

ASR劣化したPC大型試験体の載荷試験報告

(株) I H I インフラ建設 正会員 ○廣井 幸夫
 川田建設(株) 正会員 大久保 孝
 (株) ピーエス三菱 正会員 桐川 潔
 京都大学大学院 山本 貴士

1. はじめに

高度成長期に建設された大量のコンクリート構造物の老朽化に対する適切な対応が課題となっている。なかでも、アルカリシリカ反応（以下、ASR）による劣化では、コンクリートそのものの強度低下と併せ構造物内部の鉄筋の破断という深刻な事例も報告されており、構造物の長寿命化を図るためさらなる技術開発が必要とされている。しかし、これまでに行われてきた ASR に対する研究では、実験室レベルの供試体寸法にて実施されている事例が多く、かつ ASR 特有の内部における空間的劣化情報の把握などまで及んでいないのが現状である。そこで、京都大学大学院宮川教授を中心とした我々研究メンバーは、ASR 劣化した構造物への適切な対策を選定するため、非破壊診断技術と数値解析技術を連動させ ASR 劣化構造物の力学性能を精緻に推定できる技術の研究を進めている。本書では、その一環として行った長期暴露した PC 大型試験体の載荷試験結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 試験体概要

本試験に用いた試験体は、2005年2月に大型（本書にて報告）、中型それぞれ健全、ASRの合計4体を製作¹⁾し、2012年8月迄、約90ヶ月屋外暴露した後、載荷試験を行った。試験体概要を図-1に示す。

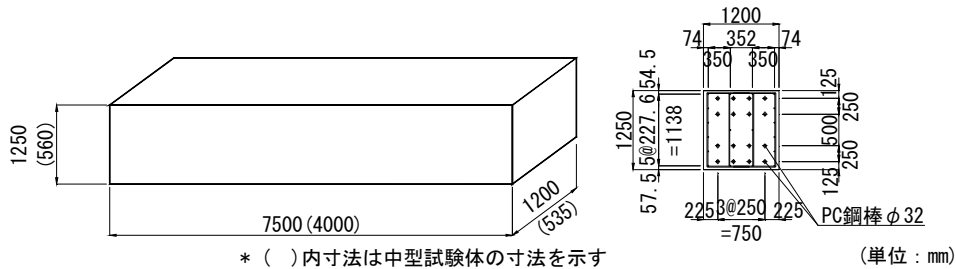


図-1 試験体概要図

2.2 長期試験結果

コンクリート、鉄筋、PC鋼材のひずみ、ひび割れ密度などについて約90ヶ月計測を行った。従来のひび割れ長さにて算定するひび割れ密度のみでなく、本研究では、ひび割れ幅も考慮したひび割れ密度を提案した。その結果を図-2示す。載荷試験時はひび割れ密度 $5\text{m}\cdot\text{mm}/\text{m}^2$ （ひび割れ幅とひび割れ長さの積）と非常に劣化が進行した状態であった。

