

論文 産業廃棄資源のみからなる現場打ちコンクリートと繊維補強セメントモルタル製永久型枠との複合化

堀井 克章^{*1}・栗田 工^{*2}・多田 孝^{*3}・寺野 伸吾^{*4}

要旨：環境対策，合理化施工，耐久性向上などから注目されているハーフプレキャスト工法に永久型枠工法がある。本研究では，環境負荷の高いセメントや天然骨材を全く使用せず，フライアッシュ，高炉スラグ微粉末，脱硫石こう，高炉スラグ細・粗骨材，再生粗骨材などの廃棄資源だけで製造した現場打ちコンクリートや，経済性や製造し易さに配慮してビニロン繊維，フライアッシュなどを使った永久型枠用セメントモルタルを製造して諸性状を調査するとともに，両者の一体性を評価した。その結果，材料などの選定に配慮すれば，比較的良好な流動性，強度発現性，接着力など得られ，有用な建設技術となることが確かめられた。

キーワード：環境，フライアッシュ，スラグ，脱硫石こう，再生骨材，永久型枠，繊維補強

1. はじめに

コンクリートは，環境負荷の大きいセメントや天然骨材を大量に消費している。このようなコンクリートも，老朽化が進んで多量に解体されており，石炭火力発電所などから出る石炭灰や金属精錬所などから出る各種スラグなどとともに，再資源化技術が求められている。

一方，合板などの使い捨て型枠に代わる永久型枠は，型枠として機能後も撤去せずに構造物の表層に残す工場製品であり，施工の合理化，構造物の高寿命化・多機能化，環境対策などに役立つ建設技術である¹⁾。

本研究は，構造物で重要な表層部に，フライアッシュやビニロン単繊維を用いて価格や作りやすさに配慮したセメントモルタル製永久型枠を配し，その内部にセメントや天然骨材を全く使用しない産業廃棄資源のみからなるコンクリートを現場打ちする複合化工法を開発することを目的とし，実験的な検討を行ったものである。

実験は3つのシリーズからなる。実験Ⅰでは，昨年度までのモルタルに関する研究成果を基に，セメントに替わる結合材としてフライアッシュ，

高炉スラグ微粉末および脱硫石こう，骨材として高炉スラグ細骨材，高炉スラグ粗骨材および再生粗骨材を使用したコンクリートを製造し，その性状を調査した²⁾。実験Ⅱでは，結合材としてセメントとフライアッシュを用い，骨材として砕砂(珪砂)やフェロニッケルスラグ砂および補強材としてビニロン繊維を使用した永久型枠用のモルタルを製造し，その性状や強度促進のために採用した早強セメントや蒸気養生の効果について検討した。実験Ⅲでは，製造した廃棄資源のみからなるコンクリートとモルタル製永久型枠の一体性を接着力で評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本実験で使用した材料を表-1に示す。

実験Ⅰ・Ⅲで採用したコンクリートの配合を表-2に示す。配合名は，水結合材比(%)： $W/(F+B+G)$ －フライアッシュ混入率(%)： $F/(F+B)$ －石こう混入率(%)： $G/(F+B)$ －骨材である。実験Ⅲのコンクリートは，材齢2～3日で脱型可能な状況まで硬化しなかったため，刺激剤とし

*1 阿南工業高等専門学校 建設システム工学科助教授 工博(正会員)

*2 (株)富士ピー・エス 工修(正会員)

