

プレストレスコンクリート部材における塩分浸透性状の実験的検討

コンクリート研究室 山田章太

指導教官 下村 匠

1. 本研究の背景と目的

本来コンクリート構造物は、その設計耐用期間中に要求される耐久性・安全性・使用性等の各種性能を保持しなければならない。しかし、打設や養生などの施工段階から耐用期間中におかれている荷重条件、環境条件、維持管理状態によっては、劣化が進行し要求性能を満足できなくなる場合がある。

このようなコンクリートの劣化の進行にはコンクリートのひび割れや細孔構造を通じた、腐食物質の浸透性が大きく関係していることが明らかである。とくに、ひび割れは腐食物質の優先的な経路となり得るので、ひび割れの存在の有無、幅や間隔などのひび割れの形態は、コンクリート構造物の耐久性を左右する重要な因子である。

コンクリート中の鋼材の腐食因子である塩化物イオンの物質浸透性を示す拡散係数はコンクリートの配合によって異なる。土木学会コンクリート標準示方書では、コンクリート中の塩化物イオン拡散係数を予測する式が掲載されている。この式は、鉄筋コンクリート部材中のコンクリートに適用することを念頭に置いたものであって、コンクリートの水セメント比、およびひび割れ幅の影響を考慮することができるよう定式化されている。現状では、プレストレスコンクリート部材に対しても、この式をそのまま適用している。しかし、プレストレスコンクリート部材では、ひび割れを許さないのが通例であること、高強度化の目的から耐久性上も有利な水セメント比の小さなコンクリートを用いる場合が多いことに加えて、鋼材周辺のコンクリートが常時圧縮応力下にあるので物質侵入抵抗性のさらなる向上が期待できる。したがって、本来プレストレスコンクリート構造は鉄筋コンクリート構造と同じ式を用いてその延長上で考えるよりも、さらに高い鋼材腐食抵抗性を有する可能性を持っている。

土木学会コンクリート標準示方書の「ひび割れ幅+塩化物イオンによる鋼材腐食に関する照査」システムにおいて、上に指摘したPCの利点が積極評価されるようにするための、基礎的検討を行う価値は十分あると考えられる。

実験室レベルの検討では、圧縮応力下のコンクリートにおける水分逸散〔1.3〕や水分浸透特性〔1.4〕が、既往の研究により報告されている。その報告によれば、圧縮応力下にあるコンクリートの物質浸透性は一般のコンクリートに比べて小さいことが明らかにされている。プレストレスコンクリートに適用可能な拡散係数予測式が提案できれば、今後のプレストレスコンクリート普及に役立つことが予想される。

そこで本研究では、現在の拡散係数算定式にプレストレス項を考慮することを念頭に置き、コンクリート劣化の大きな原因である鋼材腐食を誘発する物質、特に塩化物イオンを対象とし、プレストレスコンクリートの物質浸透特性の実験的検討を目的とする。

表 2.1 供試体一覧

条件	W/C (%)	供試体 No.	プレストレス (N/mm ²)	供試体数
塩水噴霧	40	A0	0	1
		A01	0.1f c	1
		A03	0.3f c	2
	55	B0	0	1
		B01	0.1f c	1
		B03	0.3f c	1
	55 (ひび割れ有)	BC0	0 ^{注)}	1
		BC01	0.1f c	1
	インク含浸	55	BR0	0
BR01			0.1f c	1
BR03			0.3f c	1

注) ひび割れが閉じる程度にプレストレスを導入した

2. インク含浸による物質浸透性試験

2.1 実験概要

比較的短時間で結果が得られるインク含浸試験によりコンクリートの物質浸透性に及ぼす圧縮応力の影響の大略を確認することとした。また、同時に供試体の重量変化の違いを測定することで、供試体に浸入した溶液の総量によっても物質浸透性を検討した。

