

戻りコンクリートの完全リサイクルシステム

回収骨材の有効利用マニュアル-IWAシステム編-より

栗延正成

1. はじめに

大阪兵庫生コンクリート工業組合（以下、大阪兵庫工組）では、平成22年3月に「回収骨材の有効利用検討ワーキンググループ」を立ち上げ活動を行っている。

当ワーキンググループは、戻りコンクリート^注の処理並びに運搬車やプラントミキサーを洗浄した際に回収される骨材を、生コンクリート用骨材として利用することを目的としている。

IWAシステムは、戻りコンクリートに特殊混和材を投入することにより、生コンクリート用代替骨材として再利用することが可能となるため、平成25年から当ワーキンググループで検討することとなった。IWAシステムに関する実験および実験結果のまとめ作業を早急に行い、平成26年3月に回収骨材の有効利用マニュアル-IWAシステム編-を発行するに至った。

IWAシステムは、戻りコンクリートを一般的な洗浄設備により処理する方法とは異なり、直接運搬車に特殊混和材を投入するため、生コン工場で処理した際に発生するスラッジ水、脱水ケーキおよびコンクリート塊などを大幅に抑制することができる。さらに、JIS A 5308、JASS 5およびRC示方書など、各規・基準に抵触しない、捨コンまたはラップルコンなどに代替

骨材として再利用できれば、廃棄物を有価物に変えることが可能である。

マニュアルでは、IWAによる処理方法、IWA骨材を使用したコンクリートの実験結果、配合設計および日常管理などを項目別に記載し、戻りコンクリートの処理からJIS外品など、生コンクリート用代替骨材として有効利用できるようにまとめたものである。今回はマニュアルを抜粋し紹介する。

2. IWA骨材の作製方法

IWAとは、(Improved Water Absorption)の略語で、改善された・水・吸収の意味で、IWA改質とも呼ばれている。IWAシステムは、生コン工場で発生し問題となることが多い戻りコンクリートに、特殊混和材を投入し改質させることにより、路盤材への再利用やJIS外品の生コンクリート用代替骨材として再利用することができる。なお、これらの骨材をIWA骨材と表現する。

IWAシステムは、戻りコンクリートに特殊混和材を投入し高速攪拌すると、摩訶不思議、“生コンが骨材に早変わり”モルタルはいずこへ?となる。チョコ

筆者：(くりのぶ・まさなり)大阪兵庫生コンクリート工業組合
回収骨材の有効利用検討ワーキンググループ主査

注：戻りコンクリートとは、出荷したレディーミクストコンクリートのうち、購入者の事情で不要となったもの又は購入者の要求品質に適合しないもの、荷卸し時に残ったもの、若しくは運搬車のドラムに付着したもので、自工場に持ち帰ったものを対象とする。(JIS A 5308に準拠)



写真-1 B材



写真-2 A材

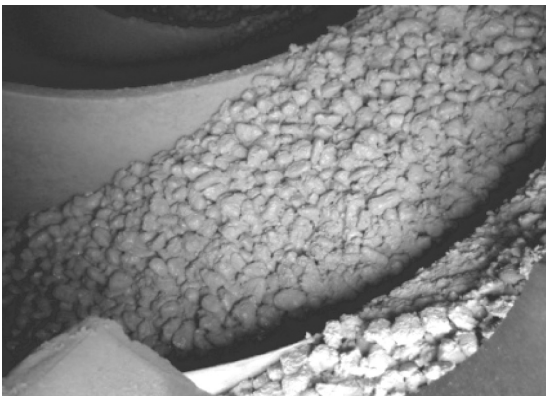


写真-3 攪拌状況



写真-4 10%勾配の状況

ボールに例えるとピーナッツにチョコが巻いてあるように、粗骨材にモルタルが積層している状態で、最大骨材寸法20mmの場合には約25～00mmの粒度分布状態となる。これらの骨材は、野積みまたは薄く広げた状態で翌朝まで放置すると、固結している状態ではあるが固結力が弱く、人力でも解すことができる程度で、重機を用いれば作業効率が上がる。

2.1 改質および解砕方法

(1) 戻りコンクリートの確認

戻りコンクリートの積載量を確認し、読み間違いの無いようにする。

戻りコンクリートのスランプは21cm程度以下で単位容積質量2200kg/m³以上とすることが望ましい。ただし、水セメント比40%程度以下になると、所定の特殊混和材使用量では改質できない場合があるが、洗浄水などで水セメント比が大きくなると改質できることもある。

(2) 特殊混和材の投入方法

特殊混和材（B材およびA材）は、水溶性の袋に入っているためコンクリートに直接投入することができる。また、投入を確実にするため、ミキサドラムを反転しドラム口までコンクリートを戻すことが重要である。

①戻りコンクリートの確認後、1 m³に対し硬化性能を持つB材（写真-1）1 kg×6袋を投入し、ミキサ回転15rpm以上の高速で約3分間攪拌する。（写真-3）

②次に、吸水性能を持つA材（写真-2）を投入し、ミキサ回転15rpm以上の高速で2～4分間攪拌すると水分が無くなり粒状化される。しかし、5分を超える高速攪拌はスランプが復元する場合があるので注意が必要である。

改質作業は10%程度のスロープを利用し、運転席を高い位置に置くことで攪拌性能および改質効果の向上が期待できる。（写真-4）

③適正量の特殊混和材が入っていない（少ない）場合は、粘性の強い状態で排出され粒状化されずに硬



写真-5 排出状況



写真-6 敷き均し状況



写真-7 解砕状況



写真-8 不具合例

化してしまうことがある。また、ドラム内部にモルタルが付着し洗浄作業に時間を要し、次に積み込まれたコンクリートに影響を及ぼす場合がある。

(3) 排出および養生方法 (写真-5, 6)

①排出は高速ではなく、中速もしくは低速で行い、排出する地面はできるだけ乾燥している所を選び薄く敷き均す。ドラムから排出したばかりのIWA骨材は湿潤状態であるため、大きな一つの塊の状態にすると自重により固結しやすい。排出作業は改質時同様10%程度のスロープを利用し、運転席を高い位置に置くことで排出スピードの向上が期待できる。

