

# リ・バースコンクリートの開発

## ー解体コンクリートを全量使用した現場再生コンクリートー

廣中哲也\* 東 邦和\* 松田敦夫\*

### 1. まえがき

国土交通省の調査による 2000 年のコンクリート解体材の排出量は 3500 万トンで、そのうちの 98 %は再資源化されている<sup>1)</sup>。その大半は道路用の路盤材として使用されているが、2030 年の排出量は 1 億 7000 万トンと 4 倍以上になるのに対し<sup>2)</sup>、道路用路盤材の需要は漸減すると予想されている<sup>3)</sup>。一方では、建設リサイクル法およびグリーン購入法の施行により、特定建設資材（コンクリート、木材、アスファルト・コンクリート等）の分別解体と再資源化の義務づけ、公共工事における環境負荷低減に資する物品等の調達への推進が図られ始めている。

そこで、解体コンクリートのリサイクル性の向上と環境負荷低減を目的に「解体コンクリートを現場内で骨材に 100 %リサイクルする現場再生コンクリート（以下、リ・バースコンクリート:Re-birth Concrete と称す）」を開発した。

本報告では、リ・バースコンクリートの工法概要、品質および適用例を紹介する。

### 2. リ・バースコンクリートの工法概要

#### 2.1 リ・バースコンクリートの開発コンセプト

図-1 に通常の再生コンクリートとリ・バースコンクリートの製造プロセスを示す。通常の再生コンクリートは、解体コンクリートを発生した現場から再生骨材処理工場に運搬して破碎、ふるい分けにより再生骨材を製造する。この再生骨材を生コン工場に運搬して再生コンクリートを製造し、使用する現場に運搬する必要がある。なお、通常の再生骨材のリサイクル率は、粗骨材のみの場合で 40~50 %、細骨材と粗骨材で 80 %程度であり、残りは廃棄処理されている。

これに対して、リ・バースコンクリートは、解体コ

ンクリートを発生または近傍の現場で破碎後、その破碎物を無調整で全量を骨材とし、セメント・水・化学混和剤とで練り混ぜて製造する現場再生コンクリートである。したがって、「現場外に廃棄処理するものがない」、「重量物の運搬距離が短くなり、二酸化炭素排出量の低減が可能となる」など、環境保全に優れた技術である。

