

ASR 劣化した PC 梁部材の曲げ耐荷力と破壊性状

金沢大学大学院 学生員 ○尾花 祥隆 (株) 安部日鋼工業 正会員 蓑田 理希
 新日鐵高炉セメント (株) 古川 柳太郎 金沢大学自然科学研究科 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

PC 構造物はプレストレスによりひび割れを抑制できることや、RC 構造物と比較して高強度コンクリートが用いられることから耐久性が高い構造物である。しかし、近年、構造物が設置される環境条件や使用材料によっては PC 構造物にも ASR による劣化の事例が報告されている。

本研究では、ASR を生じた PC 梁試験体のひび割れ性状と耐荷力、破壊性状の関係を調べることを目的とし、反応性骨材を含有する PC 梁試験体を作製し、屋外暴露した後、材齢 15 ヶ月が経過した時点で曲げ載荷試験を実施した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

本研究には、早強ポルトランドセメント（密度：3.14g/cm³，比表面積：4510cm²/g，記号：H）を使用した。また、反応性骨材として、北海道札幌近郊産の安山岩（化学法（JIS A1145）の結果：Sc=688mmol/l，Rc=78mmol/l，Sc/Rc=8.8，記号：A）の碎石および砕砂，無害骨材として、岐阜県揖斐川産の川砂および川砂利（化学法（JIS A1145）の結果：Sc=33mmol/l，Rc=64mmol/l，Sc/Rc=0.5，記号：G）を使用した。

2. 2 試験体概要

PC 梁試験体は、断面 150mm×300mm×長さ 3000mm であり、1S15.2 の PC 鋼材を下縁より 50mm の位置に 1 本配置したものである。スターラップは直径 10mm の鉄筋を使用し、その間隔は 150mm とした。また、初期養生条件は蒸気養生（60℃）とし、打設 18 時間経過後、プレテンション方式によりプレストレス（導入直後の応力：1261N/mm²）を導入した。その後、約 2 週間経過した後、岐阜県内の工場敷地で屋外暴露を実施した。

2. 3 測定項目

PC 梁試験体の膨張率の測定は両端より 300mm の位置および支間中央とし、試験体側面の上縁および下縁にて部材軸方向、部材軸直交方向の計測を行った。曲げ載荷試験は対称 2 点集中載荷方式（せん断スパン 800mm，a/d=3.2）として、破壊までの支間中央の変位およびコンクリートのひずみを測定した。なお、本研究においては、プレストレス導入方向を部材軸方向としている。

3. 実験結果および考察

3. 1 屋外暴露時の PC 梁試験体の膨張率

PC 梁試験体の膨張率を図-1 に示す。H-A は、暴露開始直後から大きな膨張を生じ、側面に 0.4~0.8mm のひび割れが多数発生した。コンクリートの膨張率は試験体上部および部材軸直交方向にて大きくなっているのが特徴である。これは、PC 梁試験体上部では引張応力が作用するのに加えて、日射や雨水等による水分の供給など環境条件の影響により ASR が促進されること、試験体下部ではプレストレスにより膨張が抑制されること、によるものと考えられる。また、PC 梁部材では軸方向の膨張が拘束されるため、PC 鋼材に沿ったひび割れが生じ、部材軸直交方向の膨張が増大したものと考えられる。

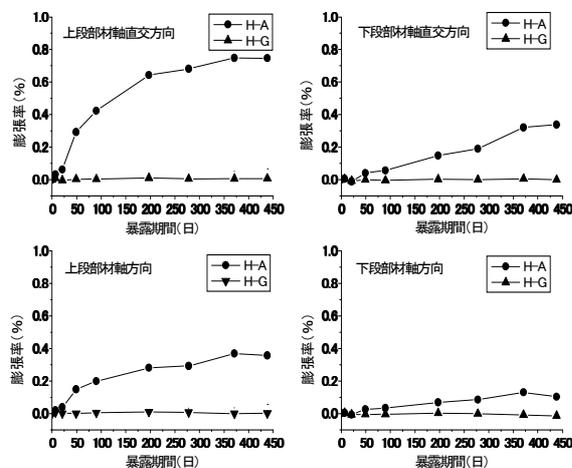


図-1 コンクリート表面の膨張率の経時変化

キーワード：アルカリシリカ反応，ひび割れ性状，耐荷力，破壊性状

連絡先 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 TEL 076-264-6373

3. 2 PC 梁試験体の曲げ耐力および破壊性状

曲げ載荷試験における PC 梁試験体の荷重-変位曲線を図-2に示す。初期値として暴露開始 28 日時点に実施した H-G の結果と暴露開始 465 日時点に実施した H-G, H-A の結果を合わせて示す。ASR を生じた試験体 H-A は、健全な試験体 H-G と比較して、弾性域内の荷重 50kN 時の変位は H-G が 1.56mm, H-A が 3.29mm と大きくなり、初期剛性は 50% も低下していた。これは、圧縮域の上部のひび割れやコンクリートのヤング係数の低下が影響しているものと考えられる。また、最大耐力は材齢 465 日時点の結果から、H-A は H-G と比較すると、およそ 8% の低下を示した。これは ASR 劣化により生じたひび割れで試験体上縁コンクリートがブロック化し、上縁側コンクリートの剥離とそれに伴う圧縮域の減少を生じたことが影響しているものと考えられる。

