

竣工から 58 年経過した構造物の凍害深さに関する調査

電源開発（株） 正会員 ○今岡 知武
 電源開発（株） 正会員 佐藤 道生
 (株)開発設計コンサルタント 正会員 安田 幸弘
 (株) シーテック 非会員 木下 茂

1. 目的

寒冷地におけるコンクリート構造物の劣化要因として凍害がある。コンクリート構造物の適切な維持管理を行う上で劣化予測の精度を高める必要があり、現在経年と凍害深さ（凍害による影響を受けた深さ）の関係を整理する取り組みを実施している¹⁾。竣工から 58 年が経過した発電所が移設・更新されたことから、長期間凍害環境にさらされたコンクリート構造物の凍害深さを評価するために諸試験を実施した。本報告はその結果について述べるものである。

2. 対象構造物

岩手県の山間部に建設された A 水力発電所は 1954 年に竣工し、調査実施時の 2012 年 10 月現在 58 年が経過している。調査は水圧鉄管固定台の 1、2、4 号固定台を対象に実施した。1 号固定台の外観を写真-1 に示す。建設当時の記録は保存されておらず、配合条件は不明であった。所在地の凍害危険度は 2 と判定されている。

3. 試験項目

実構造物及びコア供試体に対して実施した試験項目を表-1 に示す。実構造物に対して、超音波伝播速度により非破壊で凍害深さを推定する表面走査法²⁾を実施した。その後、径φ150mm、長さ約 300mm のコアを採取し、コアを供試体に成形して各種試験を実施した。

4. 試験結果

空気量、気泡間隔係数の結果を表-2 に示す。A 水力発電所が建設された 1950 年代初頭は、AE 剤自体が普及していなかったと考えられる。コアについて求めた空気量、気泡間隔係数の値は耐凍害性を有するコンクリートの値とは大きく離れており、耐凍害性は低いものと推察される。

凍害深さの推定結果、圧縮強度試験結果を表-3 に示す。また、表面走査法による凍害深さの測定結果事例を図-2 に示す。表面走査法で凍害深さの推定が可能に



写真-1 1号固定台外観（左：全景、右：劣化状況）

表-1 試験方法及び測定項目

対象	試験方法	測定項目
実構造物	表面走査法	凍害深さ
	トレント法	透気係数
コア供試体	配合推定	水セメント比など
	リニアトラバース法	気泡間隔係数、空気量
	透過法	凍害深さ
	EPMA面分析	C、Ca、Si、S濃度分布
	水銀圧入法	細孔径分布
	圧縮強度試験	圧縮強度

表-2 空気量・気泡間隔係数結果など

	空気量 (%)	気泡間隔 係数 (μm)	単位容積質量 (kg/m^3)	G_{max} (mm)
1号固定台	-	-	2302	80
2号固定台	1.2	2448	2331	
4号固定台	2.2	1142	2200	
耐凍害性の観点から望ましいコンクリート	3~6	250>	-	-

なる条件として、超音波の受・発信子間の距離が長くなるほど、超音波伝播速度が速くなる必要がある。しかしながら、測定結果の大半が受・発信子間の距離が長くなるほど、超音波伝播速度が低下、あるいは変化せず、凍害深さを推定することができたのは 15 測定点中 3 点にとどまった。推定された凍害深さは 32~56mm であった。

コアを対象にして、深さ方向に超音波伝播速度の測定を行った結果を図-3 に示す。1、4 号固定台ともに、表層から約 10cm までは、超音波伝播速度が増加していることが確認された。超音波伝播速度が概ね一定となる深さを凍害深さと判断すると、凍害深さは表層から約 10cm と推定される。一方、超音波伝播速度が 4.0km/s 以上あれば、健全なコンクリートである³⁾と判断する

キーワード 凍害深さ、凍結融解、経年構造物、非破壊検査

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発株（株）茅ヶ崎研究所 Tel 0467-88-7854

と、凍害深さは表層から約5～7cmと推定される。

1号固定台のコアを対象に行った細孔径分布の測定結果を図-4に示す。表層から1cmと5cmの細孔径分布を比較すると、表層から1cmの箇所においては0.05～0.5μm付近の細孔が増加するという結果が得られた。この結果は、凍結融解を受けた場合0.1～1.0μm付近の細孔が増加する傾向が見られるという既往の研究結果⁴⁾とおおむね一致する。また、表層から5cmと10cmの細孔径分布を比較すると、表層から5cmの箇所においては0.05μm付近の細孔が増加する傾向が確認された。

4. まとめ

凍害危険度2の箇所に位置する、竣工から58年経過した構造物を対象に、各種試験から凍害深さの推定を行った。主な結果を以下に示す。

- ① 透過法で推定された凍害深さは、50～70mmであり、表面走査法で推定された凍害深さは、32～56mmであり、表面走査法による凍害深さは透過法と比較すると、3割ほど過小評価された。
- ② 表面走査法で凍害深さの推定を行うことができたのは、15測定点中3点にとどまった。
- ③ 細孔径分布の測定結果から、表層から深くなるにつれて、0.05～0.5μm付近の細孔が少なくなる傾向が見られた。

