

プロピオン酸カルシウムによる ASR 補修方法に関する基礎的研究

京都大学 学生会員 ○井上大希 極東興和(株) 正会員 江良和徳
(株)トクヤマ 正会員 加藤弘義 京都大学 正会員 山本貴士 フェロー 宮川豊章

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下，ASR と呼ぶ）を抑制する補修材料のひとつとして，プロピオン酸カルシウム $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})_2]$ に関する研究が進められており，プロピオン酸カルシウムをモルタル供試体に事前混入したときの ASR 膨張抑制効果とそのメカニズムに関する報告がなされている¹⁾．本研究では，ASR により劣化したコンクリート構造物の補修にプロピオン酸カルシウムを用いることを想定し，ASR 劣化したコンクリート供試体にプロピオン酸カルシウムを内部圧入し，ASR 膨張抑制効果が得られるか否かを確認した．さらに，プロピオン酸カルシウムの ASR 抑制メカニズムであるコンクリートの pH 低減効果について検討した．

2. 実験概要

供試体に用いた反応性骨材は化学法で無害でないと判定された北海道産の輝石安山岩とし，反応性骨材比率はベシマム試験の結果より細骨材 70%，粗骨材 50%とした．添加アルカリ量は等価 Na_2O 量で 8.0 kg/m^3 とし， NaCl で添加した．プロピオン酸カルシウムは内部圧入を阻害しない範囲で最も高濃度化した 25%水溶液とした．表-1 に実験要因を示す．

コンクリートの pH 測定には pH 測定器（ガラス電極法）を使用し，コンクリートの練混ぜ直後と打設 2 週間後，4 週間後の計 3 回測定した．練混ぜ直後の測定ではフレッシュコンクリートを試料として直接測定し，硬化後の測定では地盤工学会基準「土懸濁液の pH 試験方法」(JGS 0211-2000) に準じ，硬化コンクリートの粉砕試料と交換水を重量比 1：5 で混合したものを測定した．膨張量測定用の供試体は $\phi 100\text{mm} \times \text{H}200\text{mm}$ の円柱とし，供試体を打設した後，40℃，95%RH の環境下に置き，膨張量が 1,500～3,000 μ に達した段階でプロピオン酸カルシウムを内部圧入した．このときの注入圧力は 0.5～1.1MPa とした．内部圧入後は 2 週間毎にコンタクトゲージにて膨張ひずみ測定した．

3. 実験結果および考察

3.1 プロピオン酸カルシウムによる pH の低下

図-1 にプロピオン酸カルシウム添加によるコンクリートの pH の経時変化を示す．コンクリート練混ぜ時にフレッシュコンクリートの状態で pH を測定した場合では，プロピオン酸カルシウムの添加量が多いほどコンクリートの pH を低下させる効果が高いことがわかる．打設の 2 週間後，4 週間後の測定値を見ると，プロピオン酸カルシウムをモル比 0.17 で添加したケースが添加なしの pH 測定値と同等で，モル比 0.50 および 1.00 で添加したケースでは僅かに pH が低下した．2 週間後から 4 週間後にかけてはいずれの pH 測定値も変化がなかった．しかし，添加なしとモル比 1.00 との pH の差を見ると，練混ぜ直後で 0.4 ポイントの差があるのに対し 2 週間後以降では差が 0.1 ポイントに縮まっている．本実験の条件では，プロピオン酸カ

表-1 実験要因

プロピオン酸カルシウム $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})_2$				添加アルカリ
添加方法	添加割合			Na_2O 換算 (kg/m^3)
	添加量 (kg/m^3)	添加割合 対セメント(%)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}/\text{Na}$ モル比	
添加なし	—	—	—	NaCl 8.0
事前混入 (pH測定)	4.0	1.4	0.17	
	12.0	4.1	0.50	
	24.0	8.2	1.00	
内部圧入 (膨張量測定)	4.0	1.4	0.17	
	8.0	2.8	0.33	
	12.0	4.1	0.50	

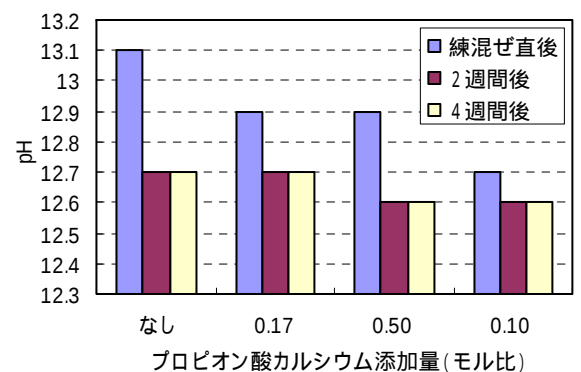


図-1 プロピオン酸カルシウム添加による pH 低下

キーワード： ASR，プロピオン酸カルシウム，内部圧入，膨張量，pH

連絡先： 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL：075-383-3173 FAX：075-383-3177

ルシウムを添加した直後には pH の低減効果が発揮されるものの、その後コンクリートが硬化する過程で pH の低減効果が十分に持続できていない可能性がある。ただし、今回の測定では打設時と 2, 4 週間後の pH 測定方法に違いがあるため、この影響を考慮する必要がある。本実験では実施していないが、コンクリート中の細孔溶液を抽出し、その pH を併せて測定しておくことが望ましいと考えられる。

