

平成 22 年 5 月 13 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：平成 20 年度～平成 21 年度
 課題番号：20860099
 研究課題名（和文）
 Damage Index による ASR 損傷を受けた鉄筋コンクリートの動的性能評価
 研究課題名（英文）
 Evaluation of dynamic behavior of ASR-damaged RC member with Damage Index
 研究代表者
 川端 雄一郎 (KAWABATA YUICHIRO)
 独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・研究官
 研究者番号：10508625

研究成果の概要（和文）：

本研究は、ASR 損傷を受けた鉄筋コンクリートの静的・動的性能評価を行ったものである。また岩石学的評価に基づく Damage Index の開発により ASR 損傷を受けた RC 部材の損傷度評価を行った。ASR 損傷を受けたコンクリートの微細ひび割れの発生状況から求める Damage Index はコンクリートの膨張量と良好な相関があった。また、RC はりのせん断疲労耐力は本研究の範囲内では低下することは無かった。Damage Index は ASR 損傷を受けた RC 部材の力学性能と相関があり、その有用性が確認された。

研究成果の概要（英文）：

This study aimed at the evaluation of static and/or dynamic structural performance of ASR-damaged reinforced concrete (RC) members. The second aim is to develop Damage Index which quantifies ASR-damaged degree of concrete by petrographic technique. The Damage Index to evaluate micro-cracks in concrete was correlated with expansion strain of concrete.

From the experimental results, it was made clear that the effects of ASR-damage on static and/or dynamic structural performance of ASR-damaged RC members were small. The results also showed that Damage Index was correlated to mechanical properties of ASR-damaged RC members so that Damage Index was useful to evaluate the ASR-damaged RC structures.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,330,000	399,000	1,729,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	2,530,000	759,000	3,289,000

研究分野：土木材料

科研費の分科・細目：若手研究（スタートアップ）

キーワード：ASR, Damage Index, 動的性能, 岩石学的評価

1. 研究開始当初の背景

近年、鉄筋コンクリート(RC)構造物において、アルカリシリカ反応(ASR)による膨張圧で構造物中の鉄筋が破断するという深刻な損傷が報告され、ASR に関する関心が非常に

高くなっている。我が国では 1980 年代において精力的に研究されたが、最新の研究成果からこれまでに考えられていなかったリスクがあることが認識され、新設構造物の ASR 抑制対策の確立のための研究が行われてい

る。また、ASRによる損傷(ASR 損傷)を受けた構造物の現状の性能評価手法の確立は維持管理の観点から重要視されており、国際的にも活発な研究が行われている。

ASR 損傷を受けた既設構造物に関する検討、特に構造性能評価に関する検討についてはこれまでに多くなされており、有用な知見も見受けられる。一方、例えば港湾施設では、波浪による疲労損傷や、消波ブロックのケーソンへの繰返し衝突のような動的性能が問題となる。しかしながら、これまでの研究はASR 損傷を受けた RC 部材の静的な力学挙動の評価を対象としたものであり、ASR 損傷を受けた RC 部材の動的力学挙動の評価はほとんど行われておらず、知見が少ない。すなわち、ASR 損傷を生じた RC 部材の動的力学挙動を含めた構造性能を適切に評価することが、RC 構造物の合理的な維持管理につながるという。

また、既設構造物の維持管理を考えると、コンクリートの膨張量を推測することは現在の技術では難しい。コンクリートの膨張量等に関連する損傷度を表現するためのパラメータを開発し、構造性能評価をより確度の高いものにする必要がある。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究は以下の2点を明らかにすることを目的とした。

- ・ASRによる材料の損傷度を定量的に示す損傷度パラメータ Damage Index の開発
- ・ASR 損傷を受けた鉄筋コンクリート部材の静的・動的挙動の評価

3. 研究の方法

(1)Damage Index の開発

図-1に示すように、約8年間海洋環境に暴露した拘束度の異なる鉄筋コンクリートブロックについてコンクリート表面のひび割れ調査、コア採取による内部コンクリートのひび割れ調査、内部コンクリートから作製した薄片の観察による微細ひび割れ調査を行った。

また、新規に作製したコンクリートブロックについて膨張量の経時変化を計測するとともに、コンクリートの微細ひび割れの経時変化についても薄片観察により調査し、マクロなコンクリートの膨張量と微細ひび割れの関係について検討した。

(2)ASR 損傷を受けた RC 部材の構造性能評価

ASRにより損傷した鉄筋コンクリート試験体の正負交番載荷試験を通じて、ASRによる損傷がコンクリート部材の力学挙動(破壊過程、破壊形態、塑性変形性能、エネルギー吸収能)に及ぼす影響を調べた。

また、ASR 損傷を受けた RC 部材について、当所所有の劣化促進水槽により ASR 膨張を

生じさせ、静的載荷試験およびせん断疲労試験(図-2)を行い、ASR 損傷が RC 部材のせん断耐力およびせん断疲労耐力に及ぼす影響について検討した。

4. 研究成果

(1)Damage Index の開発

約8年間海洋環境に暴露した拘束度の異なる鉄筋コンクリートブロックについて各種試験を行った。膨張量は鉄筋による拘束度と良好な相関関係がある。横拘束鉄筋による膨張拘束効果は小さく、軸方向鉄筋比に大きく依存する傾向を示した。特に、定着の影響が大きいことが明らかになった。コンクリートのひび割れについてフラクタル解析を行ったところ、コンクリートのひび割れのフラクタル次元は軸方向鉄筋比と良好な相関があった。内部コンクリートのひび割れ損傷度も同様に鉄筋拘束度に依存していた。