*3 阿南工業高等専門学校 技術室技術専門職員

*4 大阪府警察

表－１ 使用材料

実験	種類	諸性状
実験Ⅰ コンクリート	フライアッシュⅡ種：F	密度2.33g/cm ³ 、粉末度3290cm ² /g、SiO ₂ 51.2%、強熱減量1.85%
	高炉スラグ微粉末4000：B	密度2.91g/cm ³ 、粉末度3990cm ² /g、塩基度1.82
	回収石こう：G	二水石こう、密度2.29g/cm ³
	高炉スラグ細骨材：BS	最大寸法5mm、粗粒率3.07、表乾密度2.75g/cm ³ 、吸水率2.34%
	路盤用再生粗骨材：RG	最大寸法20mm、表乾密度2.32g/cm ³ 、吸水率9.52%、400kN破砕値26.6%、200kN破砕値20.2%
	高炉スラグ粗骨材：BG	最大寸法20mm、表乾密度2.42g/cm ³ 、吸水率6.02%、400kN破砕値30.4%、20kN破砕値20.0%
	水：W	密度1.00g/cm ³ 、(阿南市上水道水)
実験Ⅱ・Ⅲ モルタル	フライアッシュⅡ種：F	密度2.36g/cm ³ 、粉末度4080cm ² /g、SiO ₂ 56.3%、強熱減量1.30%
	普通ポルトランドセメント：普	密度3.16g/cm ³ 、粉末度3280cm ² /g、全アルカリ量0.50%、全塩化物イオン量0.007%
	早強ポルトランドセメント：早	密度3.14g/cm ³ 、粉末度4360cm ² /g、全アルカリ量0.48%、全塩化物イオン量0.006%
	5号・6号混合珪砂(質量2:1)：CS	最大寸法2.5mm、粗粒率2.78、表乾密度2.60g/cm ³ 、吸水率0.94%
	フェロニッケルスラグ細骨材：FS	最大寸法2.5mm、粗粒率2.48、表乾密度2.99g/cm ³ 、吸水率0.27%
	ビニロン繊維：V	モノフィラメント、長さ15mm×24mm、直径0.21mm、密度1.30g/cm ³ 、引張強度900MPa、弾性係数30GPa、伸び6%
	AE剤：AE	密度1.04g/cm ³ 、全アルカリ量1.1%、全塩化物イオン量0.01%、高アルキルカルボン酸系イオン・非イオン界面活性剤
実験Ⅲ コンクリート	高性能AE減水剤：HWA	密度1.05g/cm ³ 、全アルカリ量0.9%、全塩化物イオン量0.01%、ポリカルボン酸エーテル系化合物
	水：W	密度1.00g/cm ³ 、(阿南市上水道水)
	フライアッシュⅡ種：F	密度2.36g/cm ³ 、粉末度4080cm ² /g、SiO ₂ 56.3%、強熱減量1.30%、(実験Ⅱと同じ)
	高炉スラグ微粉末4000：B	密度2.91g/cm ³ 、粉末度3940cm ² /g、塩基度1.85、(石こうなし)
	脱硫酸石こう：G	密度2.29g/cm ³ 、(実験Ⅰと同じ)
	高炉スラグ細骨材：BS	最大寸法5mm、粗粒率3.17、表乾密度2.77g/cm ³ 、吸水率1.80%
	コンクリート用再生粗骨材：RG	最大寸法20mm、粗粒率6.22g/cm ³ 、表乾密度2.52g/cm ³ 、吸水率4.72%
	高炉スラグ粗骨材：BG	最大寸法20mm、粗粒率6.22g/cm ³ 、表乾密度2.63g/cm ³ 、吸水率3.51%
	水：W	密度1.00g/cm ³ 、(阿南市上水道水)

て水酸化カルシウムをフライアッシュと高炉スラグ微粉末の総質量に対し2%添加した。

実験Ⅱ・Ⅲで採用したモルタルの配合を表－3に示す。配合名は、セメントーフライアッシュ混入率(%)－骨材－繊維の混入率(容積%)・種類である。この配合は、水結合材比40%と砂結合材比2を一定とした。実験Ⅲの永久型枠用モルタルの配合は、早－33－CS－2混とした。