②排出後はできるだけ雨などかからないような対策を講じる。小雨なら問題ないが、冠水してしまうような雨の場合は別途対策が必要である。

(4) 解砕方法 (写真-7)

解砕は、排出後6~12時間経過すると、パワーショベルまたはペイローダ等で踏み均し、かき混ぜること

が可能となる。ただし、踏み均しまでの時間が24時間を超えると、解砕に時間がかかり硬化してしまう場合がある。また、外気温やセメント量の違いにより解砕の開始時間が若干異なる。(写真-8)

解砕後のIWA骨材は雨などに濡れた場合でも硬化する事はなく、固結してしまった場合でも踏みならせば簡単に崩すことができる。

2.2 原骨材とIWA骨材の比較 (一例)

原骨材とIWA骨材の比較を写真-9に、IWA骨材の断面および仕上がり状況を写真-10にそれぞれ示す。

3. 骨材試験結果

3.1 実験概要

IWA骨材は、戻りコンクリートに特殊混和材を添加し改質する過程で骨材にモルタルが積層することから、戻りコンクリートの配合(呼び強度)の違いが作製したIWA骨材の品質などに与える影響を確認するため、呼び強度の異なる4配合について試験した。

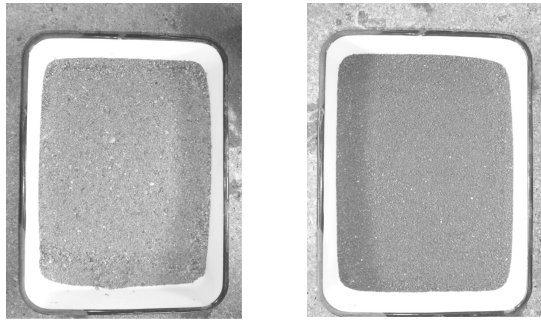
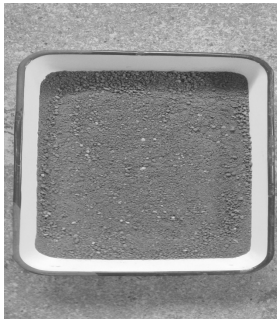

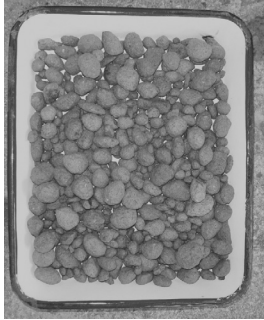
	原骨材（改質前）	IWA骨材（改質後）
細骨材	 <p>海砂 砕砂</p>	 <p>IWA細骨材</p>
粗骨材	 <p>砕石2005</p>	 <p>IWA粗骨材</p>

写真-9 原骨材とIWA骨材の比較

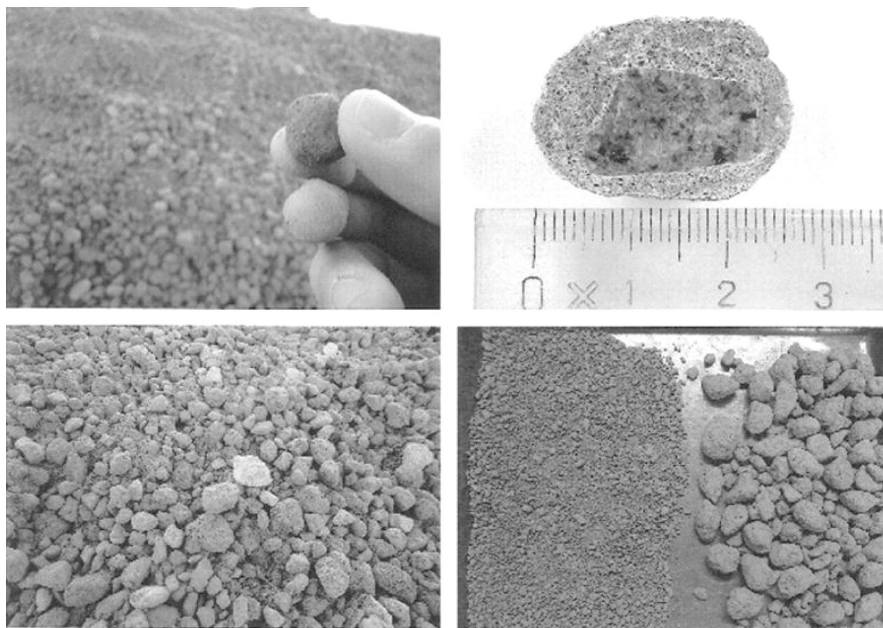


写真-10 IWA骨材の断面および仕上がり状況

また、呼び強度の異なる4配合から作製したIWA骨材を、生コンクリートに使用した場合のフレッシュおよび硬化コンクリートに与える影響についても確認することを目的としている。

ベースとなる4配合は、戻りコンクリートを想定し呼び強度18、21、24および36とした。化学混和剤の種

類は、呼び強度18および21をAE減水剤、呼び強度24および36を高性能AE減水剤とし、スランプは全て18cmとした。

これらの配合を実機プラントにおいてそれぞれ1m³ずつ製造し、運搬車に積み込みフレッシュ試験を実施した。フレッシュ試験の結果が許容範囲内であること

表-1 原骨材試験結果

種類	粒の大きさの範囲 (mm)	微粒分量 (%)	単位容積質量 (kg/ℓ)	実積率 (%)	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	すりへり減量 (%)
砕砂	5以下	4.2	1.62	64.0	2.57	2.53	1.72	—
石灰砕砂		3.2	1.79	67.0	2.69	2.67	0.58	—
碎石1505	15~5	1.0	1.50	57.3	2.64	2.62	0.74	10.8
碎石2010	20~10	0.8	1.51	57.6	2.64	2.62	0.79	8.3

