

2003年11月5日
電気化学工業株式会社

吹付けコンクリートのアルカリ骨材反応抑制効果を実証

当社とハザマは、建設業界で初めて、トンネル工事などで使用される吹付けコンクリートのアルカリ骨材反応抑制効果を実証しました。

アルカリ骨材反応は、コンクリートの構成成分である骨材中の鉱物と、同じく構成成分のセメント中のアルカリ分による反応であり、膨張、ひび割れ、強度低下などのコンクリート劣化を引き起こすことから、社会問題として近年注目を集めてきました。

一般のコンクリートでは、高炉スラグやフライアッシュなどの混和材を含んだ混合セメントの使用や、アルカリ総量の抑制といった対策がなされ使用されています。

ところが、トンネルや法面などに使用される吹付けコンクリートでは、短時間で強度を発現しなければならないことから、アルカリ分を多く含む急結剤を使用しなければならない上、混合セメントの使用もできませんでした。

このため、アルカリ骨材反応に対して無害とされる骨材を使用しなければならず、地域によっては入手困難で輸送コストなどのアップを招いており、さらに将来的にはそうした骨材の供給そのものが難しくなる事態も予想されています。

こうした現状を受け、当社とハザマでは、混合セメントでのアルカリ骨材反応抑制について開発を進め、このほど実証的に確認することに成功しました。

決め手となったのは、当社が開発したアルカリ骨材反応抑制タイプ急結剤「デンカナトミックHD」です。アルカリ含有量は従来の4分の1と極めて低く、これと混合セメントとの組み合わせで、アルカリ骨材反応による膨張を抑制することを確認しました。また、これを使用することで混合セメントでも初期強度の発生、強度の持続といった施工性を確保できることも確認しました。

今後、当社とハザマでは、国土交通省、道路公団、地方自治体などへの紹介を開始するとともに、試験施工を重ねたうえで数年後には新工法の実用化を図る計画です。

プレス発表文 別添

〔報道資料〕

2003年11月 5日

吹付けコンクリートのアルカリ骨材反応抑制効果を初めて実証
～混合セメントと新急結剤の組合せで～

担当者：石山 和道

ハザマ広報室

〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 TEL.03-3405-1110 FAX.03-3478-4674

ホームページURL <http://www.hazama.co.jp>

電気化学工業(株) 特殊混和剤事業部

〒100-8455 東京都千代田区有楽町 1-4-1 TEL.03-3507-5363 FAX.03-3507-5085

ホームページURL <http://www.denka.co.jp>

ハザマ（新名順一社長）と電気化学工業（晝間敏男社長）は、混合セメント（注１）と電気化学工業が開発した新しい急結剤「デンカナトミックHD」を組合せることにより、吹付けコンクリート（注２）のアルカリ骨材反応（注３）を抑制できることを実証した。吹付けコンクリートのアルカリ骨材反応の抑制効果を実証したのは初めてのことである。

従来、吹付けコンクリートでは、土木学会トンネルコンクリート施工指針（案）に準じ、「無害」な骨材を使用することにより、アルカリ骨材反応に対する抑制対策を講じていた。土木学会トンネルコンクリート施工指針（案）の記述は、以下のとおりである。

「吹付けコンクリートでは、急結剤（注４）を使用するため、アルカリ総量（注５）は、通常 3.0 kg/m^3 以上であり、早期の強度発現の観点から使用するセメントの種類も限定されるため（注６）に、通常のコンクリートに対する対応策（注７）を適用することができない。したがって、吹付けコンクリートに用いる骨材は、アルカリ骨材反応に関して無害と判断されるものを用いることとした。」

しかしながら、近年地域によっては、アルカリ骨材反応に関して無害な骨材の入手が困難となってきており、無害と判定される骨材を遠方から輸送しなければならない状況が生じている。この結果、輸送費の増大による骨材のコストアップが問題となってきている。このような、無害な骨材の入手の困難さは、将来ますます大きくなっていくことも予想される。