なお、いずれの実験でも、骨材を気乾状態とし、練混ぜ水に有効吸水量を補正して使用した。

2.2 製造と試験

実験Ⅰ・Ⅲのコンクリートは、一般のパン型強制練りミキサで、水以外の材料を30秒間空練り後、水を投入して2分間攪拌して練り混ぜた。

実験Ⅰのブリーディング試験、圧縮・引張試験および表面色試験に用いる供試体は、各々φ210×180mm 金属容器、φ10×20cm 円柱型枠およびφ90×20mm プラスチック製シャーレにコンクリートを入れ、突き棒、振動台などで締め固めて成形した。成形後、強度試験用供試体は20℃恒温室内で静置させて材齢2日で脱型し、20℃湿潤養生を行った。なお、表面色試験用供試体は脱型せずに20℃湿潤養生を続けた。

実験Ⅰで行ったコンクリートの試験は、スランプ試験(JIS A 1101)、空気量試験(JIS A 1128)、ブリーディング試験(JISA1123)、動弾性係数試験(JIS A 1127)、圧縮強度試験(JIS A 1108)、引張強度試験(JIS A 1113)および表面色試験(JIS Z

8722)で、内部組織の電子顕微鏡観察も行った。

実験Ⅱのモルタルは、オムニミキサで、水以外の材料を30秒間空練り後、水を投入して2分間攪拌し、繊維を手でほぐしながら投入してさらに1分間攪拌して練り混ぜた。

実験Ⅱのブリーディング試験、曲げ試験、強度試験および耐衝撃性試験に用いる供試体は、各々φ50×200mm ブリーディング率測定用ポリエチレン袋、75×15×230mm プラスチック製シャーレ、□40×40×160mm 三連型枠およびφ145×22mm プラスチック製シャーレにモルタルを入れ、突き棒、振動などで締め固めて成形した。成形後、供試体は20℃恒温室内で静置させて材齢1日で脱型し、20℃湿潤養生を行った。また、

表－2 コンクリートの配合

実験	配合名	単位量(kg/m ³)						
		W	F	B	G	BS	RG	BG
Ⅰ	40-50-10RG	210	239	239	48	675	787	0
	50-50-10RG	210	191	191	38	792	784	0
	60-50-10RG	210	159	159	32	898	758	0
	50-25-10RG	210	95	286	38	802	794	0
	50-75-10RG	210	286	95	38	781	774	0
	50-50-05RG	210	200	200	20	793	785	0
	50-50-15RG	210	183	183	55	791	783	0
	40-50-10BG	210	239	239	48	675	0	821
	50-50-10BG	210	191	191	38	792	0	818
	60-50-10BG	210	159	159	32	898	0	790
Ⅲ	45-50-10RG	190	192	192	38	895	813	0
	45-50-10BG	190	192	192	38	895	0	848

表－3 モルタルの配合

配合名	単位量(kg/m ³)							
	W	C	F	CS	FS	V	AE	HWA
普-33-CS-2混	237	394	197	1183	0	26	0.296	2.96
普-33-NS-2混	237	394	197	0	1361	26	0.296	2.96
早-33-CS-2混	236	394	197	1183	0	26	0.295	2.95
早-33-NS-2混	236	394	197	0	1361	26	0.295	2.95
早-00-CS-2混	248	619	0	1183	0	26	0.310	3.10
早-50-CS-2混	231	289	289	1183	0	26	0.289	2.89
早-33-CS-0無	241	402	201	1209	0	0	0.302	0.00
早-33-CS-1混	239	398	199	1196	0	13	0.299	1.49
早-33-CS-1長	239	398	199	1196	0	13	0.299	1.49
早-33-CS-1短	239	398	199	1196	0	13	0.299	1.49
早-33-CS-2長	236	394	197	1183	0	26	0.295	2.95
早-33-CS-2短	236	394	197	1183	0	26	0.295	2.95

蒸気養生は、供試体を型枠ごとポリエチレン袋で密閉し、恒温恒湿槽で行った。その養生条件は、前養生期間が 20℃で 3 時間、昇温期間が 15℃/h で 3 時間、最高温度保持期間が 65℃で 3 時間および降温期間が -5℃/h で 9 時間である。その後、脱型して 20℃水中養生を行った。

