

ポーラスコンクリートの気中凍結水中融解抵抗性に関する研究

Freeze-thaw resistance of porous concrete - freezing in air and thawing in water-

独立行政法人北海道開発土木研究所 ○小尾 稔(Minoru Obi)

独立行政法人北海道開発土木研究所 田口史雄(Fumio Taguchi)

1. まえがき

内部の連続した空隙により空気や水を自由に通す性質を有するポーラスコンクリートは、近年、河川護岸の植生付加や排水性舗装などに利用されている。ポーラスコンクリートは水辺環境で使用される場合が多いため、寒冷地では強度に加えて凍結融解に対する耐久性に対する検討が必要となる。また、使用される環境条件は、常時水分に飽和される場合、乾湿の影響を受ける場合など様々であるため、適用環境に応じた凍結融解試験方法と評価方法を用いることが重要である。

本研究は、ポーラスコンクリートの耐凍害性に対する検討を行うことを目的とし、粗骨材寸法、細骨材率、および空気連行剤量などを変化させた配合を設定し、排水性舗装や河川の洪水敷等のように、水中で凍結しない環境におかれたポーラスコンクリートを仮定した凍結融解試験の結果について報告するものである。

2. 試験方法

本研究において、結合材として普通ポルトランドセメント（密度 3.16）とポーラスコンクリート用混和材（密度 2.21）を 10kg/m^3 用いた。粗骨材（密度 2.67）は表-1のとおり粒度調整したものを使用した。細骨材は粗粒率 2.85 を使用した。また、空気連行剤として、高級アルコールサルフェートを主成分とするものを使用した。コンシステンシーの調整にはポリカルボン酸系グラフトコポリマーを主成分とする高性能減水剤を使用した。ポーラスコンクリートの配合設計にあたり、単位セメント量、単位水量および単位粗骨材量を一定とした。そして細骨材率、空気連行剤量をそれぞれ設定した。表-2に配合例を示す。

ポーラスコンクリートの練り混ぜは、100 リットルのパン型強制練りミキサを用いた。空隙率測定用供試体（ $\phi 10 \times 20\text{cm}$ ）の締固めは、表面振動機により2層に分けて計 10 秒の振動を加えた。凍結融解供試体（ $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ ）の締固めは $\phi 8\text{cm}$ のプレートを用い、同様に計 20 秒の振動を加えて1層で締め固めた。

フレッシュ時のポーラスコンクリートの空気量は、空気量の測定容器にポーラスコンクリートを詰め、空隙に水を静かに注入して、水面が容器上縁に達した時点での注水量から連続空隙率を求めた後、圧力計の蓋をして JIS A 1128（空気室圧力方法）に準じて測定した。また、確認のためにポーラスコンクリートの配合の単位量から粗骨材を除いた配合のモルタルを作成し空気量を測定した。さらに円柱供試体によりコンクリート硬化後の空隙率を 1995 年の JCI のエココンクリート委員会報告書¹⁾

に従い求めた。

凍結融解試験は、1 サイクル 24 時間の周期で、 -18°C の気中に約 16 時間、 23°C の室温の水槽に約 8 時間置くことにより凍結融解させる試験を行った。

3. 試験結果

表-1 粗骨材の粒度

粗骨材寸法(mm)	5-10	10-15	15-20	20-25	実績率(%)
5-20	25%	45%	30%	-	60.03
5-10	100%	-	-	-	57.17
10-15	-	100%	-	-	58.43
15-20	-	-	100%	-	59.41
20-25	-	-	-	100%	58.87

表-2 配合例

粗骨材寸法(mm)	s/a (%)	W	C	P	S	G	AE(C-X)
5-20							
5-10	0				0		0
10-15	10	69	290	10	(150)	(1500)	0.05
15-20	15				(225)		0.10
20-25							

※ () 実績率により補正有り

図-1 に粗骨材寸法と容積法による連続空隙率を示す。

本試験ではポーラスコンクリートの配合設計にあたり、単位セメント量、単位水量、単位粗骨材量を一定とした（締固めエネルギーもほぼ一定とした）が、連続粒径（5-20mm）のポーラスコンクリートは、単一粒径（5-10、10-15、15-20、20-25mm）に比べ小さい空隙率となった。連続粒径の骨材を用いたポーラスコンクリートは締固め効果が高いため空隙が小さくなったものと考えられる。