※混合割合 砕砂：石灰砕砂（6：4） 碎石1505：碎石2010（4：6）

表-2 IWA骨材試験結果

記号	呼び強度	粒の大きさの範囲 (mm)	微粒分量 (%)	単位容積質量 (kg/ℓ)	実積率 (%)	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	すりへり減量 (%)
A	18	5以下	1.3	1.28	62.7	2.27	2.04	11.21	—
B	21		1.1	1.24	60.8	2.27	2.04	11.08	—
C	24		1.0	1.33	61.9	2.34	2.15	8.69	—
D	36		1.4	1.30	61.9	2.30	2.10	9.58	—
IWA細骨材平均率			1.2	1.29	61.8	2.30	2.08	10.14	—
A	18	25~5	0.2	1.47	64.8	2.41	2.27	6.04	17.3
B	21		0.1	1.48	64.7	2.41	2.28	5.88	17.5
C	24		0.3	1.43	63.6	2.39	2.25	6.57	19.2
D	36		0.3	1.48	64.9	2.41	2.28	6.06	16.9
IWA粗骨材平均率			0.2	1.47	64.5	2.41	2.27	6.14	17.7

を確認し、2章の手順に従い特殊混和材を添加して改質および解砕作業を行い7日間養生後、IWA骨材は呼び強度別に分類し、さらに細・粗骨材に分級して実験の試料とした。

IWA骨材の品質を確認するため、呼び強度別に分類および分級した細・粗骨材を外部試験機関に搬入し、各種骨材試験を依頼した。また、工場でも一部の骨材試験を実施し、外部試験機関との試験誤差なども確認した。

3.2 原骨材とIWA骨材の試験結果

原骨材の試験結果を表-1に、IWA骨材の試験結果を表-2にそれぞれ示す。

IWA骨材は改質作業の過程で、モルタルが骨材周りに積層し硬化するため、粒度が大きく粒形は丸くなり、原骨材の試験結果とは異なる結果となった。なお、IWA骨材は、呼び強度18, 21, 24および36の4配合で作製し、それぞれIWA骨材A, B, C, Dと表記する。

3.3 BS破砕試験結果

呼び強度の異なる戻りコンクリートにより作製され

たIWA粗骨材の力学的性質の差異の有無を、IWA粗骨材の破砕値により評価することを目的として実験を行った。

表-3に試験結果を、図-1に2回の試験におけるプランジャー沈下量と破砕荷重の関係を示す。表-3には、BS破砕値に加えて、400kN載荷時のプランジャーの沈下量（骨材沈下量と表記）と、文献²⁾による骨材強さ係数を示した。骨材強さ係数とは、骨材強度を表す有効な指標として山崎ら²⁾が提案しているものであり、図-1に示す骨材沈下量-破砕荷重曲線の原点と400kN載荷時の骨材沈下量の1/2の点を結んだ割線と、最大沈下量における応力度軸に平行な直線との交点の応力度（破砕荷重をプランジャーの面積で除した値）で表される値であり、図-2に示す概念図により導出される指標である。

実験の結果から、呼び強度18~36の戻りコンクリートから作製されたIWA粗骨材の破砕値および骨材強さ係数は、戻りコンクリートの呼び強度が小さい場合に破砕値がやや大きくなり、骨材強さ係数がやや小さくなる傾向にあるが、大きな差ではなく、戻りコンク

表-3 BS破碎試験結果

試料		試料質量 (g)	絶乾密度 (g/cm ³)	試料の実積率 (%)	破碎後質量 (g) (2.5mmふるい残留量)	BS破碎値 (%)	骨材沈下量 (mm)	骨材強さ係数 (N/mm ²)
nS18	A-1	2558.8	2.27	60.2	2242.9	12.3	-22.42	16.3
	A-2	2589.7	2.27	60.9	2234.1	13.7	-25.91	14.7
nS21	B-1	2569.0	2.28	60.1	2269.2	11.7	-20.79	17.2
	B-2	2578.6	2.28	60.4	2271.5	11.9	-25.13	13.4
nS24	C-1	2613.7	2.25	62.0	2334.4	10.7	-21.50	19.4
	C-2	2602.4	2.25	61.7	2296.1	11.8	-24.06	15.7
nS36	D-1	2646.9	2.28	61.9	2315.8	12.5	-20.92	18.2
	D-2	2676.7	2.28	62.6	2360.8	11.8	-24.24	14.8
原骨材	N-1	2800.5	2.56	58.4	2502.5	10.6	-20.85	16.7
	N-2	2806.3	2.56	58.5	2466.5	12.1	-26.97	14.7