モルタルの試験は、フロー試験(JIS R 5201)、空気量試験(JIS A 1128)、ブリーディング試験(JSCE-F 532)、曲げ強度試験(JSCE-G552, JIS R 5201)、圧縮強度試験(JIS R 5201)、耐衝撃性試験(落錘法, 540g 鋼球, 落下高 300mm)である。

実験Ⅲで接着力を求めるための永久型枠を想定した円盤状モルタル供試体は、60×15mmプラスチック製シャーレで成形し、コンクリートと接着する上面に粗粒砕砂(粒径 2.5～5mm)を 3.6kg/m²あるいは細粒砕砂(1.2～2.5mm)を 2.0kg/m²を散布して軽く振動を与えて埋め込み(埋め込んだ深さは粒径のほぼ半分)、所定材齢まで湿潤養生した後に脱型した。現場打ち用の廃棄資源のみからなるコンクリートは、100×300mm断面で打ち込み高さが 450mmとなるように鋼製型枠を組み立て、平均打ち込み高さ 100 および 350mmの位置に円盤状モルタル供試体が位置するようにプラスチック板などを加工し、バイブレータで締め固めて成形した。

永久型枠と現場打ちコンクリートの一体性の評価には建研式の接着力試験を利用した。

3. 実験結果および考察

3.1 廃棄資源のみからなるコンクリート

(1)フレッシュ性状

廃棄資源のみで製造したコンクリートのフレッシュ性状の試験結果を表-4と図-1に示す。

これらの図表より、廃棄資源のみからなるコンクリートは、通常のコンクリートより密度が若干小さく、水結合材比やフライアッシュ混入率の増加および石こう混入率の減少で流動性が増し、フライアッシュ混入率の減少および石こう混入率の増加でブリーディングが減少することなどがわかる。また、高炉スラグ粗骨材より

表-4 コンクリートのフレッシュ性状

配合名	練上がり温度(℃)	単位容積質量(g/cm ³)	スランプ(cm)	空気量(%)
40-50-10RG	14.0	2.20	9.3	1.0
50-50-10RG	13.0	2.21	18.0	0.9
60-50-10RG	13.5	2.22	19.7	0.8
50-25-10RG	13.0	2.22	12.5	0.8
50-75-10RG	13.5	2.18	21.7	0.7
50-50-05RG	13.5	2.21	21.2	0.9
50-50-15RG	13.5	2.20	18.6	0.7
40-50-10BG	14.0	2.23	16.3	1.4
50-50-10BG	14.0	2.24	21.2	1.2
60-50-10BG	14.0	2.25	19.9	1.2

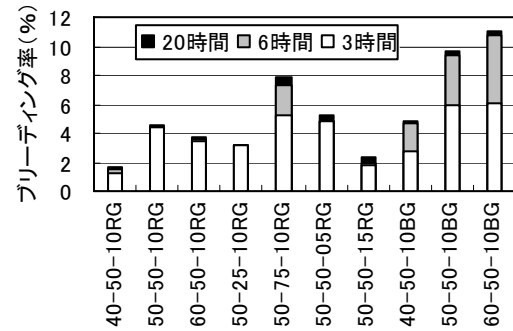


図-1 コンクリートのブリーディング

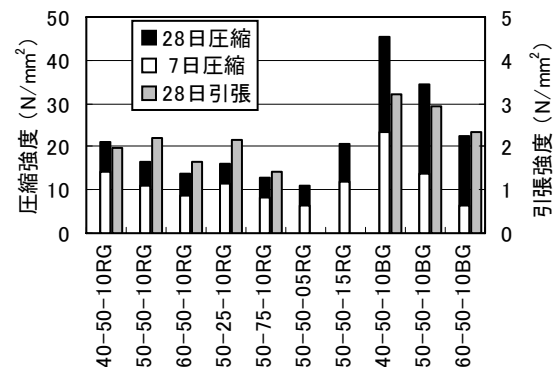
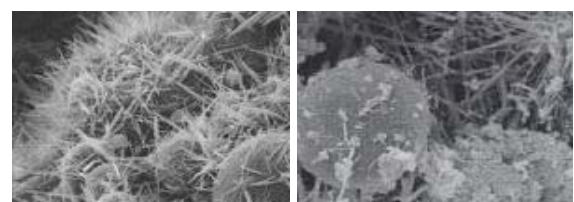


