

委員会報告
COMMITTEE
REPORT

【委員会報告】

我が国のコンクリート構造物における凍結防止剤の影響

INFLUENCE OF DEICING SALT ON CONCRETE STRUCTURES IN JAPAN

コンクリート委員会
 コンクリート調査研究小委員会
 凍結防止剤ワーキンググループ

*Working Grope on Deicing Salt, Committee on Concrete Research Activities,
 Committee on Concrete*

1. まえがき

凍結防止剤は、冬期に路面の雪を解かしたり、あるいは路面が凍結するのを防ぐ目的で、主に寒冷地で使用されてきた。我が国では最近、自動車のスリップ防止のために従来用いられていたスパイクタイヤが、路面が削られ粉塵が発生する等の理由から、使用が禁止される方向にあるため凍結防止剤の使用量は年々増加しており、今後はさらに増加するものと考えられている。

一方、塩化物を主成分とする凍結防止剤（主として塩化カルシウム及び塩化ナトリウム）は道路関連のコンクリート構造物に種々の劣化を引き起こすことが知られており、凍結防止剤の使用量の多い北ヨーロッパ、北アメリカ、カナダでは10年以上前から劣化が大問題となり、すでに種々の対策がとられている。

塩化物によるコンクリート構造物の劣化は、一般に長年にわたる塩化物の蓄積によって塩化物がある量を越えた時に発生するものであるため、劣化が発生した時はすでにコンクリート中にはかなりの塩化物が蓄積されており、取り返しのつかない状態になっていることが多い。したがって、この種の劣化は、実際に多く発生する前に予め対策を講じておく必要がある。

本ワーキンググループでは以上のことから、我が国のコンクリート構造物のうち、特に凍結防止剤の影響を強く受けると思われる東北地方の道路構造物について、実際にその影響の程度を調査し、その結果から将来の劣化の予測をするとともに、今、ただちにとるべき必要な対策について検討して、それらに関する報告書を作成した。本文はそれらの主な部分を取りまとめて報告するものである。

なお、ここで考えている凍結防止剤による劣化の種類としては、主として鉄筋のさび、コンクリートの凍害及びアルカリ骨材反応の3種である。

2. 米国における劣化状況とその対策

冬期の凍結防止剤の使用によるコンクリート構造物の劣化が米国においてはすでに相当発生していることは知られている。したがって、先ずこの凍結防止剤散布による劣化にたいして、例えば、構造物の劣化の被害の総額、または、補修や修復を必要とされた構造物の数等のような具体的な劣化状況とその対策を調査することを試みた。なお、国内で入手できる文献には、諸外国で研究された劣化発生メカニズムや推奨される劣化防止のための手法等に関しては多くの記載があるものの、上記のような被害総額や補修修復の費用等に関する情報は見つからなかった。

このような状況に鑑み、米国の2つの大学のコンクリート研究室、1) カリフォルニア大学サンディエゴ校（カリフォルニア州）、2) ノースウェスタン大学（イリノイ州）に直接、凍結防止剤散布によるコンクリート構造物の劣化被害の総額等に関する情報についての紹介を依頼した。また、3) アメリカコンクリート協会（ACI）にも同様の情報についての紹介を依頼した。

現在のところ、カリフォルニア大学サンディエゴ校とACI だけから回答が得られているが、両者とも凍結防止剤散布による劣化の被害の総額や劣化を被ったコンクリート構造物の補修等の状況に関する具体的な情報は持っていないとのことであった。しかし、カリフォルニア大学サンディエゴ校がカリフォルニア州の交通局（Department of Transportation）を紹介してくれ、交通局から次のような情報が得られた。

カリフォルニア州の高速道路では、1960年初頭より急激に増加した凍結防止剤の使用の結果、約10年後に道路床版の激しい劣化の発生が問題となった。1975年に凍結防止剤散布を受けた橋梁の綿密な調査が行われ、劣化の修復補修の費用が約1.25億ドル（現在の時価では約2.75億ドル≒300億円）と算定された。なお、今日では保護膜や電気防食システムの採用、あるいは鉄筋

を全て樹脂塗装鉄筋にすることにより、凍結防止剤散布による被害を最少にしている。

この被害はカリフォルニア州に起こったものであり、(降雪のあるカリフォルニア北部に限定されると推定される)全米、特に北部では、被害がさらに大きなものになっている可能性が考えられる。以上のように、凍結防止剤散布によるコンクリート構造物の被害総額やその補修等に関する情報は、これらが行政上の直接の問題として扱われるためか、入手できていない。

3. 凍結防止剤販売実績調査

凍結防止剤の使用者(国・道路公団・県・市町村等)に使用実績を調査した(後述)ことに対応して、凍結防止剤の販売業者にその販売実績を調査した。凍結防止剤の販売に関する協会等が組織されていないため、主要な販売元と思われる大手4社に直接販売状況を尋ねた。そして、その中で回答のあった3社について凍結防止剤、塩化カルシウムないし塩化ナトリウム、の販売実績の状況をまとめたが、これらについての記述はここでは省略する。