3.2 プロピオン酸カルシウム内部圧入による ASR 膨張抑制

図-2 にプロピオン酸カルシウム添加なしおよび内部圧入した供試体の膨張量の推移を示す。図-2 の各供試体ケースにおける内部圧入後の膨張の度合いを比較するために、内部圧入工実施直前の膨張量を基準とした内部圧入後 126 日間の膨張量の変化を図-3 に整理した。図-3 において、プロピオン酸カルシウムを圧入していない供試体の膨張量をみると、この 126 日間で概ね 750 ~ 2,500 μ 程度の膨張が見られている。それに対し、プロピオン酸カルシウムをモル比 0.17, 0.33, 0.50 で内部圧入した供試体では、各ケース 1 本は圧入後の膨張量を 200 μ ~ 300 μ 程度に抑制できている。しかし、圧入後の膨張量が 800 ~ 1,200 μ 程度にまで増大しているものも各ケースに見られる。膨張量 800 ~ 1,200 μ は添加なしの供試体の膨張量 750 μ ~ 2,500 μ の範囲に含まれ、ASR 膨張抑制効果としては不十分であると考えられる。ただし、それらにおいても圧入量がモル比 0.17, 0.33, 0.50 と大きくなるに連れ膨張量が約 1,200 μ , 1,000 μ , 800 μ と減少しており、プロピオン酸カルシウムの添加量と圧入後の膨張量との間に関連性が認められる。

ASR 膨張抑制効果にばらつきが見られるものの、プロピオン酸カルシウムを添加した全てのケースにて膨張が抑制されているのが見られることから、ASR により劣化したコンクリートの補修工法として、プロピオン酸カルシウム内部圧入工を適用できる可能性が示されたと考えられる。ASR を抑制するために必要となるプロピオン酸カルシウムの圧入量としては、本実験で実施したモル比 0.5 までの範囲では不十分であり、今後のさらなる検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 岩月栄治, 多賀玄治, 森野奎二: プロピオン酸カルシウムの ASR 抑制効果に関する基礎的研究, Cement Science and Concrete Technology, No.61, pp318-323, 2007

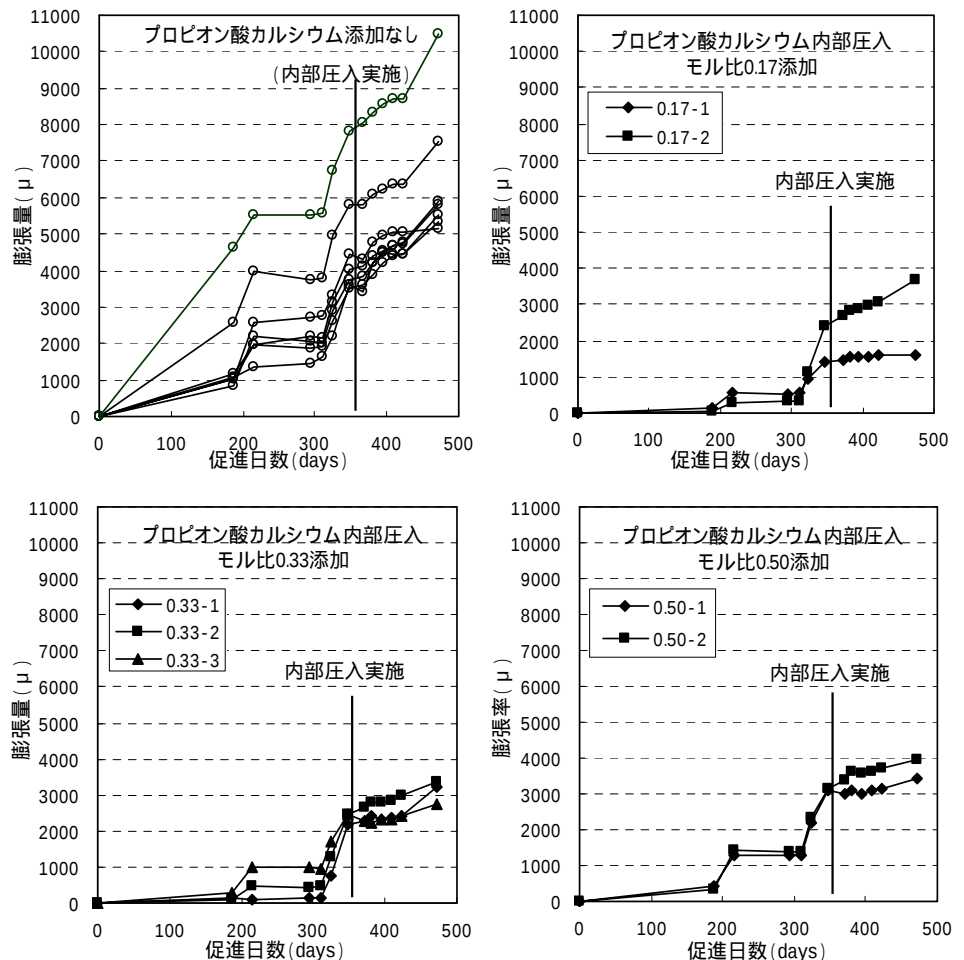


図-2 プロピオン酸カルシウム内部圧入による膨張量の推移

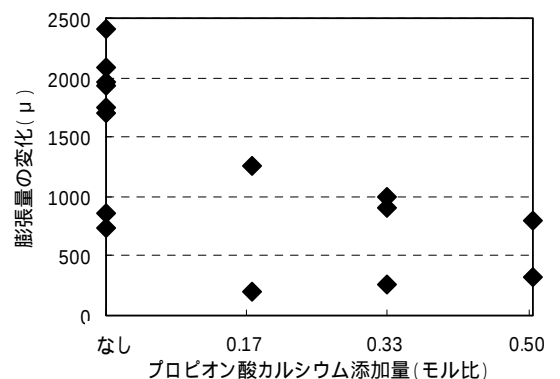


図-3 内部圧入後 126 日間の膨張量の変化