主鉄筋方向）、D19（配力鉄筋方向）で、PC 鋼材は、主鉄筋方向に高強度 PC 鋼より線 SWPR7BL（1S15.2）を上下に 5 本ずつ（合計 10 本）断面内に配置し、プレテンション方式で 1 本あたり 189.8 kN のプレストレスを導入した。本試験体は、既設鋼橋の桁間隔 3.0 m を想定し、主筋方向が 3500 mm，配力筋方向が 1750 mm，厚さが 240 mm とした。

2. 2 測定方法

床版全厚の各箇所において、超音波パルス伝播速度を 1 ヶ月間隔で測定を行い、暴露期間 26 カ月の段階の 2017 年 10 月（三夏経過）の時点で鉛直方向から直径 55 mm のコアを 6 本採取した。測定位置は図－1 に示す。そして、ASR によるコンクリート内部の劣化状況と強度低下との関係を把握するために、採取したコアに対し圧縮強度、静弾性係数、超音波パルス伝播速度の測定を行った。

3. 試験結果及び考察

厚さ方向に採取した貫通コアの劣化状況を写真－2 に示す（写真中のコア番号は図－1 を参照）。貫通コアは上下の PC 鋼材の位置で多くが折損（断裂）していた。とくに、上面部では採取位置（端部および中央部）に係らず、すべてのコアが破損しており、上面部の PC 鋼材付近で連続的な水平ひび割れ（縁切れ）が発生していた。それに対して、下面部は上面部よりも ASR が進行していないので、プレストレスによる拘束の小さい端部のみでコアの折損が発生していた。また、コアの採取時において、コアビット先端の回転によりセメントペーストの破壊と泥濘が生じており、いわゆるコンクリートの砂利化現象が再現されていた。

キーワード ASR, プレキャスト PC 床版, 非破壊試験, 超音波伝播速度

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学自然科学研究科 環境デザイン学専攻 TEL076-234-4605

表-1 プレキャスト PC 床版に使用したコンクリート

種別	粗骨材の 最大寸法 (cm)	スランブ (cm)	水 結合材比 (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				高性能 減水材 SP (C×%)	AE剤 (C×%)
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
H-暴露	20	12±2.5	38.7	4.5±1.5	150	388	816	950	0.65	0.003

プレキャスト PC 床版の厚さ方向の超音波パルス伝播速度(端部, 中央部 3 箇所)の平均)の変化を図-2 に示す. 超音波パルス伝播速度に関しては, 暴露開始時に 4600 m/sec (健全)のものが, 200 日経過後に約 3000 m/sec(やや良)に, さらに 400 日経過後に 2000 m/sec(不良)にまで大きく低下し, 400 日経過した時点で, プレキャスト PC 床版の上面で連続的なひび割れ(縁切れ)が発生したものと考えられた. さらに, ASR による水平ひび割れ(縁切り)の発生は, 採取コアの縁切れしていない部分から成形したコア試験体の超音波パルス伝播速度が 3500~3700 m/sec に対して, 床版全厚の値が 1200~1600 m/sec と, 1/2 以下になることから推定が可能であった. コア(中央部からの切出し試験体)の圧縮強度, 静弾性係数および超音波パルス伝播速度の結果を表-2 に示す. ASR が発生したコンクリートではコンクリートの弾性係数が圧縮強度よりも大きく低下することが知られている¹⁾. このため, コアの圧縮強度と静弾性係数の関係に関して, 圧縮強度の低下に比べて静弾性係数の低下がより大きくなり, 圧縮強度で設計基準強度の 50 N/mm²に対して 35 N/mm²と 30 %低下, 静弾性係数の 33 kN/mm²に対して 10 kN/mm²と 70 %大きく低下した. このように, ASR が発生したプレキャスト PC 床版は厚さ方向に水平ひび割れが多数発生しており, この水平ひび割れが部材の耐荷力や使用性の急激な低下をもたらす原因になると推測された.

4. まとめ

- (1) 暴露開始 400 日経過した時点で, プレキャスト PC 床版の上面で連続的なひび割れ(縁切れ)が発生したものと推測され, 採取した貫通コアは水平ひび割れの影響により PC 鋼材の上下の位置で多くが折損(断裂)していた. このことから, PC 鋼材とコンクリートの付着力は低下していることが予測された.
- (2) 採取したコアは圧縮強度の低下に比べて静弾性係数の低下がより大きくなり, 水平ひび割れが部材の耐荷力や使用性の急激な低下をもたらす原因になると推測された. 今後も引き続き計測を行い, 耐荷性能の検討も行っていく予定である.

参考文献

1) 久保善司, 上田隆雄, 黒田保, 野村倫一: アルカリ骨材反応による膨張がコンクリートの力学的性能に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1961-1966, 2006.



写真-2 採取したコアの折損状況露出状況

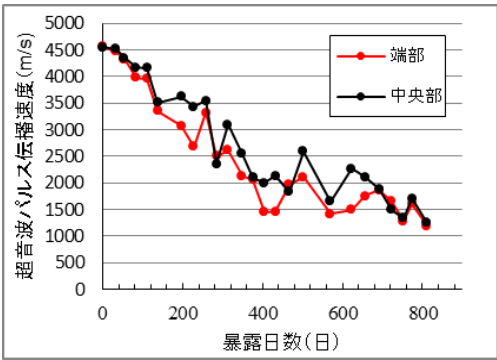


図-2 試験体の超音波伝播速度の経時変化
(鉛直方向)

表-2 コアの圧縮強度, 静弾性係数および超音波伝播速度の測定値

部位	箇所 No	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	コアの 超音波パルス 伝播速度*1 (m/sec)	試験体の 超音波パルス 伝播速度*2 (m/sec)	断裂本数 (本)
端部	No.1	34.6	12.9	3,900	1,110	5
	No.2	38.0	9.80	3,590	640	5
	No.3	35.5	9.21	3,640	1,820	4
	平均	36.0	10.6	3,710	1,190	4~5
中央部	No.4	36.8	10.5	3,710	2,030	3
	No.5	45.6	12.9	3,380	1,200	3
	No.6	49.0	12.1	3,480	1,570	2
	平均	43.8	11.8	3,520	1,600	2~3

*1 コア(試験体中央部, 長さ: 110mm)の測定値
*2 コア採取位置での試験体(厚さ: 240mm)の測定値