

コンクリート製水路の凍害メカニズムに関する研究

松江工業高等専門学校 正会員 高田 龍一
 松江工業高等専門学校 学生会員 橋本 和幸
 松江工業高等専門学校 学生会員 垣田 真志
 鳥取大学 正会員 緒方 英彦
 鳥取大学 非会員 服部 九二雄

1. はじめに

コンクリートの劣化機構のひとつに凍害がある。凍害は主にコンクリート中の水分が凍結融解作用を受けるときに発生する膨張圧によって劣化が進行する。コンクリート製水路の側壁では、最多流量水位の上部（気中部）に凍害が発生し、下部（水中部）に発生しないケースが見られる。

本研究では、コンクリート製水路における気中部と水中部の凍害の発生状態が異なる原因を実験的に検討し、コンクリート製水路の凍害メカニズムを明らかにすることを目的とした。コンクリート製水路の側壁ではコンクリートの打設が鉛直方向で行われるために、下部で骨材量の増加とともに緻密になり、上部はペースト量が多く粗なコンクリートとなることが考えられる。また、気泡分布も下部ほど密に上部に行くに従って粗になることが考えられる。

そこで鉛直方向に長いコンクリート供試体を打設し、実際の水路の状態に近いコンクリート供試体を作成し、これを分割して凍結融解試験を行うことにより、水路側壁の凍害メカニズムの検討を行った。さらに乾湿の繰り返しによる水路の置かれている環境条件についても検討を行った。

2. 実験の概要

本研究で使用するコンクリート材料の物理的性質を表1に、コンクリートの示方配合を表2に示す。

図1に示すとおり供試体は120cmの鉛直方向に長い供試体を作成し、40cm間隔で3分割し、それぞれ上部、中部、下部とした。供試体の作成にあたっては、高さの違いによる影響を検討するためのシリーズと、これに加え養生条件を変化させ、初期の乾湿の繰り返しの影響をみるシリーズの2種類とした。シリーズは高さにかかわらず4週間の標準水中養生を行い、シリーズでは上部は2週間の気中養生、中部は1日ごとに水中養生と気中養生を繰り返し、下部は4週間の水中養生で供試体の作成を行った。

凍結融解試験はJIS A 1148-2001の水中凍結融解試験方法（A法）に準じて行い、試験時には空中重量、水中重量、共鳴周波数（動弾性係数）、縦断方向と横断方向の超音波伝播速度の測定を行った。横断方向は、角柱供試体の上下を明らかにした上で長さ方向の5cm間隔で測定を行った。

シリーズにおいては明確な劣化の変化が認められなかったために、460サイクル終了時に、再度それぞれの供試体に初期と同じ養生条件を10日間与え、その後凍結融解試験を再開した。

3. 結果と考察

図2はスケーリングに伴う質量変化を示している。図よりわかるようにシリーズは長期的に見ると、上部にいくほど質量減少が大きくなり、下部に向かうほど質量減少が小さくなる。これにより、上部ほどスケーリングが起りやすく下部ほど起りにくいことがわかる。

表1 コンクリートの物理的性質

	密度	吸水率	表面水率	有効吸水率	F. M
セメント(普通ポルトランドセメント)	3.15				
細骨材(鳥取市産陸砂)	2.59	1.59	1.00	0.53	1.83
粗骨材(鳥取市産砕石)	2.59	1.62	0.51	1.01	6.68

表2 示方配合

G _{max} (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
20	8	55	6	39.7	150	273	723	1098	2.4570

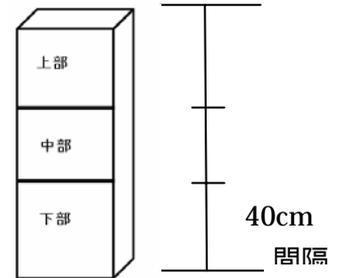


図1 供試体の作成

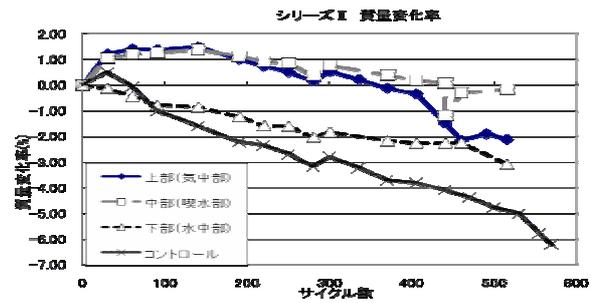
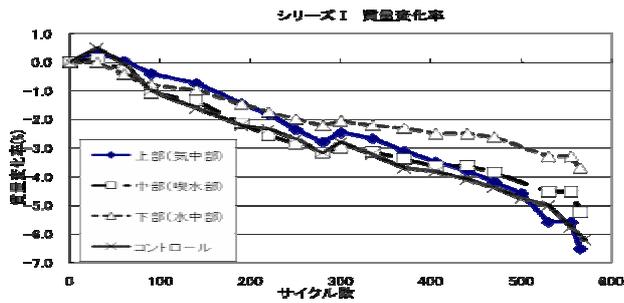


