

繰り返し荷重下における PRC 道路橋の塩分浸透特性に関する研究 -塩分浸せき試験によるはり下縁部からの塩分浸透に着目して-

日本大学 学生会員 ○竜 岳弘 日本大学 学生会員 相澤 悠
日本大学 非会員 杉山 崇斗 日本大学 正会員 齊藤 準平

1. はじめに

PRC 構造は、プレストレストコンクリートの利点を経済的に得られることから、多くの橋梁構造に適用されている。この構造は腐食を早めるひび割れ幅の制限という長所と、プレストレスの繰り返し付与による部材の損傷という短所が複雑に影響するため、構造機能の持続のために現在使用されている評価式はこれら影響には対応していないという問題点がある。よって、PRC はり下縁領域におけるひび割れならびにプレストレスと荷重作用による応力付与の繰り返しが塩分浸透特性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。Saito¹⁾は、繰り返し応力付与によって残留ひずみが大きくなると塩分浸透量が多くなる傾向があることを報告している。齊藤²⁾は、繰り返し応力付与後のモルタルの塩分浸透特性を塩分浸せき試験によって塩化物イオン（以下 CI）濃度から検討し、いずれの f_c 比においても、付与方向は塩分浸透が早まり付与直角方向では遅くなる傾向があること、ならびに圧縮応力による材料の緻密化の影響と損傷の影響が混在すると考えられることを報告した。

本研究では、プレストレスと荷重作用による繰り返し応力付与が塩分浸透特性にどれほどの影響を及ぼすのかについて、いくつかの応力付与条件における塩分浸せき試験を行い、定性的に挙動の検討を行った。

2. 試験概要

本試験では、PRC 構造における圧縮応力付与の影響が大きいはり下縁部のひび割れ周辺領域のかぶり部分をモデル化し、繰り返し応力付与の後、塩分浸せき試験を行う。浸せき後は、コンクリート中の CI の抽出と分析を行い、塩分浸透特性を検討した。なお、供試体は応力が除かれた状態で浸せきを行った。

表-1 に塩分浸せき試験の条件を示す。繰り返し応力付与回数は 100 万回とする。PRC モデル供試体は圧縮強度試験結果を基準として、使用限界状態内の応力

の大きさの違いの影響を検討するため、条件を f_c 比 = 30%、およびそれより小さい 20% に設定した。塩分浸透方向は、応力付与直角方向にする。なお、塩分濃度基準供試体 (f_c 比 = 0%) も同様に作製した。

表-1 塩分浸せき試験の条件

供試体	繰り返し応力付与		塩分浸透 評価方法	浸せき期間		
	付与応力 (f_c 比)	繰り返し回数		30日	60日	91日
塩分濃度基準供試体	0%	—	塩分浸せき試験 (CI 濃度)	○	○	○
PRCモデル供試体	30%	100万回		○	○	○
(タイプPRC)	20%			○	○	○

研究対象とした PRC はり下縁部のひび割れに近接するコンクリートをモデル化した供試体を図-1 に示す。供試体の配合は、水セメント比 (W/C) を 55% とし、細骨材のセメントに対する容積比 (S/C) を 400Vol% とするモルタルとした。これは、塩分浸透への骨材の影響を減らすためである。使用材料は普通ポルトランドセメント、山砂 (2.5mm ふり通過、表乾密度 2.65g/cm³)、蒸留水を用い、打設後 28 日間の封緘養生を行った。

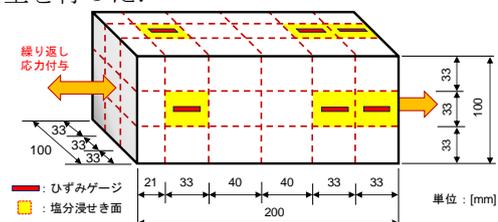


図-1 モデル供試体

力学的性質は応力付与を施す供試体と同一寸法の供試体を用いて、圧縮強度は 30.12N/mm²、単位容積質量は 2020kg/m³ となった。

繰り返し応力付与は油圧サーボ式疲労試験機を用いて行った。供試体と試験機の接触面での端面摩擦による影響を除くために減摩パッド（テフロンシート :0.05mm）を挟んで実施した。応力付与時にはひずみゲージを貼り、応力付与終了後は残留ひずみを取得した。塩分浸せき試験には、JSCE G 5727³⁾ に準じ、濃度 10% の塩化ナトリウム水溶液中に塩分浸せき試験用供試体を各条件期間（30、60、91 日）に応じて浸せきした。塩分浸せき試験用供試体は、1 体あたり 12 体で、

キーワード PRC はり、プレストレス、塩分浸透特性、塩害、浸せき試験

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 TEL : 047-469-5241 E-mail : saitou.junpei@nihon-u.ac.jp

