

V-1 廃ガラスを用いたコンクリートの圧縮強度特性

近畿大学 学生員 ○田所 優作
高知工業高等専門学校 正会員 横井 克則
東洋電化工業（株） 矢野 順也

1. はじめに

ガラスびんは年間出荷量が約 220 万トンであるのに対して、現在、回収・再資源化されているのはその内の約 40％に過ぎず、残りの約 140 万トンのガラスびんは再資源化されず埋め立て地へと送り込まれているのが現状である。また、分別回収されたガラスびんのうち無色および茶色のものは再びびん原料への再利用が容易であるが、それ以外の色のびんは再利用が困難であり、建設資材などへの有効利用も望まれている¹⁾。そこで本研究では、産業廃棄物の一つである廃ガラスびん（以下廃ガラス）を細骨材の代替として使用したコンクリートの圧縮強度や弾性係数を調査・比較し、コンクリート用材料としての適応性の検討を行う。

2. 実験概要

2.1 実験計画 本研究では、最大粒径 5mm の廃ガラスを細骨材の代替に用いたコンクリートを作製し、圧縮強度、動弾性係数、静弾性係数を調査した。配合は、廃ガラスを混入しない混入率 0％、混入率 5％、混入率 10％の 3通りで、それぞれセメントの種類も変化させた。セメントの種類は、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント B 種およびフライアッシュセメント C 種の 4 種類を使用した。これは、廃ガラスを用いた場合、アルカリ骨材反応発生の可能性が高く、その対策としてアルカリ量の少ないこれらセメントを用いた。また、廃ガラスの粒径の違いによる影響を比較するため、普通セメントと同じシリーズで最大粒径 10mm の廃ガラスを使用したコンクリートも作製した。なお、混入率（容積比）は細骨材の容積に対する廃ガラスの割合とした。本研究で設計した配合表を表-1 に示す。

2.2 使用材料 本研究で使用した材料の特性を表-2 に示す。

2.3 供試体及び試験方法 φ10×20cm の円柱供試体を使い、各層 10 回突きの 2 層詰めにして木づちで側面をたたいた。供試体は翌日脱型し端面仕上げ機で片面を仕上げた後、水中養生(20±3℃)を行った。圧縮強度試験は 2000kN 万能試験機を用いて行った。静弾性係数は 500kN 万能試験機とコンプレッソメータを用いて荷重とひずみを測定し、割線弾性係数として求めた。

2.4 RC はりの曲げ載荷実験 RC はりは幅 10cm、高さ 20cm、長さ 180cm とした。配合は表-1 の⑮⑯の 2 種類とし、それぞれにスターラップ無しと有りのもので合計 4 体の試験体で実験を行った。主鉄筋には D13 を 2 本用い、a/d は 3.53 とした。それぞれの曲げひび割れ発生荷重(P_w)、斜めひび割れ発生荷重(P_s)、降伏荷重(P_y)、終局曲げ荷重(P_u)を測定し、得られた結果（実測値）と予測計算で得られた値（計算値）を比較し、廃ガラスの混入が RC はりに及ぼす影響について検討した。

3. 実験結果および考察

3.1 スランプ値 スランプの結果を表-3 に示す。スランプは、全体的にほぼ近い値になった。このことから、廃

ガラスの混入によるスランプの影響が少ないことが分かる。しかし、最大粒径 10mm の廃ガラスを使用した配合のスランプは、粒径 5mm のものと比較して小さい値を示した。これは、粒径 10mm の廃ガラスが扁平なものを多く含むことに起因

表-1 配合表

配合	セメントの種類	廃ガラス		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材料		
		粒径 (mm)	混入率 (%)					廃ガラス	混和材 F	混和剤 (cc/m ³)
①	普通ポルトランドセメント	0	0	165	300	815	1020	0	—	0.75
②		5	5			774	1020	39		
③		10	10			733	1020	77		
④	高炉セメント	0	0	165	300	810	1014	0	—	0.75
⑤		5	5			769	1014	38		
⑥		10	10			729	1014	77		
⑦	フライアッシュセメントB種	0	0	165	255	807	1014	0	45	0.75
⑧		5	5			768	1014	38		
⑨		10	10			726	1014	77		
⑩	フライアッシュセメントC種	0	0	165	210	802	1006	0	90	0.75
⑪		5	5			762	1006	38		
⑫		10	10			722	1006	76		
⑬	普通ポルトランドセメント	5	5	165	300	774	1020	39	—	0.75
⑭		10	10			733	1020	77		
⑮	フライアッシュセメントB種	0	0	165	255	807	1014	0	45	0.75
⑯		5	5			757	999	37		

