

岩盤の風化防止を目的とした吹付けコンクリートの凍結融解抵抗性

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 吉田 行
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 山崎 勲
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 熊谷 守晃

1. はじめに

最近、北海道で相次いで発生した大規模な岩盤崩落は、岩盤の風化及び浸透水の凍結融解作用による亀裂の発達などが主な原因となり発生したものと考えられる。岩盤の保護工としてモルタル・コンクリート吹付工が行われており、とりわけ繊維補強吹付けコンクリートは、岩盤の風化及び亀裂の発生の抑制に有効と考えられる。しかしながら、吹付けコンクリートの耐凍害性に関する研究は殆ど行われていない現状にある。本研究では、岩盤の風化防止を目的とした吹付けコンクリートの耐凍害性について検討を行った。

2. 試験概要

2. 1 使用材料及びコンクリート配合

表-1 に使用材料の物性を示す。岩盤防護用吹付けコンクリートの施工は、高揚程・長距離圧送となることから、急結剤の種類は、現状では粉体よりも長距離圧送が可能である液体急結剤を選定した。

表-2 に配合を、表-3 にコンクリートの諸性状を示す。本研究では、まず、法面保護工における標準的な配合条件を各種選定し、モルタルフロー値が120mm（スランプ0～2cm程度）となるように単位水量を調整して基本配合（No.1）を決定した。繊維を混入したケースでは、基本配合に単純に繊維（ST, PP）を加え（No.2, 3）、その容積相当分の骨材を全体の容積から減じた。また、耐凍害性向上の観点からAE減水剤を使用したケース（No.4, 5）については、配合No.1, 3のそれぞれに練混ぜ水の一部として単純に加え、フロー値等の調整は行わなかった。なお、AE減水剤を使用したケースでは、吹付け時に急結剤を併用した。

2. 2 試験概要

コンクリートの吹付けは、空気圧送式の湿式とし、実験施設内で行った。吹付けにはφ50mmのマテリアルホースを使用し、搬送距離は水平距離で40mとした。吹付け時の施設内の環境は、温度約4℃、湿度60%以上であった。なお、本研究ではコンクリートのコンシステンシーが各ケースにより異なることから、吐出可能な範囲で吐出圧力を調整した。供試体は、60×65×20cmの木製型枠にコンクリートを吹付け、所定の材齢に合わせて切り出して作製した。凍結融解試験はJSCE-G 501に準じて行い、材齢28日から開始した。また、コンクリートの気泡組織を検討するために、リニアトラバース法による気泡分布測定を行った。気泡分布測定用試料は、材齢28日で採取した。供試体は、吹付け後表面を濡れた布で覆い、その上からブルーシートで包み施設内で1日養生した。また、養生中に供試体が凍結しないように施設内に電気ストーブを設置し、夜間の施設内温度を約9℃に保った。供試体はその翌日から所定の材

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント、比重3.16
細骨材	苫小牧市樽前産海砂：比重2.72、吸水率1.08、実積率71.8
粗骨材	小樽市見晴産砕石：最大寸法15mm、比重2.67、吸水率1.64
繊維	鋼繊維（ST）：繊維長30mm、繊維径0.8mm、比重8.0
	ポリプロピレン（PP）：繊維長30mm、繊維径0.76mm、比重0.91
混和剤	AE減水剤（リグニンスルホン酸化合物及びポリオール複合体）：比重1.25
急結剤	無機塩（液体）、比重1.55

表-2 配合

No	配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				急結剤 (%)	AE減水剤 (%)	繊維混入率 (vol%)
				W	C	S	G			
1	Plain	48.6	80	175	360	1439	352	—	—	—
2	ST					1417	347	—	—	(ST) 1.0
3	PP					1428	350	—	—	(PP) 0.5
4	Pl-Ad					1439	352	C×5	C×0.25	—
5	PP-Ad					1423	347			

表-3 コンクリートの諸性状

No	スランプ (cm)	フロー値 (mm)	空気量 (%)		圧縮強度 材齢28日 (N/mm ²)
			吹付前	吹付後	
1	1.0	120	4.6	4.9	42.1
2	2.5	124	6.1	7.7	51.3
3	2.5	130	4.7	6.5	41.6
4	6.5	139	6.0	12.3	24.4
5	8.5	140	6.9	8.2	22.6

※フロー試験はコンクリートをウェットスクリーニングした試料を使用

キーワード：吹付けコンクリート、凍結融解、気泡間隔係数、繊維補強、岩盤風化

連絡先：〒062 札幌市豊平区平岸1条3丁目 TEL 011-841-1111 FAX 011-824-1226

齢まで20°Cで水中養生を行った。

3. 試験結果及び考察

3. 1 凍結融解試験結果

図-1に凍結融解試験の結果を示す。各コンクリートを比較すると、Plain及びSTの耐凍害性が良好となり、PPは120サイクルで相対動弾性係数が60%を下回る結果となった。PPの場合、試験結果にばらつきがあり、供試体3本中2本は90及び240サイクルでそれぞれ相対動弾性係数が60%を下回ったが、残りの供試体は300サイクルで74%と比較的良好な結果であった。一方、AE減水剤を使用したケースでは、質量減少率からもわかるように、供試体表面のスケーリングやひび割れが少ない初期段階から相対動弾性係数が60%を下回った。これは供試体内部に鬆(す)などの欠陥が存在したためと考えられ、この部分から劣化が進行し、供試体全体が破壊、分断されていた。なお、供試体内部の鬆に関しては供試体を切り出す際にその存在が確認されている。また、表-3に示した吹付け前後の空気量を見ると、吹付け後の空気量が多く、このことから内部の鬆の存在がうかがえる。これらの欠陥は、急結剤使用による吹付けコンクリートの硬化特性とコンクリートの吹付け条件等に起因する締固めの程度が影響し発生したものと考えられる。

