

プレキャスト PC 床版用軽量 FA コンクリートの基礎的検討

高知高専 学生会員 ○山本大貴 高知高専 正会員 横井克則
高知高専 正会員 近藤拓也 IHI インフラ建設 正会員 小林 崇

1. はじめに

わが国の橋梁の多くは建設後約 50 年を経過しており、耐用年数を迎えた橋梁の大規模な補強や取替えが検討されている。そこで、近年、耐久性の確保や工期短縮に有効なプレキャスト PC 床版が採用されている。また、コンクリート構造物の大型化が進み、床版においても従来に比べ軽量でかつ高強度なコンクリートが求められる。一方で、石炭火力発電所の副産物であるフライアッシュ(以下、FA と称す)は、環境負荷の低減だけでなくコンクリートの高耐久化に繋がることはよく知られている。しかし、FA に含まれる未燃炭素が空気連行性を阻害するなどのデメリットがある。以上を踏まえ、本研究では、低含水状態の人工軽量骨材を用いた軽量コンクリートに混和材として、加熱改質 FA を使用した高強度軽量コンクリートの強度特性および凍結融解抵抗性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

本研究で使用した材料および物性値を表 1 に示す。なお、混和材には強熱減量が 1.0%以下で、その他の性能が FA II 種相当の加熱改質 FA を使用した。また本研究におけるコンクリートの配合表およびフレッシュコンクリート試験の結果を表 2 に示す。実験シリーズ 1 の軽量コンクリート 2 種(以下、軽量 2 種と称す)では W/C を 29~35%に設定し、強度および凍結融解抵抗性について確認した。それによって得られた結果をもとに、実験シリーズ 2 ではベース配合を W/C=36%とし、W/C=33~39%に設定した軽量 2 種の強度および気泡組織を確認した。配合名において N は普通コンクリート(以下、普通コンと称す)、L は軽量コンクリート 1 種(以下、軽量 1 種と称す)、LL は軽量 2 種、F はフライアッシュの使用、数字は水セメント比および FA の使用率を示す。また FA は細骨材置換とするが、その量は早強セメント

と FA の総和(B)に対する割合で、ベース配合とした LLF36 のみ FA/B=10, 15, 20%と変化させ、それ以外の配合は FA/B=10%とした。

2.2 コンクリートの練混ぜと実験方法

コンクリートの練混ぜは、コンクリート強制二軸練りミキサを使用し、セメント、細骨材、FA の順にミキサに入れ、10 秒程度ドライミキシングした後、粗骨材を投入し、その 20 秒後に水、混和剤を投入した。練混ぜ時間は練混ぜ状況を見ながら 90~180 秒とした。

養生方法は保水マット等により材齢 7 日まで湿潤養生、以降は室温 20±2℃、湿度 60±5%の環境下で気中養生を行った。硬化コンクリート試験としては、圧縮強度試験は JIS A 1108、曲げ強度試験は JIS A 1106、凍結融解試験は JIS A 1148、硬化後の気泡組織測定試験は ASTM C457(リニアトラバース法)に準じて行った。

3. 実験結果および考察

表 1 使用材料

種別	材料名:記号	物性など
セメント	早強セメント:C	密度:3.14g/cm ³ , 比表面積:3,830cm ² /g, 強熱減量:2.4%
細骨材	石灰砕砂:S	表乾密度:2.68g/cm ³ , 吸水率:0.79%, FM:2.81
	膨張頁岩系人工軽量細骨材(低含水品):SL	表乾密度:1.60g/cm ³ , 含水率:0%, FM:2.63
粗骨材	石灰砕石:G	表乾密度:2.69g/cm ³ , 吸水率:0.40%, FM:6.70
	膨張頁岩系人工軽量粗骨材(低含水品):GL	表乾密度:1.30~1.33g/cm ³ , 含水率:0.90%, FM:6.43
混和材	フライアッシュ:FA	密度:2.28g/cm ³ , 比表面積:4,150cm ² /g, 強熱減量:0.7%
混和剤	高性能減水剤:SP	ポリカルボン酸エーテル系
	AE助剤:AE	変性アルキルカルボン酸化合物系