表-2 使用材料の特性

材料名	比重	吸水率(%)	最大寸法(mm)
普通ポルトランドセメント	3.16	—	—
高炉セメント	3.04	—	—
フライアッシュ	2.33	—	—
廃ガラス	2.49	0.708	5/10
川砂+海砂	2.62	0.990	—
石灰石	2.69	0.452	20

表-3 スランプ値

配合	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
スランプ (cm)	11.3	11.3	11.8	12.9	13.9	16.6	14.8	14.0	14.2	18.0	18.3	18.4	7.7	10.5

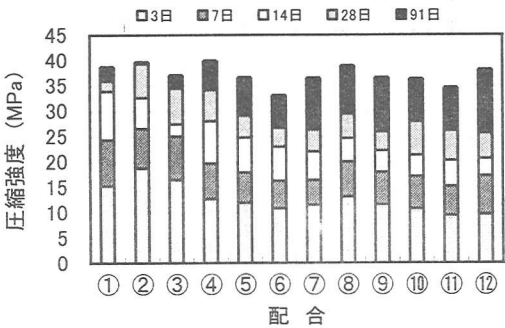


図-1 圧縮強度

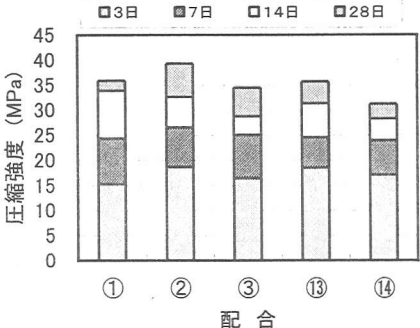


図-2 粒径差による圧縮強度の比較

している。この場合、ワーカビリティが悪化するため、減水剤や高性能AE減水剤などの混和剤の添加量を多くする必要があると思われる。

3.2 圧縮強度 図-1および図-2によると、長期強度にはばらつきがみられた。個々の施工時期や打ち込み時の粗骨材量の違いによる影響と考えられるが、今後の検討課題とする。図-1より、基本的には廃ガラスの混入率の増加に伴い、圧縮強度は低下していることが分かる。特に高炉セメントを使用したコンクリートは、強度低下が著しくなっている。また、図-2より、最大粒径10mmの廃ガラスを使用したコンクリートは、5mmのものと比較して強度が低下する傾向がみられる。これは、10mmの廃ガラスを使用したコンクリートのワーカビリティの低下に起因していると思われる。

3.3 静弾性係数 図-3に材齢91日における静弾性係数の測定結果を示す。静弾性係数はそれぞれの配合において大差はなかった。よって、廃ガラスの混入率が増加しても静弾性係数に大きな影響を及ぼさないことが分かった。

3.4 動弾性係数 図-4に材齢91日における動弾性係数の測定結果を示す。動弾性係数はすべての測定結果が43~47GPaの範囲内にあった。廃ガラスの混入率が増加しても、動弾性係数にほとんど影響しないことが分かる。

3.5 RCはりの破壊荷重 表-4に計算値と実験値の比較を示す。配合⑮の廃ガラスが混入していないはりについては、それぞれの破壊荷重において計算値と実測値に差はみられなかった。配合⑯の廃ガラスが混入しているはりについては、スターラップなしの曲げびり割れ発生荷重(P_{σ})とスターラップありの終局曲げ荷重(P_u)に若干の差が出たが、それ以外の荷重には大きな差はみられなかった。スターラップを有するはりとは、すべての破壊荷重で計算値より実測値が大きな値を示した。

