

圧縮疲労および自然治癒作用を受けたコンクリートの塩分浸透性に関する基礎的研究

東京理科大学 学生員 ○児玉 総一郎
東京理科大学 非会員 久保 吉之助
東京理科大学 学生員 田口 哲平

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の長期供用に向けた耐久性向上に関する研究が数多く行われるようになった。コンクリート構造物を劣化させる中性化、塩害、アルカリ骨材反応等に関する基礎的研究およびそれらの劣化機構を複数組み合わせた複合劣化に関する研究の蓄積は多い。しかし、実際のコンクリート構造物には種々の化学的な劣化機構の他に、大小様々な荷重が持続的あるいは頻繁に作用し、ひび割れの発生が目視確認できない場合であっても、微細ひび割れ等の損傷が蓄積されていると考えられる。静的な圧縮荷重を受けるコンクリートは、応力強度比が 30～50%以上になると遷移帯の付着ひび割れが進展し、70～90%以上になるとモルタルひび割れが進展すると言われている。これらの損傷は、繰返し圧縮荷重によりさらに拡大し、イオンやガス等の劣化要因の移動を助長する原因となり得る。一方、コンクリート構造物には、損傷部分へ水分などが流入し未水和セメントの反応等により損傷が回復する、自然治癒性能がある。

本研究は、圧縮疲労を受けたコンクリートの塩分浸透性の把握を目的とし、繰返し圧縮荷重により疲労を与えたコンクリートの塩分浸透深さ、および疲労を与えた後に所定期間水中に浸せきさせたコンクリートの塩分浸透深さを検討したものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)を用いた。骨材には鬼怒川産川砂(表乾密度 2.59g/cm^3 、粗粒率 2.69)および山梨県産碎石(最大寸法 20mm、表乾密度 2.75g/cm^3)を用いた。練混ぜ水には上水道水を用い、混和剤として天然樹脂酸塩系の AE 剤を用いた。

2. 2 配合および供試体の作製方法

コンクリートの配合は単位水量を一定とし、水セメ

ント比(以下、W/C)を 45%、55%、65%の 3 種類とした。スランプ、空気量はいずれの配合においてもそれぞれ $8.0\pm 2.5\text{cm}$ 、 $4.5\pm 1.5\%$ とした。AE 剤は所定のスランプが得られるように適宜使用した。供試体寸法は $\phi 100\times 200\text{mm}$ とした。供試体の作製は JIS A 1132 に準拠し、試験開始材齢まで標準養生した。

2. 3 繰返し圧縮載荷試験

試験開始は材齢 28 日とした。繰返し圧縮載荷は、前川 MS 式堅型圧縮試験機を用いて手動により行った。載荷および除荷速度は毎秒 $0.6\pm 0.4\text{N/mm}^2$ とした。上限荷重は、材齢 28 日圧縮強度に対する応力の割合(以下、応力強度比)で、30%、50%、75%、85%、95%、100%の 6 種類とし、下限荷重は全て 5%とした。応力強度比 30%での繰返し回数は 1、10、100 回とし、応力強度比 50%および 75%では 1、25、50、100 回とした。高応力強度比である 85%および 95%では、試験中に供試体が破壊する恐れがあったため、それぞれ 1、5、10、15 回、および 1、3、5 回とした。応力強度比 100%では、供試体が最大荷重を迎えた直後に、供試崩体を壊させることなく除荷した。ひずみの計測にはコンプレッソメータを用いた。

2. 4 塩水浸せき試験

塩分浸透性の評価は塩水浸せき試験により行った。濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液中に供試体を所定期間浸せきさせた後、供試体を割裂し、割裂面に 0.1mol/l 硝酸銀水溶液を噴霧して、白く呈色した部分を塩分浸透領域とした。塩分浸透深さの測定にはノギスを用いた。測定は打込み面、底面を除く側面を 1cm 間隔で行った。ブリーディングの影響を排除する為、打込み面、底面よりそれぞれ 2cm ずつの塩分浸透深さは無視し、各辺 15 点の平均値を塩分浸透深さとした。繰返し圧縮載荷により疲労を与えたコンクリートの塩水浸せき開始材齢は、繰返し圧縮載荷試験直後の材齢 28 日とし、浸せき期間は 28 日間とした。

キーワード 疲労 耐久性 複合劣化 塩害 自然治癒

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 04-7124-1501 (内線 4054) E-mail : j7609608@ed.noda.tus.ac.jp

2. 5 自然治癒

本研究では、材齢 63 日目における塩水浸せき試験後の半円柱形の供試体を水中に浸せきさせ、コンクリートの自然治癒効果を塩分浸透性により評価した。水中浸せきでは、常に新鮮な水が供給されるように配慮した。水中浸せき期間は 28 日間とした。なお、自然治癒とは「材料設計などに特別な配慮を講じずとも、例えば水分などが存在する環境下でコンクリートのひび割れが自然に閉塞する現象」のことである。塩分浸透性の評価は塩水浸せき試験により行った。水中に浸せきさせたもの、及び比較対象として水中に浸せきさせていないものの塩水浸せき開始材齢は、材齢 63 日目および材齢 91 日目の圧縮強度の差異がいずれの配合においても約 4%にすぎなかったことから、それぞれ材齢 63 日、91 日とした。塩水浸せき期間はいずれも 7 日間とした。