図-2 に粗骨材寸法 5-20mm の空気連行剤量と空気量の関係を示す。空気量のばらつきが大きく明確な関係を示さなかった。この空気量は、ポーラスコンクリート内の連続した空隙内に水を満たし、連続空隙率を測定した後空気室圧力方法により測定した値である。注水時において水が充分空隙内に充填されなかったなどの影響があったものと考えられる。

このため、図-3 に図-2 の粗骨材を除いた配合により作成したモルタルにおける空気連行剤と空気量の関係を示す。細骨材率 0% は空気連行剤量の増加とともに空気量が増

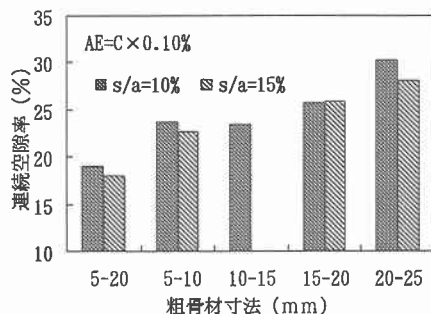


図-1 粗骨材寸法と連続空隙率（容積法）

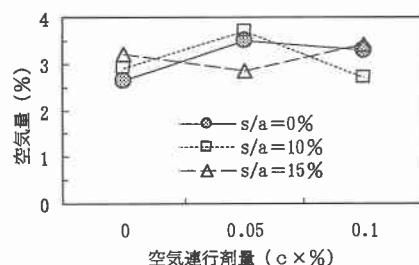


図-2 空気連行剤量と空気量(コンクリート)

大したが、細骨材率 10、15%は顕著な増大は見られなかった。一般に練り混ぜなどの過程でコンクリート内部にはエンラップトエアが混入される。細骨材率 10、15%は 0%に比べ空気量が全体的に大きくなると予想されたが、空気連行剤量が 0.1%の場合でみると、細骨材率 0%の空気量が大きくなった。

図-4 に細骨材率 0%で空気連行剤量が凍結融解試験における相対動弾性係数に及ぼす影響を示す。試験は継続中であるが、200 サイクルを越えた時点での相対動弾性係数は 85%以上であった。また、これらは図-3 に示すとおり空気連行剤が多いほど空気量が多くなり耐凍害性が向上すると考えられたが、現時点では相対動弾性係数の低下に明確な差は見られなかった。今後、モルタル部の細孔径分布や気泡間隔係数等に関する検討が必要であると考えられる。

なお、質量減少率は図示していないが、すべての供試体とも 1%以下の低下率で推移し差は見られない。

図-5、図-6 に空気連行剤量を 0%、0.10%とし、細骨材率を変化させた場合の相対動弾性係数を示す。

空気連行剤量が 0%の場合、細骨材率を変化させても現時点では相対動弾性係数の低下に大きな差は見られない。一方、空気連行剤量 0.10%とし、細骨材率が 15%の場合、若干相対動弾性係数の低下が小さい。図-3 に示したとおり砂を配合して空気連行剤量を増やしても、全体の空気量は増加しなかったが、結果として耐凍害性が向上する傾向を示した。モルタル部の細孔径分布等の検討が必要であるが、図-6 では配合上、細骨材率が大きくなるほどモルタル量が増えるため空隙率が減少すること、あるいはコンクリートの耐凍害性は細骨材率の増加にともなって向上する²⁾ことなどが要因と考えられる。

図-7 に空気連行剤量を 0.10%、細骨材率を 15%とし、粗骨材の寸法を変化させた場合の相対動弾性係数の変化を示す。粗骨材寸法が小さいほど相対動弾性係数の低下が小さい傾向が見られた。図-7 に示す配合のモルタル粗骨材容積比は 43.8～45.3%とほぼ一定である。この場合、骨材径が小さくなると骨材の総表面積が大きくなるため骨材を取り巻くモルタル層の厚さが薄くなり、耐凍害性が低下するものと考えられたが、本研究の範囲では耐凍害性が向上する傾向を示した。