以上のような背景から、ハザマと電気化学工業は、吹付けコンクリートにおいてもアルカリ骨材反応抑制対策技術を確立することが必要と考え、通常のコンクリートのアルカリ骨材反応抑制対策である混合セメントの使用が吹付けコンクリートに適用できないかを確認することとした。併せて、通常の急結剤に比べてアルカリ含有量が低く、混合セメントを用いた場合においても、良好な初期強度が得られ、通常と同様の施工性が得られる新しい急結剤の開発にも着手した。

モルタル試験による混合セメントの有用性の確認を経て、最終的に模擬トンネルにおける吹付けコンクリート試験を実施し、各種のアルカリ骨材反応抑制効果の評価試験（注８）を実施した。試験の結果、以下のことが明らかとなった。

吹付けコンクリートに反応性骨材を使用した場合、急結剤から供給されるアルカリにより、過大な膨張を生じる可能性がある。

フライアッシュをセメントの20%置換（内割り）することにより、アルカリ骨材反応による膨張を抑制することができる。

高炉セメントB種を使用することにより、アルカリ骨材反応による膨張を抑制することができる。

新急結剤を使用することにより、混合セメントを使用した場合にも良好な施工性を確保することができる。

なお、開発した急結剤は、電気化学工業の保有するカルシウムサルホアルミネート系急

結剤をベースとして、アルカリ含有量低減するとともに混合セメントを用いた場合でも良好な初期強度を得ることができるように、改善を加えたものである。新急結剤のアルカリ含有量は、通常の急結剤の1/4に低減した。

今後は、各種反応性骨材への適用性の確認、フライアッシュの品質が抑制効果に及ぼす影響の確認等を行い、汎用性を高めていく予定。また、各省庁、公社・公団、地方自治体、電力各社等への売り込みを積極的に行っていく。なお、本対策方法は、吹付けコンクリートのアルカリ骨材反応抑制方法として特許出願中である。

(注1) 混合セメント

ポルトランドセメントに高炉スラグやフライアッシュ等の混和材を混合したセメントの総称である。ポルトランドセメントより初期強度が低いという欠点があるが、作業性の改善、耐久性の改善が期待できる。高炉スラグ、フライアッシュの適用は、アルカリ骨材反応抑制対策の一つである。

(注2) 吹付けコンクリート

セメント、細骨材、粗骨材、水、急結剤からなるコンクリート材料を圧縮空気等によってノズルから高速で噴射して施工面に衝突させて付着させることにより、施工するコンクリートをいう。NATMによるトンネル施工、法面の保護等に用いられる。吹付けコンクリートには、短時間で強度発現し岩盤に強固に付着することにより、掘削したトンネル等の空洞を支える効果を発揮する性能が要求される。

(注3) アルカリ骨材反応

コンクリート中のアルカリとある種の骨材は、長期にわたり反応することがあり、反応が進むとコンクリートは膨張して多数の亀甲状のひび割れを生じる。我が国では、骨材中のシリカとアルカリ分が反応するアルカリシリカ反応がほとんどである。1983年頃から被害例が報告されるようになり、コンクリート構造物の耐久性を低下させる原因の一つとして社会問題にもなっている。その後、アルカリ骨材抑制対策技術が確立され、沈静化する傾向にあったが、アルカリ骨材反応による鉄筋破断の報告、抜き打ち検査を行った骨材に反応性が認められた事象の報告等がなされ、ここ数年、アルカリ骨材反応に関する話題が再燃している。

(注4) 急結剤

吹付けコンクリート工法で使用され、コンクリートの強度を短時間で発現させるための混和剤である。セメント鉱物系の粉体急結剤とアルミン酸塩等を主成分とする液体急結剤がある。粉体急結剤が急結性に優れているため、わが国のトンネルの吹付けコンクリート

では、粉体急結剤が一般的である。

(注5) アルカリ総量

コンクリート中のアルカリ金属の総量のことである。主として、Na、K であり、 Na_2O に換算して全アルカリ総量 R_2O で示される。既往の研究から、コンクリート中のアルカリ総量が 3.0 kg/m^3 以下であれば、アルカリ骨材反応を抑制できることが明らかとなっている。各使用材料のアルカリ量、単位量から算定される。