PC 梁試験体の破壊形態は、H-A①は上部コンクリートの圧壊、H-A②は PC 鋼線の破断と同様の試験体で相違する結果を示した。H-A②の PC 鋼線の破断については、ASR によるコンクリートの膨張に PC 鋼線が追従することにより、PC 鋼線の引張応力が増加すること、および載荷時に約 30mm のそりを生じていた試験体に載荷することで、PC 鋼線にはさらに引張力が付加したことが原因であると考えられる。また、載荷終了後の H-A②でも H-A①と同様に上縁コンクリートの剥離が確認できた。H-A に関しては、圧縮域のコンクリートが脆くなっていたこと、PC 鋼線の緊張力が過大になっていたことにより、コンクリートの圧壊と PC 鋼線の破断の両方が生じうる状態であったと考えられる。

3. 3 PC 梁試験体の膨張率と採取コアの物性値との関係

コンクリートの膨張率と圧縮強度およびヤング係数の関係を図-3に示す。コンクリート表面の膨張率の増大に反比例して、コンクリートの圧縮強度およびヤング係数が低下しているのが分かる。すなわち、PC 鋼材の拘束を受ける試験体下縁の軸方向より採取したコアは、圧縮強度、ヤング係数の低下がほとんどないのに対して、拘束が小さい上縁、端部および直角方向より採取したコアは、膨張率の増加に反比例して圧縮強度およびヤング係数がともに低下していた。

4. まとめ

本研究で得られた主要な結果をまとめると、以下のようである。

- (1) PC 梁部材では環境条件や PC 鋼線による拘束により試験体上部および部材軸直交方向の膨張が卓越した。
- (2) ASR が発生した PC 梁試験体の最大耐力は 8% 低下し、最終的な破壊形態は上部コンクリートの圧壊と PC 鋼材の破断が生じた。
- (3) PC 部材のコアの圧縮強度およびヤング係数はコンクリート表面の膨張率より推定できた。

謝辞：実験にご協力いただいた BSPC 研究会に感謝いたします。

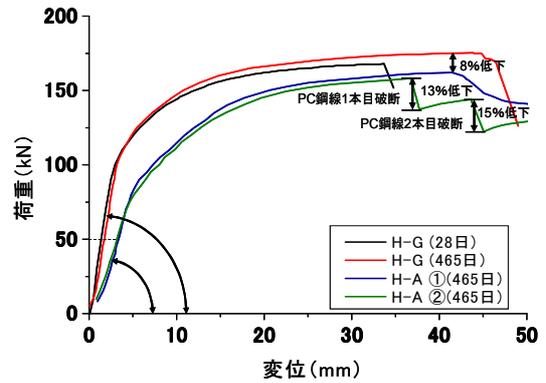


図-2 PC 梁試験体の荷重-変位曲線

表-1 PC 梁試験体の曲げ載荷試験の概要

試験体番号	材齢	円柱供試体		梁試験体		破壊形態
		圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)	
H-A①	465日	42.2	14.6	162	41.47	コンクリートの圧壊
H-A②				158	36.76	P鋼線の破断
H-G①		77.7	38.5	174	35.30	コンクリートの圧壊
H-G②				176	43.86	コンクリートの圧壊
H-G	28日	63.4	33.0	168	33.67	コンクリートの圧壊

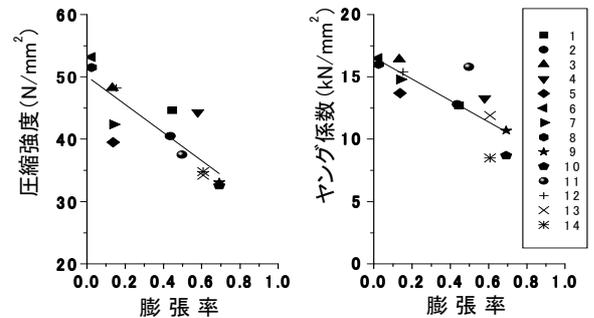


図-3 コンクリート表面の膨張率とコアの物性値の関係

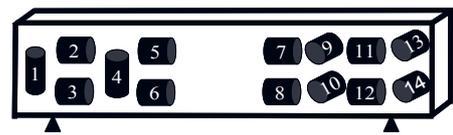


図-4 コアの採取位置