

ASRにより劣化したコンクリート橋脚の補修・補強工法に関する研究

技術本部 開発メンテナンスグループ 奥山和俊

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以降、ASR）に関する研究は 1980 年代に活発に行われ、その範囲は材料工学、構造工学、維持管理工学等多岐にわたっている。しかしながら、ASR の問題は未だに解決されておらず、ASR により劣化した構造物に対する補修・補強工法の開発は現在においても大きな課題の一つである。

ASR による構造物の劣化は材料条件、配合条件、環境条件がそろって初めて生じるため、現実の構造物の劣化状況を調査すること無くして ASR の抑制を議論するのは困難であると考えられる。そこで、劣化の調査としてコンクリートの物性や残存膨張量を確認し、それらのデータから現有耐力を的確に推定することや、今後の膨張挙動を把握することが必要である。したがって、コンクリートの物性、残存膨張量、さらには施工環境等を総合的に評価し、膨張抑制効果のある最適な補修・補強工法を選定することが重要な課題である。

本研究は ASR により劣化した構造物の補強工法として適用されている PC 鋼材巻立て工法について着目した研究であり、ここでは一連の研究のうち、ASR により劣化したコンクリートのクリープ性状について報告する。

2. 試験概要

2.1 試験目的

PC 鋼材巻立て工法を適用した橋脚については補強後のモニタリング調査等で ASR による膨張の拘束効果が確認されているが、PC 鋼材の緊張力については耐震設計上の観点から決定されており、ASR による膨張の拘束に必要な緊張力については明確にされていないのが現状である。このような問題を解決するにあたっては、ASR による劣化が生じたコンクリートにプレストレスを導入した場合、既設構造物にどのような変化が生じるかを継続的に把握する必要がある。そのためには ASR により劣化したコンクリートのクリープ性状の把握が必要となる。

そこで、本試験では、ASR による劣化が生じたフーチングから採取したコアを用いて様々な環境条件下におけるクリープ試験を実施することにより、PC 鋼材巻立て工法に必要な最適プレストレス量を定量化するための基礎的データを収集することとした。

2.2 コンクリートコア

試験に用いたコアは石川県能登有料道路に位置する供用開始から 26 年が経過した橋梁のフーチングから採取した。

橋脚の骨材には能登有料道路で一般的に用いられている門前産の安山岩砕石が使用されており、また、冬季には凍結防止剤が散布され ASR を促進させる環境条件であった。

2.3 試験の種類および載荷方法

クリープ試験前のコアの養生条件および試験体の種類を図-1 および表-1 に示す。試験体数は 12 体であり、試験体の種類は、クリープ試験前の養生方法および載荷荷重ごとに選定した。シリーズ I およびシリーズ III は、前養生条件を JCI-DD2 と同様の養生条件とし、3 ヶ月暴露した。クリープ試験を乾燥状態で行うコアについては、その後 1 ヶ月間、乾燥環境下に暴露した。湿润状態で試験するコアについては、引き続き JCI-DD2 の環境下に暴露した。一方、シリーズ II では、前養生条件をデンマーク法と同様の養生条件とした。その後の養生条件はシリーズ I およびシリーズ III と同様である。クリープ試験における載荷中の暴露条件については、乾燥状態の試験体は気中養生、湿润状態の試験体は密封養生とするためにコアの表面にクロロプレン合成ゴム系接着剤を塗布した。コアの大きさは直径 68mm、長さ 240mm であり、載荷前の圧縮強度の平均値は 21.8N/mm²、静弾性係数の平均値は 11.4kN/mm²であった。

なお、採取したコアが ASR により劣化しているかを確認するためにコアより薄片を作製し、偏光顕微鏡観察を行った。

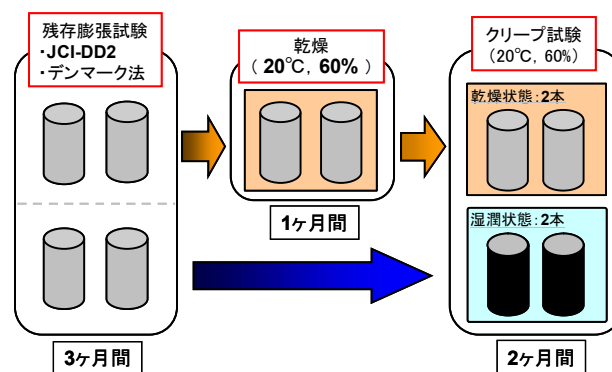


図-1 養生条件のフロー図

表-1 試験体の種類

	試験体 No.	載荷応力	前養生条件	水平コアからの採取位置 (表面からの深さ)	クリープ試験状態	寸法
シリーズ I	1	圧縮強度の 35%	JCI-DD2法 温度40℃ 湿度100%	1.42m	乾燥	直径:68mm 高さ:240mm
	2			2.50m	湿润	
	3			3.03m	乾燥	
	4			8.90m	湿润	
シリーズ II	5	圧縮強度の 35%	デンマーク法 温度50℃ 飽和NaCl溶液浸漬	3.30m	乾燥	
	6			9.17m	湿润	
	7			1.69m	乾燥	
	8			6.54m	湿润	
シリーズ III	9	圧縮強度の 50%	JCI-DD2法 温度40℃ 湿度100%	5.90m	乾燥	
	10			10.98m	湿润	
	11			10.60m	乾燥	
	12			8.90m	湿润	