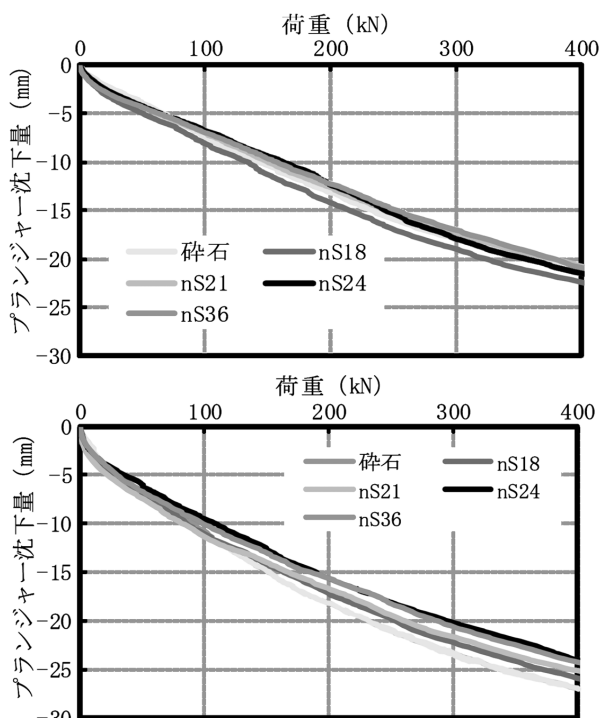


図-1 破碎試験におけるプランジャー沈下量と破碎荷重の関係

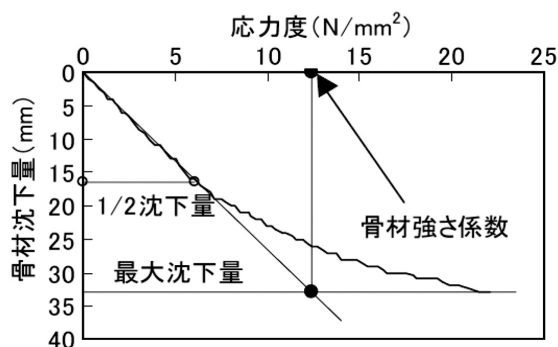


図-2 骨材強さ係数の求め方

実積率, 絶乾密度

大きくなった試験項目…ふるい分け, 吸水率

②粗骨材

小さくなった試験項目…微粒分量, 単位容積質量, 絶乾密度

大きくなった試験項目…実積率, ふるい分け, 吸水率, すりへり減量

同等となった試験項目…BS破碎

※IWA細・粗骨材とも原骨材と試験結果が異なった要因として, 骨材の周りに積層したモルタル部分の影響が試験値に反映されたと推察される。

(3) その他

①工場と外部試験機関の結果はほぼ同等となった。

②IWA骨材全体の試験結果は, 今回使用している原骨材の規格値 (JIS A 5005) を満足する試験結果は得られていないが, 再生骨材L (JIS A 5023) に規定されている微粒分量, 吸水率の規格値は満足する試験結果を得ることができた。

リートの呼び強度に関わらず概ね同等の値であると考えられる。さらに, 比較用に実験した原骨材 (砕石) とほぼ同程度の値であることが分かる。

3.4 まとめ

(1) コンクリートの呼び強度の違いによる差

IWA骨材A, B, C, Dのそれぞれの結果にややばらつきがあるものの, 骨材別の傾向はみられなかった。

(2) 原骨材とIWA骨材との比較

①細骨材

小さくなった試験項目…微粒分量, 単位容積質量,

4. 試し練りの結果

4.1 シリーズ I

(1) 実験概要

試し練りシリーズ I は、コンクリートの骨材としてベース配合（呼び強度18, 21, 24および36）が異なる4種類のIWA骨材を使用し、フレッシュ試験、圧縮強度試験および長さ変化率試験を各々実施し、その試験結果から4種類のIWA骨材の違いによる影響を確認するために行った。試し練りに使用するIWA骨材の物性値は、外部試験機関の試験結果の平均値を採用した。

IWA骨材は低強度域での使用が想定されるため、試し練りの配合を設計水セメント比70%、60%および50%の3水準とし、それぞれ目標スランプを指定スランプ15cmにロス（+1.5cm）を見込み16.5cm、目標空気量を4.5%とした。

IWA骨材の混合割合は、水セメント比ごとに標準配合の単位粗骨材量に対して、混合割合が50%と100%の2種類とし、比較のため原骨材でも同一水セメント比を練混ぜ検討した。

IWA骨材の特徴として、細骨材と粗骨材が混在しているため通常使用している骨材とは異なり、細骨材と粗骨材に区分することができない。そのため、使用するに先立ちふるい分け試験を行い、5mm以下のIWA細骨材の割合を把握し、過小粒補正を行う必要がある。なお、過小粒にあたるIWA細骨材量では単位量が不足するため、細骨材の不足分については原骨材（細骨材）で補うこととした。また、IWA骨材は粒形が良く実積率が大きいいため、標準配合より単位水量を減じることができると仮定し、IWA骨材の混合割合が50%で10kg/m³、100%で15kg/m³、それぞれ単位水量を減じることとした。

IWA細骨材の割合は、ふるい分け試験の結果からIWA骨材の全質量の30%とした。

以上のことを考慮し、試し練りを実施する際の決定事項を①～④に示す。

①IWA骨材の表乾密度、吸水率および実積率など

の配合設計に用いる値は、外部試験機関の試験結果の平均値（4配合分）とした。

②IWA骨材は、予め5mmでふるい、細骨材と粗骨材とに分けて別々に計量した。

③IWA細骨材の割合は、IWA骨材の全質量の30%とし、不足分は原細骨材の普通砕砂を用いた。

④かさ容積は、全ての配合において標準配合の値を採用した。

(2) 室内試し練り結果

IWA骨材は、粒形が良く実積率が大きいいため設計単位水量を減じることができると仮定し、ベース配合と混和剤添加率を同一とし、IWA骨材の混合割合が50%で10kg/m³、100%で15kg/m³単位水量を減じて試し練りを実施した。しかし、スランプが小さい結果となったため、設計単位水量を5kg/m³もどし再度実施したところ同等の結果が得られた。よって、IWA骨材の混合割合が50%の場合は5kg/m³、100%の場合は10kg/m³減じることとした。

室内試し練りの配合条件を表-4に示す。

(3) フレッシュ試験結果

室内試し練りの結果は、すべて目標値を満足する結果となった。

今回の試し練り結果より、IWA骨材の種類および混合割合を変えた場合でも、スランプ、空気量および性状は安定した結果が得られた。また、単位水量は、高周波加熱乾燥法を用いることにより正常な範囲内で測定できた。

骨材修正係数は、IWA骨材Dを100%使用した配合で測定を行い0.3%という結果が得られた。しかし、骨材によるバラツキなど今後検討する必要があると考えられるため、空気量の結果には骨材修正係数を反映していない。

水セメント比70%のIWA骨材を用いた配合については、若干の分離傾向であったため、今後かさ容積または細骨材率の検証が必要であると考えられる。

(4) 圧縮強度試験結果

セメント水比と圧縮強度の関係を図-3に示す。IWA骨材別と圧縮強度の関係は、材齢に関係なくベ-

表-4 配合条件

W/C (%)	IWA割合 (%)	スランブ (cm)	セメント種類	単位水量減少量 (kg/m³)	かさ容積 (ℓ/m³)	IWA細骨材の割合 (%)	IWA骨材記号
70	0	15	N	-	640	0	-
	50			-5	640	30	A・B・C・D
	100			-10	640	30	A・B・C・D
60	0			-	640	0	-
	50			-5	640	30	A・B・C・D
	100			-10	640	30	A・B・C・D
50	0			-	640	0	-
	50			-5	640	30	A・B・C・D
	100			-10	640	30	A・B・C・D

