

コールドジョイント部の耐凍害性について

Study on frost resistance of cold joint

北海道大学工学部

北海道大学工学部

(財)北海道コンクリート技術センター

北海道旅客鉄道㈱

フェロー 佐伯 昇 (Noboru Saeki)

○正 員 志村 和紀 (Kazunori Shimura)

正 員 今井 益隆 (Masutaka Imai)

城戸 友仁 (Tomohito Kido)

1. 研究目的

1999年夏以降、全国の鉄道トンネルでコンクリートの剥落事故が相次いだ。その原因の一つとしてコールドジョイントの存在が注目された。既往のコールドジョイントに関する研究では、性能評価として強度特性に関する検討が多くなされているが、耐久性能に関する検討が少ない。

本研究は、コールドジョイントの耐久性能のうち、耐凍害性について着目し、積雪寒冷地におけるコールドジョイントの特性の解明を行い、土木構造物の維持補修技術の向上に寄与することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

コールドジョイントのその多くは、築30年程度のコンクリート構造物で確認されている。このため、本実験で使用した材料および配合は、約30年前に施工されたトンネル覆工コンクリートを再現したものとし、詳細を以下に示す。

表-1 使用材料および配合

セメント	普通ポルトランドセメント、比重3.16		
骨材	細骨材:鶴川産川砂、比重2.70		
	粗骨材:静内川産川砂利、比重2.77		
混和剤	AE減水剤(リグニルスルホン酸塩ポリオール複合体)		
骨材最大寸法(mm)	25	細骨材量(kg)	690
水セメント比(%)	46.7	粗骨材量(kg)	1,156
単位セメント量(kg)	353	スランプ(cm)	13±1
単位水量(kg)	165	空気量(%)	5±1
細骨材率(%)	38	混和剤(cc)	C×0.0025
圧縮強度 σ_{28}	55.1 N/mm ²		

2.2 コールドジョイント再現供試体

供試体寸法は、図-1に示すように底辺100×100mm、高さ400mmとし、鋼製型枠を使用した。コンクリートは、強制練りミキサーにより必要量全てを1バッチで練り混ぜた。打設作業は、1層目を高さ200mmまで打設し、残りのコンクリートを打設する際に打ち込み作業を中断することでコールドジョイントを設けた。2層目の打設は、現場での施工状況を再現するため、先に打設したコンクリートの表面にブリーディングやレイタンスが発生した状態のまま行った。コンクリートの打設時間間隔は、0、1.5、2.5、3.0、3.5、4.0時間とし、打設時間間隔ごとに3体ずつ供試体を作製

し、凍結融解試験に供した。

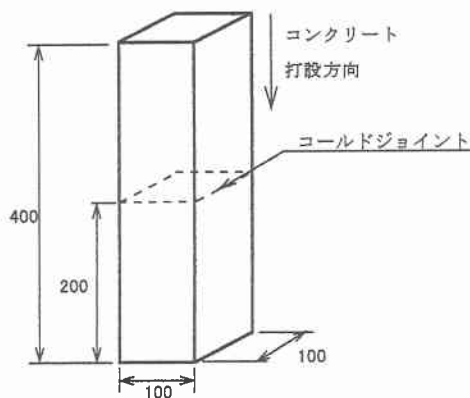


図-1 供試体の形状・寸法

2.3 凍結融解試験

(1) 相対動弾性係数の測定

凍結融解試験は、「コンクリートの凍結融解試験方法」(JSC E-G 501)に準拠し、水中凍結・水中融解方式とし、供試体の外観の変化および相対動弾性係数の測定を行った。なお、試験終了の基準は、300サイクルまたは相対動弾性係数が60%以下になったときと定められているが、本実験においては供試体が完全に破壊するまで測定・記録を行った。

(2) 超音波伝播速度の測定

凍結融解試験の中で、超音波伝播速度測定装置によりコールドジョイント部の劣化推移について調査を行った。超音波伝播速度測定にあたっては、図-2に示すとおり供試体の打設方向について対称法による測定とコールドジョイントを挟んだ表面波による測定を行うことで凍結融解の進行に伴うコールドジョイント部の変状について調査を行った。超音波伝播速度測定の際の発振子・受振子の配置を以下に示す。

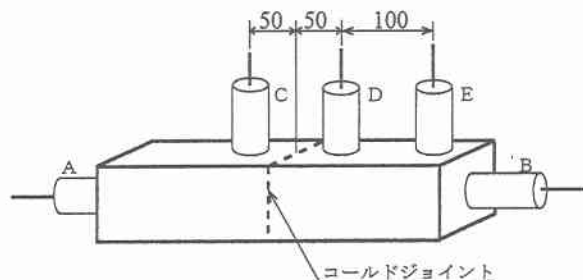


図-2 超音波発受振子配置方法

3. 実験結果及び考察

3. 1 相対動弾性係数の推移

凍結融解の繰り返しの伴う相対動弾性係数の推移を図-3および図-4に示す。相対動弾性係数は、コールドジョイントがあるものでは、2層目打設までの間隔が長かったものほど少ないサイクルで低下し、いずれも100サイクル程度までに60%まで低下した。

外観でも100サイクル前後経過した時点でコールドジョイント付近の表面剥離が急速に進行し、コンクリート組織が破壊され、コールドジョイント自体またはこの上下数cm以内で水平クラックが発生し破断する例が多かった。また、打設時間間隔が3時間以内のものでは、破断に至らずコールドジョイントを中心に縦クラックが発生することでそりが生じ、相対動弾性係数の測定ができなくなるものもあった。