3. 試験結果

3.1 コアの偏光顕微鏡観察

採取したコアの偏光顕微鏡観察の結果を写真-1 に示す。安山岩砕石は角閃石、輝石および斜長石を有しており、ガラス質の両輝石安山岩であることが判明した。また、ASR により発生したひび割れや空隙は、ASR ゲルにより充填されていた。

したがって、採取したコアはASRにより劣化していることが確認された。

3.2 クリープ試験のひずみの挙動

各シリーズのクリープひずみの変化を図-2に示す。

シリーズⅠに関しては、乾燥状態のコアの方が湿潤状態よりもクリープひずみが大きく、載荷56日の時点でおおよそ7倍の差があった。この理由として、乾燥状態ではASRゲルへの水分の供給が少ない状態であり、初期状態としてゲル自体に微細な空隙が存在しているためと考えられる。この空隙が載荷荷重によって潰されるとともに、ゲルが空隙部に移動したことによりクリープひずみが生じたものと推測される。一方、湿潤状態においてクリープが小さいのはASRゲルが十分な水分を保持しており、このゲルが載荷荷重に対して粘・弾性的な挙動を示した結果、クリープひずみが吸収されたものと考えられる。このように、普通コンクリートのクリープ機構はセメントペースト内の微細空隙の変形とそれに伴う自由水の移動が主要因であるが、ASRにより劣化したコンクリートのクリープ機構はASRゲル自身の粘弾性挙動が主要因と考えられる。

シリーズⅡに関しても、シリーズⅠとほぼ同様の傾向であったが、クリープひずみの値そのものはシリーズⅠより低い値となった。これは、シリーズⅡは前養生として飽和NaCl溶液に浸せきする条件のためシリーズⅠよりコンクリート中の含水率が高かったことがひずみ量に影響したと考えられる。

シリーズⅢに関しては、シリーズⅠと同様に乾燥状態と湿潤状態でクリープひずみの挙動が相違したが、乾燥状態と湿潤状態のひずみ差は3倍程度でシリーズⅠよりも小さくなった。これは、湿潤状態のコアのクリープひずみが載荷応力に比例して増加したためであると考えられる。

以上より、構造物にASRによる劣化が生じ、乾燥状態にある環境条件においては、施工後数十年が経過し、コンクリートのクリープひずみが終了したと考えられる段階でも、持続荷重を加えることにより、クリープひずみが進行する可能性のあることが判明した。

4. まとめ

従来、PC鋼材巻立て工法のプレストレス量は耐震補強の観点から $1/3 \sigma_{py}$ と決定されており、この基準をASRにより劣化した橋脚にも適用している。今後はASRの膨張を拘束する観点から必要なプレストレス量を決定することが重要である。本報告はこの最適プレストレス量を定量化するための基礎的データを収集することを目的として、クリープ試験を実施した。その結果、クリープひずみは、コアの環境条件によって大きく変化し、乾燥状態においてクリープひずみが最も増加した。これは、湿潤状態のコアではASRゲルが粘弾性的な性質をもちクリープひずみの発生が緩和されたのに対して、乾燥状態ではASRゲルに水分が無い状態であり、骨材自身の微細な空隙やひび割れが載荷荷重によって潰されたことによりクリープひずみが増大したものと推察された。

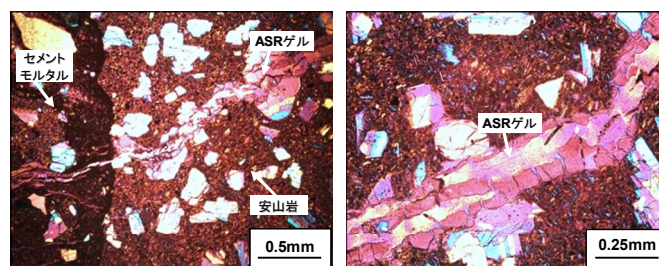


写真-1 コアの偏光顕微鏡観察結果

(左：骨材界面のASRゲル，右：骨材内部のASRゲル)

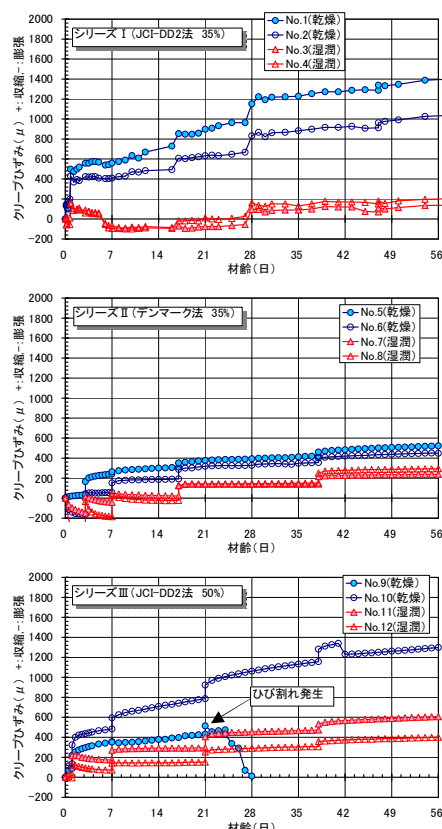


図-2 クリープひずみの経時変化

今後は構造物の環境状態に応じたクリープ係数を適切に設定し、プレストレス量にクリープによる減少量を加味することでプレストレス量の最適化が図れるものと考えられる。

5. おわりに

本報告は、著者が博士後期課程の在籍期間中に行った研究について、一部を概説したものです。3年間、ご支援、ご協力頂きました皆様に深く感謝致します。

Key Words : ASR, PC鋼材巻立て, クリープ



奥山和俊