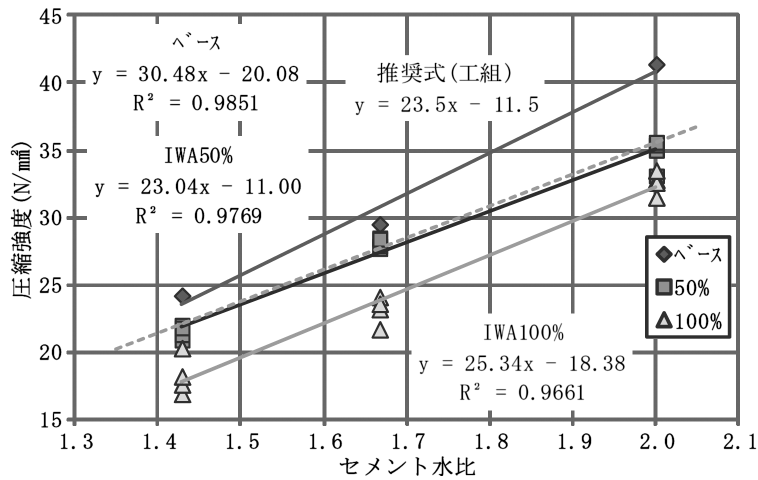


図-3 セメント水比と圧縮強度の関係 (材齢28日)

スコンクリートが最も高い結果となり、IWA骨材の混合割合が大きいものほど低くなる傾向がみられた。圧縮強度の低下率は、IWA骨材の混合割合50%で4.7%~15.9%、100%で21.3%~24.4%となった。

IWA骨材別の圧縮強度は、全ての水準で標準偏差が小さいことから、IWA骨材を作製したコンクリートの呼び強度の影響は小さいと考えられる。よって、すべてのIWA骨材を混合しても問題ないと判断した。セメント水比と圧縮強度の関係は、図-3で示したように、IWA骨材の実験回帰式（混合割合が50%の場合）が大阪兵庫工組推奨式と同等になった。なお、混合割合が100%の場合は推奨式より下側に推移する結果であった。よって、IWA骨材を使用し配合設計を行う場合には、混合割合ごとに圧縮強度の低下率などを考慮し、一回帰式を設定することが望ましい。

4.2 シリーズII

(1) 実験概要

試し練りシリーズIIでは、シリーズIのフレッシュ試験の結果から、水セメント比70%および60%の性状が芳しくなかったため改善が必要と判断し、水セメント比60%でスランブ15cmを代表配合とし、良好な性状が得られる最適なかさ容積の検討を行った。

かさ容積決定後に、同一水セメント比でスランブを12cm、18cmおよび21cmと変化させ、性状および圧縮強度の確認を行った。あわせて、IWA細骨材の割合を増減させ、IWA細骨材が圧縮強度に及ぼす影響についても検証を行った。

その他の試験として、IWA骨材使用によるアルカリシリカ反応性を確認するため、配合をアルカリ量が最大となる水セメント比50%、スランブ21cmで、使用するIWA骨材はD（ベース配合:呼び強度36）とし、生コンクリートのアルカリシリカ反応性早期判定試験（生コンGBRC促進法）を実施した。

長さ変化試験は、15cm配合でかさ容積が最適なもの

表-5 配合条件

W/C (%)	IWA割合 (%)	スランプ (cm)	セメント種類	単位水量減少量 (kg/m ³)	かさ容積 (ℓ/m ³)	IWA細骨材の割合 (%)	IWA骨材記号	
60	0	15	N	-	640	0	-	
	100			-10	640	30	E	
	100			-10	610	30	E	
	100			-10	580	30	E	
	100			-10	610	0	E	
	100			-10	610	15	E	
	100			-10	610	40	E	
	100			12	-10	620	30	E
	100			18	-10	580	30	E
	100			21	-10	530	30	E
50	100	21	-	-10	530	30	D	

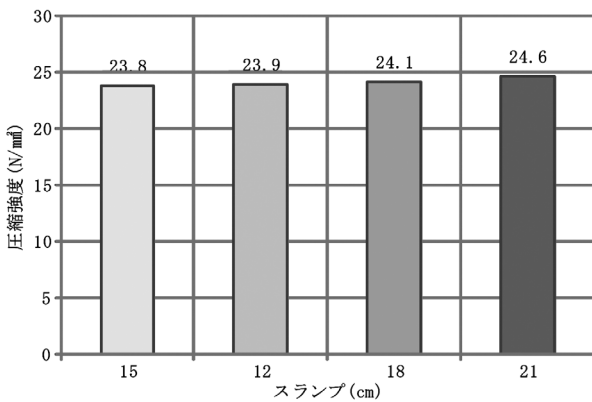


図-4 目標スランプと圧縮強度の関係 (材齢28日)

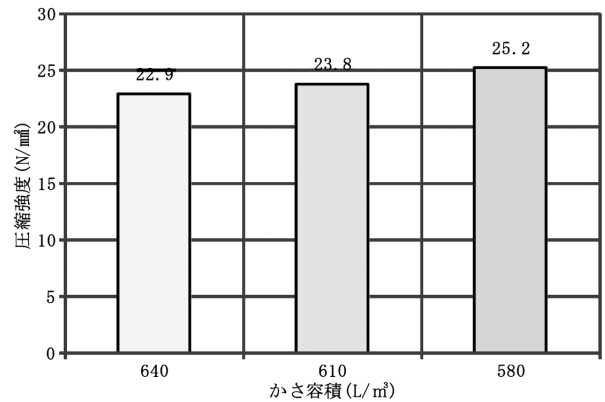


図-5 かさ容積と圧縮強度の関係 (材齢28日)

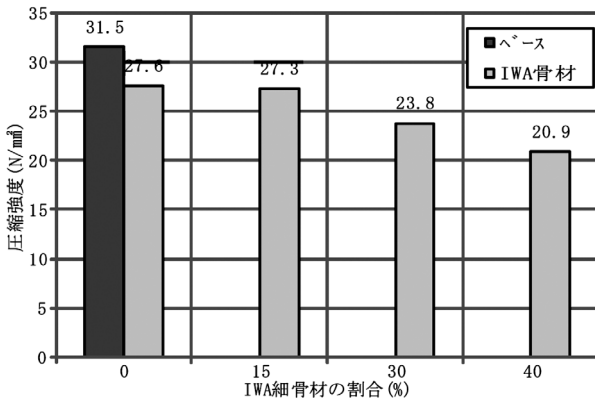


図-6 IWA細骨材の割合と圧縮強度の関係 (材齢28日)