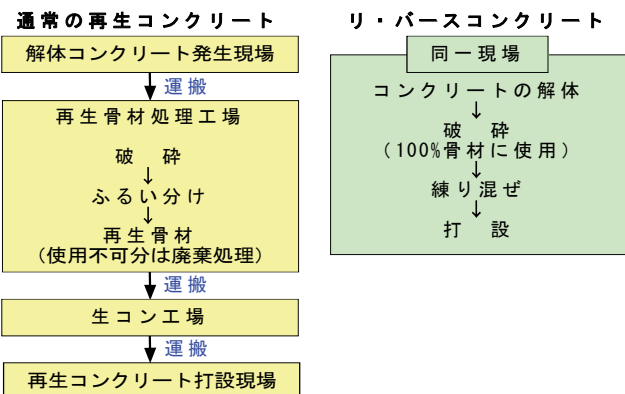


図-1 製造プロセスの比較

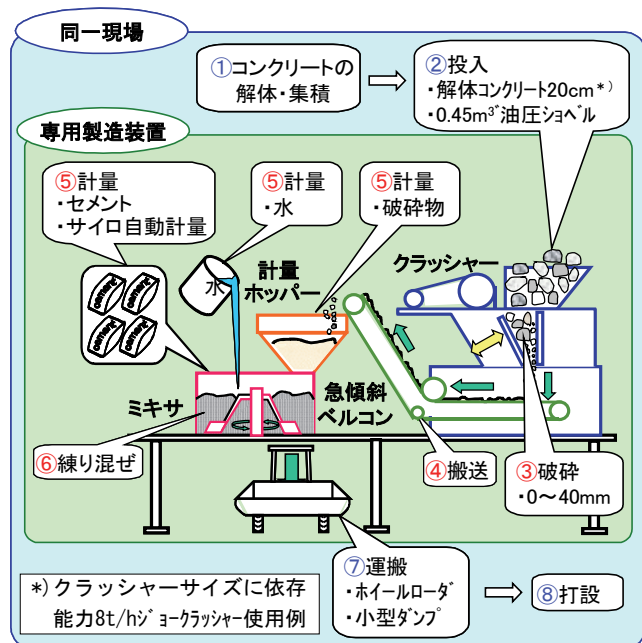


図-2 リ・バースコンクリートの製造方法

\*技術研究所

## 2.2 製造方法と製造装置

シンプルな製造方法と材料構成をコンセプトにした製造方法を図-2に示す。あらかじめ油圧ブレーカ等により一次破碎した解体コンクリート塊を練り混ぜる直前にクラッシャーで40 mm以下に破碎し、そのまま無調整の破碎物を計量ホッパーで1バッチ分自動計量する。破碎物と同時に自動計量した水・セメント・混和剤をミキサーに投入して練混ぜ、排出する。この製造過程で新たに天然骨材を全く使用しない。また、解体コンクリート塊を練り混ぜ直前に1バッチ毎に破碎することで解体コンクリート破碎物の水分および粒度管理が容易になる<sup>4)</sup>。

簡便な現場間の移動方法および設置・撤去作業をコンセプトにした製造装置を写真-1に、主な仕様を表-1に示す。製造装置は、クラッシャー、急傾斜ベルトコンベア、計量ホッパーおよびミキサーを中心とした機械部と架台部の2分割とし、架台部を機械部に被せることで運搬がトラック1台で可能となり、設置・撤去時間も2～3時間と短い。コンクリートの製造能力は標準装備で最大5 m<sup>3</sup>/h、大型クラッシャーの追加により20 m<sup>3</sup>/hまで対応可能である<sup>5)</sup>。

## 2.3 特長と適用範囲

### a. 特長

#### i. リサイクル性の向上

解体コンクリートをコンクリート用骨材に100%リサイクル可能である。

#### ii. 環境保全への貢献

現場外に廃棄処分する解体コンクリートがない、新たに天然骨材を使用しない、重量物の運搬距離が短くなり、二酸化炭素排出量の低減が可能となる。

#### iii. コンパクトな製造装置

トラック1台で運搬が可能で設置・撤去が容易である。

#### iv. コスト削減の可能性

製造費は、現場所在地および製造数量に大きく影響され、解体コンクリート処分費と新規コンクリート購入費の合計に比べて同等から最大で約30%のコスト削減が可能である。

### b. 適用範囲 (用途)

リ・バースコンクリートはJIS規格外のコンクリートのため、適用に際しては発注者、設計者の承認が必要であり、均しコンクリート、土間コンクリート、裏

込めコンクリート、小型重力式擁壁、各種コンクリートブロックなどの無筋コンクリートに適用する。

## 3. リ・バースコンクリートの諸特性

### 3.1 解体コンクリートの特性

#### a. 解体コンクリートの基本物性例

表-2に破碎能力8t/hのジョークラッシャーで破碎した解体コンクリートの基本物性例を示す。解体コンクリート破碎物の吸水率および密度は、細骨材相当

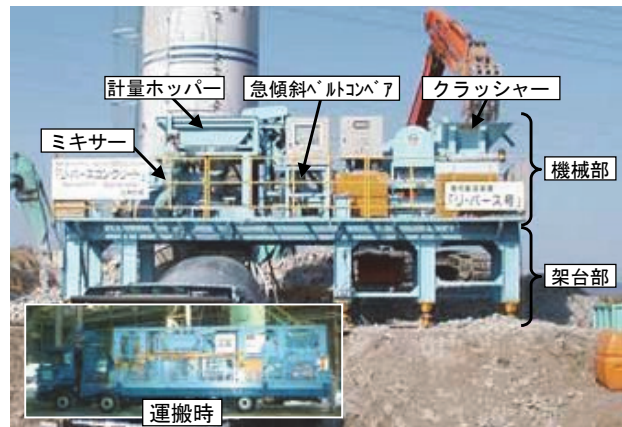


写真-1 製造装置「リ・バース号」

表-1 製造装置の主な仕様

製造能力	平均4.0m <sup>3</sup> /h, 最大5.0m <sup>3</sup> /h (大型破碎機の追加により20m <sup>3</sup> /h)
総重量	12.5t
必要総電力	40kW
製造時寸法	長さ8.5m, 幅3.0m, 高さ4.0m
運搬時寸法	長さ8.5m, 幅2.0m, 高さ2.4m
破碎機	ジョークラッシャー, 処理能力8t/h 標準投入塊寸法200mm (クラッシャーサイズにより変動)
磁選機	150 Gauss, 幅300mm, 長さ820mm
ベルトコンベア	急傾斜型, 傾斜角50°, 搬送能力15t/h
破碎物計量ホッパー	容量1.0m <sup>3</sup> , ロードセル型自動計量式
水計量タンク	容量0.2m <sup>3</sup> , 電極棒型自動計量式
ミキサー	パン型強制練り, 容量0.4m <sup>3</sup>