2.2 供試体

セメントは普通ポルトランドセメントを用い、細骨材には信濃川参川砂、粗骨材には石灰石碎石、混和剤にはポゾリス 700 およびマイクロエア 303A を用いた。

供試体は、材齢 1 日脱型し、28 日湿布養生を行った。重量変化を確認するため、60 炉乾燥で 5 日間乾燥を行い、絶乾状態にした。

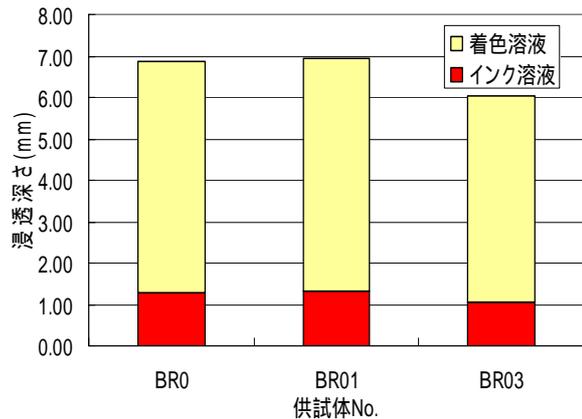
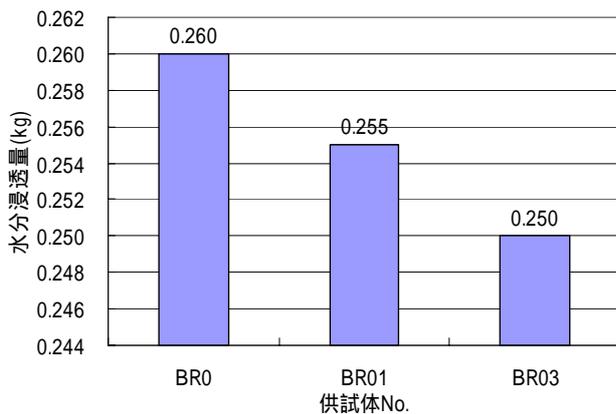
次頁の表 2.1 に供試体一覧を示す。水セメント比は 40, 55% の 2 水準、プレストレスはポストテンション方式でプレストレスを導入しコンクリート圧縮強度の 0%, 10%, 30% の 3 水準とした。

2.3 含浸環境

含浸は、着色溶液および強着油性インクにて、それぞれ一週間浸漬した。インクは油性で水での溶解は分離するため、溶解にはアセトンを用い、10 倍希釈とした。

2.4 浸透距離測定

供試体を割裂し、含浸表面から着色部分までを可視できる試料を取り出し、測定はノギスを用いて行った。また溶液浸透量は、絶乾直後と含浸直後に重量測定を行った。



2.5 実験結果

図 2.1 に溶液浸透量、図 2.2 にインク浸透距離の測定結果を示す。図 2.1 より、溶液浸透量へのプレストレスの影響がわずかに確認できる。その差は 5g と供試体全体の重量比は 1%にも満たない。しかし、既往の研究においても無応力状態に比べ、応力状態にある供試体の溶液浸透量は 6, 7 割であることや、5 時間浸透量が 1g であることが報告されている。このことから、溶液浸透におけるプレストレスの影響はあることがわかる。

ここで、コンクリートの水密性に着目する。コンクリートは多孔質体であり、その水密性は水セメント比が小さいほど大きいことは存知されている通りである。圧縮応力を受けたコンクリートは、吸水量に大きな影響を及ぼす連行空気や大きな空隙が変形し、そのひずみを受け細孔容積が減少したため吸水量の低下が起きたと考えられる。〔2.1〕

また、圧縮応力下にあるコンクリートはその透気性の変化することや、圧縮応力による水分逸散の促進についても既往の研究において報告されている。〔2.2〕〔2.3〕

上記のことから、プレストレスは水分浸透に影響を及ぼすといえるだろう。

図 2.2 より、インク浸透距離におけるプレストレスの影響は見られなかった。細孔構造中の毛细管空隙のオーダーが非常に小さいことから、比較的大きな空隙の存在するコンクリート表面付近での浸透しか見られなかった。これは物質浸透性やインク粒子の大きさが要因であると考えられる。

3. プレストレスコンクリートの塩分浸透特性

3.1 実験概要

PC 部材を想定し、圧縮応力下におけるコンクリートの塩分浸透特性について検討を行う。導入プレストレス量、コンクリートの水セメント比、ひび割れの有無を実験パラメータとした。供試体は第 2 章で用いたものと同様であり、これに断続的な塩水噴霧による促進曝露環境下にてコンクリート中への塩分浸入を行う。

