

北海道開発技術研究発表会

～ 新技術セッション ～

中空微小球「デンカカインドエア」による コンクリートの凍結融解抵抗性向上

デンカ株式会社

1. 凍害対策技術

Denka

寒冷地のコンクリート構造物

コンクリート中の水分が凍結・融解を繰り返す作用(膨張圧)



ひび割れ・表層の剥離などが
生じる**凍害**が問題

最近では、道路橋床版の複合劣化も認められる
(凍結防止剤による)**塩害**と**凍害**)



写真 凍害によるコンクリート構造物の劣化の一例



写真 床版の劣化の一例

◆凍結融解抵抗性を確保するためには・・・

一般的に、**AE剤**(界面活性剤)により微細気泡を連行する
しかし、条件によっては、AE剤で連行された**気泡が消失**

- 使用材料(フライアッシュなど)
- 配合(ブリーディングが多い配合など)
- 温度(外気温が高いとき)
- 施工条件(振動締固め等)・・・etc

中空微小球を用いたコンクリート

・フレッシュ性状? ・凍結融解抵抗性?

カインドエア(中空微小球)

✓ アクリル系樹脂からなる中空微小球

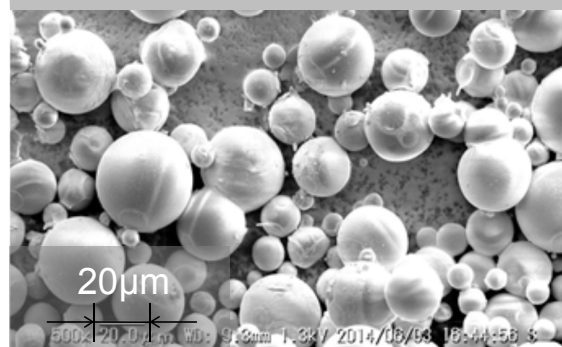
✓ 平均粒径が $40\mu\text{m}$, $80\mu\text{m}$ で、みかけ密度で $0.16\text{g}/\text{cm}^3$, $0.13\text{g}/\text{cm}^3$ と微小かつ軽量

✓ 締固めやブリーディング等で消失しない(確実に混和)

中空微小球



SEMによる画像



材料名	記号	摘要
水	W	上水道水または上澄水
セメント	C	普通ポルトランドセメント,密度:3.16g/cm ³
細骨材	S1	砕砂,表乾密度:2.63g/cm ³ ,粗粒率:2.97 山砂,表乾密度:2.60g/cm ³ ,粗粒率:1.67
	S2	砕砂,表乾密度:2.65g/cm ³ ,粗粒率:3.00 山砂,表乾密度:2.58g/cm ³ ,粗粒率:2.00
粗骨材	G1	碎石2010,表乾密度:2.65g/cm ³ ,実積率:62.9 碎石1005,表乾密度:2.65g/cm ³ ,実積率:62.4
	G2	碎石2005,表乾密度:2.66g/cm ³ ,実積率:60.0
混和剤	Ad1	AE減水剤,リニグンスルホン酸化合物
	Ad2	AE減水剤,リニグンスルホン酸化合物,オキシカルボン酸塩とポリカルボン酸系化合物
	Ad3	空気調整剤,変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
	Ad4	空気調整剤,ポリアルキレングリコール誘導體
中空微小球	D40	密度:0.16g/cm ³ ,粒径:35~55 μm,アクリル系樹脂
	D80	密度:0.13g/cm ³ ,粒径:50~90 μm,アクリル系樹脂

