

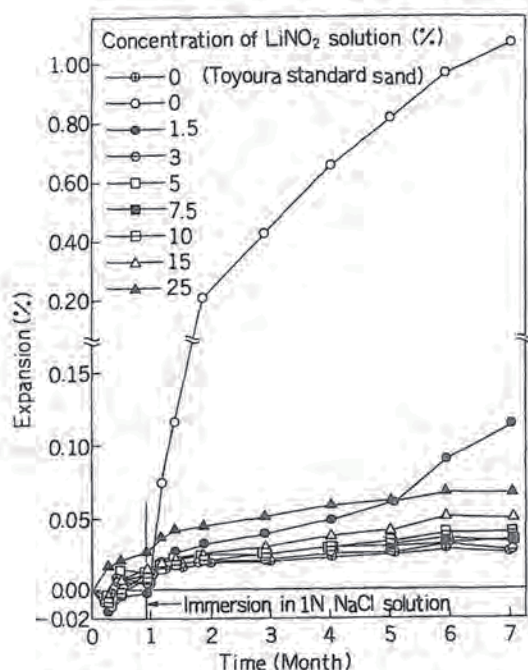


Fig. 6. Expansion of mortars using processed reactive sand particles immersed in 1N NaCl solution at 40°C (A series).

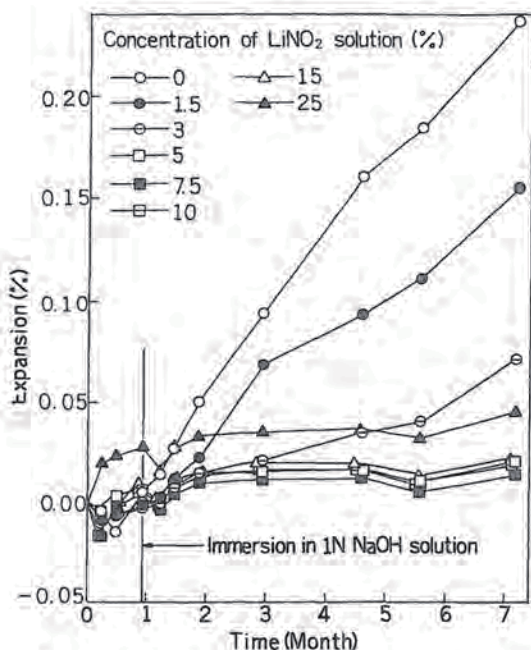


Fig. 7. Expansion of mortars using processed reactive sand particles immersed in 1N NaOH solution at 20°C (A series).

浸漬すると、Fig. 6 に示すように、 LiNO_2 無含浸のモルタルは極めて大きい膨張を生ずる。濃度 1.5% 水溶液の含浸によって膨張量は大きく低減し、さらに濃度 3% の水溶液の含浸で膨張は完全に抑制される。1N NaOH 水溶液に浸漬すると、 LiNO_2 無含浸のモルタルの膨張量は浸漬期間の増加とともに直線的に増加し、 LiNO_2 水溶液の濃度が高くなると膨張量は明確に減少する (Fig. 7)。濃度 5% の水溶液の含浸で膨張を

ほぼ完全に抑制することができる。この含浸実験 (A シリーズ) では、実験の性質上、 LiNO_2 の使用量が必ずしも明確ではないが、以上に述べた事実は、適切な濃度の LiNO_2 水溶液の骨材への含浸および含浸後の乾燥によって生ずる骨材表面の LiNO_2 による皮膜がアルカリ骨材反応による膨張の抑制に極めて有効であることを示すものである。この結果はまたアルカリ骨材反応抑制用の化学混和剤がセメントペースト中に混入することによって用いられるのみならず骨材に含浸することによっても使用できるという新しい使用方法の可能性をも示すものである。