3.6 RCはりのたわみ 図-5に廃ガラスが混入しているはりにおける荷重とたわみの関係を示す。スターラップの有無に関わらず計算値と実測値はほぼ合っている。よって、廃ガラスの混入がRCはりのたわみに影響を及ぼさないことが分かった。

4. まとめ

- (1) 最大粒径5mmの廃ガラスを使用したコンクリートは、混入率の増加に伴いスランプが大きくなることから、ワーカビリティ改善の可能性はある。
- (2) 廃ガラスの混入率が増加するほど、圧縮強度は低下した。また、高炉セメントを使用したコンクリートは、廃ガラスを混入すると、圧縮強度が著しく低下した。最大粒径10mmの廃ガラスは扁平なものを多く含むことから、コンクリートに使用するとワーカビリティの悪化や、廃ガラスとセメントの付着力の低下により、5mmの廃ガラスを使用した場合より圧縮強度は低下した。
- (3) 廃ガラスの混入は、RCはりの破壊荷重やたわみに大きな影響を及ぼさない。

今年度の研究にて、これらコンクリートのアルカリ骨材反応に対する耐久性の調査を行う予定である。

参考文献

1) JCI九州支部：コンクリートにおける産業廃棄物利用研究委員会報告書、JCI九州支部、2000.11 2) 河野清・田澤栄一・門司唱：新しいコンクリート工学、朝倉書店、1996.3 3) 日本材料学会：新建設材料実験、日本材料学会、1993.3

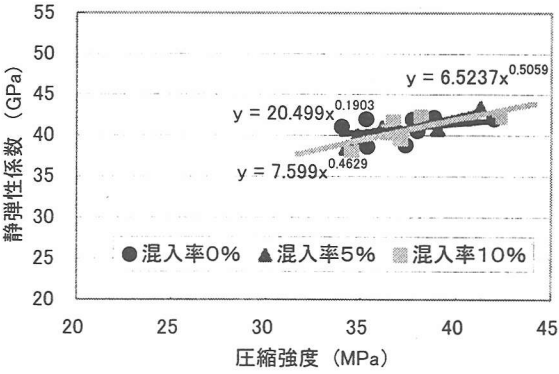


図-3 圧縮強度と静弾性係数の関係

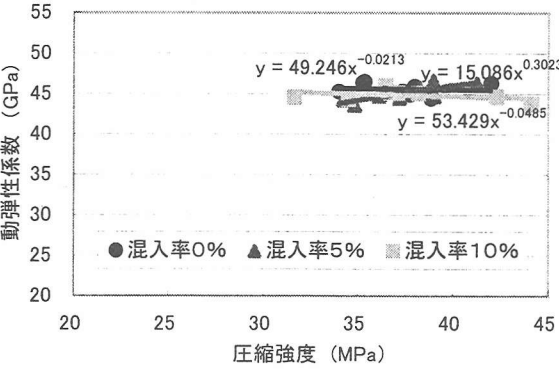


図-4 圧縮強度と動弾性係数の関係

表-4 RCはりの耐力比

配合		計算値(kN)	スターラップなし		スターラップあり	
			実測値(kN)	比	実測値(kN)	比
⑮	P_{σ}	8.6	7.9	0.92	7.8	0.91
	P_{σ}	40.3	42.6	1.06	—	—
	P_y	45.4	—	—	45.0	0.99
	P_u	45.3	—	—	49.1	1.08
⑯	P_{σ}	11.5	9.4	0.81	12.3	1.07
	P_{σ}	46.6	48.7	1.05	—	—
	P_y	45.7	42.1	0.92	47.5	1.04
	P_u	47.7	—	—	55.8	1.17

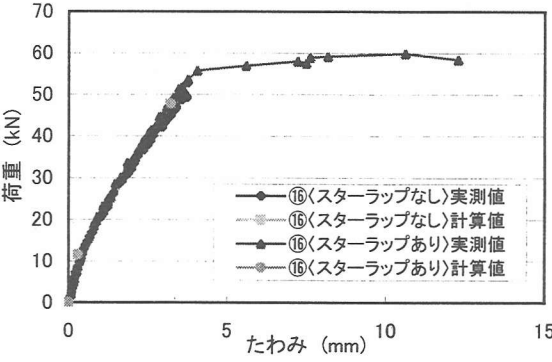


図-5 荷重とたわみの関係