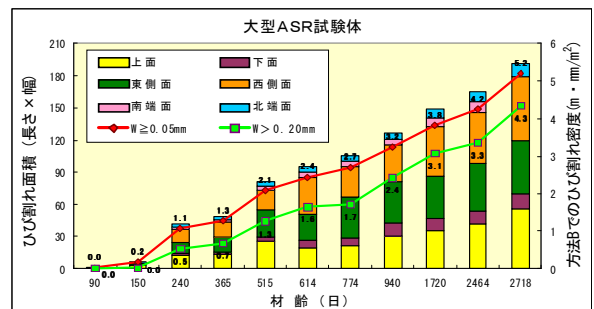


図-2 ひび割れ幅を考慮したひび割れ密度

2.3 試験内容

本試験では、曲げ耐力を算定する破壊試験のみでなく、数多くの試験項目を行った。ここではその代表的なものを記載する。

(1) 荷重試験

曲げ耐力の比較を目的とし、前述の 4 試験体の荷重試験 (写真-1) を行った。その際、ASR 特有の橋軸方向ひび割れが曲げ耐力に与える影響を確認した。

(2) 試験体内部の観察

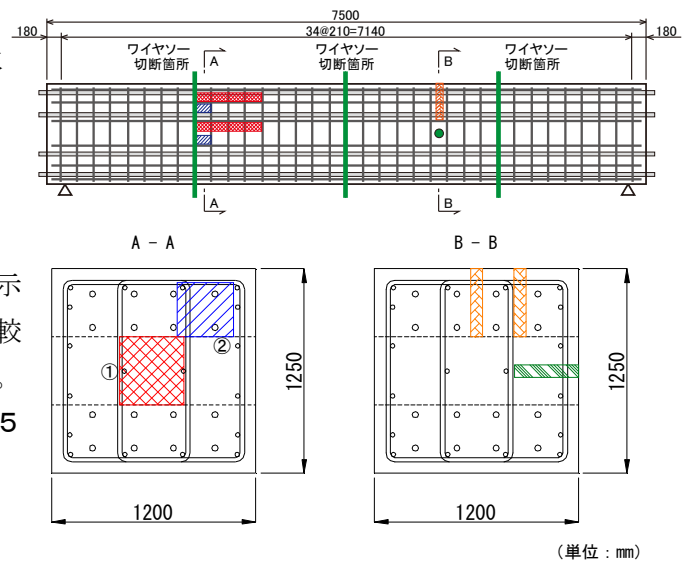
荷重試験を行った後、試験体を切断し内部の劣化状況、ひび割れ進展状況の確認を行った。

(3) テストピース採取による物性値の確認

荷重試験後の試験体よりテストピース (以下、TP) を採取し、試験体の物性値の確認を行った。その際、プレストレスを導入している橋軸方向からも TP を採取した。試験体切断面、TP 採取位置を図-3 に示す。



写真-1 荷重試験状況



- : 橋軸方向①の範囲から採取
 - : 橋軸方向②の範囲から採取
 - : 鉛直
 - : 直角
- (単位: mm)

図-3 試験体切断面、TP 採取位置

3. 試験結果および考察

3.1 荷重試験結果

荷重試験の結果から得られた荷重変位曲線を図-4 に示す。またASR試験体、健全試験体の曲げ破壊荷重を比較した結果、ほぼ同様の結果となった (ASR/健全=0.996)。

さらに、ASR試験体、健全試験体のひび割れ挙動を図-5 に示す。比較検証した主たる結果は以下の通りである。

- ① ひび割れ間隔 (ASR < 健全), 曲げひび割れ範囲 (ASR > 健全) となった。
- ② ASR試験体の曲げひび割れは健全試験体に比べ本数が多く、ひび割れに連続性を有していない。また、進展方向も明確でない。(健全試験体は荷重点直下方向へ進展)

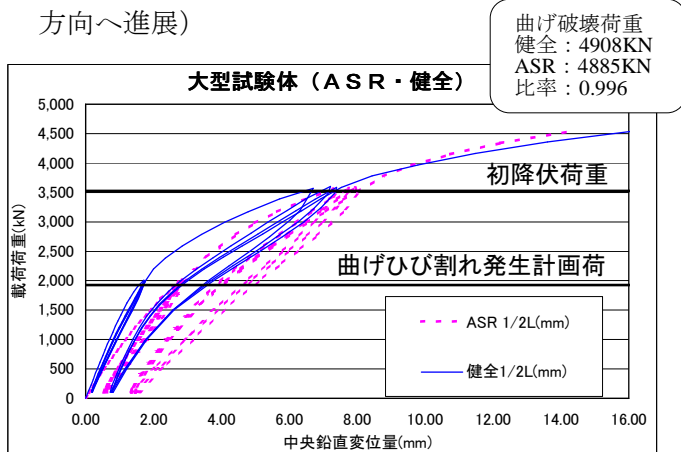
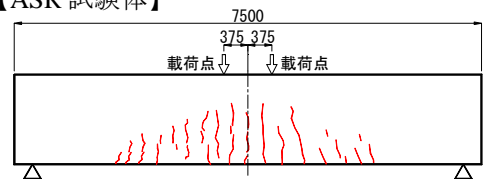


図-4 荷重変位曲線の比較

【ASR 試験体】



【健全試験体】

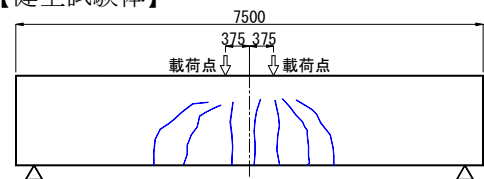


図-5 ひび割れ挙動の比較

3.2 試験体内部の観察

荷重試験後、橋軸方向に4分割し、支間中央部、1/4支間部切断面の目視確認を行った (写真-2)。その結果、数本の内部ひび割れは確認されたが、概ねASR劣化によるひび割れはかぶり部内であった。