図-2 コンクリートの強度



再生粗骨材使用

高炉スラグ粗骨材使用

写真-1 コンクリート内部のSEM(×2000)

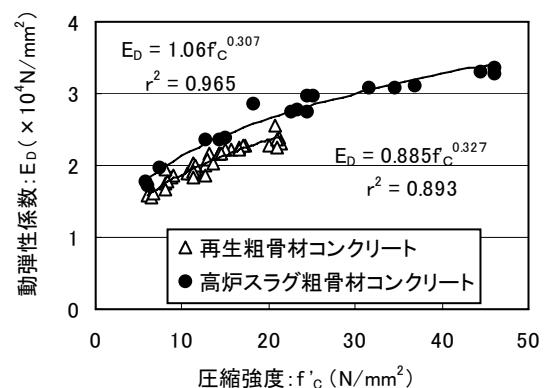


図-3 圧縮強度と動弾性係数との関係

も再生粗骨材を使用したコンクリートの流動性が低く、ブリーディングは少ないこともわかる。これらは、材料の密度、粒度・粒形、反応性などによると思われる。とくに、再生粗骨材は、脆弱で吸水率の高いセメントペースト分を含んでいるために流動性が低くなると考えられる。なお、空気量は、どの配合も1%程度で、AE剤を使わない通常のコンクリートと同等といえる。

(2)硬化性状

圧縮・引張強度試験結果を示した図-2では、廃棄資源のみからなるコンクリートの圧縮強度が、再生粗骨材を使うと全般的に低いが、高炉スラグ粗骨材を使うと比較的高い値となることわかる。この2種のコンクリートは、粗骨材を除いたモルタルの配合が同じで、どちらにも内部組織(空隙部)を撮影した写真-1で針状の反応生成物がみられるため、粗骨材が強度の差異に影響したと思われる。硬い原骨材と脆いペースト分からなる再生粗骨材の破碎値(BS-812)は、表-1に示すように、高炉スラグ粗骨材と比べて400kNでは小さいものの200kNではやや大きく、ペースト分が弱点となってコンクリートの強度発現に影響したものと思われる。なお、圧縮強度と引張強度の比は、いずれの配合でも1/10前後で、通常のコンクリートと同程度かやや大きくなっている。また、コンクリートの圧縮強度と動弾性係数との関係を示した図-3より、圧縮強度と動弾性係数との間には高い相関がみられ、両者の関係を指数式で表すことができるため、廃棄資源のみからなるコンクリートでも、通常のコンクリートと同様に、動弾性係数が非破壊試験に利用可能と思われる。

湿潤状態での表面色試験結果を示した表-5では、フライアッシュ混入率の増加でL*が低下して黒っぽくなり、湿潤養生の継続でL*、a*およびb*が低下して暗い青緑色となることがわかる。これらは、材料の色、フライアッシュや高炉スラグなどによる反応生成物の成長、材料に含まれる硫黄分の影響などによると思われる。このため、廃棄資源のみからなるコンクリート

表-5 コンクリートの表面色

配合名	白黒明度:L*値				赤緑彩度:a*値				黄青彩度:b*値			
	1日	4週	13週	52週	1日	4週	13週	52週	1日	4週	13週	52週
40-50-10RG	43	33	34	33	0	-3	-1	-1	5	1	2	1
50-50-10RG	43	38	38	37	0	-1	-1	-1	5	3	2	1
60-50-10RG	43	35	40	33	0	-3	-1	-3	5	1	1	-2
50-25-10RG	49	34	36	36	-1	-5	-4	-3	4	1	0	0
50-75-10RG	40	37	37	37	1	0	0	0	6	3	3	2
50-50-05RG	42	39	39	40	0	0	0	0	5	3	2	1
50-50-15RG	43	32	36	35	0	-3	-1	-1	5	1	2	1
40-50-10BG	45	29	21	20	0	-4	-4	-3	5	1	-1	-1
50-50-10BG	45	23	19	18	0	-4	-4	-3	5	0	-1	-2
60-50-10BG	45	27	22	18	0	-5	-4	-3	5	0	-1	-2