4. まとめ

本研究における気中凍結水中融解試験の範囲内で得られた結果は以下の通りである

- (1)200 サイクルを越えた時点の相対動弾性係数は、おおむね 85%以上を示している。
- (2)細骨材を配合することにより空気量は顕著な増大を示さないが、相対動弾性係数の低下が小さい傾向が見られた。配合上空隙率が減少したこと、モルタル化が耐凍害性を向上させること等が要因と考えられるが、今後、結合材の細孔径分布等の検討が必要である。
- (3)粗骨材寸法が小さいほど相対動弾性係数の低下が小さい傾向を示した。

参考文献

- 1)エココンクリート研究委員会：自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望、日本コンク

リート工学協会、pp.54-56、1995,11

2)永倉正：コンクリートの配合条件が凍結融解抵抗性におよぼす影響に関する基礎的研究、土木学会論文集、No.98、1963.10、pp.15-25

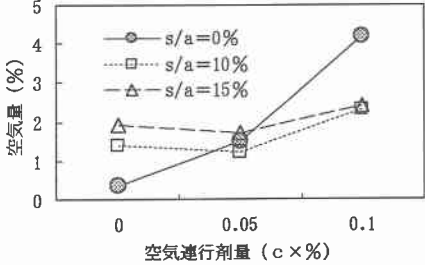


図-3 空気連行剤量と空気量 (モルタル)

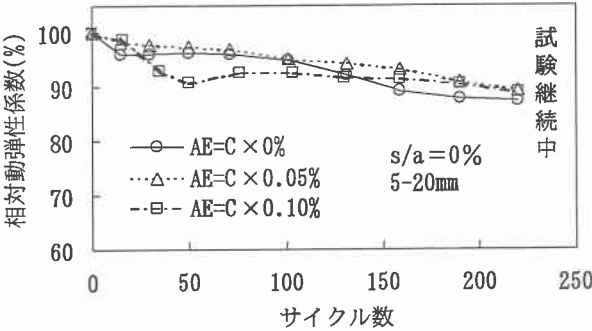


図-4 凍結融解試験

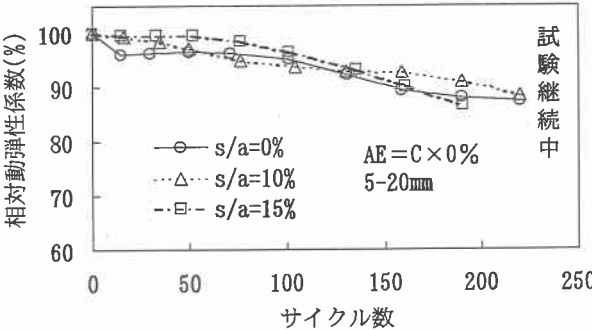


図-5 凍結融解試験

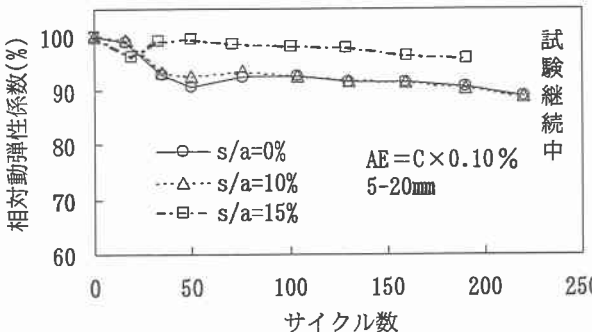


図-6 凍結融解試験

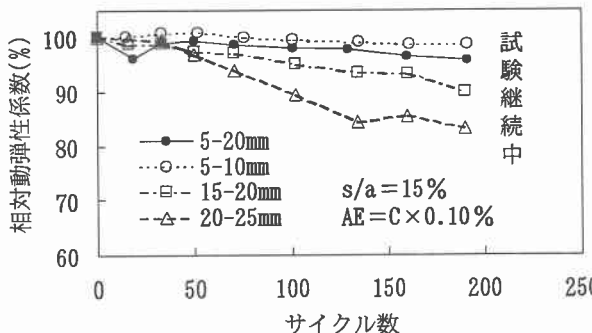


図-7 凍結融解試験