3. 3 テストピースによる試験結果

試験体よりφ100mm, L=600mmのコアを採取し, 拘束解放の影響(部材内部に対する鉄筋拘束などの影響)を考慮し一時間以内に試験を行った。採取位置は ASR 劣化状況を考慮し内部, 表面とした(図-3)。大型試験体(ASR・健全)の TP による物性値(圧縮強度, 静弾性係数, 引張強度)の試験結果を図-6に示す。圧縮強度については, 軸方向, 鉛直方向とも ASR 試験体の方が低下し, 健全試験体に対する比率は 45~68%程度となった。ASR 試験体の静弾性係数は, 軸方向では健全に対する比率が 60%程度なのに対し, 鉛直方向の比率は 18%程度となった。これは ASR 劣化に伴う水平ひび割れの影響と考えられる。引張強度については, 軸方向, 鉛直方向とも健全に対する比率は 50%程度であった。

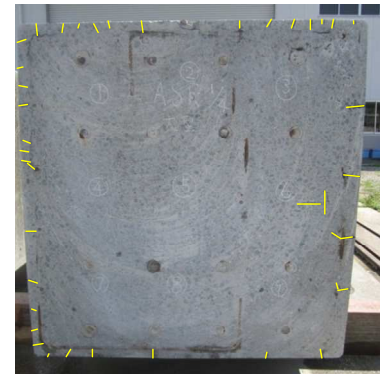


写真-2 切断面の状況

3. 4 試験結果による考察

各試験より得た結果についての主たる考察を記す。

(1) 載荷試験結果

最大荷重時の荷重変位曲線において, ASR試験体は健全試験体に比べ勾配が緩慢(図-7)である。これはASR試験体の方が曲げひび割れ分散性が高く, 剛性低下速度についても緩慢であったと考えられる。

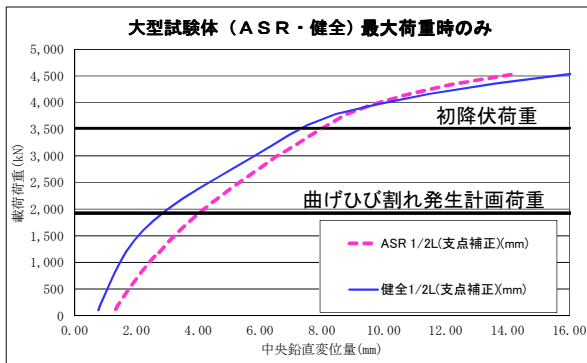


図-7 最終 STEP の荷重変位曲線

さらに, PC 鋼材ひずみ値を用い中立軸の算定を行った(図-8)。各々の中立軸を比較した結果, ASR 試験体の方が低い位置にある。これは, 健全試験体の曲げひび割れが荷重増加と共に漸進するのに対し, ASR 試験体では既存の水平ひび割れに曲げひび割れ挙動が抑制され不連続な曲げひび割れ形状となり漸進が緩慢であったと考えられる(図-9)。

(2) 試験体内部の観察

ASR 劣化によるひび割れが概ねかぶり部内であったのは, スターラップ筋による拘束効果の影響であると考えられる。

(3) TP による試験結果

荷重変位曲線より算定した静弾性係数は, TP による結果よりも高い傾向を示している(表-1)。

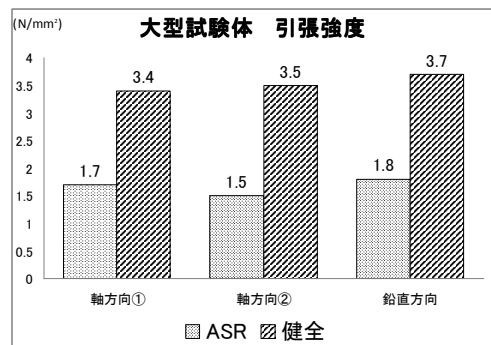
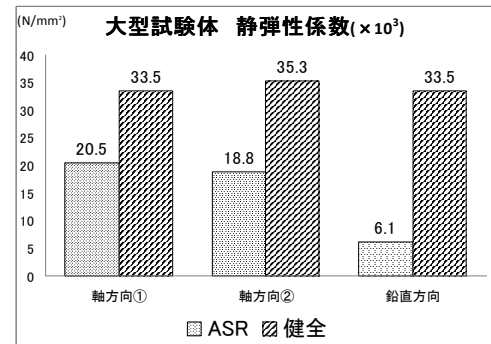
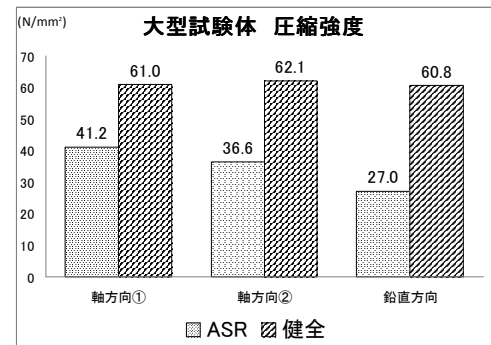