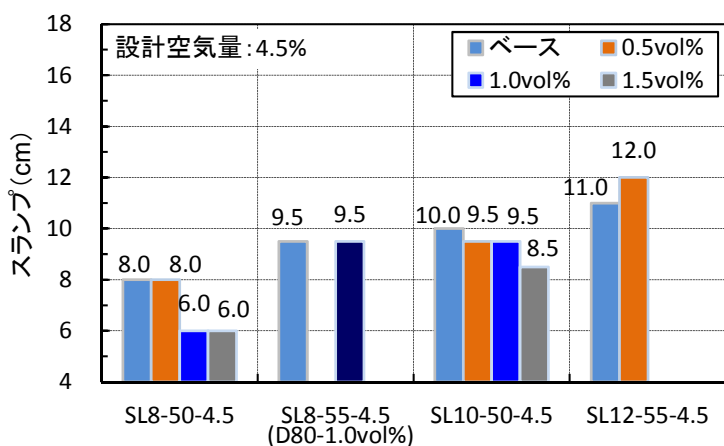
コンクリート配合

配合名	水セメント比(%)	細骨材率(%)	スランプ ^o (cm)	空気量(%)	単体量(kg/m ³)		D40 vol(%)	D80 vol(%)
					W	C		
SL8-50-4.5	50.0	44.6	8.0	4.5	168	336	— 0.5 1.0 1.5	—
SL8-55-4.5	55.0	48.0	8.0	4.5	170	310	—	— 1.0
SL10-50-4.5	50.0	44.6	10.0	4.5	175	350	— 0.5 1.0 1.5	—
SL12-55-4.5	55.0	45.7	12.0	4.5	172	312	— 0.5	—
SL8-55-1.5	55.0	45.2	8.0	1.5	170	310	— 1.0 — 0.5 1.5 — 0.75	— — 1.0 0.5 — 1.5 0.75

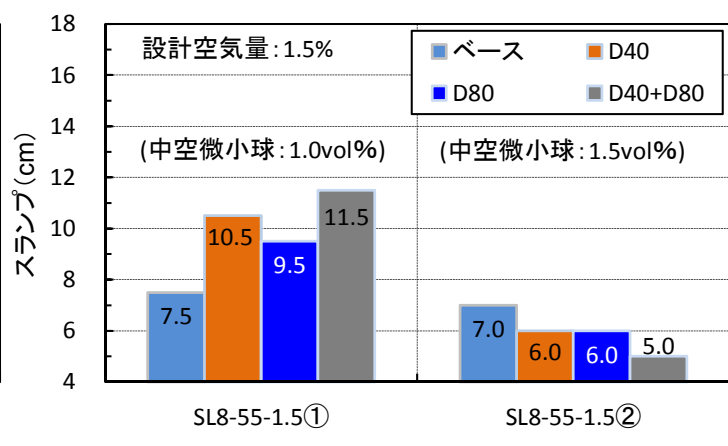
試験項目 配合名	練上がり温度	スランプ	空気量		圧縮強度	凍結融解(γ法)	気泡間隔係数
			圧力法	質量法			
SL8-50-4.5	○	○	○	○	○	—	—
SL8-55-4.5	○	○	○	○	—	—	○
SL10-50-4.5	○	○	○	○	—	—	—
SL12-55-4.5	○	○	○	○	—	○	—
SL8-55-1.5	○	○	○	○	—	○*	—

