

融雪剤によるコンクリート劣化に関する研究

永 藤 壽 官* 山 岸 謙 治**

Study of Concrete-Deterioration due to Deicing Salt

NAGATO Toshimiya* and YAMAGISHI Kenji**

In this paper, we research some examples of actual bridges with a crack due to deicing salt in snowy and cold Nagano region.

And we research about dispersion-amount of deicing salt in snowy and cold region in Japan and Nagano prefecture.

Therefore we examined the relationship between concrete-deterioration for example called as scaling and the dispersion-amount of deicing salt.

キーワード：コンクリート劣化, 融雪剤, 塩害

1. はじめに

積雪寒冷地では、昭和 50 年代からスパイクタイヤによる粉じんが社会問題となり、平成 2 年に法律が施行されスパイクタイヤの使用が規制された。これに伴い、冬期路面制御のため、融雪剤の使用量が急増した。

しかし、これら塩化物を含んだ融雪剤は、コンクリートの表面がフレーク状に剥がれる凍害劣化(スケーリング)を著しく促進させることで知られ、構造物の美観、かぶりコンクリートの品質低下が懸念される。

また融雪剤による塩害が原因でエフロレッセンスが生じる場合には、コンクリートの劣化が進行して、鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートにひび割れが生じることが多い。そのため、融雪剤を散布している橋梁等の耐久性が、著しく損なわれる可能性がある。

2. 研究の概略

本研究では、融雪剤とコンクリートの劣化の関係を調べ、実際に橋梁を調査し、橋梁等の破損状況を知ることを目的とする。

また使用されている融雪剤の種類と、その散布量を調査するため、各県庁にアンケートを実施した。

更に長野県内の散布状況を調査するため同様のアンケートを建設事務所ごとに依頼して実施した。

また、長野県内の橋梁、高速道路その他を調査し劣化の有無を調べた。

3. 塩害と融雪剤

3-1 塩害について

コンクリート構造物における塩害とは、コンクリート中の鋼材の腐食が塩化物イオン(Cl^-)の存在により促進され、腐食性生物の体積膨張がコンクリートにひび割れや剥離を引き起す。

また鋼材の断面減少などを伴うことにより、構造物の性能が低下し構造物が所定の機能を果たすことが出来なくなることである。

この塩害には、大きく三つの原因が上げられる。一つは海水によるもの、もう一つはコンクリート製造時の外部からの供給、そして融雪剤によるものである。

融雪剤として使用される物質として一番に上げられるものが塩化カルシウムや塩化ナトリウムである。

その中でも近年、使用を特に増大しているのが、いわゆる塩化ナトリウムの食塩である。

これまで融雪剤は、構造物の劣化が顕在化してい

* 長野工業高等専門学校環境都市工学科助教授

**長野県警

原稿受付 2005 年 5 月 20 日

ないが、将来その塩化物イオンから、スケーリングを伴う塩害などを引き起こす危険性は十分にあるといえる。

3-2 使用融雪剤についての調査

積雪量が多いと思われる15の地域の県庁と長野県内の地方建設事務所15箇所に対して、使用している融雪剤の種類と散布量に対するアンケートを実施した。結果は以下の通りである。

(1) 各県庁での実態

積雪のある地域で最もよく使われているのが塩化ナトリウム (NaCl) で、次いで塩化カルシウム (CaCl₂) となっている。

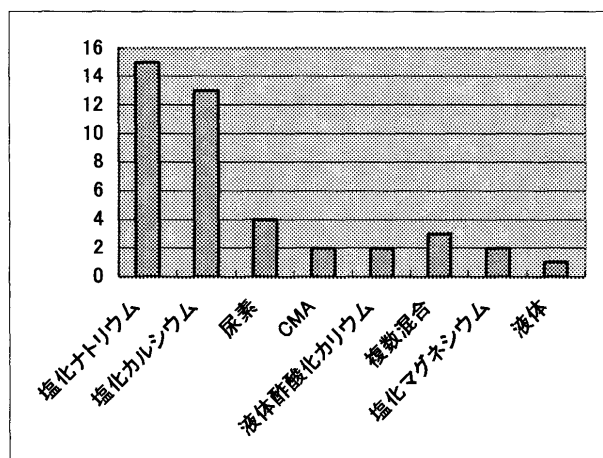


図-1 使用融雪剤(県合計)

