

セメント協会・研究所 正 〇 國府 勝郎
正 神田 彰久
正 佐藤 智泰

1 まえがき

膨張コンクリートの凍結融解抵抗性に関する研究は、これまでも2, 3行われているが、試験の条件によって異なる結果を示しているようである。筆者らは前報において、膨張コンクリートの拘束条件と凍結融解抵抗性について報告した。これに引きつづき、本文は主に膨張コンクリートの細孔構造と凍結融解抵抗性の関連を検討したものである。

2 試験方法

実験は2回に分けて行い、シリーズ(1)では石灰系膨張材を用いて水結合材比50%, 単位水量 145 kg/m^3 , 単位膨張材量を $0 \sim 35 \text{ kg/m}^3$ の範囲で4種類に変化させたものである。AE減水剤としてリニンのものを用いて、4.5%の空量とし、シリーズ(2)は、石灰系およびカルシウムサルホアルミネート系の膨張材を用い、水結合材比を50%および40%, 単位膨張材量を 30 kg/m^3 および 40 kg/m^3 とし、この場合、レジンのAE剤を用いて、4.5%の空量とし、両シリーズとも、コンクリートのスランプは $7.0 \text{ cm} \sim 11.5 \text{ cm}$ の範囲にある。

凍結融解試験方法は、材令28日まで水中養生を行う供試体を、ASTM C 666 に準じて試験した。なお、一部の供試体は材令の影響を検討するため、14日で試験したもの、および供試体の乾湿の影響を検討するため、14日まで水中後25日まで室内で乾燥し、その後28日まで水中養生として試験したものを含んでいる。この場合、乾燥によって収縮した供試体も試験直前の水中養生によって膨張率はほぼ復元している。

供試体は拘束および無拘束養生のものがある。拘束はJISに規定するA法によっている。細孔構造は、水銀圧入式ポロシメータによって、凍結融解試験開始時の細孔径分布を測定した。

3 結果および考察

細孔構造 図-1および2は、材令28日の普通コンクリートおよび単位膨張材量 35 kg/m^3 を用いた膨張コンクリートの細孔径分布を示したものである。図-3は単位膨張材量と全細孔容積との関係を示している。膨張材量が増大するにともなう、細孔容積は比例的に増大しているが、拘束養生を行うコンクリートの細孔容積は、無拘束養生の場合より著しく小さくなっている。図-4はこれらのコンクリートの細孔径の構成比を膨張材量と拘束条件とで整理したものである。単位膨張材量が 30 kg/m^3 の範囲では、半径 $430 \text{ \AA}$ 以上の比較的大きな空隙の構成比は拘束条件および単位膨張材量によって相違が認め難いが、半径 $240 \text{ \AA}$ 以上の空隙は単位膨張材量の増大に伴って明かに増大しているようである。しかも、無拘束養生の場合には顕著な増大を示している。単位膨張材量が 35 kg/m^3 の場合には、径の大きな細孔が増大しているようである。本実験条件のもとでは、拘束養生条件および配合の変化は、大略 $240 \text{ \AA}$ 以上の細孔容積に大きな影響を与えていると判断してよいと思われる。

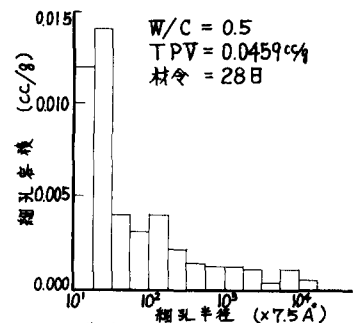


図-1 普通コンクリートの細孔径分布

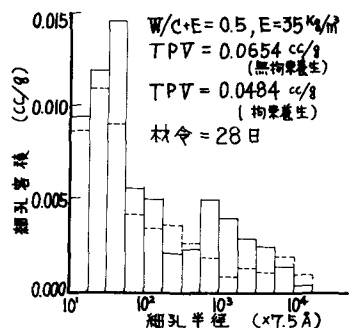


図-2 膨張コンクリートの細孔径分布

耐久性指数

図-5は水結合材比が50%で空気量が4.5%の一定条件のもとにおける、細孔容積と耐久性指数との関係を示したものである。細孔中に含まれる水分は、細孔径が小さくなるほど、凍結温度が低下することが知られている。本実験における最低温度-18℃までに凍結しうる細孔径は、樋口式によると約70Å程度となるが、試験結果は細孔径240Å以上の細孔容積が大きくなるに連れて、耐久性指数は直線的に小さくなることが認められる。