従来の吹付けコンクリートは、セメント量が 360 kg/m^3 程度であり、急結剤をセメント量の 7% 程度使用する配合が多く、この場合には、コンクリート中のアルカリ総量は 5.0 kg/m^3 を超える場合もある。

(注6) 吹付けコンクリートに使用されるセメント

吹付けコンクリートには、初期の強度発現性が要求されるために、普通ポルトランドセメントの使用が約 98%、残りも早強ポルトランドセメントが使用されている。

(注7) 通常のコンクリートのアルカリ骨材反応対策

アルカリ骨材反応の対策手法としては、JIS A 5308 附属書 6 (規定) 「セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法」で定められており、以下の 3 方法が示されている。

- a) ポルトランドセメント (低アルカリ型) による抑制対策
- b) アルカリ骨材反応抑制効果をもつ混合セメントによる抑制対策
- c) コンクリートのアルカリ総量の規制 (3.0 kg/m^3 以下) による抑制対策

(注8) アルカリ骨材反応抑制効果の評価方法

アルカリ骨材反応抑制効果の評価方法

試験方法	内容	供試体サイズ	測定材齢	判定
JCI-AAR-3	酸化ナトリウム当量で 2.4 kg/m^3 添加し、温度 40°C 、湿度 100% の条件下にて養生。	$7.5 \times 7.5 \times 40 \text{ cm}$	1,2,3,4,5,6 ヶ月	6 ヶ月後 0.1%以上 反応性有と判定
JCI-DD2	アルカリ無添加。温度 40°C 、湿度 100% の条件下にて養生	$10 \times 25 \text{ cm}$	コア採取後 1 週間は 24h ごと、以降 3~7 日の間隔	1 3 週後 0.05%以上 有害と判定
デマーク法	温度 50°C の飽和 NaCl 溶液中に浸漬	$5.5 \times 15 \text{ cm}$	クラックを確認するまで。	3 ヶ月後 0.4%以上有害 0.1%以下無害
カダ法	温度 80°C の 1N の NaOH 溶液中に浸漬。16 日程度で判定	$5.5 \times 15 \text{ cm}$	基長から 14 日間のうち少なくとも 3 回測定	1 4 日後 0.2%以上有害 0.1%以下無害