表-2 解体コンクリート破碎物の基本物性例

解体 コクリート	起 源		橋脚コンクリート
		施工時期	
	コアの圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )		20.9~25.9
	コアの静弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )		2.34×10 <sup>4</sup>
	気乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )		2.36
破碎物	絶対比重 (g/cm <sup>3</sup> )	粒径 0-5mm	2.10 (2.5 以上)
		5-40mm	2.37 (2.5 以上)
	吸水率 (%)	0-5mm	9.3 (3.0 以下)
		5-40mm	4.2 (3.5 以下)
実績率 (%)	0-5mm	64.7	
	5-40mm	59.9	

\* ) 8/h ジョークラッシャー使用の場合

カッコ内は JIS A 5308 附属書 1 の規定値

分で9.3%と2.10、粗骨材相当分で4.2%と2.37であり、レディーミクストコンクリート用骨材(JIS A 5308 附属書1)を満足していない。これは、付着モルタルの影響によると考えられ、シンプルな製造方法を優先し、1回の破碎だけで無調整の解体コンクリート破碎物を全量使用することに起因する。

b. 解体コンクリート破碎物の粒度分布

表-2の解体コンクリートを各種破碎機で破碎した解体コンクリート破碎物の粒度分布例を図-3に示す。同一破碎機で破碎した解体コンクリート破碎物の粒度分布はほぼ一定の値である<sup>6)</sup>。したがって、この破碎物を骨材に全量使用するリ・バースコンクリートのワーカビリティも安定することになる。また、JIS骨材標準粒度の範囲に比べて、細骨材相当部分の粒径1mm前後の割合が少ないことが特徴である。

図-4に解体コンクリートの圧縮強度と粒度分布例を示す。圧縮強度14~45N/mm<sup>2</sup>の解体コンクリート破碎物の粒度分布はほぼ同じであり、120N/mm<sup>2</sup>の高強度コンクリートではやや粗くなる。しかし、高強度コンクリートの解体は今後50年程度発生しないことが予想されるため、実用上問題ないと考えられる。

3.2 配合例と硬化コンクリートの特性<sup>7)</sup>

a. 配合例

表-3に配合例を示す。骨材には解体コンクリート破碎物のみを無調整で全量使用し、新たに天然骨材を使用していない。セメントは、リサイクル性の向上とアルカリ骨材反応抑制対策に配慮して混合セメントを標準仕様とした。配合は、ワーカブルな性状となるように水セメント比と解体コンクリート破碎物の単位容積を変化させて決定しており、低水セメント比、高粉体量となる。目標スランプは用途に応じて設定し、例えば、コンクリートブロックのように立体的なものでは8.0cm、土間コンクリートのように平面的なものでは12.0cmとした。また、リ・バースコンクリートの密度は、骨材に解体コンクリートを使用するため2.1程度である。

b. 圧縮強度

圧縮強度14~120N/mm<sup>2</sup>の解体コンクリート破碎物を用いて、同一配合のリ・バースコンクリートを製造した場合の解体コンクリートの圧縮強度とリ・バースコンクリートの圧縮強度の一例を図-5に示す。解体コンクリートの圧縮強度の増加によりリ・バースコン