Fig. 8, 9 および 10 に気乾状態の反応性骨材に表乾状態となるように所定の量と濃度の LiNO_2 水溶液を含浸した場合 (B シリーズ) のモルタルの膨張量と材令の関係を示す。湿空養生を行った場合のモルタルの膨張量に関しては (Fig. 8)、濃度 7.5% から 15% の LiNO_2 水溶液の含浸が膨張を促進するように作用する。さらに、濃度 1.5% および 5% の LiNO_2 水溶液の含浸は膨張をわずかに促進するようである。しかし、濃度 25% の LiNO_2 水溶液の含浸は膨張を大きく抑制する。濃度 25% の LiNO_2 水溶液の含浸は、 LiNO_2 をセメント重量の 0.89% 使用したことに相当し、 Li/Na モル比は 0.43 となる。Fig. 9 に示すように、1N- NaCl 水溶液に浸漬した場合では、含浸液の濃度の増加とともに、すなわち LiNO_2 の使用量の増加とともに膨張量は明らかに減少傾向を示し、濃度 25% の含浸は LiNO_2 無含浸モルタルに見られる極めて大きい膨張をほぼ完全に抑制することができる。

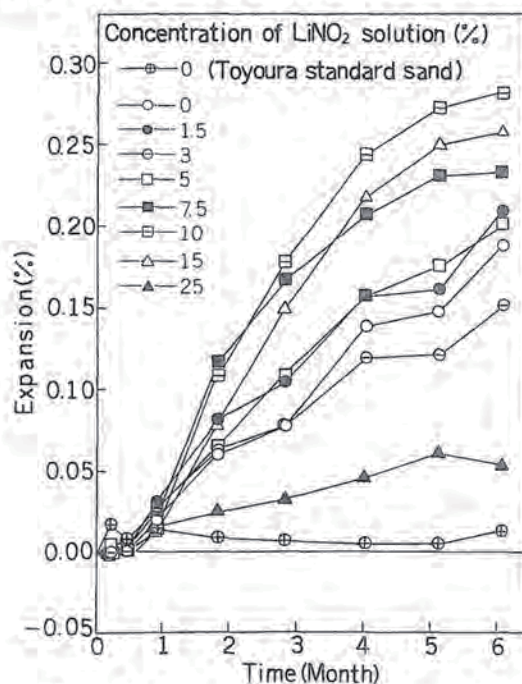


Fig. 8. Expansion of mortars using processed reactive sand particles stored in a fog box at 40°C (B series).

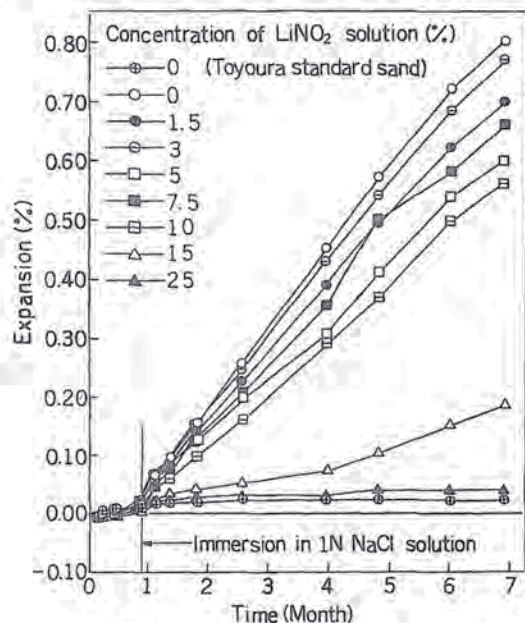


Fig. 9. Expansion of mortars using processed reactive sand particles immersed in 1N NaCl solution at 40°C (B series).