で実施した。

室内試練りの配合条件を表-5に示す。

シリーズIIの使用材料はシリーズIと同一である。ただし、IWA骨材A・B・C・Dの4種類は、フレッシュ試験の結果および圧縮強度発現性が同等と判断できるため、IWA骨材A・B・C・Dを均等に混合したものをIWA骨材Eとし用いた。

(2) フレッシュ試験結果

試練り結果は、すべて目標値を満足する結果となった。

シリーズIIにおいて、IWA骨材を使用した場合の再現性を確認するために、配合、混和剤の添加率およびAE助剤の量をシリーズIと同一にし、試練りを実施した。その結果、スランプおよび空気量ともほぼ同じ結果が得られた。よって、シリーズIIはシリーズIと差がないことから、IWA骨材を使用した場合でも再現性があると考えられる。

かさ容積については、現状の標準配合より一律30ℓ/m³減ることにより、良好な性状が得られた。目標スランプ別に関しても、すべて満足する結果となった。

(3) 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験の結果を、図-4～図-6に示す。

目標スランプと圧縮強度の関係は、圧縮強度に差がなく標準偏差も0.36N/mm²と小さいことから、スラン

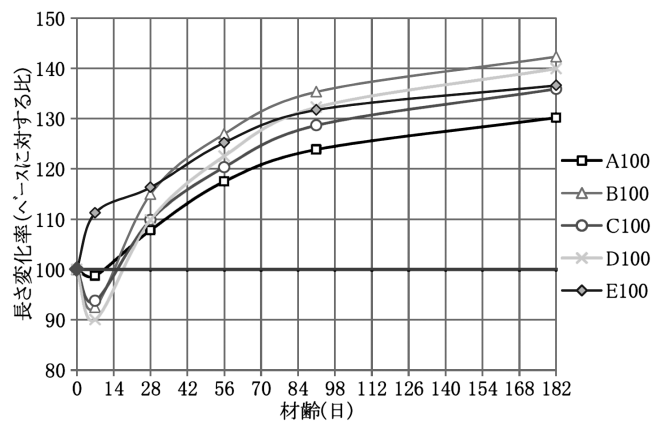
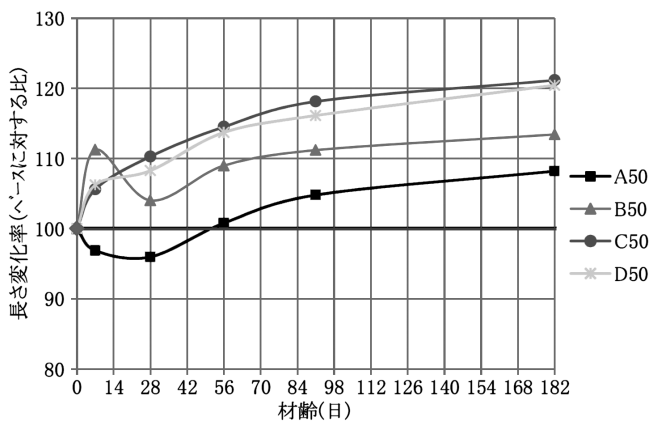


図-7 長さ変化率試験結果

ブによる影響はないといえる。

かさ容積と圧縮強度の関係は、かさ容積が小さくなるにつれ圧縮強度は高くなる傾向を示した。圧縮強度に差が生じた要因として、図-6で示しているように、IWA細骨材の割合が大きいほど圧縮強度の低下が顕著であり、今回の最大混合割合40%ではベースと比べ約34%の圧縮強度の低下がみられた。これは、かさ容積が増加することで骨材中に含まれるIWA細骨材の量が増加し、圧縮強度の低下が生じたものと考えられる。

よって、圧縮強度は目標スランプによる差は見られないものの、IWA細骨材の割合が大きくなるに伴い低下することから、配合設計時には、IWA骨材の混合割合だけでなく作製されるIWA細骨材の割合の把握が必要不可欠である。また、IWA細骨材の割合の変動が大きい場合には、混合割合を大きく見込み、圧縮強度の低下率を大きく設定するなどの考慮が必要である。

(4) アルカリシリカ反応性試験結果

アルカリシリカ反応性試験は、生コンクリートのアルカリシリカ反応性早期判定試験（生コンGBRC促進法）により実施した。

IWA骨材はアルカリシリカ反応性なし（無害）となった。よって、IWA骨材のアルカリシリカ反応性は、原骨材で無害と判定されているものであれば問題ないと推察される。

4.3 乾燥収縮率の検証

試し練りシリーズ I および II の長さ変化率試験結果

を、図-7に示す。なお、長さ変化率（収縮 $\times 10^{-6}$ ）は、ベース配合の結果を100とし、それに対しての比で表わす。

IWA骨材を使用した場合の長さ変化率は、ベース配合に対して混合割合50%で約20%、100%で約40%大きくなる結果となった。

長さ変化率が大きくなる要因として、骨材に積層しているモルタルが水分を保有することで吸水率が大きく、かつ、そのモルタルが緻密でないことにより水分が逸散しやすい状態であることが窺える。そのため、材齢に伴いベース配合より長さ変化率が大きくなったと推察される。しかしながら、IWA骨材の吸水率が大きいことで保有する水分が多くなり、弱材齢時には長さ変化率が小さくなることも確認できた。

なお、実施工されたコンクリートを調べたところ、長さ変化に起因するひび割れは、減少もしくは軽減している。その要因として、悪影響を及ぼしていると考えられた骨材に積層しているモルタルが、雨などを受ける暴露状態では逆に水分を吸収し、長期にわたり水分を保有することで乾燥に伴う収縮を軽減していると推察される。

