

コンクリートの耐凍害性に及ぼす粗骨材品質の影響に関する研究

八戸工業大学 学生員 ○植田 孝行

八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

八戸工業大学 学生員 植作 宗一郎

青森県生コンクリート工業組合 平井 渉

1. はじめに

本研究は、コンクリートの耐凍害性に及ぼす粗骨材の物理的品質の影響を明らかにし、コンクリートの凍害危険性を判断するための指標値の再検討を行ったものである。

2. 実験概要

1) 使用骨材の採取・試験

本研究では幅広い物理的特性を持つと考えられる 13 種類の粗骨材を採取した。そして、物理的特性値として比重、吸水率、安定性、骨材自身の凍結融解抵抗性および細孔特性などを測定した。

2) コンクリートの凍結融解試験

試験は、ASTM C666 A 法に従って行った。

供試体（100×100×400mm）は、表-1 に示す配合で作製され、材齢 14 日まで水中養生（20℃）を行い、試験を開始した。そして、所定サイクル毎に相対動弾性係数を測定し D.F. 値を算定した。

3. 結果及び考察

3. 1 粗骨材の物理的特性の結果

粗骨材の物理的特性試験の結果を表-2 に示す。この表に示されるように、本研究で用いた 13 種類の粗骨材は非常に幅広い品質特性を持つことが分かる。

3. 2 コンクリートの凍害劣化メカニズム

13 種類の粗骨材を用いたコンクリートの凍結融解試験を行った。その結果、骨材の細孔構造特性に着目し、コンクリートの凍害劣化のメカニズムについて詳しく検討してみると、主として 5 つのケースに大別できることが分かった。

図-1 はそれぞれのケースを模式的に示したものである。

ケース 1 は、中央細孔直径が数十 μm と非常に大きく、全細孔容積が 0.01cc/g 以下と極めて小さい場合である。これらは水を含む空隙をほとんど持たないため骨材自身の凍結融解抵抗性に非常に優れており、コンクリートの耐凍害性に及ぼす影響も極めて少ないものと考えられる。

ケース 2 は、中央細孔直径が数 μm と比較的大きく、全細孔容積が 0.06cc/g 程度と非常に大きい場合である。これらは細孔径が大きく排水性に優れ、また、全細孔容積が多いために、ペースト部へ未凍結水を多く供給してしまい、ペースト部と骨材との付着を崩壊させたものと考えられる。また、このような場合には、骨材中未凍結水のペースト中への排出場所が限定されるために、排出されなかった水が骨材中で凍結し骨材自身が膨張を起こしていることも考えられる。

ケース 3 は、中央細孔直径が 0.1 μm 程度と中位で、全細孔容積が 0.02cc/g 程度と小さな場合である。これらは排水性が悪いので凍結水量が少ないために、骨材内部で発生した水圧が大きくなり難く、コンクリートの凍結融解抵抗性に非常に優れて

表-1 配合表

G _{MAX} (mm)	W/C (%)	S/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)				AE 剤
				W	C	S	G × γ_g	
20	55	44.4	5	168	305	846	381 C × 0.026%	

G は容積で示している

表-2 粗骨材の物理特性

試料	岩質	表乾 比重	絶乾 比重	吸水 率 (%)	安定 性 (%)	全細孔 容積 (cc/g)	中央細 孔直径 (μm)	平均質量 損失率 (%)	EDF
A	安山岩	2.53	2.42	4.46	6.1	0.0428	0.068	27.1	17
B	安山岩	2.50	2.39	4.52	15.4	0.0585	1.36	24.7	21
C	石灰岩	2.71	2.70	0.24	3.0	0.0033	78.39	0.9	100
D	石灰岩	2.72	2.71	0.26	2.0	0.0028	68.88	2.3	100
E	玄武岩	2.71	2.65	2.42	8.5	0.0180	0.101	46.2	36
F	安山岩	2.42	2.33	3.87	6.3	0.0368	0.049	41.1	19
G	安山岩	2.45	2.37	3.20	5.7	0.0343	0.11	49.6	21
H	安山岩	2.50	2.38	5.09	8.0	0.0512	0.023	65.4	14
I	流紋岩	2.24	2.09	6.98	9.7	0.0662	2.57	11.9	28
J	安山岩	2.70	2.64	2.11	1.9	0.0204	0.15	31.2	32
K	安山岩	2.61	2.56	2.05	8.1	0.0152	0.052	25.0	41
L	輝緑岩	2.92	2.90	0.62	2.9	0.0105	43.23	4.8	100
M	安山岩	2.59	2.52	2.91	1.1	0.0262	0.025	2.9	23