表-1 県別融雪剤使用量

県	10月	11月	12月	1月	2月	3月	総量
北海道	0	200	1100	3600	3500	900	9300
秋田	0	48	1379	4037	2748	1409	9621
栃木	0	0	499.7	510.9	468.3	281.7	1760.6
青森	0	118.5	1049.4	2438	1459.4	840	11381.6
石川	0	0	567.6	2471.7	2137.7	964.1	6141.1
滋賀	0	0	1089	1823	531	490	3933
長野	0	20.5	5515.5	18859	401885	9425.3	170113.9
群馬							2303.8
岐阜	0	0.8	1104.9	1975.2	1267.2	279.4	2303.8
島根	0	0	243.5	802.7	486.2	211.6	1744
山形	0	1.7	816.2	3251.9	2239.2	870.6	7179.6
宮城	0	0	543	2926	2127	1034	6630
福島	2	9.9	765.8	1745.5	1329	429.4	4282.7
富山	0	50	701	2459	1611	486	5307
新潟	0	0	1570.8	6322.7	4249.5	2252.6	14395.6
鳥取	0	0.2	149.1	434.6	248.1	78.1	910.1

塩化ナトリウムが多く使われている理由として

は、価格が安価ということが挙げられる。CMA や液体酢酸化カルシウムは、試験的に導入されているようである。

長野県を除く県別散布量は最も多い新潟県で約14395.6 t、次いで青森で11381.6 t、秋田 9621 t、北海道 9300 tと雪が多いと思われる東北地域付近は大量の融雪剤を使用していることが判明した。

(2) 長野県内建設事務所ごとの実態

長野県内でも同様に、塩化ナトリウム、塩化カルシウムの使用頻度が最も高かった。

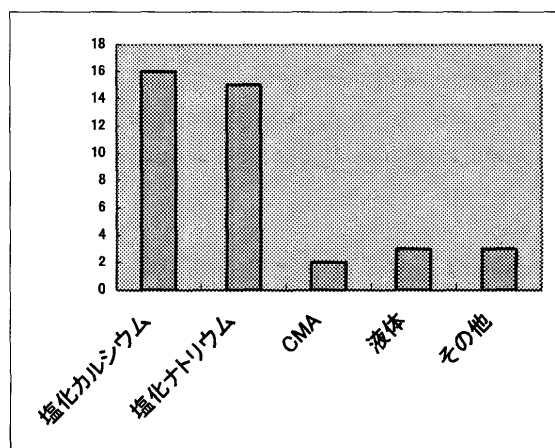


図-2 長野県使用融雪剤

表-2 長野県内融雪剤使用量

建設事務所	11月	12月	1月	2月	3月	総量
諏訪	0.5	244	697.5	293	180.5	1415.5
上田	0	422.5	503	404	174.8	1504.3
松本	10	1080	862	487	185	2624
臼田	0	220	145	85	59	509
伊那	0	151.9	339	124.4	73.4	688.7
佐久	3	351	467	359	142	1322
飯田南	0	0	15	10	0	25
豊科	0	70	2354	60	54	419
木曽	1	157	295	205	64	722
千曲	0	93	119.5	75.5	14.1	302.1
須坂	0	170	196.5	165.5	38	570
飯田	0	373	817	288	55	1533
飯山	0	132	411	114	28	685
中野	0	64.5	93.5	62.5	16.5	237
長野	6	1400	842	752	171	3171
大町		587	702	527	170	1986