よって、長さ変化率に関しては、JIS A 1129の結果だけではなく、実施工されたものも含め、今後検討していく必要がある。

IWA骨材を用いて実際に施工されたコンクリートの施工中の状況を写真-11に、1年半後の状況を写真-12にそれぞれ示す。



写真-11 施工中の状況



写真-12 1年半後の状況

4.4 まとめ

(1) フレッシュ試験結果

- ①単位水量は、IWA骨材の混合割合50%で $5 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、100%で $10 \text{ kg}/\text{m}^3$ 減じることができた。
- ②かさ容積については、標準配合より一律 $30 \text{ l}/\text{m}^3$ 減じることにより、良好な性状が得られた。
- ③IWA骨材の種類および混合割合を変えても、スランプ、空気量および性状は安定していた。
- ④空気量の測定を行う場合には、事前にIWA骨材の骨材修正係数を把握する必要がある。
- ⑤単位水量は、高周波加熱乾燥法により測定できた。

(2) 圧縮強度に影響を及ぼす因子

- ①圧縮強度に最も影響を及ぼすのは、水セメント比である。
- ②IWA骨材を作製したコンクリートの呼び強度による影響は小さい。
- ③IWA骨材の混合割合が増えるほど、圧縮強度は低下した。圧縮強度低下率は、混合割合50%で最大15.9%、100%で最大24.4%であった。
- ④かさ容積が大きくなるほど、圧縮強度は低下した。
- ⑤IWA細骨材の割合が大きくなるほど、圧縮強度は著しく低下した。

(3) その他

- ①アルカリシリカ反応性は、反応性なし（無害）であった。
- ②長さ変化試験は、ベース配合に対して混合割合が50%で約20%、100%で約40%大きい試験結果となった。

よって、IWA骨材を使用する場合の配合設計は、室内試し練りを実施し、単位水量の減少量および適正なかさ容積を決定する必要がある。あわせて、混合割合によって圧縮強度が低下するため、採用式となる一次回帰式は混合割合ごとに設定する必要がある。

長さ変化率に関しては、実施工されたコンクリートでは軽減されているため、JIS A 1129の結果だけではなく、実施工されたものも含め今後検討していく必要がある。

5. 配合設計および日常管理

IWA骨材をコンクリート用骨材の代替品として使用した場合の圧縮強度は、IWA骨材の混合割合の増加に伴い低下の傾向にある。

ここでは、実験結果を基にセメント水比と圧縮強度の関係および日常管理の留意点をまとめた。ただし、あくまでも参考としていただき、各工場の実態に合わせることを望ましい。

5.1 配合設計

(1) セメント水比と圧縮強度の関係

今回の実験で得られたセメント水比と圧縮強度の関係を図-8に示す。また、呼び強度と水セメント比の一覧を表-6に示す。

シリーズIの実験結果を基に、IWA骨材を100%置換した配合での水セメント比を算出している。

図-8のセメント水比1.667 (W/C60%) にプロットされた強度結果の値が実験式より9.95%下側にあるため、切片と勾配に一律10%安全側の補正を行い採用

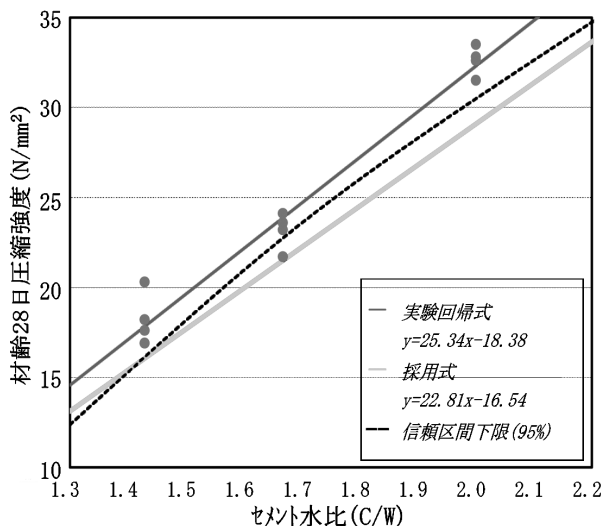


図-8 セメント水比と圧縮強度の関係

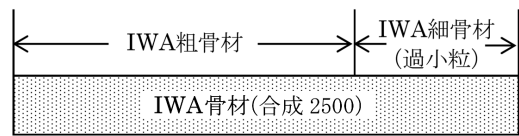


図-9 IWA骨材

表-6 呼び強度と水セメント比の一覧表

呼び強度 (SL)	変動係数 (V)	割増係数 (a)	配合強度 (m)	水セメント比 (W/C)
13.5	12	1.328	17.928	66
15	12		19.920	62
16	12		21.248	60
18	11	1.269	22.842	57
21	10	1.214	25.494	54
24 ^{注)}	10		29.136	49
27 ^{注)}	10		32.778	46

関係式 $_{28}F = 22.81C/W - 16.54$

注) 参考値

式とした。さらに、大阪兵庫工組で推奨している変動係数 (V) を採用し、呼び強度と水セメント比を算出した。なお、実験ではセメント水比2.0 (W/C 50%) までの実施となっているため、呼び強度24および27については参考値とする。

(2) 単位水量

IWA骨材は、戻りコンクリートに特殊混和材を添加し改質する過程で、モルタル部分が骨材に積層し硬化するため、粒状となりやすく実積率が大きくなる。そのため同一スランプを得るための単位水量は減少傾向にある。今回の実験でも、IWA骨材の混合割合が50%で 5 kg/m^3 および100%の場合では 10 kg/m^3 を通常配合より減じることで目標スランプが得られた。なお、本実験のように碎石および砕砂を使用している場合には単位水量の減少量が大きくなると考えられる。

(3) 単位骨材量

IWA骨材の粒度は、改質の過程で原骨材よりも少

し大きくなり、最大寸法20mmの碎石では合成2500程度の粒度分布となる。これらの骨材を、細・粗骨材に分類して使用することは現実的ではないため、合成2500の状態で使用することになる。

図-9に示すように、IWA骨材は合成2500のうち細骨材にあたる過小粒 (5mm以下) の割合が30%程度と多く含まれている。また、サンプリングにより分類した細・粗骨材の密度にも違いがあることから、配合補正は容積で行うことが望ましい。従って、あらかじめIWA骨材は試験によって過小粒の割合を把握し、分類したIWA細・粗骨材それぞれについて密度・吸水率およびIWA粗骨材は実積率を把握しておく必要がある。

