

ASR劣化を受けるPC部材の長期計測実験および中間載荷試験に関する報告

(社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 ○堀川 智司  
 (社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 奥山 和俊  
 (社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 大久保 孝  
 (社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 井隼 俊也

1. はじめに

(社) プレストレスト・コンクリート建設業協会では、アルカリ骨材反応(以降、ASRという)劣化を受けるPC部材の長期の基礎的性状の確認およびその劣化対策を検討することを目的とし、「ASR対策検討委員会」(委員長: 京都大学大学院 宮川豊章教授)を設け、大型PC梁による長期計測を実施している<sup>1)2)3)4)</sup>。

本稿では、シリーズI試験体の屋外暴露から材令774日(2007年3月)までの長期計測および使用限界状態を想定した中間載荷試験(2006年12月実施)について報告する。

2. 長期計測試験体概要

試験体の概要を表-1に、構造寸法を図-1示す。試験体は、ASR劣化の基礎的性状を把握するため反応性骨材と非反応性骨材を用いた大型と小型のものをそれぞれ製作し、長期計測を実施している。

表-1 試験体の概要

試験体No	試験体サイズ	使用骨材	試験体名
I-1-a	大型 (1200×1250×7500)	反応性骨材	大型ASR試験体
I-1-b		非反応性骨材	大型健全試験体
I-2-a	小型 (535×560×4000)	反応性骨材	小型ASR試験体
I-2-b		非反応性骨材	小型健全試験体

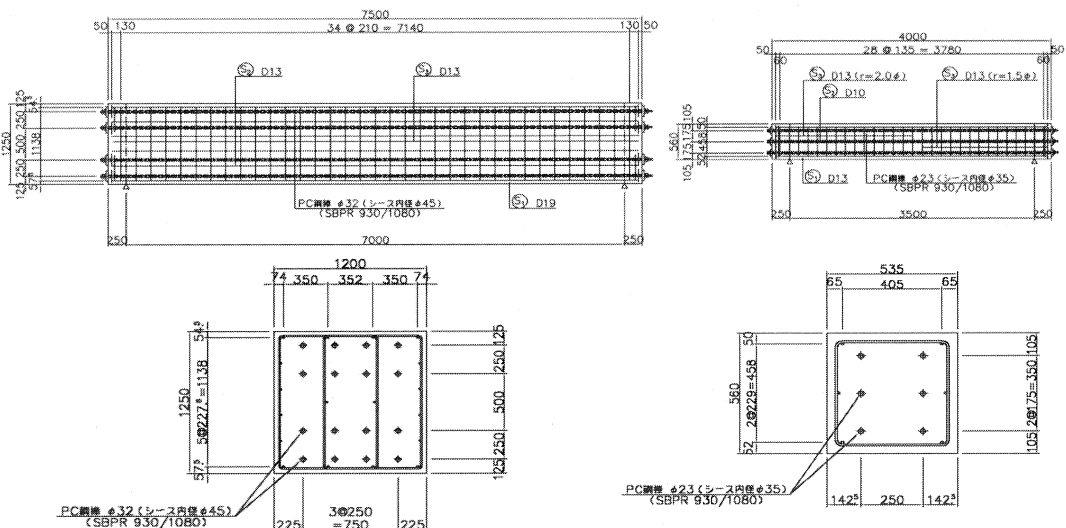


図-1 大型および小型試験体構造図

3. 長期計測

3.1 ひび割れ観測状況

大型ASR試験体の材令774日における上面および側面のひび割れ発生状況を写真-1に示す。大型ASR試験体には、ASR劣化を受けるPC部材に特有であるプレストレス導入方向の水平ひび割れ(幅0.05mm~1.2mm)が多数発生している。なお、大型健全試験体には目立ったひび割れは発生していない。