長野県内では、最も多い長野の地方建設事務所だけで3171 t、次いで松本の地方建設事務所で2624

tとなっている。この二箇所共通していることは、市街化が進み、道路の総距離が長いことが、あげられる。そのため、融雪剤も大量に消費されているのだと考えられる。

3-3 劣化状況の調査

融雪剤の散布状況と、同時に融雪剤の散布箇所に、劣化が認められるかというアンケートを、実施した。結果は次の通りである。

(1) 各県庁での実態

橋梁については、劣化が認められると回答したのは、40%で、なし、無回答が60%であった。劣化の認められる箇所としては、高欄、床版、地覆、「水みち」となる場所、伸縮装置、杵座面、橋台橋脚の似面である。高速道路は不明、無回答が100%でその他の箇所は、20%が劣化あり、80%が不明、無回答であった。劣化の認められる箇所としては側溝

の蓋、縁石の一部、歩車道境界ブロックであった。

(2) 長野県内建設事務所ごとの実態

長野県内では橋梁の劣化が認められると回答したのは、13%でその箇所は地覆部、縁石部であった。高速道路は、100%が無回答、不明であった。その他と回答したのが27%で箇所としては歩車道境界ブロック、縁石、側溝であった。

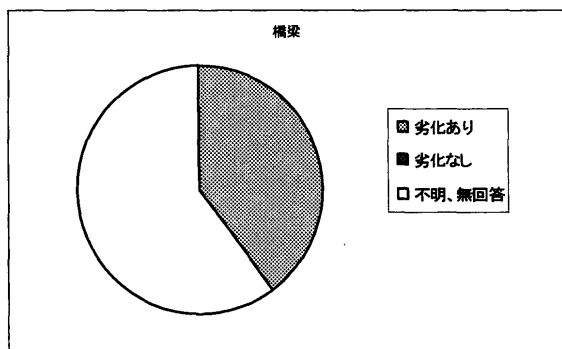


図-3 全国橋梁劣化

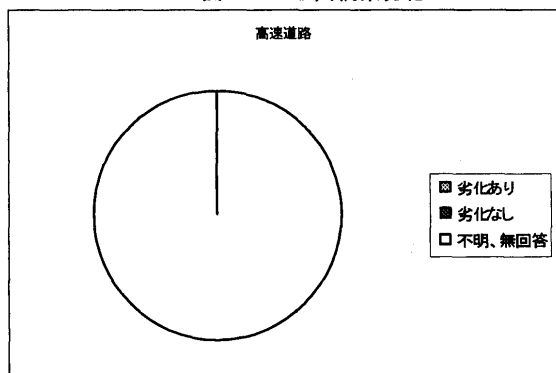


図-4 全国高速道路劣化

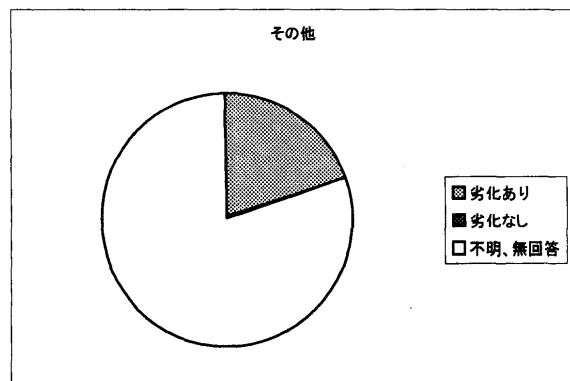


図-5 全国その他劣化

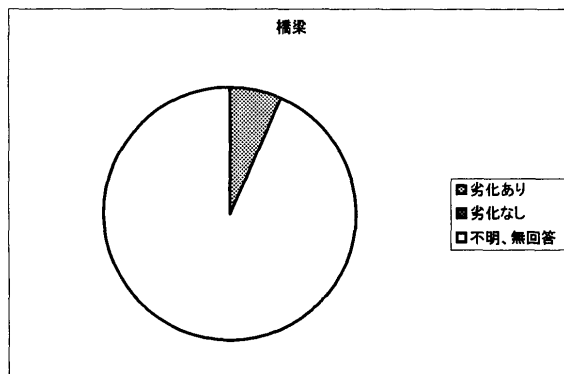


図-6 長野県橋梁劣化

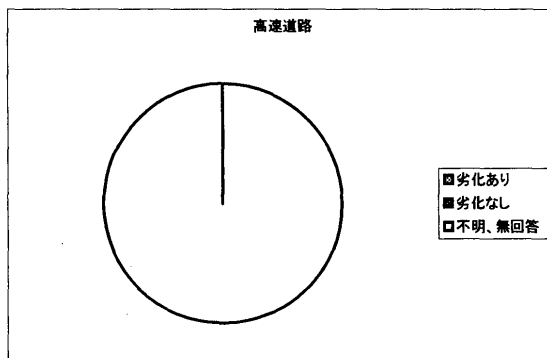


図-7 長野県高速道路劣化

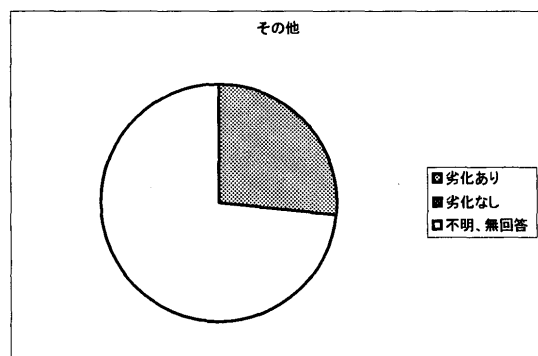


図-8 長野県その他劣化

3-4 融雪剤の特徴

各県や長野県内で最も多く使われている、塩化ナトリウム、塩化カルシウム以外に、使用されているものはどのような、特徴を持っているのか、簡単に説明する。