4. 凍結防止剤の散布に関するアンケート調査

(1) 目的

路面の凍結防止と融雪・融氷の促進を目的とした凍結防止剤の散布に関して、我が国ではその状態についての報告は皆無と云える現状にある。凍結防止剤は、塩化物イオンを多量に含んだり、アルカリ成分を含むものもあるなど、コンクリートに種々の影響を及ぼすことが予想できる。しかるに、

本アンケート調査は、東北地域の約650件の公的機関、〔建設省東北地方建設局及び北陸地方建設局(新潟のみ)の各国道維持出張所、東北地方の日本道路公団各管理事務所、各県土木事務所、各市町村の道路維持関係課〕を対象とし、平成2年3月を回答期限として実施したものである。

(2) アンケートの内容

アンケートでは、①凍結防止剤の散布の有無、②散布開始年度と過去3年間の散布実績、③散布の基準(散布条件、散布基準量、散布箇所、散布薬剤の主成分・商品名)、④平成元年度の散布状況(総散布量、総散布延長距離、月別散布量)の各項目を回答事項とした。

(3) 調査結果

アンケート配布実数は658件に対し、回収件数は448件であり、回収率は約68%であった。

a) 凍結防止剤散布の有無

凍結防止剤の散布は、建設省、日本道路公団および県の各事業所では総て実施しており、散布率は100%となっている。市町村では、地域(県別)でかなりのばら

表-1 散布基準量

道路公団	30 g/m ²
建設省	30 g/m ² (極く一部 20~40 g/m ²)
県	新潟県 40 g/m ² , 他 20~150 g/m ² だが、40~50 g/m ² 前後が多い。
市町村	40~1500 g/m ² その場の判断で決定が多い。

つきがある。市の平均では散布率69%、町村平均では37%程度であり、全般に散布率が市、町、村の順に下がっていることが認められた。また、県別では岩手、宮城で散布事業所が多く、山形がかなり少ない結果となっている。これらを総平均すると、55%程度(散布件数/総数=241件/436件)の散布率となった。

b) 凍結防止剤散布開始年度

散布していると答えた事業所の散布開始年度は、市町村、県、建設省、道路公団の順に古くなっており、建設省では、大部分が昭和57年度以前の開始となっている。また、総平均では、約6割が昭和57年度以前の開始である。開始年度が昭和60年度以降のケースは全体でも10件程度であって、これより大方の道路では凍結防止剤散布開始より、5年以上経過していることが伺える。なお、古いものでは、昭和40年という場合も数例あった。

c) 凍結防止剤散布の基準

1) 散布決定の判断基準

建設省、道路公団では、各事業所で総て散布決定のための判断基準を定めている。また、各県土木事務所では75%、市町村では41%がなんらかの散布決定のための基準を定めている。

具体的な判断基準としては、多くは

- ① 巡回や予報により、凍結が予想されたり、凍結が認められた時
- ② 圧雪が氷版化する恐れがある場所や路面が湿潤状態で、凍結によりスリップの恐れがある場合。また、積雪深との関係で決めている例もある。
- ③ 住民からの通報で決定
- ④ 場所としては、勾配3~5%や日陰部、交差点などを重視

となっている。

2) 散布基準量の設定

道路公団100%、建設省97%、県土木事務所74%、市町村では13%で散布量の基準を設定している。具体的な散布基準量は、表-1のようである。道路公団、建設省では、30 g/m²に散布基準量を合わせている。市町村では設定レベルに変動が大きく、不明確な点が多い。

3) 散布方法

道路公団では散布専用車を用いており、建設省は大部分専用車かトラック、県土木事務所では散布量が多い場

表一 平成元年度の散布実績

	新潟 (ton)	山形 (ton)	福島 (ton)	宮城 (ton)	岩手 (ton)	秋田 (ton)	青森 (ton)	総量 (ton)
道路公団 (平均)	-	176 (176)	2 373 (1 187)	2 419 (1 210)	2 226 (742)	931 (931)	700 (350)	8 825 (766)
建設省 (平均)	2 840 (258)	305 (76)	254 (51)	-	421 (53)	546 (96)	215 (84)	4 617 (102)
県 (平均)	2 129 (125)	219 (73)	-	605 (76)	144 (16)	181 (30)	323 (46)	3 601 (49)

表一 距離当り散布量 (Q/L : t/km)

