

V-10

高性能軽量コンクリートの配合に関する一考察

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 ○依田 佐知子

JR 東日本 研究開発センター 正会員 竹市 八重子

1. はじめに

現在、土木構造物は長大化・大断面化の傾向にあり、死荷重を軽減することは構造設計上および経済性において大きく貢献するものと考えられる。その一対策として、軽量コンクリートの適用が挙げられるが、従来、軽量骨材は吸水率が大きくポンプ圧送性に劣っていたことから、大型構造物への適用は困難とされてきた。しかし、近年に低吸水率の軽量骨材が開発され、この骨材を用いた高性能軽量コンクリートの適用拡大が期待されている状況にある。ただし、未だ軽量コンクリートは普通コンクリートと比較して強度特性に劣ること、骨材の吸水率から凍結融解抵抗性が低下することが懸念されている。そこで、本論では3種類の配合の高性能軽量コンクリートについて実施した強度試験、および凍結融解試験から、軽量コンクリートの特性および配合による違いを考察する。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

コンクリートの配合および材料をそれぞれ表1に示す。全てのケースにおいて、粗骨材のみに軽量骨材を用いた第I種軽量コンクリートとし、軽量骨材には24h吸水率3%以下の高性能軽量骨材¹⁾を用いた。目標とする単位容積質量は 1.80t/m^3 、圧縮強度は 40N/mm^2 とした。また、ポンプ圧送性を考慮し、スランプフロー55cmと流動性の高い配合としたため、材料分離抵抗性を確保することを目的としてCASE1では増粘剤を、CASE2,3では石灰石微粉末を使用している。

表1 コンクリートの配合

CASE	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	Gvol (kg/m^3)	単位量 (kg/m^3)					高性能AE減水剤 C×%	増粘剤 W×%	理論単位容積質量 (kg/m^3)
					W	C	S1	S2	G			
CASE1	38.0	6.0	49.7	320	165	435	490	338	394	1.00	0.05	1,827

CASE	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	Gvol (kg/m^3)	単位量 (kg/m^3)					高性能AE減水剤 (C+LS)×%	AE助剤 (C+LS)×%	理論単位容積質量 (kg/m^3)
					W	C	LS	S	G			
CASE2	36.2	5.5	41.7	350	165	456	94	663	427	1.40	0.005程度	1,805
CASE3	38.1	6.5	46.4	320	165	433	94	734	387	1.45	0.004程度	1,813

第I種軽量コンクリートとした場合、細・粗骨材中に占める軽量骨材の割合によって強度特性が変化する。表2に全骨材中に占める軽量骨材の割合を体積比で示した。いずれのケースにおいても単位容積質量の目標値を 1.80t/m^3 と設定しているため、軽量骨材の体積比はほぼ等しく、50～56%程度である。

表2 全骨材中に占める
軽量骨材の割合

CASE	体積比 (%)
CASE 1	50
CASE 2	56
CASE 3	54

表3 実施試験

項 目	試験方法	試験体寸法
圧縮強度	JIS A 1108	$\phi 100 \times 200$
曲げ強度	JIS A 1106	$100 \times 100 \times 400$
引張強度	JIS A 1113	$\phi 100 \times 201$
凍結融解	JSCE-G501	$100 \times 100 \times 400$

2.2 試験方法

実施した試験と、準用した試験方法を表3に示す。コンクリート試料はいずれも屋外で採取し、標準養生を行った。凍結融解試験は、水中凍結水中融解(JSCE-G501A法)により実施し、試験体の打設面の仕上げは金こてによる通常の仕上げを行った。

3. 試験結果および考察

3.1 強度試験結果

各種強度試験結果を表4に示す。表には、圧縮強度に対する曲げ強度および引張強度の比率、下に示す土木学会式に圧縮強度の試験値を代入して求めた曲げ強度および引張強度(計算値①)、さらに試験値と計算値の比を合わせて示した。

$$\text{曲げ強度 } f_{bk} = 0.42(f'_{ck})^{2/3}$$

$$\text{引張強度 } f_{tk} = 0.23(f'_{ck})^{2/3} \quad f'_{ck}: \text{圧縮強度}$$

全てのケースにおいて、圧縮強度 40N/mm² 以上と目標強度を満足した。また、上式により求めた曲げ強度および引張強度の計算値は、試験値とほぼ等しいことから、本配合の高性能軽量コンクリートは土木学会式を満足するといえる。しかし、実強度の圧縮強度に対する強度比率をみると、40N/mm²～60N/mm² の普通コンクリートについて言われている 1/5～1/7 (曲げ強度)、1/10～1/13 (引張強度)²⁾と比較して、小さいことがわかる。軽量骨材量が最も多い CASE2 では、圧縮強度比が曲げ強度は 1/7.3、引張強度は 1/16.7 であり、特に引張強度の低下が他ケースと比べて顕著であった。これは、コンクリートの破壊面が骨材を貫通していることから、普通骨材と比較して骨材強度が劣り、軽量骨材量の多い CASE2 で引張強度の低下が大きかったものと推察される。