前回までの報告では、ひび割れ密度については、ひび割れ長さをパラメータとして算出(以降、方法Aという)していたが、今回よりひび割れ幅の影響を考慮することを目的とし、ひび割れ長さにひび割れ幅を乗じた面積比として算出(以降、方法Bという)した。ひび割れ密度算出方法の違いを検証するため、大型試験体でのひび割れ密度推移を図-2に示す。方法Aの算出方法では、今回の計測でひび割れ密度が減少に転じる算出結果を得たが、方法Bの算出方法では、材令進行に合わせてひび割れ密度が増加する対応関係が得られた。このことから、PC部材のASR劣化進行を評価するひび割れ密度は、ひび割れ幅の影響を考慮することで、評価手法としての精度向上に役立つと考えられる。図-3に、気温及び降水量と方法Bによるひび割れ密度のグラフを示す。過年度の報告と同様に、ひび割れ密度の進展は、気温や降水量の変動に比例して、夏期において増加し、冬季において緩慢となることが確認できる。

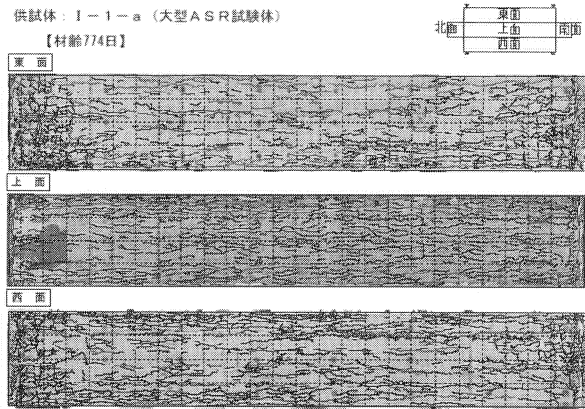


写真-1 大型ASR試験体ひび割れ発生状況

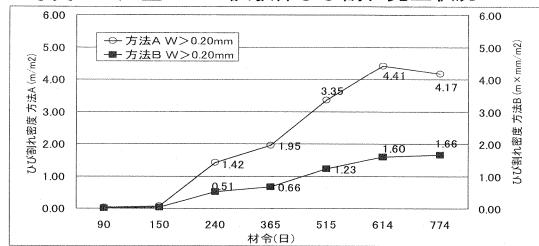


図-2 ひび割れ密度の推移比較

### 3.2 圧縮強度および静弾性係数

シリンダーテストピースによる圧縮強度および静弾性係数の結果を図-4および図-5に示す。ASR試験体の圧縮強度および静弾性係数は、材令774日では健全の数値に対し、圧縮強度で約67%、静弾性係数で約25%であり、顕著な低下が確認された。しかし、これは拘束を受けてないテストピースの結果であり、実試験体の静弾性係数を表すものではないことを付記する。

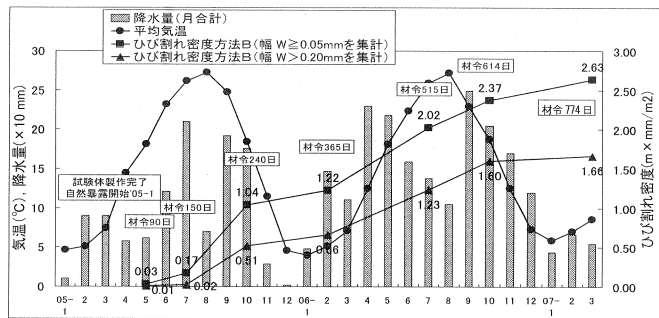


図-3 気温・降水量とひび割れ密度

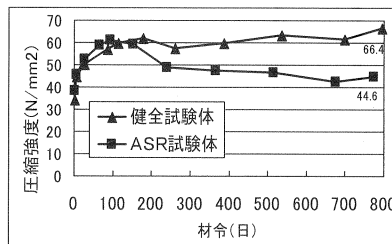


図-4 圧縮強度の推移

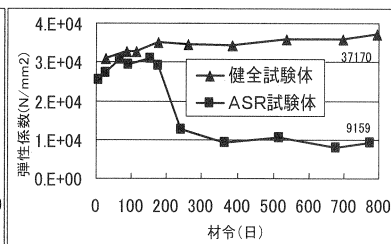


図-5 静弾性係数の推移

### 3.3 超音波伝播速度特性

大型試験体の超音波伝播速度結果を図-6に示す。超音波伝播速度は、ひび割れが顕著となった材令180日で大きく低下し、その後ひび割れ密度の進展に伴って低下している。今回計測した材令774日では3500~3600m/sの結果を得た。