	新潟 (t/km)	山形 (t/km)	福島 (t/km)	宮城 (t/km)	岩手 (t/km)	秋田 (t/km)	青森 (t/km)	平均 (t/km)
道路公団	-	0.26	0.10	0.17	0.11	0.04	0.09	0.12
建設省	0.55	0.09	0.17	-	0.17	0.16	0.13	0.21
県	0.64	0.29	-	0.41	0.80	0.98	0.21	0.41
市町村	0.72	0.28	0.60	0.52	1.58	0.48	1.08	0.75

合専用車かトラックを用いているが、歩きながら散布という回答も37%あった。市町村では歩きながら散布するという方法が主流であり全体の64%を占めている。

4) 凍結防止剤の種類と比率

道路公団では、塩化カルシウム (CaCl₂) は、古河以北の寒冷地域で多く使用、以南の比較的温暖な地域では、塩化ナトリウム (NaCl) と使い分けているようであるが、後者の専売枠がはずれ、コスト的にも前者の約1/1.8と廉価のこともあり、NaClに移行していく様子にある。建設省関係では96%がNaCl採用。県関係では65%がNaCl系となっているのに対し、市町村では85%程度がCaCl₂の使用である。また、尿素系やMgCl₂ (塩化マグネシウム)の使用は、前者1例、後者2例のみであり、NaClとCaCl₂を組み合わせて使用しているケースもある。しかし、全体的にみるとCaCl₂の使用事業所数は64%弱とNaClの使用件数の2倍となっている。

d) 平成元年度凍結防止剤の散布実績

1) 総散布量

総散布量Qは、散布延長距離によって変わるが、道路公団、建設省、県単位で表一に示す。公団一事業所平均で766 ton、建設省関係事業では102 ton、県土木の一事業所当り49 tonとなっている。県別では、新潟>宮城>山形・青森・秋田>福島、岩手の順である。本調査結果から、東北地方(新潟を除く)の県、建設省、道路公団で併せて2万 ton程度使用されているものと考えられる。

2) 距離 (1 km) 当りの散布量

距離当り散布量Q/Lを表一に示す。これより、道路公団、建設省関係のQ/Lは、新潟県を除いた東北6県で0.12~0.14 ton/km程度であるのに対し、市町村

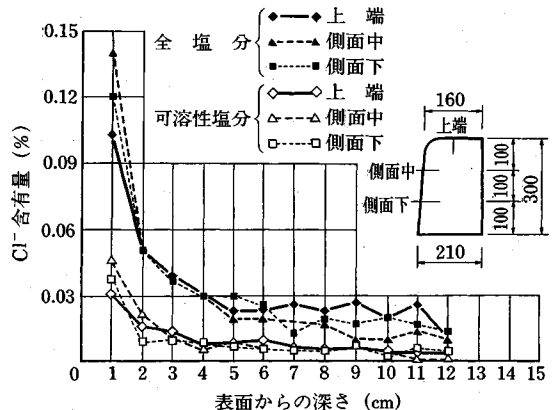
では、かなり大きく、その比率は5~6倍、多いところでは10倍以上にもなっていることがわかる。なお、新潟県での使用量は建設省関係で他県の4倍弱、県土木で2倍弱、市町村では同程度とかなり多い。県別の順序を示すと、ほぼ新潟>岩手・秋田>宮城・福島・青森>山形となっている。

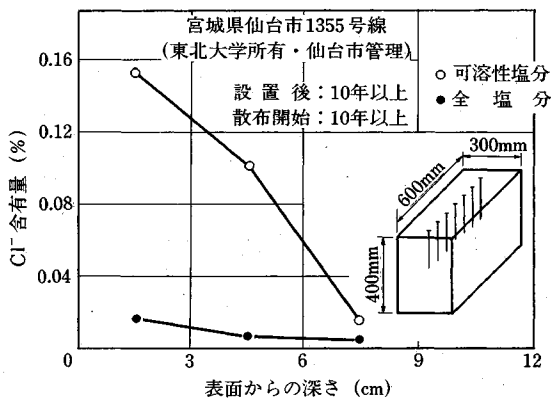
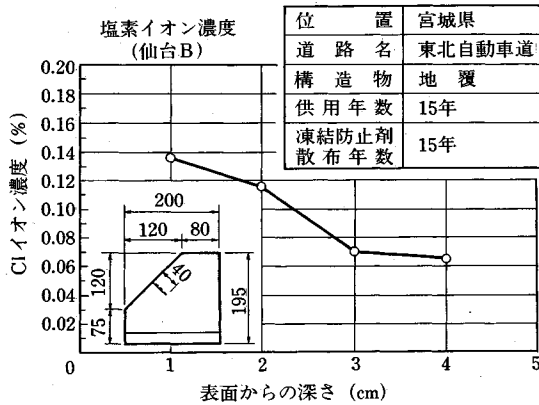
5. 実構造物中の塩化物含有量測定