全モデル供試体3体の合計は36体となる。塩分浸透面側面からの塩分の進入を遮断するためエポキシ樹脂を塗布した。

3. 試験結果および考察

図-2は浸せき期間別にCI濃度と f_c 比の関係を示す。まず、CI濃度と f_c 比の関係では、全浸せき期間において、CI濃度は、タイプPRCが塩分濃度基準供試体より低いことがわかる。これは、 f_c 比=30%以下の大きさのプレストレスが与えられると、応力付与直角方向からの塩分浸透の塩分浸透を低下させることができることを意味するものである。さらに、その理由として、プレストレスによる内部の潜在的クラックや空隙の閉塞によって塩分浸透が改善され、プレストレスによるCI濃度の浸透抵抗性が優位に働いたと考えられる。なお、プレストレスの大きさの影響についてタイプPRCの結果を見ると、CI濃度は f_c 比=30%が20%より高く、 f_c 比すなわちプレストレスの増加に伴いCI濃度が増加する傾向を示すことがわかった。

図-3に、浸せき期間別に塩分濃度基準供試体のCI濃度の平均値($CI^-_{(N)}$)に対する各供試体のCI濃度の関係($CI^-/CI^-_{(N)}$)と f_c 比の関係を示す。図より、タイプPRCのCI濃度の関係は塩分濃度基準供試体と比較して、概ね同程度~半分程度の範囲であることや、0.7~0.8に多く存在することが確認できる。これは、標準的なプレストレスの作用によって塩分浸透が2,3割低減することを意味する。

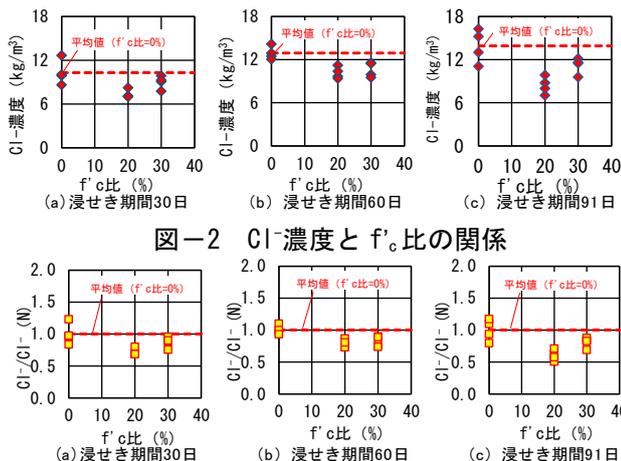


図-2 CI濃度と f_c 比の関係

図-3 $CI^-/CI^-_{(N)}$ と f_c 比の関係

図-4では浸せき期間別のCI濃度と残留ひずみの関係を示す。図より、全浸せき期間において、残留ひずみの増加に伴い、CI濃度が高くなる傾向が確認される。これは、繰り返し応力付与によって残留ひずみが増加すると、疲労損傷による塩分浸透の影響が表れて

くるとと推測できる。その傾向を定量的に見るために、図-5に、浸せき期間別の $CI^-/CI^-_{(N)}$ と残留ひずみの関係を示す。図より、浸せき期間の違いに関わらず、残留ひずみの増加に伴うCI濃度の増加傾向は、近似線よりほぼ同様の傾きを示すことが確認できる。また、残留ひずみが300 μ 程度になると応力付与がない場合と同じCI濃度になることがわかる。

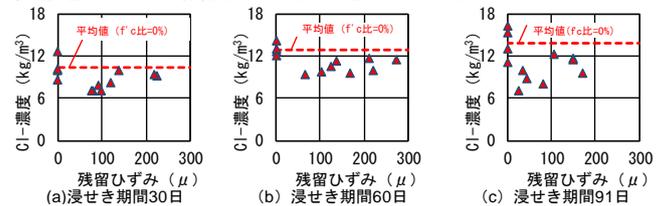


図-4 CI濃度と残留ひずみの関係

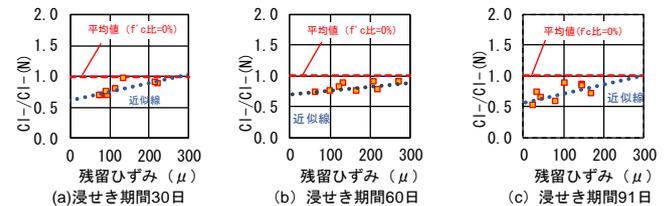


図-5 $CI^-/CI^-_{(N)}$ と残留ひずみの関係

4. まとめ

本試験では、プレストレスと荷重の作用による応力付与の繰り返しが、PRCはり下縁からの塩分浸透に及ぼす影響を検討し、以下のことが明らかになった。

- (1) f_c 比=30%以下となる標準的なプレストレスに伴う応力付与がある場合は、無い場合よりCI濃度は低くなる傾向を示した。
- (2) 応力付与に伴うCI濃度の低下の傾向は、応力付与応力が小さいほど低くなった。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 JP17K06539の助成を受けたものです。ここに付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) Saito, M. and Ishimori, H.: Chloride Permeability of Concrete under Static and Repeated Compressive Loading, Cement and Concrete Research, Vol.25, No.4, 1995, pp. 803-808.
- 2) 齊藤 準平, 下邊 悟: 繰り返し荷重下におけるコンクリートの塩分浸透特性, 第26回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2017年, pp.93-98.
- 3) 土木学会: 2013年制定 コンクリート標準示方書 [規準編] 土木学会規準および関連規準, JSCE-G 572-2013, 2013年, pp.372-376.