- 吹付け試験状況 -



写真1：供試体作製状況



写真2：採取した供試体の状況

- 試験結果 -

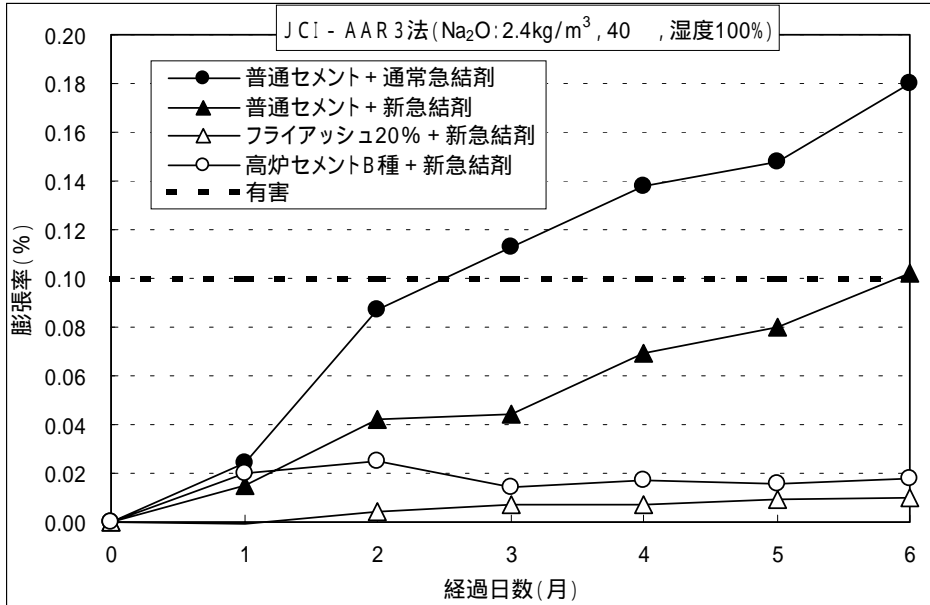


図 - 1 JCI - AAR - 3 法による評価結果

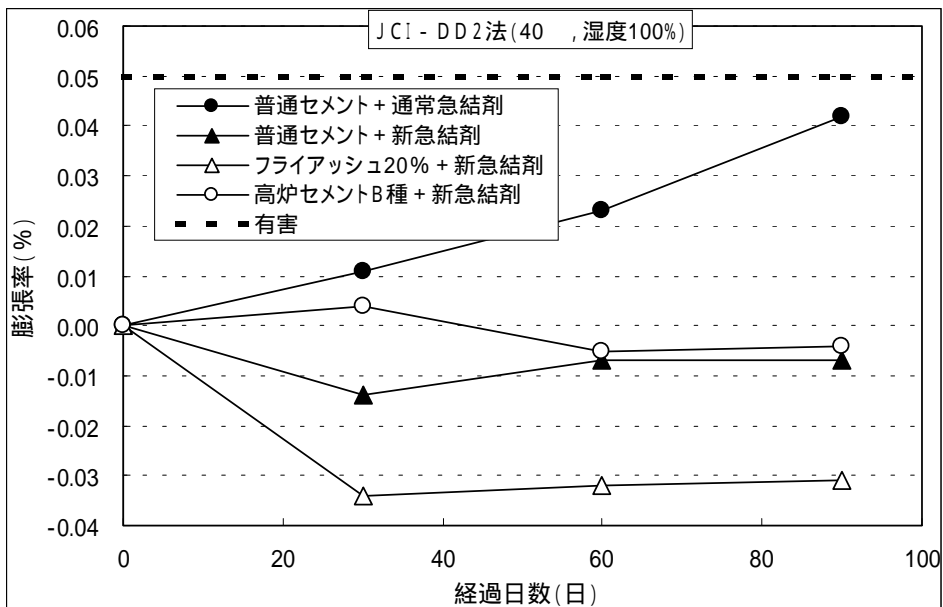


図 - 2 JCI - DD2 法による評価結果

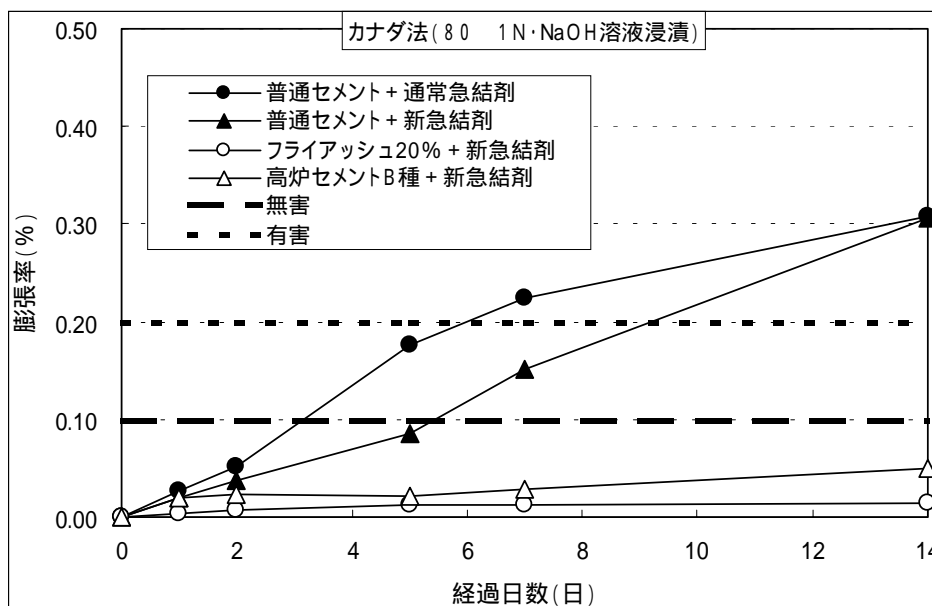


図 - 3 試験結果 (カナダ法)