図-6 TP による物性値

これは部材内に配置した鉄筋拘束の有無による影響と考えられる。また、この比率が健全と ASR にて異なる (健全 : 1.3, ASR : 1.5) 要因は、コア採取時の拘束解放の影響と考えられる。

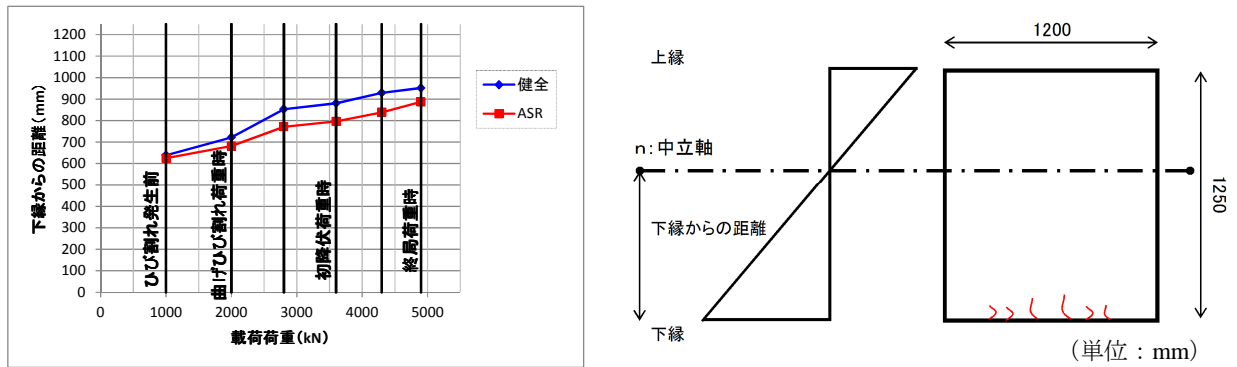
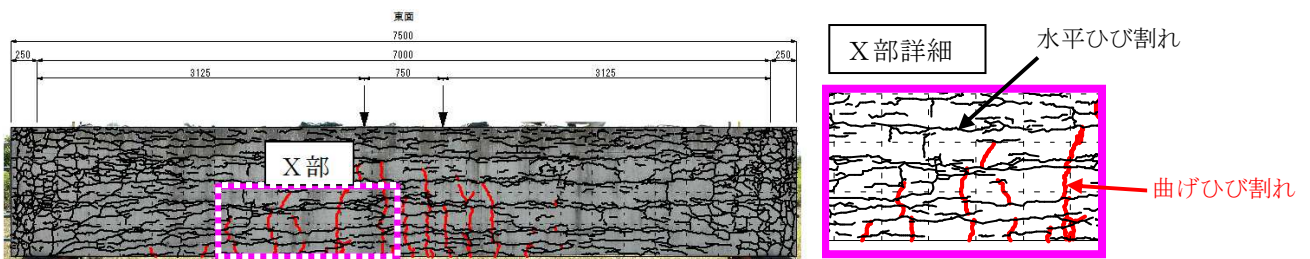


図-8 中立軸の推移



(単位 : mm)

図-9 ASR 試験体の曲げひび割れ

表-1 載荷試験と TP の静弾性係数の比較

単位 : N/mm²

		ASR	健全	ASR/健全
載荷試験結果	①	29400	43000	0.684
TPによる結果	②	19700	34400	0.573
載荷試験/TP	①/②	1.492	1.250	

4. まとめ

以上の結果を踏まえ本試験より得られた知見を記す。

- ① ASR 試験体の曲げ耐力は健全試験体と同程度であった。
- ② ASR 劣化特有の水平ひび割れを有する試験体においても、終局荷重時まで重ね梁的な挙動を示すことなく、平面保持性能は確保されていた。
- ③ 載荷試験時における中立軸位置は、健全試験体に比べ ASR 試験体の方が低い位置にあった。
- ④ 所定のスターラップ鋼材を配置した構造物では、拘束効果の影響により ASR 劣化ひび割れは概ねかぶり部内までであった。

謝辞 : 本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度における研究課題「ASR 劣化構造物の力学的性能推定技術の確立 (研究代表者: 宮川豊章)」の研究助成を受けて実施したものである。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) プレストレスト・コンクリート建設業協会 ASR 対策検討委員会 報告書, 2009