

令和元年 9 月 4 日

長官官房 技術基盤グループ システム安全研究部門

中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響に関する知見について(案)

1. 知見の概要

実用発電用原子炉で中性子に曝されるコンクリートについて、評価対象部位の中性子照射量が、コンクリートの強度に影響を及ぼす可能性のある値を超えている又は超える可能性が認められる場合は、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力評価を行うことが要求されている^[1]。

電気事業者は、高経年化技術評価^[2]及び運転期間延長認可申請^[3](以下「高経年化技術評価等」という。)の技術評価書において、評価対象期間(運転開始後最大 60 年)における評価対象部位の圧縮強度について、Hilsdorf らの論文^[4]を参照し、中性子照射量が 1.0×10^{20} n/cm² までは有意な影響を及ぼさないとしている。また、原子力規制庁(以下「規制庁」という。)はその評価を妥当と判断している。

一方、電気事業者が技術評価において参照している Hilsdorf らの論文^[4]では、様々なエネルギー範囲で中性子照射した試験体のデータを含むとともに、コンクリートの材料及び温度条件を考慮せずに集約したものであることから、これらを考慮したコンクリートの特性変化に関する研究の必要性が指摘されている^[5]。

今般、規制庁において、コンクリートの強度に対する中性子照射量と石英含有率の影響に関する知見を取得することを目的とした安全研究プロジェクト*¹を実施した。本研究では、石英含有率の異なる骨材及びコンクリートに中性子照射した試験体に対し、材料試験を実施した。試験では、軽水炉で中性子に曝されるコンクリートの材料及び温度条件を考慮した。また、中性子照射量に依存したコンクリートの強度については、中性子スペクトル影響を考慮し、0.1MeV を超えるエネルギー範囲の中性子照射量に基づき評価を行った。その成果として、中性子照射量と骨材に含まれる石英含有率の関係が、コンクリートの強度に及ぼす影響についてまとめ、NRA 技術報告^[6]を公表した。得られた知見は以下のとおりである。

* 1: 運転期間延長認可制度及び高経年化対策制度に係る技術的知見の整備に関する研究(平成 23~28 年度)

- (1) コンクリートの圧縮強度は、中性子照射量がおおよそ 1.0×10^{19} n/cm² ($E > 0.1$ MeV) から低下する傾向がある。(図1参照)
- (2) コンクリートの圧縮強度は、中性子照射量の増加に伴い、骨材に含まれる石英含有率が高いほど、より低下する傾向がある。(図1参照)

このため、中性子照射がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響の評価においては、上記の知見(1)及び(2)を考慮する必要があると考える。

2. 当該知見と規制の関係

- 高経年化技術評価等に係る規制基準やガイド等^[1, 7, 8]においては、常に国内外の最新知見を踏まえた評価を求めるという立場から、コンクリートの強度に影響を及ぼす可能性のある中性子照射量について具体的な基準値を規定していない。このため、上記の知見によりガイド等を改定する必要はないと考えられる。
- 上記の知見については、今後、規制庁が実施する高経年化技術評価等の審査における事業

者の評価内容の技術的妥当性の確認において、留意することが必要であると考えられる。

- なお、高経年化対策実施ガイド^[7]では、電気事業者に対して、安全研究から得られた最新の知見等を反映して、速やかに高経年化技術評価の見直しを行うことを求めており、本知見に関する規制庁としての対応についても検討する必要があると考えられる。