3.2 凍結融解試験結果

凍結融解試験の結果を図 1 に示す。CASE1 および CASE3 では 300 サイクル終了時の相対動弾性係数は 80%以上を確保し、土木学会の基準値である 60%以上を満足した。また、図 2 に示すように、300 サイクル終了時の試験体外観も良好な状態であった。しかし、CASE2 では 300 サイクル以前に折れた試験体があった。CASE3 は CASE2 の配合を基本とし、空気量を 1%増やし、軽量骨材量を 30 ㎫/m³ 減らした配合としている。CASE2 の配合で空気量が 7.4%と 5.8%と異なる試験体であっても、両者ともに 300 サイクル以前で折れる結果を生じていることから、CASE2 と CASE3 で異なる結果を生じたのは、空気量の差よりも、軽量骨材量の違いが大きく影響を与えたものと考えられる。軽量骨材量が多い CASE2 では、軽量骨材の吸水により骨材内の水が凍結・膨張する影響を顕著に受け、凍結融解抵抗性が低下したものと考えられる。

4. まとめ

今回行った試験の範囲内ではあるが、得られた知見を以下に示す。

- ① 本配合の軽量コンクリートは、曲げ強度および引張強度は土木学会式を満足する。
- ② 曲げ強度および引張強度の圧縮強度に対する比率は普通コンクリートと比較して若干小さくなると考えられ、軽量骨材量が多いほど引張強度の低下量大きい。
- ③ 軽量骨材量を 320 ㎫/m³ 以下とすることで、土木学会基準による凍結融解抵抗性を確保することができる。

表 4 強度試験結果

		(強度の単位 N/mm ²)		
項	目	圧縮強度	曲げ強度	引張強度
CASE 1	試験値①	54.40	7.20	4.23
	圧縮強度比	—	1/7.7	1/12.5
	計算値②	—	6.03	3.30
	①/②	—	1.19	1.28
CASE 2	試験値①	59.4	8.16	3.60
	圧縮強度比	—	1/7.3	1/16.7
	計算値②	—	6.39	3.50
	①/②	—	1.28	1.03
CASE 3	試験値①	55.2	—	4.10
	圧縮強度比	—	—	1/14.3
	計算値②	—	6.09	3.33
	①/②	—	—	1.23

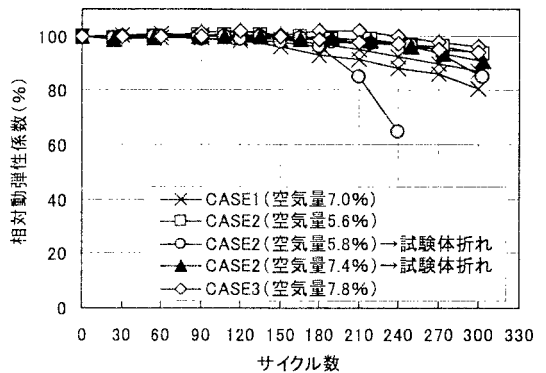


図 1 凍結融解試験結果

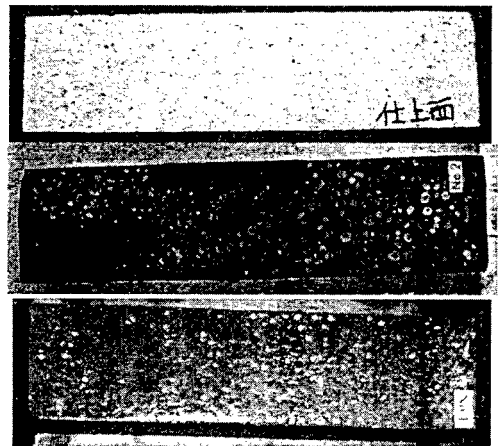


図 2 凍結融解試験結果 (写真)
(上から CASE1,2,3)

¹⁾超軽量コンクリート, 岡本他, コンクリート工学 Vol.36, No.1, pp48-52, 1998

²⁾土木材料コンクリート, 村田・長瀬・菊川, 1983