筆者らはコンクリート構造物の凍害劣化予測を適切に行うことを目的として、経年と凍害深さの関係を整理しており(図-5)、今後も凍害深さのデータの更なる蓄積を行う予定である。

参考文献

- 1) 佐藤道生, 酒井隆行, 上山邦彦: 凍害環境に暴露した大型コンクリート供試体の物性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1183-1188, 2009.
- 2) 遠藤裕丈, 田口史雄, 林田宏, 草間祥吾: 非破壊試験によるコンクリートの凍害深さの推定に関する基礎的検討, 平成19年度土木学会北海道支部論文報告集, 第64号, 2007.
- 3) 日本コンクリート工学協会: コンクリート診断技術13【基礎編】, pp.110-120, 2013.
- 4) 岡本修一, 魚本健人: 細孔構造からみた凍結融解による劣化機構に関する基礎研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.901-905, 1997.

表-3 凍害深さ推定結果、圧縮強度

対象構造物	表面走査法による凍害深さ mm	透過法による凍害深さ mm	透過法による凍害深さ mm	圧縮強度 N/mm ²
1号固定台	40, 56	100	70	15.5
2号固定台	-	-	-	30.3
4号固定台	32	100	50	16.2
備考	計15箇所の測定を行い、3箇所のみ推定が可能	超音波伝播速度がほぼ一定となるまでを凍害深さとした場合	超音波伝播速度が4km/s以下の箇所を凍害深さとした場合	2号固定台は打増による補修を実施

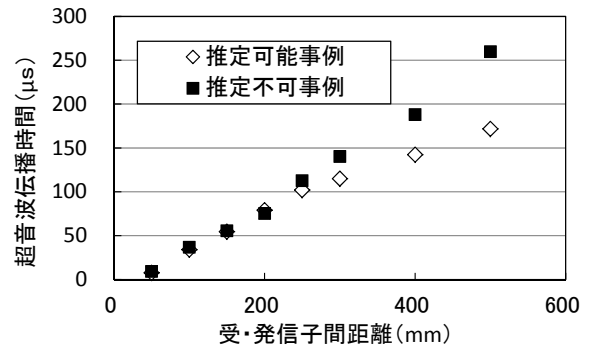


図-2 表面走査法を用いた測定結果

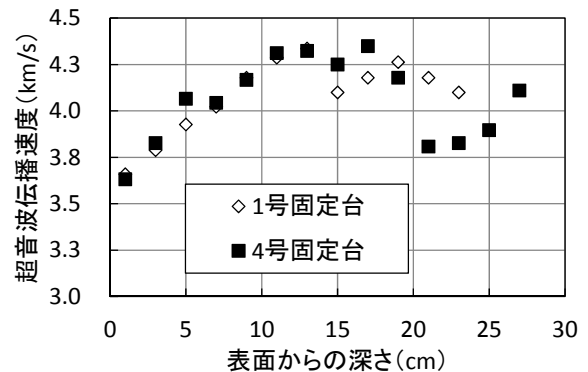


図-3 透過法を用いた測定結果

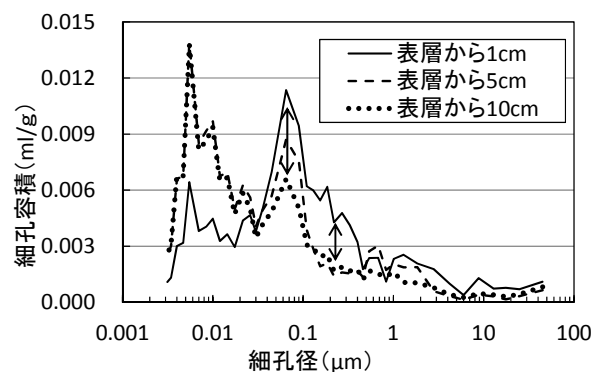


図-4 細孔径分布測定結果

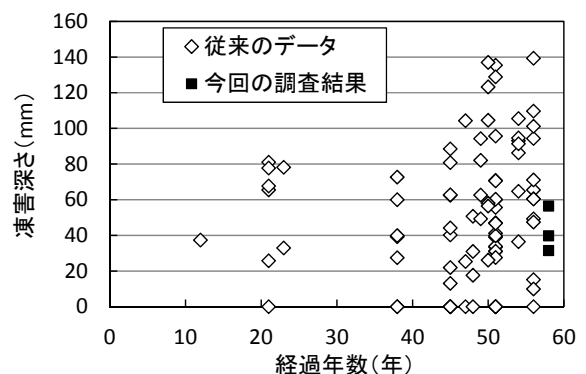


図-5 経年と凍害深さの関係