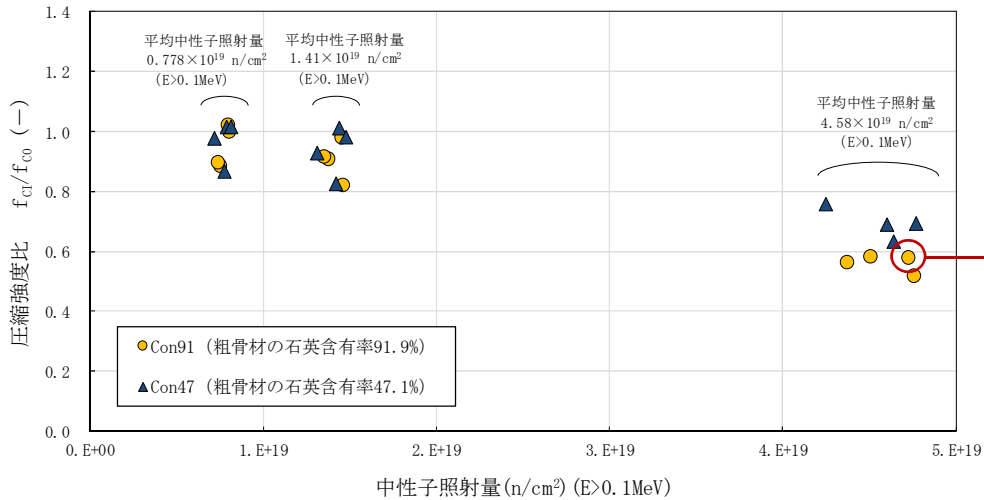


図1. 中性子照射量及び石英含有率に対するコンクリートの圧縮強度比^[6]
(中性子照射した試験体の圧縮強度 f_{c1} / 非照射・非加熱の試験体の圧縮強度 f_{c0})

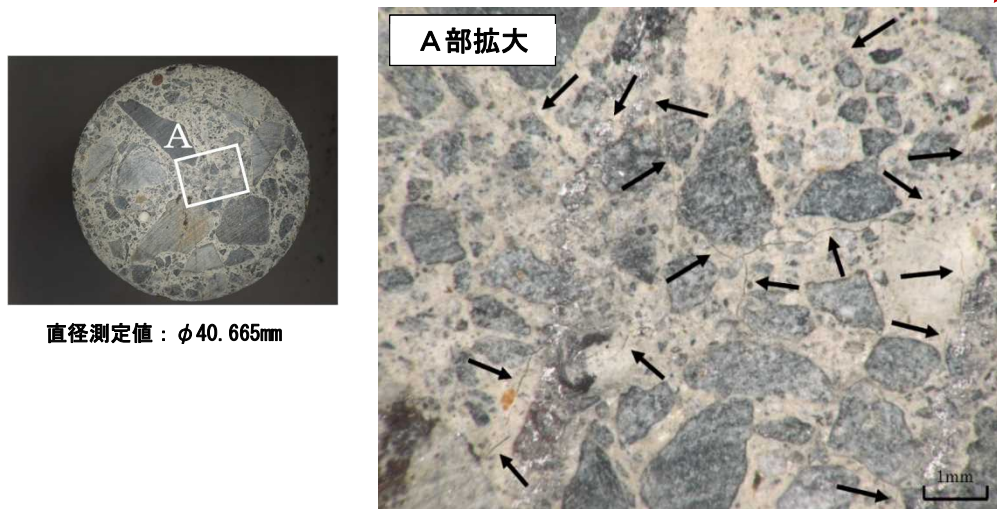


図2. 中性子照射したコンクリート試験体^[6]
(中性子照射量 $4.73 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$ (E>0.1MeV)、粗骨材の石英含有率 91.9%)

参考文献

- [1] 実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準(平成28年4月改正、原子力規制委員会決定)
- [2] 原子炉等規制法43条の3の22第1項1号及び実用炉規則82条
- [3] 原子炉等規制法43条の3の32第5項及び実用炉規則114条
- [4] H.K. Hilsdorf, J. Kropp, and H.J. Koch, The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete, Special Publication of the American Concrete Institute, Volume 55, pp.223-254, 1978
- [5] K.G. Field, I. Remec, and Y. Le Pape, Radiation Effects in Concrete for Nuclear Power Plants – Part I: Quantification of Radiation Exposure and Radiation Effects, Nuclear Engineering and Design, Volume 282, pp.126-143, 2015
- [6] 中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響、NTEC-2019-1001、原子力規制庁、2019年8月
- [7] 実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド(平成29年9月20日改正、原子力規制委員会決定)
- [8] 実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド(平成28年11月2日改正、原子力規制委員会決定)