表-6 モルタルのフレッシュ性状

配合名	練上がり温度(°C)	フロー(mm)	空気量(%)	ブリーディング率(%)
普-33-CS-2混	18.0	175	7.8	0
普-33-NS-2混	18.5	186	9.6	0
早-33-CS-2混	18.0	162	8.9	0
早-33-NS-2混	18.5	179	10.1	0
早-00-CS-2混	17.0	170	4.0	0
早-50-CS-2混	17.0	177	8.5	0
早-33-CS-0無	19.0	176	8.0	0
早-33-CS-1短	18.0	186	8.4	0
早-33-CS-1混	19.0	184	8.9	0
早-33-CS-1長	18.8	182	8.9	0
早-33-CS-2短	16.8	176	8.0	0
早-33-CS-2長	17.8	154	6.1	0

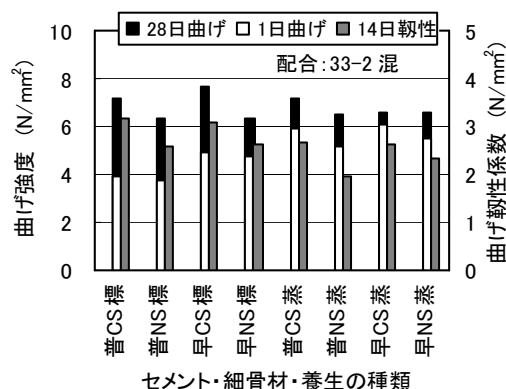


図-4 モルタルの曲げ性状

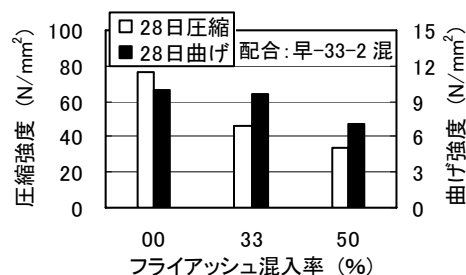


図-5 モルタルの強度

は、通常のコンクリートと異なり、材齢や養生によって色彩が変化するため、強度などと同様に色彩に関する品質管理も必要と思われる。

3.2 永久型枠用繊維補強セメントモルタル

(1)フレッシュ性状

永久型枠用セメントモルタルのフレッシュ性状に関する実験結果を表-6に示す。これより、フライアッシュや繊維を使用したモルタルの流動性は、フェロニッケルスラグ砂の使用やフライアッシュ混入率の増加で高くなり、繊維混入

率の増加で低くなることがわかる。また、同じ繊維混入率でも繊維長が長いと流動性は低くなるが、長い繊維(24mm)と短い繊維(15mm)との等量混合使用で、短い繊維の単独使用に近い流動性となることがわかる。このことから、フライアッシュの使用や長さの異なる繊維の混合使用は流動性の改善に有効といえる。また、どのモルタルでも8%前後の空気量が得られるので使用したフライアッシュコンクリート用 AE 剤は有効であること、ブリーディングがないので材料分離抵抗性は高いことなども認められる。

(2)硬化性状

図-4 にモルタルの曲げ強度と曲げ靱性係数を示す。この図から、早強セメントや蒸気養生の利用で材齢1日での曲げ強度が高くなること、蒸気養生を行ったモルタルは材齢28日になっても標準養生を行ったものと同等の曲げ強度が得られることなどがわかる。これらより、ビニロン繊維やフライアッシュを使用したモルタルでも早強セメントや蒸気養生が強度発現に有効といえる。また、珪砂に比べるとやや劣るが、フェロニッケルスラグ砂を使用しても比較的良好な強度発現性を有しており、薄肉断面の永久型枠製造には、粒子が比較的細かなフェロニッケルスラグ砂の利用価値があるといえる。一方、曲げ靱性係数は、蒸気養生によってやや小さくなることがわかる。これは、モルタル成分の熱膨張による影響などによると考えられる。