①単位粗骨材量

本実験では、かさ容積によって単位粗骨材量を求めている。シリーズIの実験では、IWA骨材の混合割合にかかわらず、かさ容積を一定としたため、コンク

リートの性状はIWA骨材の混合割合の増加に伴い粗骨材が目立つ結果となった。そのため、シリーズIIの実験では、かさ容積を小さく修正し試し練りを行った結果、通常配合より 30 l/m^3 減じたコンクリートの性状が良好となり、IWA骨材を使用した場合は、かさ容積の修正が必要と考えられる。

IWA骨材には過小粒が30%程度含まれているため、単位粗骨材量に過小粒を補正し全IWA骨材量を求める必要がある。

② 単位細骨材量

単位細骨材量は、既に全IWA骨材に過小粒としてIWA細骨材が含まれているため、全細骨材量から過小粒として含まれるIWA細骨材量を差し引き、不足は通常使用する細骨材などを使用し、合わせて単位細骨材量とする。

なお、細骨材率で配合設計する場合も、まずは単位粗骨材量を求める必要がある。

(4) 化学混和剤

化学混和剤は、目的、用途および単位セメント量を考慮し、AE減水剤の使用が望ましい。また、目標空気量は普通コンクリートと同様に4.5%とする。

(5) 骨材修正係数

コンクリートの空気量測定は、一般的なコンクリート用骨材を用いた場合は、試験によって確認し骨材修正係数を省略することができるが、軽量骨材などの吸水率が大きい骨材の場合には、補正することになる。IWA骨材も吸水率が大きくなるため骨材修正係数を把握し補正することが望ましい。

5.2 日常管理の留意事項

- ① IWA骨材は、解砕しても固結している場合があるため、プラント貯蔵ビンへの輸送時にふるい網などによって塊を取り除く。
- ② IWA骨材は、プラント貯蔵ビン内においても固結する場合があり、貯蔵ビン内における長期保存には適さない。貯蔵は必要量にとどめ、出荷ごとの投入・排出が望ましい。
- ③ ポンプ打設時は、ポンプホッパーに別途ふるい網などを設置し、閉塞を起こさないよう水際の対策

を講じることが望ましい。

- ④ IWA骨材は、吸水率が大きいため使用前に散水を行う。
- ⑤ IWA骨材は、解砕後に7日以上養生することが望ましい。

6. 今後に向けて

IWA骨材を利用した生コンクリートの出荷は、全国の一部の工場で行われている。大阪兵庫工組でも実験に取り組み、マニュアルを発行するに至り出荷に対応できる基礎データは十分である。

そこで、マニュアルを活用し実打設の計画を行い、フレッシュコンクリートの経時変化や施工性についての性状確認および硬化コンクリートの評価も合わせて行うこととし、当エリアの施工現場で協力してもらえることとなった。

IWA骨材を使用したコンクリートはJIS規格に適合しないため、施工者および監理者の承諾のもと、捨てコンクリートに適用し、低強度領域でもポンプ圧送性および施工性を考慮した調合を選定するための試し練りを実施した。

調合はポンプ圧送を考慮し、かさ容積はマニュアルからさらに 30 l/m^3 に減じ、採用した調合は16-18-25N AE減水剤とした。なお、採用式は、試し練りの結果、マニュアルで示している関係式が妥当性を有していることから、マニュアルの採用式を用いることとした。

納入回数は6回で合計約 500 m^3 となり、空気量の低下が大きくなる傾向を示したが、ポンプ圧送性は粗骨材の粒径が丸いため良好であった。

現在、当ワーキンググループでは、工程検査および製品管理について 50 m^3 に1回の頻度で試験を実施しデータをまとめているところである。今後もIWAシステムを有効に活用できるように、実証実験を継続していく考えである。

IWAシステムは、戻りコンクリートの全てを骨材に換えることができ、IWA骨材をコンクリート用代替骨材として有効活用すると、戻りコンクリートの処

理費用の軽減や、環境面においてもやさしく、今後の進展に期待したい。

最後に、マニュアルの作成および実験にご協力いただいた(有)長岡生コンクリート、IWA共同開発プロジェクトチーム、関係者各位、並びにワーキンググループメンバーの方々に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) British Standards Institution ; “Methods for sampling and testing of mineral aggregates sand & fillers” (B.S.812 : 1960), pp.57-59
- 2) 山崎順二・二村誠二：骨材性能評価システムによる再生骨材コンクリートの力学特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.23, No.1, pp253-258, 2001

9 カ月連続のマイナス ～2015年6月の全国生コン出荷～ (全生連調べ)

1. 概況

全生連がまとめた2015年6月の生コン出荷実績は、組合員655.2万 m^3 (前年同月比97.1%)，非組合員98.8万 m^3 (同98.1%)，合計753.9万 m^3 (同97.3%) だった。総出荷量は9ヵ月連続のマイナスとなり，官公需が316.3万 m^3 (同96.9%，構成比42.0%)，民需は437.7万 m^3 (同97.5%，同58.0%)。官公需，民需とも9ヵ月連続で減少した。

2. 都道府県別の出荷状況

6月の都道府県別（非組合員出荷分含む）の出荷状況は，前年同月比プラスが14工組（前月8），マイナスが32工組（同38）だった。前年実績に比べ10%以上増加したところ青森，群馬，福島，岐阜，千葉，岩手，高知の7工組。一方，10%以上落ち込んだのは北海道，栃木，山梨，広島，佐賀，岡山，山形，愛媛，滋賀，

大分，京都，熊本，長野，宮崎，徳島，奈良，鹿児島
の17工組。

3. 都道府県別の需要動向

2，3ヵ月先の需要動向について，各工業組合では次のように想定している。

〔増加する〕 0 (前月0)

なし

〔やや増加〕 3 (同3)

宮城，栃木，愛知

〔前年並み〕 11 (同12)

岩手，福島，埼玉，千葉，東京，神奈川，群馬，新潟，岐阜，宮崎，沖縄

〔やや減少〕 19 (同17)

北海道，茨城，山梨，富山，石川，福井，静岡，三重，奈良，大阪兵庫，和歌山，山口，島根，鳥取，徳島，愛媛，高知，佐賀，熊本

〔減少〕 13 (同14)

青森，秋田，山形，長野，滋賀，京都，岡山，広島，香川，福岡，長崎，大分，鹿児島