打設時間間隔10分程度のものでも相対動弾性係数が150サイクル程度で60%以下に低下したが、酷暑期の打設であったため第1層目コンクリートの凝結および表面の乾燥が影響しているものと考えられ、暑中コンクリートとして考える必要がある。

供試体作製は、試験機の都合上2回に分けて行ったため、打設時の温度条件が異なってしまった。図-3で示す供試体群では、打設時室内温度は27℃であったのに対し、図-4の供試体群では23℃であった。このため、前者の方が打設時間間隔が同じ3.5時間であっても相対動弾性係数が早期に低下している。このことからコールドジョイントの性状は、打設時の温度の影響が厳しいと思われる。また、図-4に示す供試体群は、コンクリートが所定の空気量をわずかに下回っていたことに起因すると思われるが凍害の影響が顕著であり、コールドジョイントがないものとしたものであっても耐凍害性を損ねていた。このため、本実験で採用した配合について凍結融解試験を再度実施中である。

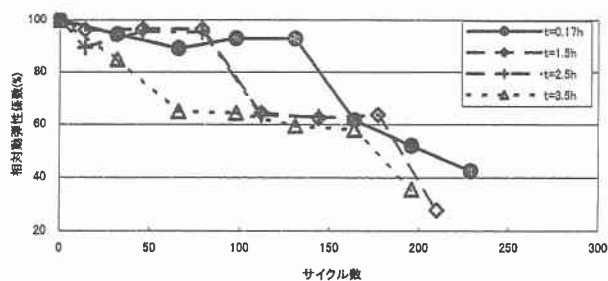


図-3 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係 (打設時気度 27℃、空気量 5%)

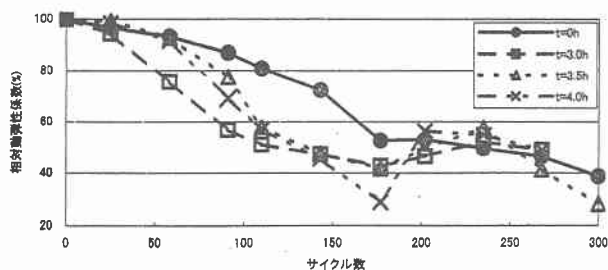


図-4 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数の関係 (打設時気度 23℃、空気量 3%)

3. 2 超音波伝播速度の推移

超音波伝播速度の測定は、打設時間間隔3～4時間のものの3種類について行った。

凍結融解試験開始前の超音波伝播速度は、コールドジョイントの有無に関わらずほぼ一定の値が得られた。これにより凍害を受ける前のコールドジョイント部は、一体性が保たれているようである。しかし、コールドジョイントを含むものは、凍結融解の進行とともに超音波伝播速度が低下してゆき、対称法(図-2, A-B間)による測定で3000m/s以下となった時点でコールドジョイント付近より破断に至るものが多かった。

表面法(図-2, C-D, D-E間)による超音波伝播速度の測定でも、凍結融解試験前における測定では、コールドジョイントの有無を判別できるような明確な差が得られなかったが、凍結融解を繰り返すと150サイクルを越えるとコールドジョイント部の伝播速度は大きく低下する。この速度の低下傾向は、供試体表年の状態に依存するが対称法によるものに近い。実構造物では相対動弾性係数の測定は、試料の採取が困難なためほぼ不可能であるが、超音波伝播速度の測定によってもほぼ同様の結果が得られることからコールドジョイント部の診断に有効と思われる。

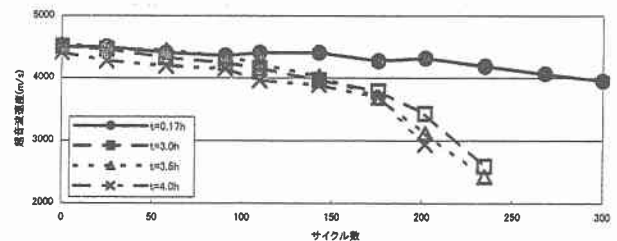


図-5 超音波伝播速度の推移 (対称法)

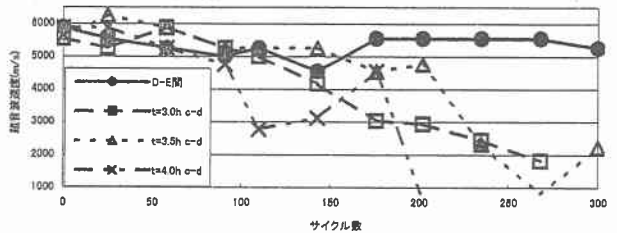


図-6 超音波伝播速度の推移 (表面法)

4. 結論

(1) 北海道においても暑中コンクリートの準備が必要な場合があり、コールドジョイントの形成が起りやすく、コールドジョイント部の耐凍害性は維持できない傾向にある。

(2) A E 剤がまだ使用される以前の構造物あるいは空気量が少ない構造物におけるコールドジョイント部は、早い段階からひび割れが発生する傾向にある。

(3) コールドジョイント部は、施工直後は一体性を保っているが、凍結融解の影響を受けるとこの付近の劣化は顕著であり、凍結融解の影響の評価は超音波伝播速度測定により可能である。

【参考文献】

- 1) 土木学会, コンクリート構造物におけるコールドジョイント問題と対策に関する調査研究(2000)
- 2) 日本鉄道建設公団, 石勝線建設工事誌(1982)