モルタルの圧縮強度や曲げ強度をフライアッシュ混入率ごとに示した図-5 より、フライアッシュ混入率の増加で圧縮強度はかなり低下するが、曲げ強度の低下率は小さく、混入率が0%と33%との値は同程度となることがわかる。

図-6 は曲げ試験で得られたモルタルの代表的な応力-たわみの関係である。この図から、モルタルにビニロン繊維を用いると、ひび割れ発生後もすぐに破壊には至らず、繊維混入率の増加でひび割れ発生後の応力低下が小さくなることがわかる。また、モルタルの曲げ強度と曲げ靱性係数を示した図-7 より、繊維混入率が

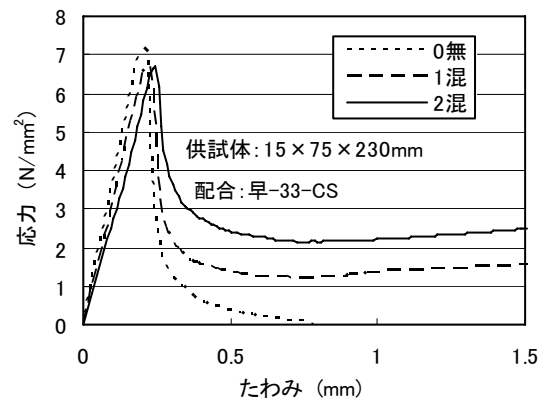


図-6 モルタルの曲げ応力-たわみ関係

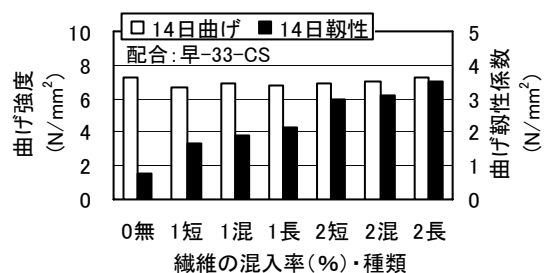


図-7 モルタルの曲げ性状(繊維の影響)

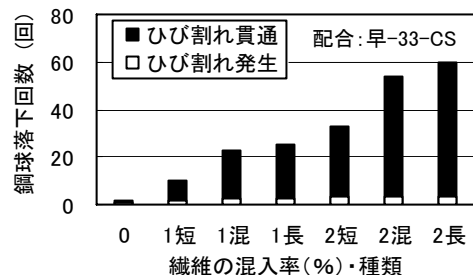


図-8 モルタルの耐衝撃性(繊維の影響)

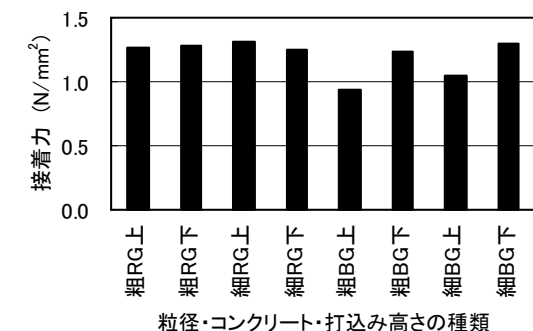


図-9 モルタルとコンクリートの接着性

表-7 コンクリートの性状

配合	スランプ (cm)	ブリー ディング 率(%)	材齢28日 圧縮強度 (N/mm ²)	材齢28日 引張強度 (N/mm ²)
45-50-10RG	7.6	5.49 (20時間)	16.4	1.39
45-50-10BG	12.2	9.20 (20時間)	14.0	1.41