3.2 促進曝露環境

3%塩水を 2 時間毎 25 秒間噴霧、乾湿繰り返し環境とした。曝露期間は 6 週(42 日)とした。この条件は、供試体が十分湿り、表面が乾燥状態になる間隔で設定した。

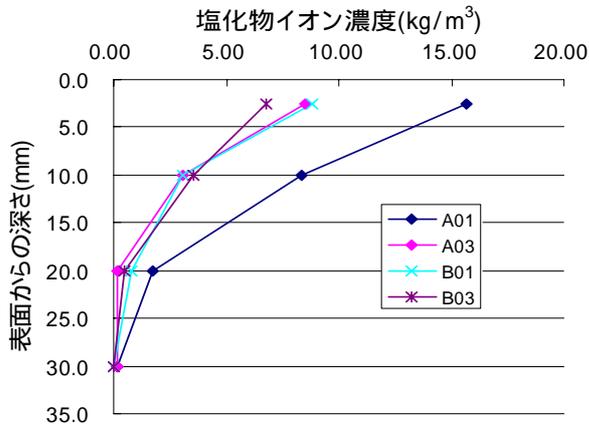


図 3.1 ひび割れ無

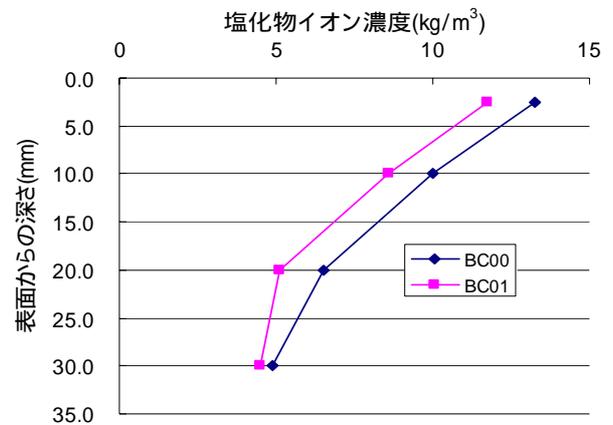


図 3.2 ひび割れ有

曝露室内の温度は 12 ~ 16 。曝露水槽をビニールシートで覆い、蒸散や噴霧による塩水の飛散を抑えた状態で曝露を行ったため、曝露室内は常に高い湿度状態にあった。

3.3 実験結果

図 3.1 より、W/C=40%供試体はプレストレスによる塩化物イオンの減少が見てとれる。しかし、W/C=55%においては影響が顕著ではなかった。また、全体として表面からの距離が大きくなると塩化物イオン濃度が減少する傾向にあることがわかる。これは一般的な傾向であることは存知である。

図 3.2 より、プレストレスによる浸透抑制効果が見てとれる。ひび割れは細孔構造と比較にならないほど大きな空隙と考えることができる。つまり、ひび割れがあることで物質透過抵抗性が大幅に失われ、その結果、塩分浸透量が増加する。実験においては、一度切り離された構造が圧縮応力により閉じる作用を受け、物質透過抵抗性がわずかに増加したと考えられる。

4.まとめ

溶液浸透量はプレストレスによる影響を見てとれた。溶解にはアセトンを用いたが、プレストレスの大きさによる比較を行うことはできた。

インク浸透における、プレストレスの影響は見てとれなかった。原因として、インク粒子がコンクリート細孔構造を完全には通過できなかったことが考えられた。

ひび割れ無供試体については、プレストレスの影響は顕著でなかった。コンクリートの細孔構造は圧縮応力を受けることで、組織が緻密化し、物質透過抵抗性が増すという既往の研究報告に必ずしも見合う結果はでなかったといえる。一方で、深さ方向に塩化物イオン濃度が減少していることや、A01 ~ A03 ではプレストレスの影響がみられることから、実験の整合性は十分あるだろう。

ひび割れ有供試体は、ひび割れ無に比べてプレストレスの影響が顕著に見られた。一度切り離された構造が圧縮応力より閉じる作用を受け、物質透過抵抗性がわずかに回復したと考えられる。