内部コンクリート中の微細ひび割れは鉄筋による拘束に大きく影響され、拘束が小さい方向に対して卓越的に微細ひび割れが進展していた。

セメントペースト中のひび割れ、骨材中のひび割れ、骨材からセメントペーストへと進展するひび割れ、骨材-セメントペースト間のギャップなどの微細ひび割れの発生状況と ASRgel の滲出状況等を分類・評価し、Damage Index (Damage Indices) を求めた。この手法を Katayama の手法、Grattan-Bellew の手法と比較し、その妥当性を検証した。図-3に示すように Damage Indices はコンクリートの膨張量と良好な相関を有していたが、拘束の程度等で値が異なり、拘束度を十分に考慮する必要があることが分かった。今後、これらのパラメータを考慮していくことで、より正確にコンクリートの損傷度を評価できるものと思われる。



図-1 試験体の海洋環境暴露状況



図-2 疲労試験機による疲労試験の状況

(2)ASR 損傷を受けた RC 部材の構造的な性能評価
 ASR により損傷した鉄筋コンクリート試験体の正負交番荷重試験から、ASR 損傷がコンクリート部材の力学挙動に及ぼす影響について検討した。コンクリートの膨張量 1.0% 程度の ASR 損傷を受けても、耐荷性能が著しく低下することはなかった。しかしながら、部材の破壊過程や破壊形態、塑性変形性能、ならびにエネルギー吸収性能といった力学性能には、ASR 損傷による影響が認められ、コンクリートの損傷度と良好な相関が認められた (図-4)。コンクリートの力学性能を損傷度パラメータ Damage Index により評価できる可能性を示した。

ASR により損傷を受けた RC 部材の静的せん断耐力は、健全な RC 部材よりも大きくなる傾向を示した。これは、ASR により発生した層状のひび割れが、発生した斜めひび割れを水平方向に迂回させたためと考えられた。すなわち、斜めひび割れが層状ひび割れにより迂回し、荷重点の下側に潜り込むことでアーチリブの厚さが増したと推察された。このような作用は田中らによる人工亀裂を導入した RC 部材の耐荷機構と同様のメカニズムにより説明できることが分かった。また、ASR により損傷を受けた RC 部材のせん断疲労耐力についても劣化前よりも大きくなる傾向にあるが、同等の損傷度を有する RC はりの静的なせん断耐力を用いることで評価できることが分かった。衝撃力を受けた RC 部材は、衝突点の局部損傷が大きくなるものの、耐力に関して明確な傾向は認められず、今後の検討課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 西政好, 濱田秀則, 佐川康貴, 川端雄

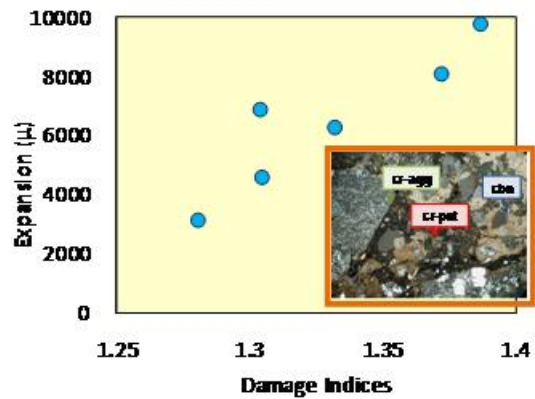


図-3 Damage Indices と膨張量の関係

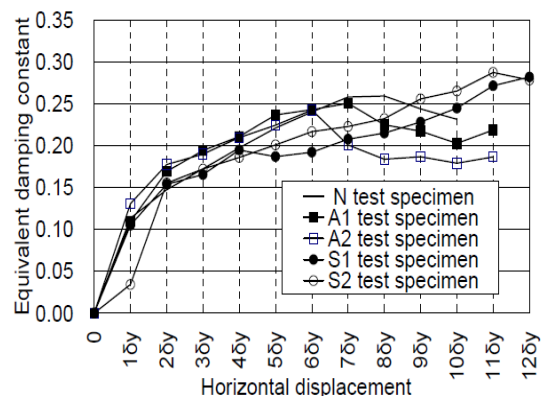


図-4 水平変位と等価粘性減衰定数の関係

一郎：フライアッシュ混和コンクリートの ASR による膨張挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, pp.1327-1332, 2009

- ② T. Ikeda, Y. Kawabata, H. Hamada and Y. Sagawa: Alkali-silica reactivity of andesite in NaCl saturated solution, Advances in Concrete Structural Durability, pp. 563-569, 2008

[学会発表] (計 3 件)

- ① 井上祐一郎, 濱田秀則, 佐川康貴, 川端雄一郎, 山田一夫：高反応性骨材を用いたモルタルのペシマム現象とフライアッシュによる ASR 抑制効果, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 第 V 部門, pp.193-194, 2009
- ② 池田隆徳, 濱田秀則, 佐川康貴, 川端雄一郎, 山田一夫：骨材からのアルカリ溶出性状と ASR による膨張挙動の関係, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 第 V 部門, pp.201-202, 2009
- ③ Mitsuyasu Iwanami, Yuichiro Kawabata, ほか 3 名：Structural performance evaluation

and reinforcement of RC columns damaged by alkali-silica reaction, Proceedings of the 2nd International Workshop on Life Cycle Management of Coastal Concrete Structures, pp.125-130, 2008

6. 研究組織

(1)研究代表者

川端 雄一郎 (KAWABATA YUICHIRO)
独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・構造研究チーム・研究官
研究者番号：10508625

(2)研究協力者

岩波 光保 (IWANAMI MITSUYASU)
独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・構造研究チーム・チームリーダー
研究者番号：90359232
加藤 絵万 (KATO EMA)
独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・構造研究チーム・主任研究官
研究者番号：90371765