※凍結融解試験については、D40,D80を1.0vol%添加したケースのみについて実施

スランプの比較



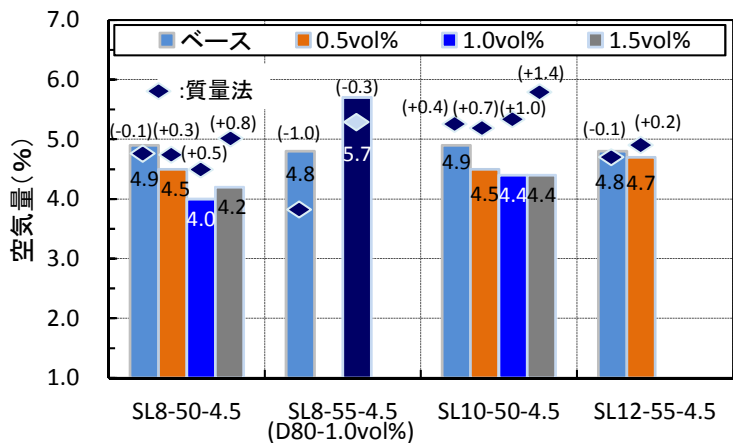
(i) 設計空気量4.5%



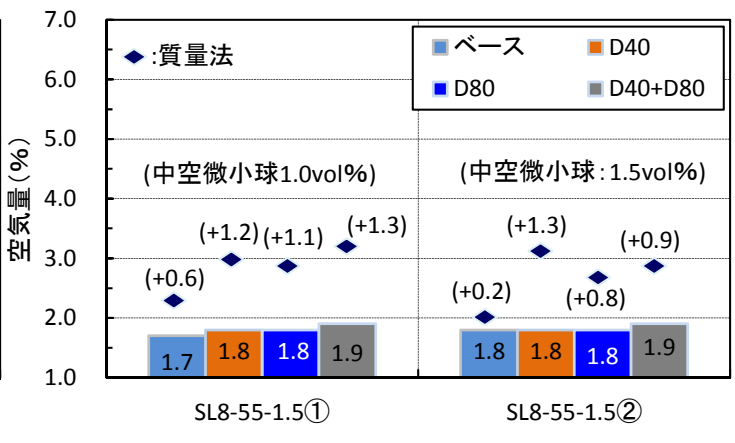
(ii) 設計空気量1.5%

中空微小球を添加することで、スランプが増加する場合と、減少する場合の両方がある。

フレッシュコンクリートの空気量の比較 (圧力法と質量法による比較)