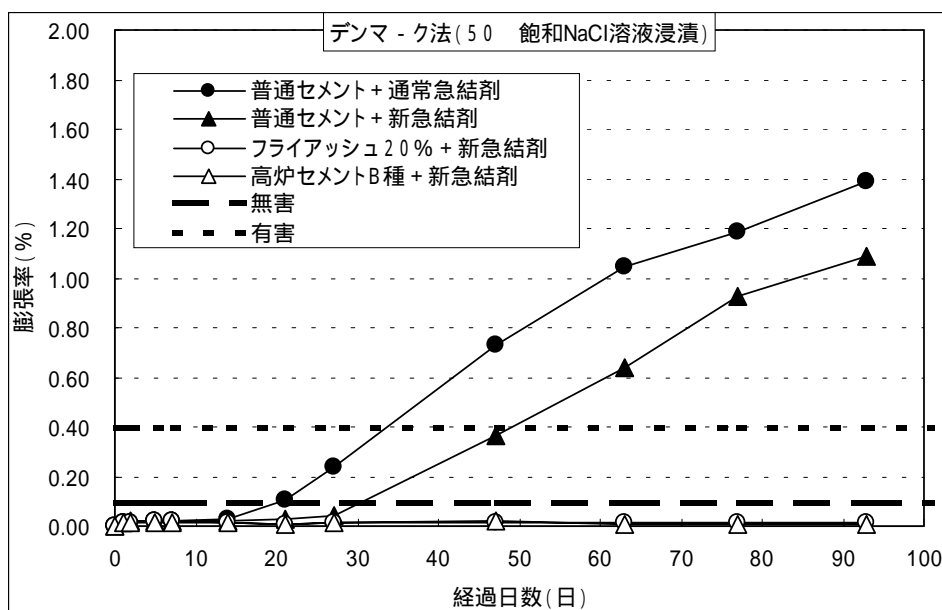
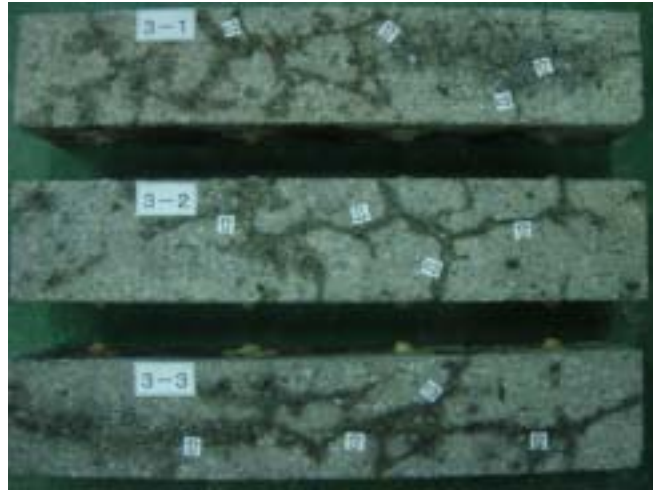
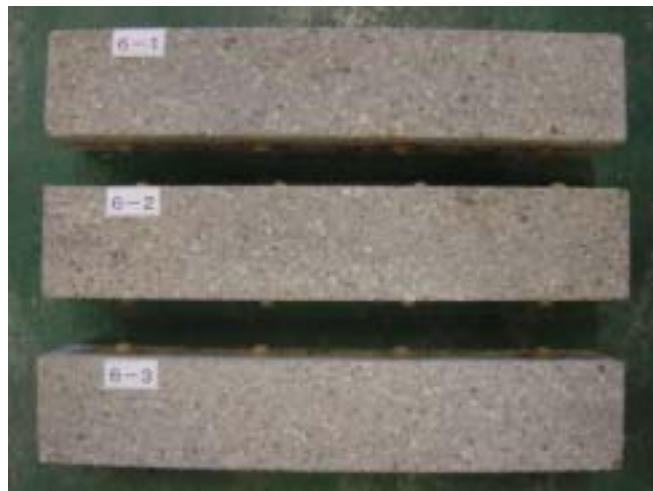