### 3.4 PC鋼材ひずみおよび緊張力

大型試験体の支間中央断面のPC鋼材ひずみを図-7に、ロードセルによる緊張力を図-8に示す。ASRおよび健全試験体において材令774日まで、PC鋼材ひずみおよび緊張力に顕著な差異は認められていない。これらの測定結果より、現時点におけるASR試験体の残存プレストレスは、健全試験体と同程度であるといえる。今後とも、注意深く計測を続け最終的な残存プレストレスの挙動を報告する予定である。

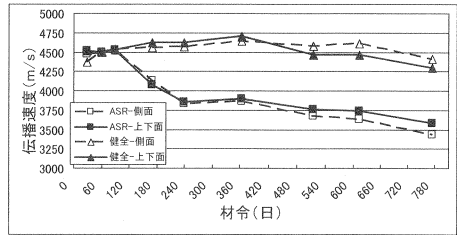


図-6 超音波伝播速度の推移

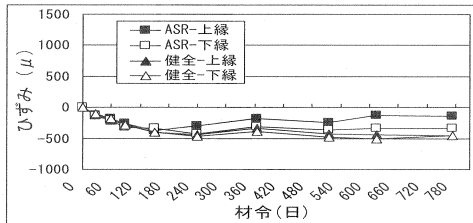


図-7 PC鋼材ひずみの推移

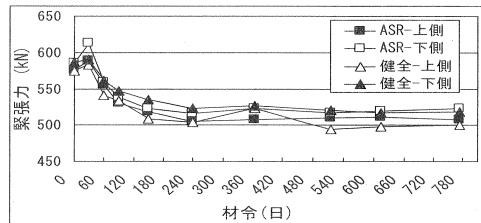


図-8 PC鋼材緊張力の推移

## 4. 中間載荷試験

### 4.1 試験目的

ASR劣化を受けたPC上部構造物を念頭におき、劣化状況下における力学的挙動を確認することを目的として、中間載荷試験を行った。今回は材令22ヶ月経過した大型試験体を用いて、使用限界状態に相当する荷重を載荷し、ASR劣化を受けたPC梁の性状を計測・検証した。大型ASR試験体には、ASR劣化による顕著な水平方向ひび割れが多数生じており、シリンダーテストピースでの試験及び超音波伝播速度測定の結果から弾性係数の低下を確認している。今回の中間載荷試験の主な確認項目として、①水平ひび割れの平面保持性能に対する影響、②弾性係数低下をうけた試験体での挙動確認、③ASR劣化PC部材の復元性能とした。

### 4.2 試験計画

載荷試験の計測には、大型のASR試験体および健全試験体を用いた。今後の長期計測に影響を及ぼさないように支間中央部における下縁側のコンクリート応力が、コンクリートの曲げ引張強度相当(-1.99N/mm<sup>2</sup>)を目標値として、載荷最大荷重(1500kN)を計画した。載荷ステップを図-9に示す。

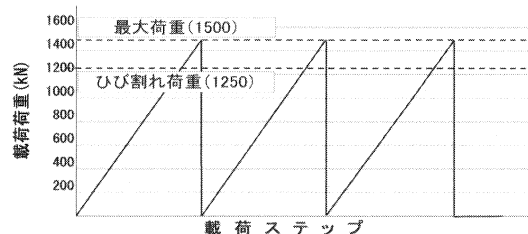


図-9 載荷ステップ図

### 4.3 試験結果

#### (1) 鉛直変位

ASR試験体の剛性評価を目的として、図-10に荷重-鉛直変位関係を示す。グラフは、高感度変位計による計測値と、健全骨材のシリンダーテストピースで得られた静弾性係数をもとに算出した荷重-鉛直変位関係の設計値を示す。ASR試験体での荷重-変位曲線において、勾配の差異はあるものの健全試験体と同様の線形性および

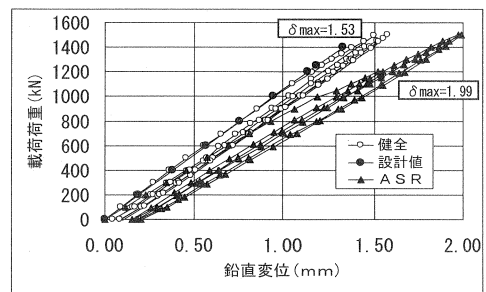


図-10 荷重-変位曲線

び復元性能も有していることが確認できた。また、載荷最大荷重時における鉛直変位は、設計値  $\delta_{max}=1.42\text{mm}$  に対して、健全試験体は  $\delta_{max}=1.53\text{mm}$ 、ASR試験体で  $\delta_{max}=1.99\text{mm}$  となっており、ASR試験体において約77%の剛性低下が確認できた。