(1) 塩化ナトリウム

塩化ナトリウムは融雪剤としては安価で手軽な物質である。金属を腐食させる恐れがあり、塩化物イオンによる、塩害の危険がある

(2) 塩化カルシウム

カルシウムと塩酸との反応によって生成される。水に溶けやすく、水溶液の凝固点を降下させる。そのため融雪剤として、用いられる。塩化ナトリウムと同様に塩化物イオンを含むため、塩害の危険がある。

(3) 尿素

化学式は H_2NCONH_2 米港航空局では融雪剤として使用が許可されている。

(4) CMA

カルシウムマグネシウムアセテートのこと。米国連邦ハイウエー局によって開発された。環境保全の観点からは推奨されている。だが、コストは高い。

(5) 液体酢酸化カリウム

土壌への有機分解と環境にやさしい。CMA と同様にかなり高価。積雪前に散布するのが一般的。

(6) 塩化マグネシウム

白色の結晶体で、潮解性がありきわめて水に溶けやすい。他の塩化物などと混ぜて使用する。

(7) 液体

一般的に雪が降る前に使用する。ナトリウムベースの融雪剤の効果を高める。

(8) 複数混合

各々の融雪剤の効果を上げるために、融雪剤を混合する物で、例えば塩化カルシウムや塩化マグネシウムなど、低温度帯で作用する特性のある融雪剤に、塩化ナトリウム、塩化カリウムを混ぜることで、安価で性能を上げることが出来る。

ここに、CMA について追記しておく。原料となるアセテートの輸入自由化に伴い、現在よりも格段に安く製造できる可能性がある。もちろん、コストと効果だけで考えると、現在では、塩化ナトリウムが最も使いやすいが、著者は、環境面で推奨されている CMA をより多く導入されることを望む。

4. 長野県内の橋梁調査

長野県内の橋梁を調査したところ、古い橋梁のみならず、新しい橋梁、地覆などにもコンクリートの劣化が見られる箇所があった。

架設年度の古い橋梁の鋼橋においては配水管の近くや高欄下部に多く発錆しているのが確認された。配水管の配置されている橋脚や橋台等のコンクリート構造物は経年劣化が顕著であった。