図 - 4 試験結果 (デンマーク法)



(普通セメント + 従来急結剤)



(フライアッシュ 20% + 新急結剤)

アルカリ骨材反応の生じた供試体のひびわれ発生状況

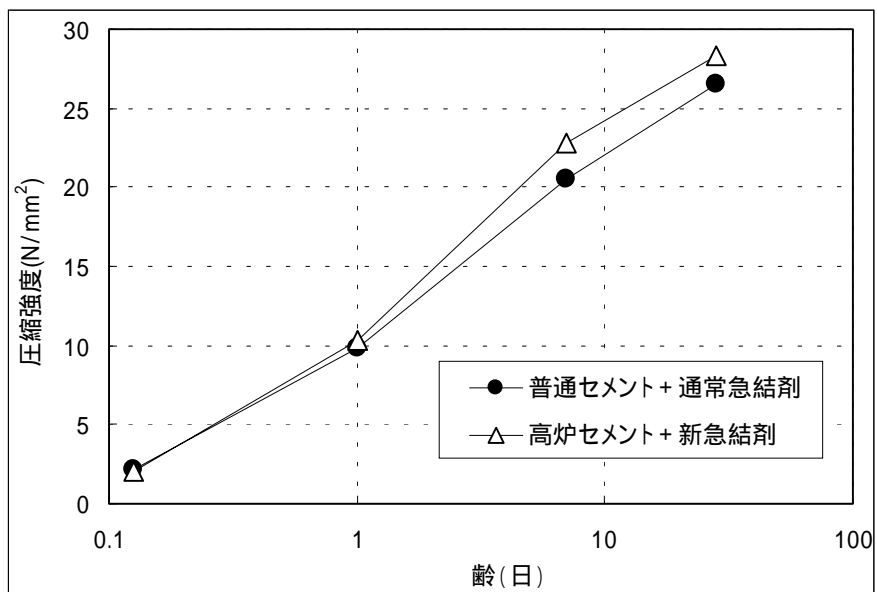


図 - 5 材齢と圧縮強度の関係 (初期強度)

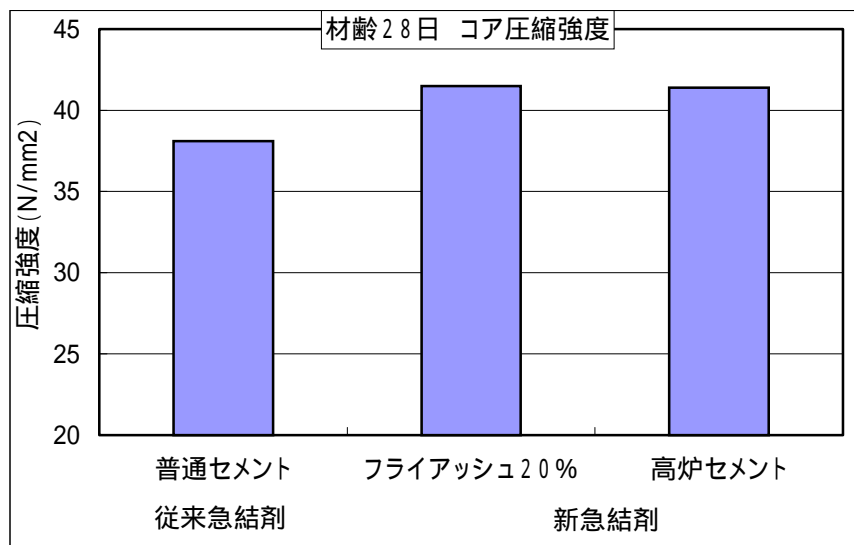


図 - 6 コア圧縮強度の測定結果 (長期強度)