3. 実験結果および考察

図-1 に塩分浸透性と圧縮疲労の関係を示した。縦軸は、疲労を与えていないコンクリートの塩分浸透深さを 1 とした場合の応力強度比、繰返し回数に対応した塩分浸透深さ（以下、塩分浸透深さ比）である。応力強度比 30～50%の範囲では、繰返し回数に関係なく W/C が高い配合の方が塩分浸透深さ比が大きくなる傾向を示した。しかし、応力強度比が 75%以上の範囲では、W/C が最も低い 45%のもので塩分浸透深さ比が大きくなる傾向を示し始め、応力強度比が 85%以上ではいずれの応力強度比・繰返し回数でも大きくなった。繰返し回数の影響は、W/C に関係なく応力強度比が高い領域で塩分浸透深さ比が大きくなる多少の傾向を示した。W/C45%、55%、65%の残留ひずみと塩分浸透深さの相関係数は、それぞれ-0.01、0.56、0.30 となり、図-1 に示すように、圧縮疲労と塩分浸透性の関係は極めて複雑である。

図-2 に水中浸せきの有無による塩分浸透深さの変化を示した。W/C45%、55%、65%の塩分浸透性の回復性状は、塩分浸透深さでそれぞれ平均 3.31mm、3.72mm、5.07mm であった。低 W/C の配合ほど回復は小さく、高 W/C の配合ほど回復は大きくなる傾向にあった。しかし、応力強度比と繰返し回数の塩分浸透深さに対する影響は、水中に浸せきさせたもの、およびさせていないもののどちらにおいても確認できなかった。これは半円柱形の供試体を割裂により作成したこと、および

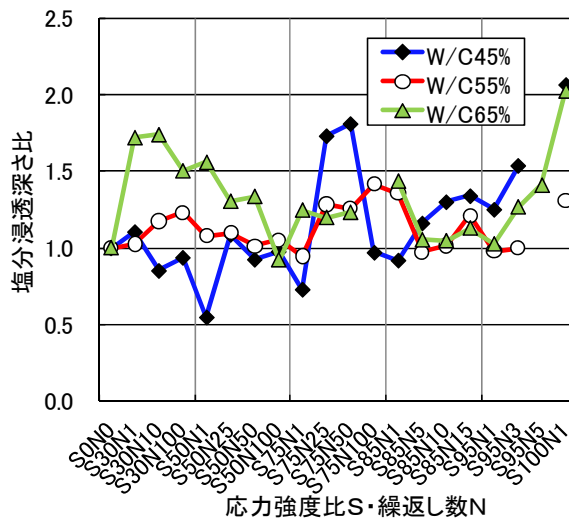


図-1 塩分浸透深さ比と圧縮疲労の関係

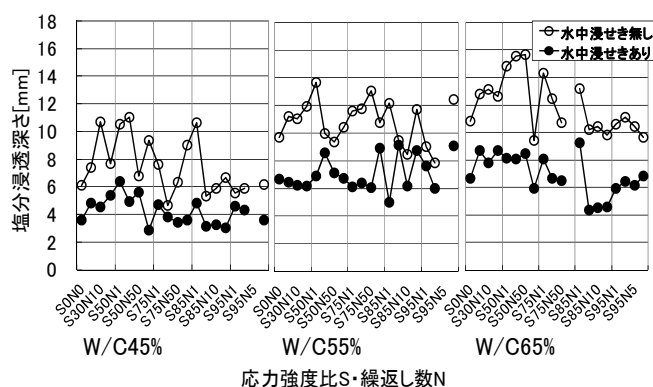


図-2 水中浸せきの有無による塩分浸透深さ

過去に塩水浸せきの履歴があることに起因するものと考えられる。

4. まとめ

圧縮疲労が高応力強度比の場合は、W/C が低いコンクリートの方が塩分浸透深さ比が大きくなる傾向を示した。水中浸せきによる自然治癒の効果は全ての配合で見られた。低 W/C の配合ほど塩分浸透深さは小さくなったが、回復は高 W/C の配合ほど大きくなる傾向にあった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、辻正哲氏に様々な面でご指導いただきました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 武田、田原、飯田、丸屋：ASR のひび割れが生じた構造物における塩化物イオンの移動、土木学会第 60 回年次学術講演会、pp. 753-754、2005
- 2) 迫井、岡田、堀口：静的圧縮荷重下における繊維補強コンクリートの塩分浸透性、コンクリート工学論文集、Vol. 27、No. 1、2005