3. 2 気泡間隔係数と耐久性指数

図-2に気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。Plainを除くと、気泡間隔係数は各ケースとも一般的に耐凍害性が良好とされている250 μ m以下であった。しかしながら、本試験ではAE減水剤を使用したケースで耐久性指数が低く、これは前述の通り、供試体内部に生じた欠陥が影響したものと考えられる。これらの結果は、凍結融解試験でスケーリング等の劣化が少ない段階で供試体が破壊していた結果を裏付けるものであり、コンクリートのマトリックス自体は気泡間隔係数が小さく良好であるが、供試体内部に欠陥を含んでいたため、この部分から供試体が破壊し耐久性指数が小さくなったものと思われる。また、PPの場合は、耐久性指数が比較的良好なもの(図中※)も見られたことから、供試体によっては内部に欠陥を含んでいたものと考えられる。一方、STの場合は耐凍害性が良く、吹付け前後の空気量の差が比較的大きいことから、他と同様内部に欠陥を含んでいると考えられるが、鋼繊維自体が劣化に対して効果的に作用したものと考えることができる。また、Plainは気泡間隔係数が大きいにも関わらず耐久性指数が良好であった。鎌田²⁾は、凍結融解試験結果と硬化セメントペーストの区間細孔容積

の相関係数を求め、凍結融解抵抗性に最も相関の高い細孔径の範囲は17.8nm~1 μ mであると報告している。図-3にこの範囲の各コンクリートの細孔容積を示す。Plainはこの範囲の区間細孔容積が最も少なく、また、吹付け前後の空気量の差が小さいことから、これらが耐凍害性の向上に寄与したものと思われる。

以上、本試験結果から、鋼繊維補強吹付けコンクリートは耐凍害性が良好であること、及び吹付けコンクリートの耐凍害性はコンクリートの吹付け条件等に起因して生じる内部欠陥の影響を大きく受けることが明らかとなった。今後は、圧送性及び吹付け条件がコンクリートの内部組織に及ぼす影響についての検討が必要である。

【参考文献】1) 長谷川寿夫、藤原忠司：コンクリート構造物の耐久性シリーズ 凍害,技報堂,1988

2) 鎌田英治：硬化コンクリートの水分凍結, コンクリート工学, vol.32, No.9, pp43-48, 1994.9

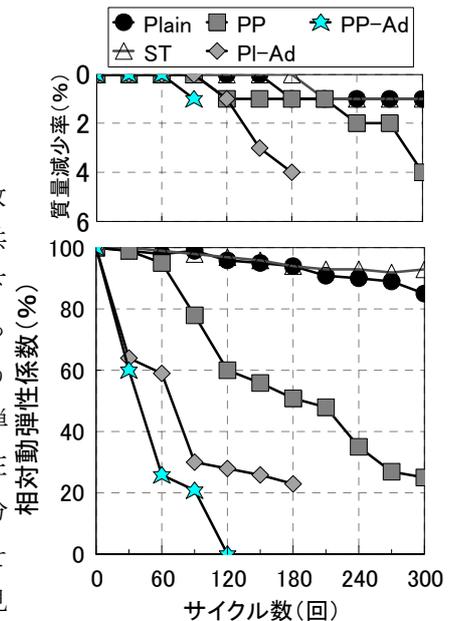


図-1 凍結融解試験結果

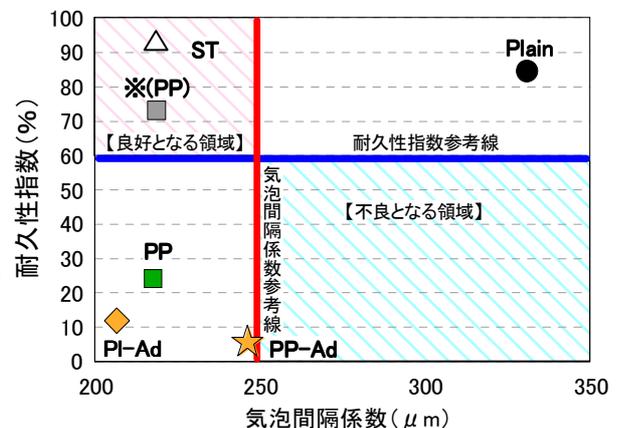


図-2 気泡間隔係数と耐久性指数の関係

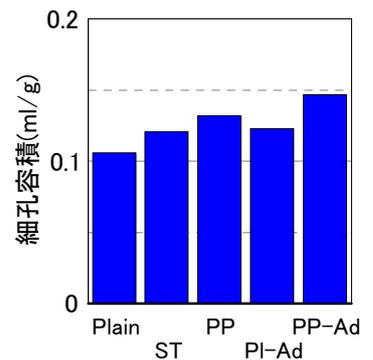


図-3 細孔容積