又、床板や舗装には、ひび割れがあり浸透水がある床板下部においては、鉄筋の配筋が下面より確認できる程、変色したコンクリートも見られた。

4-1 裾花橋

裾花橋は縁石部にスケーリングと思われる劣化とひび割れを確認することができた。

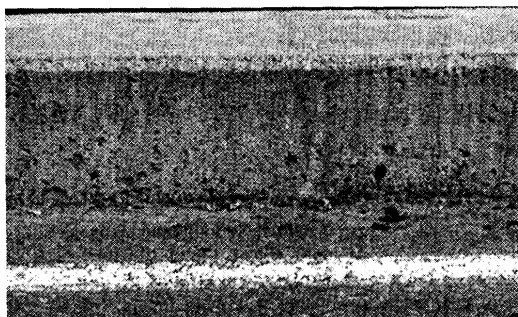


写真-1 裾花橋スケーリング

4-2 子鍋橋

子鍋橋の現状は縁石部のスケーリングが激しく、高欄部の発錆も多かった。アルカリ骨材反応も確認され、経年劣化が顕著であった。



写真-2 子鍋橋スケーリング



写真-3 子鍋橋高欄部発錆



写真-4 子鍋橋アルカリ骨材反応

4-3 萩久保橋

萩久保橋の現状としては発錆が目立つことと、やはり、縁石部のスケーリングが多かった。コンクリートの破片などが多く落ちているため、かなり劣化が進行している。



写真-5 萩久保橋発錆

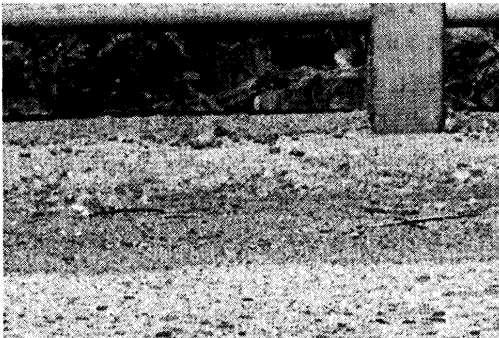


写真-6 萩久保橋スケーリング



写真-7 萩久保橋剥離

4-4 戸隠橋



写真-8 戸隠橋アルカリ骨材反応と剥離

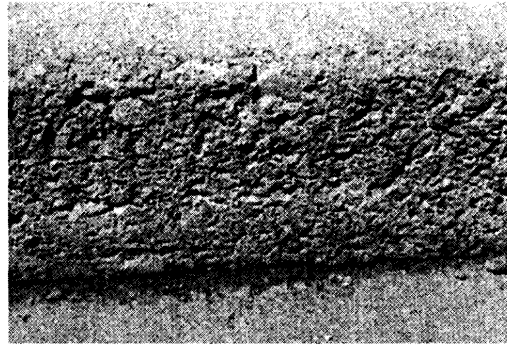


写真-9 戸隠橋スケーリング

縁石部にはスケーリング、ひび割れが多く、アスファルト舗装部にも陥没が見られた。

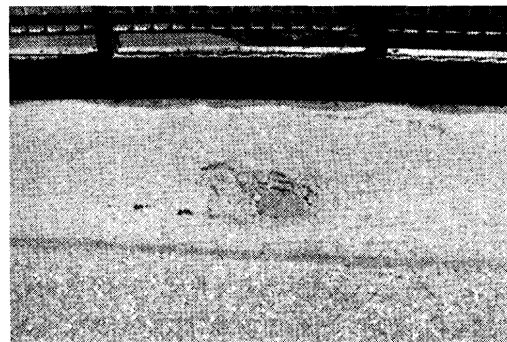


写真-10 戸隠橋道路陥没

4-5 砂田橋

砂田橋は比較的新しい橋だが、融雪剤の影響でスケーリングを起こし、それを防止したが、コンクリート表面が見事に剥がれ落ちている。側溝の蓋も異常なほど豆板化してしまっている物と、そうでない物があつた。



写真-11 砂田橋スケーリングと剥離



写真-12 砂田橋豆板化

4-6 中央橋

中央橋は縁石部の劣化もさることながら、床版下部に現れる、鉄筋の配筋状の模様が現れてきている。これは、融雪剤を含んだ浸透水があることに原因があることが寄与している。