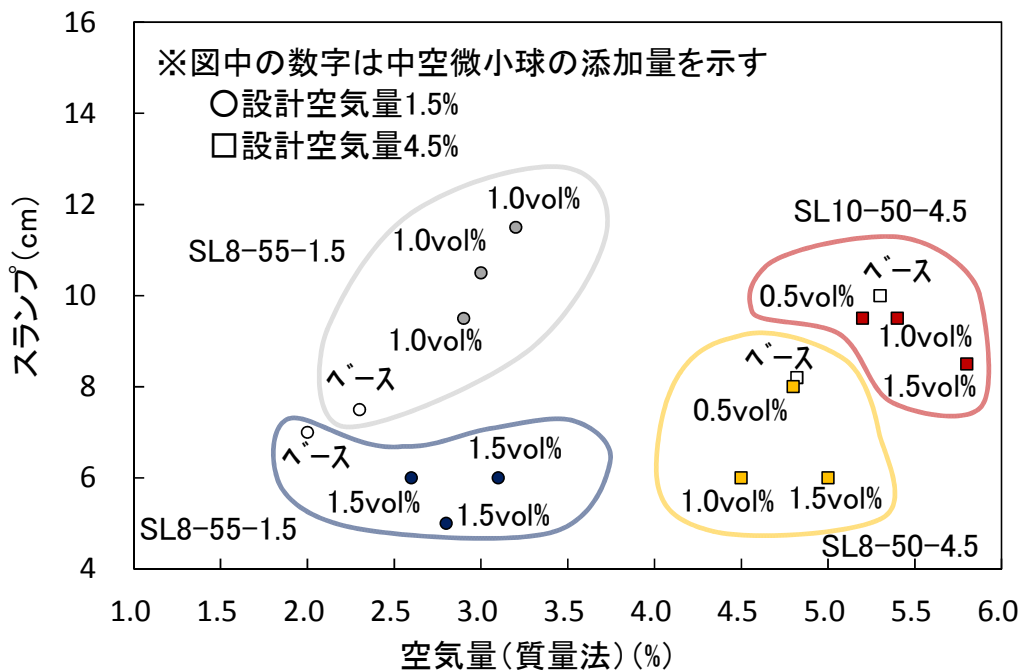
(i) 設計空気量4.5%



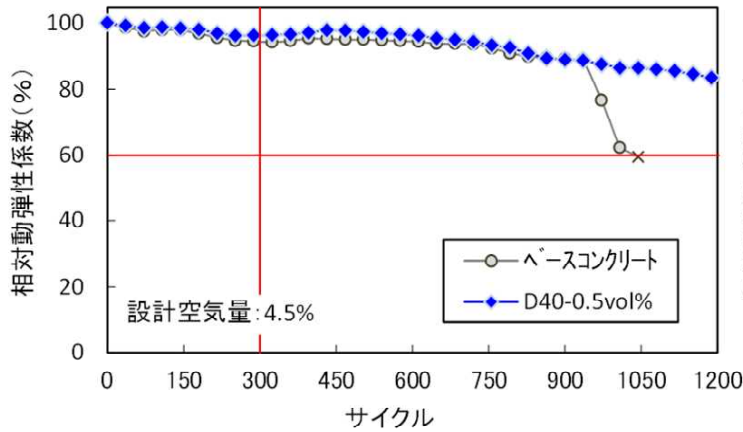
(ii) 設計空気量1.5%

圧力法では、中空微小球によって圧力伝達が抑制され、実際よりも小さい値となる。⇒ **質量法**による評価

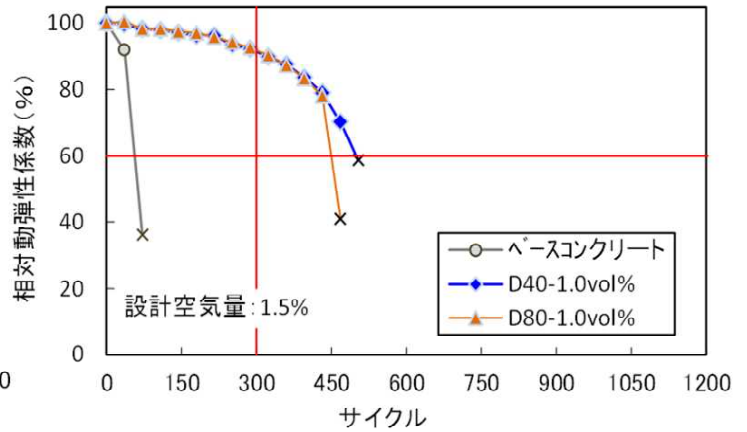
空気量の増減とスランプの増減



空気量とスランプの関係は、一般的な**相関が認められない**。



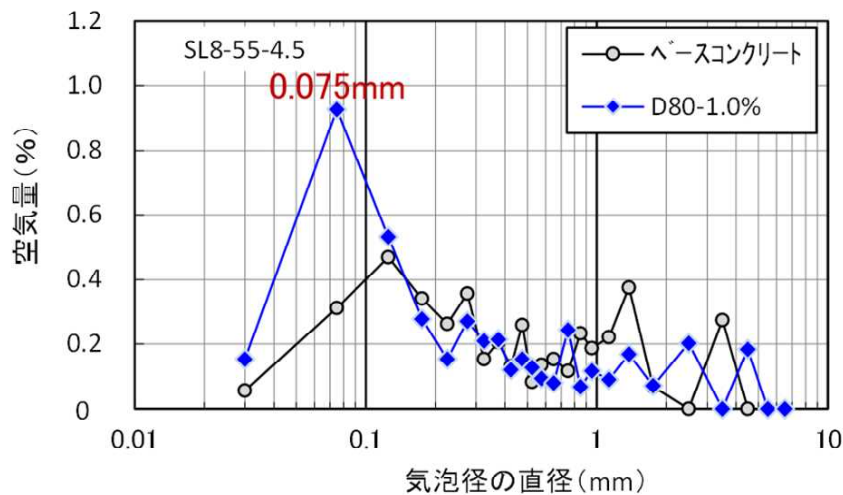
(i) 設計空気量4.5%



(ii) 設計空気量1.5%

ベースコンクリートの空気量が1.5%の場合においても、**高い凍結融解抵抗性**を示す。

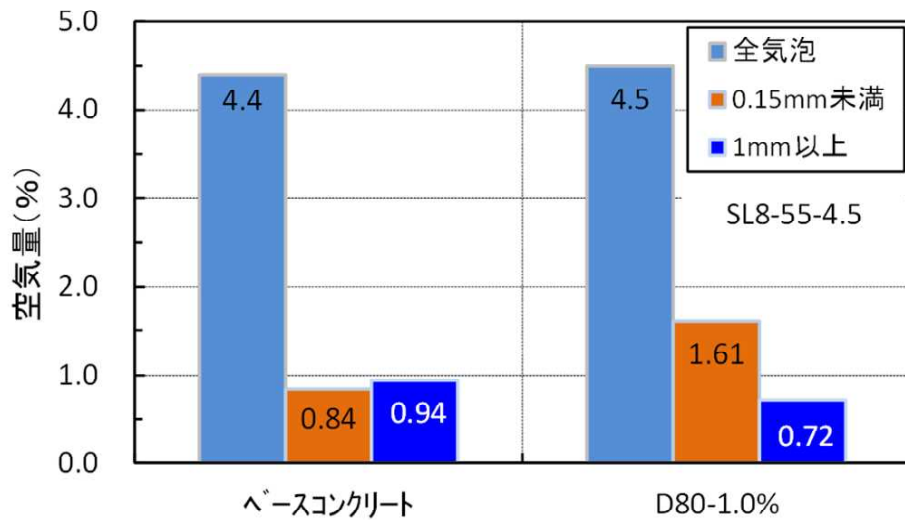
気泡分布



硬化後の空気量と気泡間隔係数

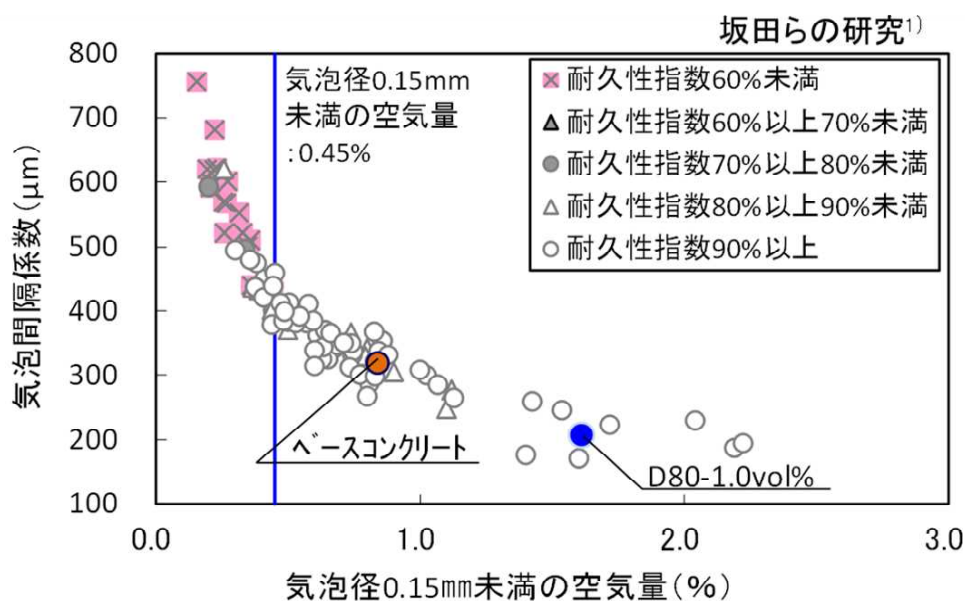
	空気量(%)	気泡間隔係数(μm)
SL8-55-4.5		
ベースコンクリート	4.4	319
D80-1.0%	4.5	207

中空微小球を添加したケースでは、**気泡径0.075mm(75 μm)**付近にて、**ピーク**が顕著となる



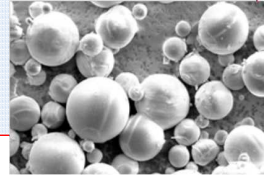
気泡径0.15mm未満の空気量が中空微小球によって**確実に確保**される。

0.15mm未満の空気量と気泡間隔係数の関係



統計データからも中空微小球を添加することで、**高い凍結融解抵抗性**を有することが示された。

【カインドエア】(0.08 mm程度の樹脂製の中空微小球)
消失することなく確実にコンクリート中に混和
することができ、凍結融解抵抗性が向上



- ・カインドエアによって、気泡径0.15mm未満の微細気泡を確実に混和できる。
- ・ベースコンクリートの空気量が少ない場合でも、カインドエアを添加することで高い凍結融解抵抗性を示す。