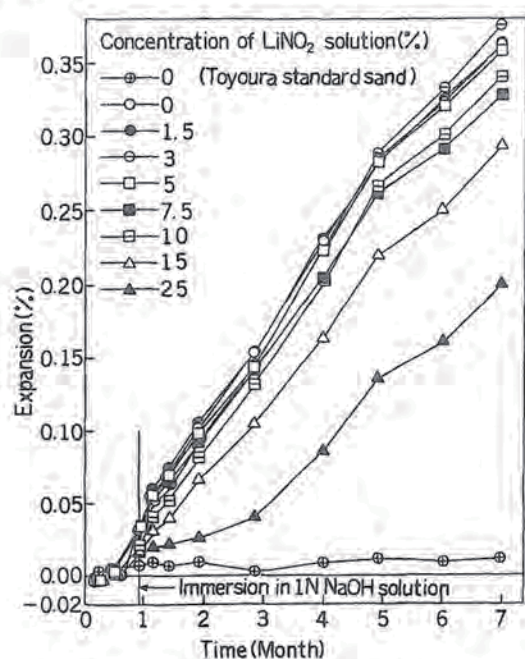


Fig. 10. Expansion of mortars using processed reactive sand particles immersed in 1N NaOH solution at 20°C (B series).

1N-NaOH 水溶液に浸漬した場合においても (Fig. 10), 含浸液の濃度の増加とともに膨張量は減少する傾向を示す。しかし、濃度 25% の含浸においても材令 7 ヶ月で 0.2% 程度の膨張を生じ、この程度の LiNO_2 使用量 (セメント重量の 0.89%) では、1N-NaOH 水溶液浸漬という苛酷な条件下で生ずる膨張を完全に抑制することは困難であることがわかる。以上の事実は、 LiNO_2 を気乾砂に含浸して用いる場合では、 LiNO_2 の使用量のわずかな変化や養生条件の

変化によって膨張抑制効果に大きい差異の生ずることを示すものである。ある条件下では、 LiNO_2 の使用が膨張抑制という点でマイナスに作用することがあり、注意を要する。

言うまでもなく、 LiNO_2 の実際の使用に際しては、一部に見られる LiNO_2 使用のマイナス面を確実に排除することが必要である。この種の不都合の排除には、 LiNO_2 によるアルカリ骨材膨張の抑制機構を知

Table II. Compressive and splitting tensile strengths of mortars using LiNO_2 .

(a) Mortars adding LiNO_2 .

Age (days)	Amount of LiNO_2 added* (%)	Compressive strength (kgf/cm ²)	Splitting tensile strength (kgf/cm ²)
7	0.00	289 (100)	30.6 (100)
	0.83	275 (95)	32.5 (106)
	1.67	267 (92)	30.2 (99)
	2.50	261 (90)	31.6 (103)
28	0.00	398 (100)	41.3 (100)
	0.83	378 (95)	36.3 (88)
	1.67	365 (92)	37.3 (90)
	2.50	368 (92)	36.7 (89)

*: Percentage by weight of cement.

(b) Mortars using sand particles impregnated with LiNO_2 solution.

Age (days)	Concentration of LiNO_2 solution (%)	Compressive strength (kgf/cm ²)	Splitting tensile strength (kgf/cm ²)
7	0.0	238 (100)	28.7 (100)
	7.5	256 (108)	28.0 (98)
	15.0	288 (121)	32.0 (111)
	25.0	310 (130)	30.8 (107)
28	0.0	401 (100)	41.1 (100)
	7.5	412 (103)	40.1 (98)
	15.0	407 (102)	39.7 (97)
	25.0	397 (99)	41.3 (100)

ることが有益である。著者の一人は、オパール骨材を用いて LiNO_2 のアルカリ・シリカ膨張抑制機構の解明に着手しており、抑制機構の一部をすでに明らかにしている⁷⁾。その結果によれば、 LiNO_2 の膨張抑制のメカニズムは、反応そのものの発生と進行の抑制というよりむしろリチウムイオンの作用によるアルカリ・シリカ反応生成物の膨張しにくい物性への変質によるものである。同様の検討が LiNO_2 を気乾砂に含浸した場合に見られた膨張挙動の解明のためになされるべきであると考えられる。