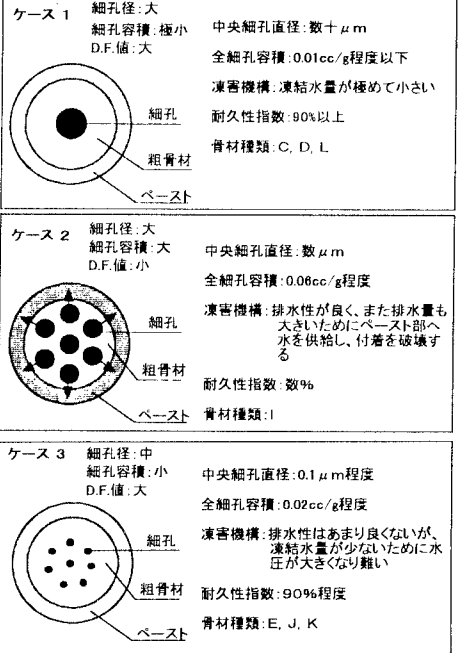


図-1 劣化メカニズム (ケース1～3)

いるものと考えられる。

ケース4は、中央細孔直径が $0.1\mu\text{m}$ 程度と中位で、全細孔容積も 0.04cc/g 程度と中位の場合である。これらはケース3より全細孔容積が大きく、また細孔径が小さいために骨材内部で水圧が大きくなりやすく、凍結融解抵抗性が若干低い値を示したものと考えられる。

ケース5は、中央細孔直径が $0.02\mu\text{m}$ 程度と極めて小さく、全細孔容積が 0.05cc/g 程度とかなり大きい場合である。これらは凍結水量が多く、排水性が非常に悪いために骨材内部で水圧が大きくなり、骨材自身を崩壊させたものと考えられる。

3. 2 粗骨材品質に着目した指標値

1) 比重および吸水率

比重と吸水率をそれぞれ独立変数に定め、実測のD.F.値を初期値に設定し重回帰分析により推定値($R^2=0.693$)を求めた。その式を以下に示す。

$$D.F. \text{ 値} = \frac{-14.42}{\text{絶対比重}} - 12.96 \times \text{吸水率} + 115 \quad \cdots (1)$$

図-2は、式-1より算定した推定D.F.値とコンクリートの実測D.F.値との関係を示したものである。この図よりこれらの関係はほぼ一定の範囲に入っており、絶対比重と吸水率の二つの値から求めるこの推定値はコンクリートの耐凍害性を予測する指標として有効であることが分かる。また、この指標値で用いられる比重と吸水率は測定方法が簡便であり実用的であると考えられる。

2) 細孔構造特性

全細孔容積と中央細孔径の逆数をそれぞれ独立変数に定め、実測のD.F.値を初期値に設定し重回帰分析により推定値($R^2=0.743$)を求めた。その式を以下に示す。

$$D.F. \text{ 値} = -1241 \times PV - \frac{0.3825}{MD} + 111.1 \quad \cdots (2)$$

ここで、PV:全細孔容積(cc/g) MD:中央細孔直径(μm)である。

図-3は、式-2より算定した推定D.F.値とコンクリートの実測D.F.値との関係を示したものである。この図より細孔構造特性から予測したD.F.値とコンクリートの実測D.F.値との関係はほぼ一定の範囲に入っており、比重と吸水率の場合よりもさらによい対応関係が得られた。

3) 修正EDF

図-4に金氏の提案したEDF値¹⁾の最小細孔径の値を読み替えた、修正EDF値とコンクリートの実測D.F.値と関係を示す。この図より修正EDF値が40以上の粗骨材はD.F.値が高く、30~35以下になるとD.F.値は急激に低下する傾向にある。このことから、骨材の修正EDF値が40以上であれば、十分耐久的なコンクリートが得られるものと予測される。

4. まとめ

粗骨材の細孔構造特性に着目し、コンクリートの凍害劣化メカニズムについて考察を行った。また、コンクリートの耐凍害性の判定には、従来の指標値単独ではなく、それらを複合させた指標値が有効であることを示した。

[参考文献]

1. 金氏 真、粗骨材の細孔径分布とコンクリートの凍結融解抵抗性との関係 セメント技術年報 33, pp302~305, 1979

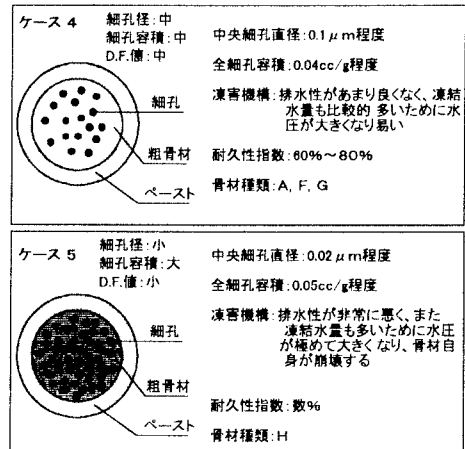


図-1 劣化メカニズム (ケース4~5)