表 2 配合表およびフレッシュ性状

実験シリーズ	配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								混和剤(C×%)		スランプ (cm)	空気量 (%)
				W	C	FA	S	SL	G	GL		SP	AE		
1	N40	40	44.0	145	363	0	819	—	1046	—	—	0.50	0.002	8.5	3.5
	NF40		42.5			40	771	—	1047	—	—	0.60	0.005	10.5	4.0
	L35	35	42.7	429	0	759	—	—	—	—	494	0.45	0.006	16.0	6.7
	LF35		40.8			48	702	—	—	—	—	0.53	0.014	10.5	4.8
	LL32	32	41.0	469	0	71	384	—	—	—	500	0.53	0.100	9.5	3.9
	LL35	35	38.8			429	138	329	—	—	540	0.50	0.350	6.5	3.9
	LLF29	29	36.8	523	58	30	340	—	—	—	500	1.15	0.500	8.0	4.5
	LLF32	32	38.8			469	52	65	351	—	500	0.73	0.200	10.5	3.9
	LLF35	35	40.3	425	47	104	353	—	—	—	—	0.63	0.150	10.5	6.5
	LLF33	33	35.9			453	50	91	309	—	—	0.56	0.420	7.0	3.9
2	LLF36	36	37.1	421	47	128	306	—	—	—	540	0.50	0.380	9.5	4.0
	LLF39	39	38.3			386	43	169	302	—	—	0.49	0.370	8.0	4.1
	LLF36-15	36	35.9	421	74	122	—	—	—	—	—	0.80	0.600	5.5	3.7
	LLF36-20		34.5			105	86	291	—	—	—	1.02	1.150	3.0	3.7

キーワード 軽量コンクリート, フライアッシュ, 高強度, 凍結融解抵抗性, プレキャスト PC 床版
連絡先 〒783-8508 高知県南国市物部乙 200-1 高知工業高等専門学校 横井克則研究室 TEL088-864-5502

3.1 強度特性

図 1 に圧縮および曲げ強度試験の結果を示す。シリーズ 1 では同一 W/C において FA を用いることで、圧縮強度は FA 無混入に比べて同等以上となった。これは微粉末の充填効果や早強セメントの C_3S が FA に含まれるポゾランを活性化させたためと考えられる。一方で、シリーズ 2 において FA の使用率が 10% の LLF36、15% の LLF36-15 では FA の使用率の増加に伴い強度増進しているが、FA の使用率を 20% とした LLF36-20 は LLF36、LLF36-15 に比べ圧縮強度が小さくなった。これは、混和剤の添加量の増加の影響やスランプ等の低下による施工性が影響したと考えられる。

曲げ強度はほとんどの場合 FA を用いることで、FA 無混入に比べてわずかに増加する傾向があるが、FA の使用することによる大きな差は確認できなかった。一方で、LLF36-20 は圧縮強度と同様に、LLF36 および LLF36-15 に比べ曲げ強度が低下した。これについても圧縮強度低下の原因と同様であると考えられる。

図 2 に圧縮強度と曲げ強度の関係を示す。一般的な軽量コンクリートの圧縮強度に対する曲げ強度比は $1/6 \sim 1/10$ 程度とされている。しかし、本実験における軽量コンクリートの強度比を確認すると、強度比は軽量 1 種では $1/9 \sim 1/10$ 程度であるが、軽量 2 種では $1/10 \sim 1/12$ 程度となった。これは高強度であること、これに加えて軽量骨材の強度が低く骨材自体が破壊するため、強度レベルによる影響が普通コンに比べて顕著であるためと考えられる。