(2) 軸方向 (コンクリート・鋼材) ひずみ

水平ひび割れが多数生じているASR試験体の平面保持性能の確認を目的として、コンクリート表面ひずみおよびコンクリート内部の軸方向鋼材ひずみの計測を行った。それらの試験時の最大荷重時の計測値を図-11、および図-12に示す。コンクリート表面ひずみおよび鋼材の軸方向ひずみのどちらの測定結果においても、ASR試験体の勾配が健全試験体に比べ緩やかであり、前述の鉛直変位と同様に約80%程度の剛性低下が確認できた。しかし、平面保持性能を示す断面高さ方向でのひずみ分布は、概ね線形性を有しており水平ひび割れにより懸念された「重ね梁」としての挙動は認められなかった。また、図-13に示した各荷重ステップ時のひずみから、コンクリート表面のひずみとコンクリート内部の軸方向鉄筋ひずみの挙動が同様であること、試験体の上段と下段のひずみ分布がほぼ相似形であることから、鋼材の附着性能についても保持されていることが推察される。

5. まとめ

材令774日を経過したASR劣化を受けるPC部材の長期計測と中間載荷試験結果について報告した。現在までの知見を以下に示す。

- (1) ひび割れ密度の算出では、ひび割れ幅を考慮することで、ひび割れ長さのみ評価に比べ、評価指標としての精度向上が確認できた。
- (2) 現時点までのASR試験体の残存プレストレスは、健全試験体と同程度であった。
- (3) ASR試験体の平面保持性能及び鋼材附着性能は、使用限界状態相当の荷重に対して健全試験体とほぼ同様に保持されていることが確認できた。

本実験がPC部材のASRに関する研究の一助となるよう、今後も真摯に取り組む所存である。

参考文献

- 1) 大久保, 真鍋, 井俣, 宮川: ASRによる劣化を受けるPC部材の長期性状評価に関する実験的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集第5巻, pp179-184, 2005年10月
- 2) 上仁, 真鍋, 廣井, 宮川: ASRによる劣化を受けるPC部材の長期性状評価に関する実験計画, プレストレストコンクリート技術協会, 第14回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集 pp299-302, 2005年11月
- 3) 城代, 真鍋, 廣井, 宮川: ASRによる劣化を受けるPC部材の長期性状に関する報告, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集 Vol.1.6, pp. 117-122, 2006年10月
- 4) 中村, 米川, 井俣, 梅本: ASR劣化を受けるPC部材の長期計測実験に関する中間報告, プレストレストコンクリート技術協会, 第15回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集 pp93-96, 2006年10月

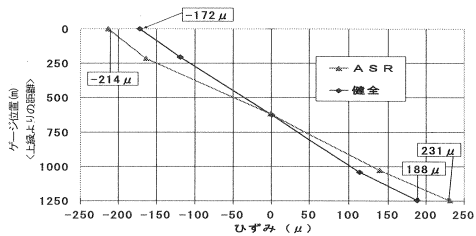


図-11 コンクリート表面ひずみ

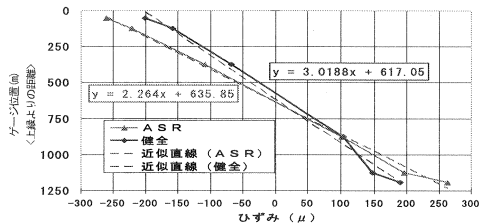


図-12 鉄筋・PC鋼材ひずみ

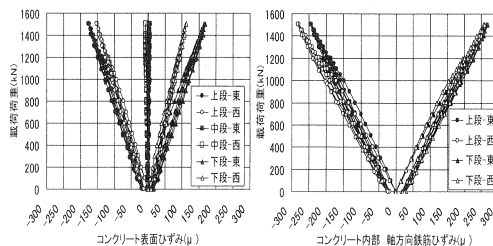


図-13 各荷重ステップ時のひずみ