図2 質量変化率

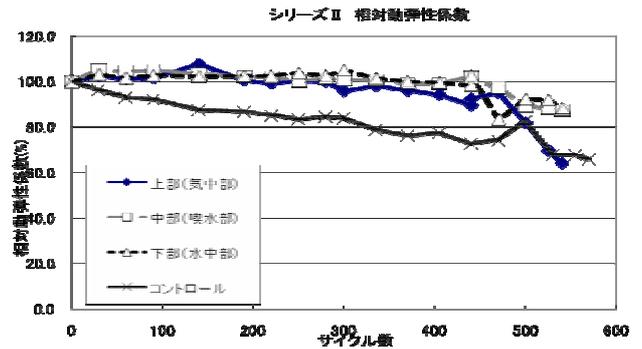
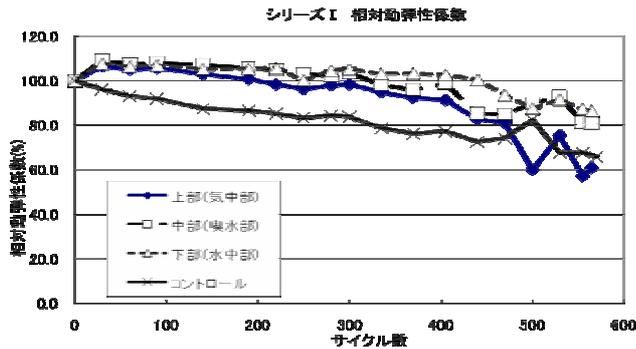


図3 相対動弾性係数

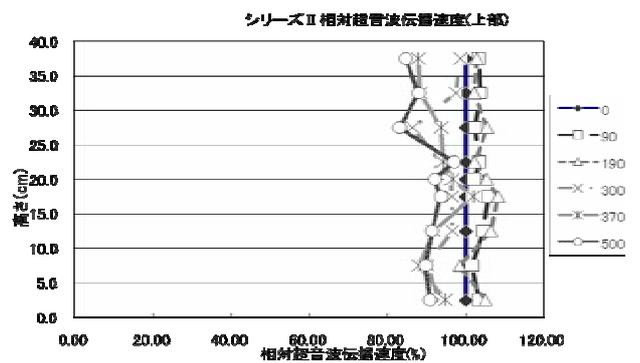
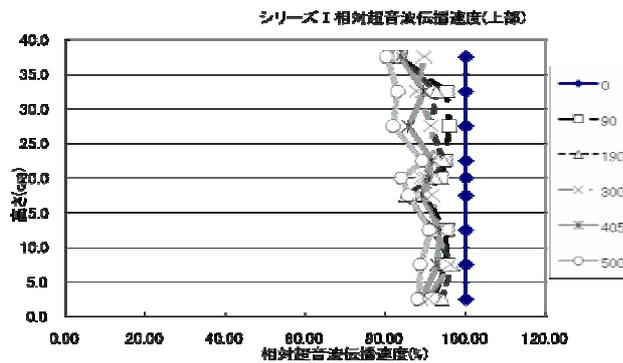


図4 相対超音波伝播速度(横断方向)

シリーズⅡにおいては上部と中部の質量が凍結融解を受けた後一度上昇した。これは、凍結融解作用を受けたためコンクリート組織に緩みが生じ、凍結融解試験中に供試体が水分を吸水したためと考えられる。実際の変化率は上昇後からの傾きと考えることができる。上部と下部の質量減少が大きく、中部の質量減少が小さい。このことから初期の乾湿の繰り返しはスケーリングに悪影響を与えないと考えられる。また、コントロール供試体は他の供試体に比べ、早期からスケーリングを起こしていることがわかる。

図3は相対動弾性係数の変化を示す。図よりわかるようにシリーズⅡでは、上部ほど相対動弾性係数の低下が大きく、下部ほど小さくなる。これより、内部劣化は上部ほど進行しやすいことがわかる。シリーズⅠにおいては、シリーズⅡと同じく上部は相対動弾性係数の低下は大きい。しかし、中部と下部の相対動弾性係数の低下は見られなかった。また、コントロール供試体は他の供試体に比べ、早期に劣化を起こしていることがわかる。

図4は相対超音波伝播速度の横断方向の変化を示している。シリーズⅡでは、上部ほど相対超音波伝播速度が低下していることがわかる。このことから、鉛直にコンクリートを打設した場合、供試体内でも上部ほ

ど劣化が激しいことがわかる。シリーズ では、高さによる劣化の傾向を確認することはできなかった。

いずれの結果からもシリーズ では上部ほど劣化しやすいことがわかった。高さにより劣化が異なる理由としては、上部ほど締め固めによりエントラップトエアが浮き上がることによりコンクリートの組織構造が粗くなり、さらにブリージングにより水セメント比も高くなるために凍害劣化の生じやすい条件となるためと考えられる。シリーズ において、乾湿を繰り返した中部は大きな劣化性状は認められなかった。しかし、中部は下部と比べ供試体に大きなポップアウトが生じていた。これより、養生時に受けた乾湿の繰り返しの影響は、ポップアウトを引き起こすが内部組織には大きな影響は与えないと考えることができる。

また、コントロール供試体が他の供試体に比べ劣化が早い理由としては、コントロール供試体は水平に打設したため、鉛直に打設した供試体に比べ自重による締め固めの効果が小さいためと考えられる。

さらに、シリーズ の図よりわかるように、460 サイクル終了時に再度初期の養生条件を与えた後は、劣化の速度が大きく現れる傾向となった。

4.まとめ

今回の実験では、高さの違いによる耐凍結融解性能に及ぼす影響を確認することができた。しかし、乾湿を繰り返された供試体については高さによる違いと養生条件の違いが混在し、明確な結論を得ることは出来なかった。乾湿の繰り返しによるコンクリートの耐凍結融解性能に及ぼす影響は、改めて検討する必要があると考えられる。