3・3 LiNO_2 の使用がモルタルの圧縮および引張強度に及ぼす影響

Table II に LiNO_2 添加モルタルと有効吸水量に相当する LiNO_2 水溶液を含浸した砂を用いたモルタルの圧縮および引張強度を示す。 LiNO_2 を添加した場合（内添実験）では、材令7日の引張強度を除いて、強度は LiNO_2 の添加によってわずかに減少する傾向を示し、圧縮強度では最大10%、引張強度では最大12%の減少を生ずる。 LiNO_2 水溶液を含浸した場合（含浸実験）では、材令7日で LiNO_2 の含浸がモルタルの圧縮および引張強度を大きくするように作用し、濃度25%溶液の含浸は30%程度の圧縮強度の増加を生ずる。しかし、材令28日では、圧縮および引張強度ともに含浸による大きい強度変化は生じない。

4 結 言

本研究では、現実に存在するアルカリ反応性を有するコンクリート用骨材を用いたモルタルの膨張試験を行い、 LiNO_2 の膨張抑制効果を検討した。

LiNO_2 を添加した場合では、 LiNO_2 を Li/Na モル比で0.4程度用いると、湿空養生および1N- NaCl 水溶液浸漬養生で生ずる膨張をほぼ完全に抑制できる。 Li/Na モル比を0.8にすると、1N- NaOH 水溶液に浸漬という苛酷な条件で生ずる膨張さえも抑制できる。 LiNO_2 水溶液を炉乾状態の砂に十分含浸した場合には、含浸液の LiNO_2 濃度が3～5%であれば膨張はほぼ完全に抑制できる。気乾状態の砂に所定量の LiNO_2 水溶液を含浸し、 LiNO_2 の使用量を低減した

場合においても、1N- NaCl 水溶液浸漬養生で生ずる膨張を顕著に抑制する。しかし、一部の条件下で、例えば濃度7.5～15%の LiNO_2 水溶液含浸砂を用いたモルタルを湿空養生すると、膨張を促進する場合がある。本研究の膨張試験より得られた結果は、極めて苛酷な条件下においてさえも、 LiNO_2 の使用はアルカリ骨材反応による膨張の抑制に有益であり、 LiNO_2 が膨張抑制剤として使用できる可能性のあることを示すと同時に、一部の不都合さを取り除くために、 LiNO_2 による膨張抑制機構の検討が必要であることを示すものと考えられる。

LiNO_2 を用いたモルタルの圧縮と引張強度は、 LiNO_2 の使用方法と使用量によって、無使用に比べて12%減少から30%増加まで変動するが、特に大きい不都合はないようである。 LiNO_2 を膨張抑制剤として用いるには、 LiNO_2 のフレッシュコンクリートの性質に及ぼす影響および硬化コンクリートの性質、例えば乾燥収縮やアルカリ骨材反応以外の耐久性に及ぼす影響の検討がさらに必要と考える。

参 考 文 献

- 1) Cement and Concrete Association, "Minimising the Risk of Alkali-Silica Reaction-Guidance Notes", p. 8 (1983).
- 2) 川村満紀, 榑場重正, 土木学会論文集, 1, 348, 13 (1984).
- 3) W. J. McCoy and A. G. Caldwell, J. ACI, 22, 9, 693 (1951).
- 4) Y. Sakaguchi, M. Takakura, A. Kitagawa, T. Hori, F. Tomosawa and M. Abe, 8th Int. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, p. 229 (1989).
- 5) Y. Ohama, K. Demura and M. Kakegawa, 8th Int. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, p. 253 (1989).
- 6) D. W. Hobbs, "Alkali-Silica Reaction in Concrete", p. 45 (1988) Thomas Telford, London.
- 7) 竹本邦夫, 榑場重正, 第44回土木学会年次学術講演会講演概要集, p. 682 (1989).