内部ひびわれ

凍結融解試験を終了した供試体から、一辺が約10cmの立方体を切出し、これを真空脱気して赤インクを注入し、その後さらに切断して内部劣化の状況を観察した。耐久性指数0.95の普通コンクリートは、供試体表層部にわずかにインクの浸透が認められた。無拘束養生の膨張コンクリートは単位膨張材量の増大につれて表層部のインクの浸透程度が増大し、単位膨張材量が30kg/m³となると供試体の中心部まで骨材とモルタルとの界面が染色された。単位膨張材量55kg/m³で拘束養生を行えば(D.F.=0.78)、インクの浸透は表層部5mm程度にかぎられ、界面ひびわれの連続した一本のみが供試体中心部の拘束用鋼棒まで達していた。このようなことから、膨張コンクリートの凍結融解作用による劣化は、表層部のモルタル劣化に端を発し、これが骨材界面の付着破壊に発展してゆくと推察される。膨張コンクリートの拘束養生は、骨材とモルタルとの界面の劣化を防止するのに非常に有効であることが認められる。

AE剤、供試体の乾湿等の影響

レジ系(AE剤)を用いたシリーズ(2)においては、単位膨張材量を30kg/m³用いた石灰系およびカルシウムサルボアルミネート系のいずれの場合も、耐久性指数は拘束の有無にかかわらずそれぞれ0.86および0.93であった。これらのコンクリートの膨張率は、石灰系の膨張材E使用したもののほうが大きく、耐久性指数に対する影響が現れていえると思われる。収縮補償コンクリートに用いる膨張率程度であれば、適切なAE剤を使用することによって十分に耐久的な膨張コンクリートとすることができるものと思われる。ケミカルプレストレストコンクリートは工場製品に使用されることを考え、養生中に空中放置して一時的に乾燥状態とした。このような供試体の耐久性指数はほとんど低下がなかった。細孔中から気体として水分が蒸発すると、供試体を水中に浸しても細孔中には容易には水が満されないのであると思われる。

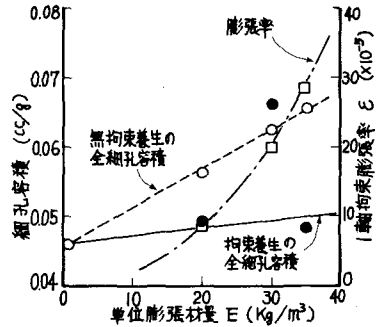


図-3 細孔容積に対する膨張材量の影響

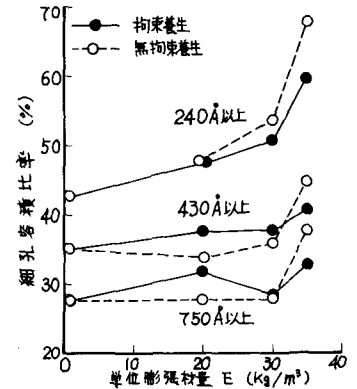


図-4 細孔の構成比率

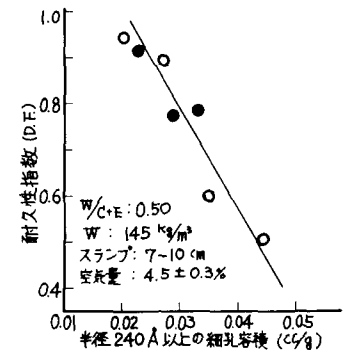


図-5 細孔容積と耐久性指数の関係

本実験を行うにあたり、都立大学村田二郎教授ならびに当研究所柳田力次長より貴重な助言をいただき、二に感謝いたします。

参考文献

1. 國府 神田 柳田 膨張コンクリートの凍結融解抵抗性について 土木学会 第34回 年次講演会 概要集 1979.
2. 鎌田 次 人工軽質骨材コンクリートの凍害機構に関する考察 セメント技術年報 No.25 1971
3. 永倉 混凝土の凍結抵抗性に関する研究 電力中央研究所 学位論文集 18 1962

表-1 シリーズ(2)の試験結果

膨張材	記号	単位膨張材量 (kg/m³)	試験用膨張材量 (g)	凍結融解膨張率 (x10⁻³)	乾湿の有無	拘束の有無	耐久性指数
石灰系	N	0	28	—	W	無	0.94
			14	25.0	W	有	0.85
	X 30	30	28	24.3	W	有	0.87
					D	無	0.86
CSA系	X 40	40	28	43.6	D	有	1.00
						有	0.93
	S 30	30	28	19.9	W	無	0.93
					D	無	1.00
	S 40	40	28	29.6	D	有	1.00