凍結防止剤の散布を受けている東北各地の実際のコンクリート構造物からサンプルを採取し、塩化物含有量を測定した。その結果の一部を以下に示す。各グラフでは、

道路ブロック等のCl⁻含有量

位置：青森県浪岡町(国道7号線)縦断勾配3%未満
試料：歩車道境界ブロック
経過年：10年以上
融氷剤散布：昭和57年以前 約60回/年
散布基準量：30g/m²





塩化物含有量は塩化物イオンのコンクリートに対する重量パーセントで表示されている。また、構造物の表面ないし側面から適当な深さでサンプルを採取することにより、塩化物の浸透の度合を調べている。

6. 将来の劣化予測

凍結防止剤販売実績の調査結果及びアンケートによる凍結防止剤使用実績調査結果からみて、我が国ではすでにかなりの量の凍結防止剤が使用されている。そして、その使用量についてはばらつきが大きく、特に市町村道において使用基準量が国道の50倍にも達している所もある等、場所によっては危険な状態になっていることも考えられる。また、実構造物中の塩化物含有量測定結果をみても、新しい構造物においては特にコンクリートの表面部分に多くの塩分が蓄積されているし、古いコンクリートにおいては表面から数センチメートルまで蓄積が進んでいる。さらに、中にはすでにコンクリート中の鉄筋が腐食してかぶりコンクリートがはげ落ちているものもある。

以上の調査の結果から将来の劣化をその種類別に予測すると、次のようになる。

1) コンクリート構造物中の鉄筋のさび

凍結防止剤がすでに広い範囲でコンクリート中に蓄積し始めており、年とともにそれが、中の方へと移動していることが明らかになった。したがって、コンクリート中の鉄筋の腐食が我が国で問題になるのは、すでに時間の問題である。特に、凍結防止剤の散布方法が未熟な地方道においては、場所によって凍結防止剤が集中的に散布されることにより、すでにコンクリート中の鉄筋の腐食が発生している所もある。

2) コンクリートの凍害

凍結防止剤の影響を受けたコンクリートの凍害は、主にコンクリートの表面はく離である。これは、すでに多くの道路構造物において発生しているが、そのうちでもひどいのはコンクリート二次製品である。一般の土木構造物については施工が悪かった構造物の一部とか、排水が構造物表面に伝わるようになった部分に限られている。しかし、今まで使用されたコンクリートはほとんどの場合、凍結防止剤の影響を考えずに配合設計や施工が行われているため、このまま放置するとこれらの劣化はますますひどくなることが考えられる。

3) アルカリ骨材反応

凍結防止剤に塩化ナトリウムを使用した場合、使用骨材によってはアルカリ骨材反応が発生することが考えられる。特に注意しなければならない点としては、一般の環境下で使用可能と判断されたコンクリートの一部で、危険となるものもでてくることが予想されることである。調査と並行してこの点を解明する研究を行った結果においても、この可能性があることは明らかになっている。

4) その他の劣化

凍結防止剤に塩化カルシウムを使用した場合、水セメント比が小さいコンクリートであっても特殊な膨張劣化が発生することがあるといわれている。このことは1968年頃から明らかにされていることであり、我が国においても今後、この種の劣化が表面化することは十分予想される。

7. 今後の対策

以上のような調査結果からみて、凍結防止剤の影響を受けるコンクリート構造物に対しては、次のような対策が必要と考えられる。

鉄筋のさびに対しては構造物を作る時に、あらかじめ使用鉄筋をエポキシ樹脂塗装鉄筋にする等の配慮が必要であろう。

コンクリートの凍害に対しては、凍結防止剤の影響を受けるすべてのコンクリートにおいて水セメント比を小さくし、空気量を多くするという土木学会コンクリート標準示方書の規定を完全に守るようにするべきである。

使用する凍結防止剤の種類は、コンクリート構造物のアルカリ骨材反応対策を十分行った後、できるだけ塩化ナトリウムに切り替えてゆくべきであろう。

なお、ここでいうアルカリ骨材反応対策というのは、一般の環境下に対するものではなく NaCl 環境下に対する特別な対策という意味である。

8. あとがき

本調査では、我が国における凍結防止剤の使用がコンクリート構造物の劣化に及ぼす影響について明らかにするよう努めたが今回は調査期間も短く、また調査範囲も限られたため、十分精度の高い結果とはなっていない。

しかし、本調査によって少なくとも我が国においても

将来、凍結防止剤によってコンクリート構造物の劣化問題が発生する可能性が大きく、今後引き続いてこの問題について検討していくことの必要性及び早急な対策の必要性は明らかになったように思われる。

凍結防止剤ワーキンググループ

主査：三浦 尚 委員：池ノ上秀雄，川上 洵，庄谷征美，高久秀次，外門正直，原 忠勝，藤原忠司，宮川豊章 元委員：児玉勝彦，蛭田左几 元幹事：堀 宗朗

(1994. 1. 27 受付)