3.2 凍結融解抵抗性

図 3 に相対動弾性係数の結果を示す。軽量 1 種・2 種、普通コンクリートおよびそれらに FA を使用した全ての配合において、相対動弾性係数は低下することなく $\pm 3\%$ の範囲に収まり、凍結融解抵抗性は十分確保できたといえる。これは FA を使用しても空気量が確保でき、また人工軽量骨材を低含水状態で使用することで凍結作用の影響を緩和したためと考えられる。

表 3 に硬化後の空気量および気泡間隔係数の結果を示す。硬化後の空気量は FA の使用に関わらず 10% 程度となり、FA を使用することによる大きな差は見られなかった。また、一般的にコンクリートの気泡間隔係数は $200 \sim 250 \mu m$ 以下の場合、凍結融解抵抗性が確保できるとされている¹⁾が、本実験結果において気泡間隔係数は FA の使用に関わらず $100 \mu m$ 以下となった。

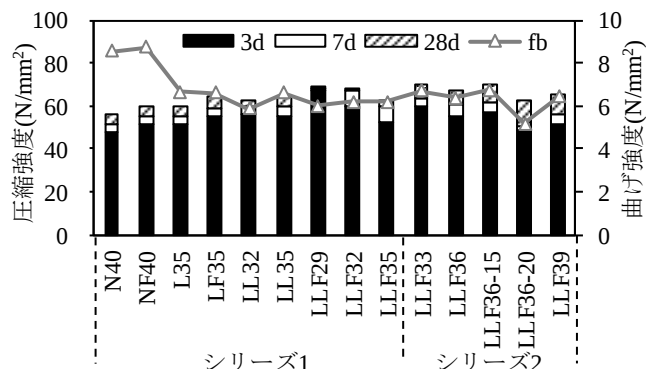


図 1 圧縮・曲げ強度

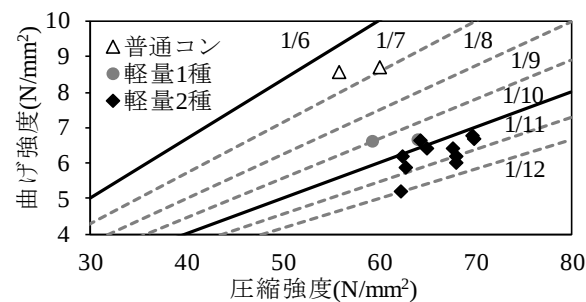


図 2 曲げ強度比

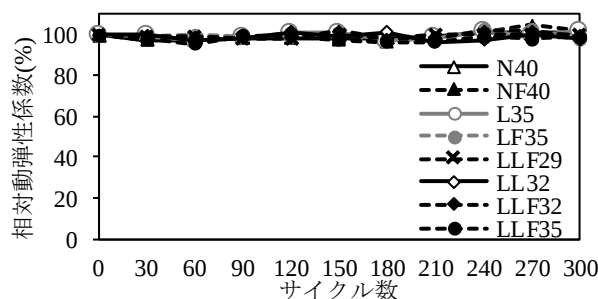


図 3 相対動弾性係数

表 3 コンクリートの気泡組織

配合	硬化前の空気量 (%)	硬化後の空気量 (%)	気泡間隔係数 (μm)
LL35	3.9	10.8	52.6
LLF36	4.0	11.4	78.4
LLF36-15	3.7	11.8	52.8
LLF36-20	3.7	9.7	71.6

4. まとめ

(1) 高強度軽量コンクリートにおいても FA の使用率が 15% までは FA による強度増進が確認できた。

(2) FA として加熱改質 FA を用いることで、空気連行性が阻害されることなく、また、軽量骨材の低含水状態での使用により十分な凍結融解抵抗性が確保された。さらに、FA の使用によるコンクリートの気泡組織への影響は少ない。

参考文献

- 1) 小林正凡：各種 AE 剤ならびに減水剤がコンクリートの諸性質におよぼす影響について、セメント・コンクリート論文集，No.249，1967