高くなると、靱性係数が大きくなることがわかる。これらは、繊維のひび割れ拘束効果によるといえる。したがって、ビニロン繊維はモルタルの変形性能の改善に有効といえる。しかし、

曲げ強度の改善には繊維の混入効果がみられない。これは、繊維の弾性係数が低いことによると思われる。なお、耐衝撃性を示した図-8からは、長い繊維の耐衝撃性改善効果が高いことがわかるが、長い繊維と短い繊維を混合使用したモルタルは、長い繊維を単独使用したものの値に近く、長さの異なる繊維の混合使用は、流動性と同様に耐衝撃性に対しても有効といえる。

3.3 一体性に関する検討

永久型枠用セメントモルタルと現場打ちコンクリートとの接着力を図-9に示す。また、現場打ちコンクリートとして用いた廃棄資源のみからなるコンクリートの諸性状を表-7に示す。

これらの図表から、再生粗骨材を使ったコンクリートは打込み高さに関係なく引張強度と同等の約 1.3N/mm^2 という接着強度が得られており、砕砂を埋め込む接着面の処理は、永久型枠と現場打ちコンクリートとの一体性の確保に有効といえる。なお、粗粒よりも細粒の砕砂を接着面に埋め込んだものの接着強度がやや高い値を示すのは、後で打ち込むコンクリートとの接触面積が大きくなることによると思われる。

打ち込み高さ位置の影響をみると、再生粗骨材使用の場合、接着強度に違いはほとんどないが、高炉スラグ粗骨材では、打込み高さが平均 100mm の位置よりも上方の平均 350mm の位置で接着強度が小さくなっている。これは、コンクリートのスランプ値やブリーディング率にみられるように、再生粗骨材よりも高炉スラグ粗骨材を使ったコンクリートの流動性が高く、材料分離を生じやすいことによると思われる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に要約する。

- (1) フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、脱硫石こう、高炉スラグ細骨材、高炉スラグ粗骨材、再生粗骨材などの廃棄資源のみからなるコンクリートは、普通コンクリートと同様に製造でき、比較的良好な流動性と強度を有するが、材料によっては強度発現性が悪化する。

- (2) 廃棄資源のみからなるコンクリートは、通常のコンクリートと同様に圧縮強度と動弾性係数との関係を指数式で表せる。
- (3) 廃棄資源のみからなるコンクリートは、使用材料や養生によって色が変わり、湿潤養生を継続すると暗い青緑色となる。
- (4) 永久型枠用セメントモルタルは、ビニロン繊維の混入や長い繊維の使用で流動性は悪化するが、曲げ靱性や耐衝撃性が高まり、フライアッシュの使用や繊維の混合使用で流動性や材料分離抵抗性が改善される。
- (5) 永久型枠用モルタルは、標準養生や普通セメントに比べて蒸気養生や早強セメントの利用で早期強度が高まり、フライアッシュの使用で圧縮強度は低下するが、曲げ強度の低下率は小さく、フェロニッケルスラグ砂の使用でも比較的良好な強度発現性を示す。
- (6) 廃棄資源のみからなる現場打ちコンクリートと接着する永久型枠用セメントモルタル面に砕砂を埋め込むと、コンクリートの引張強度と同程度の接着強度が得られ、良好な一体性が確保される。

5. 謝辞

本研究は、科学研究費補助金（基盤研究C一般 14550875）を使用し、徳島大学、新日鐵高炉セメント(株)、四国電力(株)、セイア(株)、(株)ポゾリス物産、太平工業(株)、住友鉱化(株)、(株)日向精錬所、(株)クラレの各社ならびに阿南工業高等専門学校建設システム工学科の卒業研究生に協力頂きました。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 堀井克章：コンクリート用の高性能埋設型枠について、コンクリートテクノ、Vol.22, No.1, pp.72-76, 2003
- 2) 栗田工、堀井克章、多田孝、寺野伸吾：産業廃棄資源のみで製造したモルタルおよびコンクリートの基礎性状、セメント・コンクリート論文集、No.57, pp.400-405, 2004