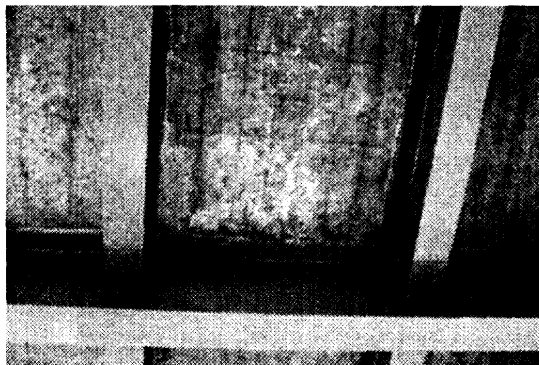


写真-13 中央橋鉄筋状模様

5. 劣化複合

コンクリートの劣化要因で、塩害劣化、融雪剤による劣化と、密接に関係があると考えられるものとして、中性化、凍害、アルカリ骨材反応が挙げられる。

融雪剤による被害は、塩害だけでなく、中性化を引き起こす要因にもなる。又、融雪剤を使用する地域は、冬季の気温が低い場合が多く、凍害の危険性もある。アルカリ骨材反応が見られる橋梁などでは、ひび割れから融雪剤が進入し鉄筋の腐食の進行が進みやすくなる。

5-1 中性化

中性化は基本的に二酸化炭素に因るものである。コンクリートには空隙があり、その空隙に酸化物が侵入することによって中性化がおこる。

近年では交通量の増大に因る排気ガスもその要因として挙げられている。中性化が起これば鉄筋表面を覆う酸化皮膜が破壊され、鉄筋が酸化鉄に変わる。

酸化鉄に変化すると通常の鉄筋の約 2.5 倍に体積が増え、周囲のコンクリートを押し、結果コンクリートのひび割れが発生し、スケーリングが起こる。そのため、融雪剤が、コンクリート内部に侵入しやすくなり、塩害の進行の危険性が高まる。

5-2 凍害

凍害はコンクリート内部にある水が凍り、膨張することによって発生する。凍害は、凍結と融解を繰り返す地域で起こりやすい傾向がある。凍害が起これば、コンクリートに細微なひび割れや、スケーリングが起こる。

5-3 アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応はわが国では殆どの場合、アルカリシリカ反応である。アルカリシリカ反応は、コンクリート中のアルカリ溶液と、反応性シリカの反応によりゲルが発生することである。このゲルは水分を吸収し、次第に膨張しコンクリートにひび割れを発生させる。ひび割れによって水分が供給されやすくなり、融雪剤の進入が容易となり、鉄筋は腐食しやすくなる。

6. 結果

6-1 調査結果による考察

どこの地域でも安価な塩化ナトリウム、塩化カルシウムを使用していることが判明したが、それ以上に、散布量の多さに驚かされた。環境、コンクリートへの影響が少ない融雪剤の使用が望ましいが、現在では、コストの面から見ると難しいようである。

しかしながら、いくつかの場所で、試験的に使用された CMA の原料、アセテートの輸入自由化に伴い、コストの低下が期待されるため、導入の増加が望まれる。

アンケートの結果から、コンクリートが劣化している橋梁や縁石などは少なからず存在している。コンクリートの劣化によるひび割れ等から融雪剤が大量に浸透する可能性が高く、劣化を加速させてしまうことは、容易に予測でき得る。事実、長野県内の橋梁を調査したところ、凍害と思われるスケーリングや、ひび割れは数多く確認され、鉄筋に影響を及ぼしている橋梁も確認できた。

6-2 劣化要因の複合

コンクリートを劣化させる中で融雪剤と関係性の高い三点の劣化を紹介したが、いずれも、融雪剤による劣化を促進する要因となる。

中性化、凍害、アルカリ骨材反応などによって発生した、ひび割れから、融雪剤を含む水溶液が浸入し、コンクリート内部の鉄筋を腐食させる。鉄筋が腐食すると、周囲のコンクリートを押し出し、またコンクリート表面の破壊につながる。

またエフロレッセンスが生じている場合には、コンクリート内部に水が浸透しやすくなっているため、鉄筋の劣化が懸念される。

参考文献

- 1) 藤原忠司 長谷川寿夫：コンクリートのはなし I 技報堂出版
- 2) 日本コンクリート工学協会：コンクリート技術診断 I 日本コンクリート工学協会