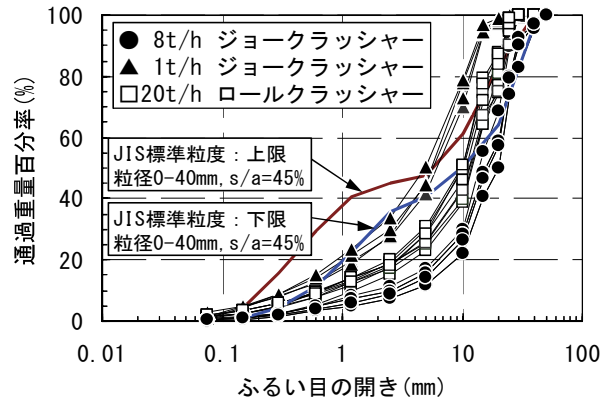


図-3 解体コンクリート破碎物の粒度分布例

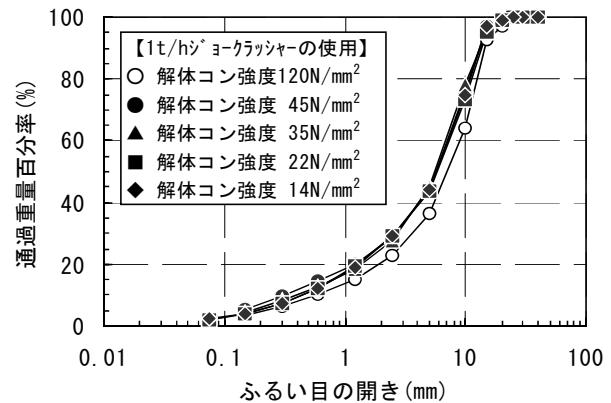


図-4 解体コンクリート強度と粒度分布例

表-3 配合例

用途	目標スランプ (cm)	水セメント比 W/C (%)	破碎物容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			混和剤
				水 W	セメント C	破碎物	
ブロック	8	42.5	0.65	171	402	1495	0.43
土間コン	12	41.0	0.63	179	436	1450	0.43

【使用材料】  
 セメント：フライアッシュセメントB種の例、密度2.98 (普通ポルトランドセメント、高炉セメントの使用可)  
 破碎物：1回破碎かつ無調整の解体コンクリート破碎物 最大寸法40mm、暫定密度2.3  
 混和剤：高性能減水剤、ポリスチレンスルホン酸系(粉体) プレパック型アルカリ解砕紙入り  
 \*) AE剤：用途に応じて使用、陰イオン界面活性剤

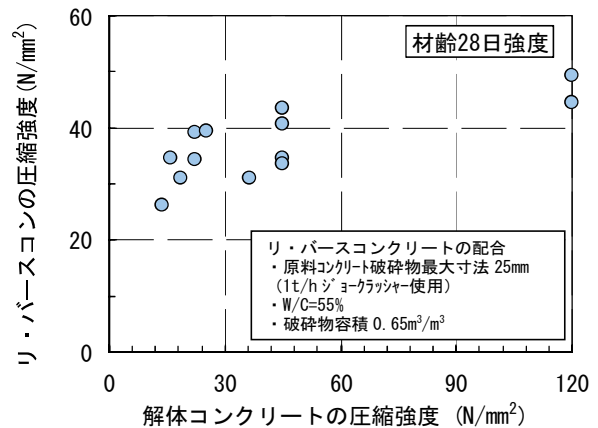


図-5 解体コンクリートとリ・バースコンクリートの圧縮強度例

クリートの強度も増加傾向にあり、低強度 14N/mm<sup>2</sup> の解体コンクリートを用いた場合でも 25N/mm<sup>2</sup> 以上のリ・バースコンクリートが得られた。

c. 乾燥収縮量

図-6に乾燥収縮量の一例を示す。無対策のリ・バースコンクリートの収縮量は普通コンクリートの1.5倍程度である。これは、コンクリート表面からの乾燥による収縮に加えて、コンクリート内部の解体コンクリート破砕物が余剰水を吸水することによって生じる収縮に起因すると考えられる。混合セメントの単位水量低減効果と収縮低減剤の表面張力低減効果により収縮量を容易に低減可能であり、用途に応じてこれらの対策を選択する。

d. 耐凍害性

図-7に凍結融解試験結果の一例を示す。室内試験、実機製造実験および実施工の300サイクル終了後の相対動弾性係数は空気量2.4%の無対策の場合で60%以下となるが、AE剤の使用により十分な空気量を連行することで90%以上を示しており、良好な耐凍害性が得られる。

3.3 品質の安定性<sup>8)9)</sup>

リ・バースコンクリートの品質の安定性について、表-4に示す2件(No.3とNo.4)の河川用根固めブロックの品質管理データをもとに検討した結果を以下に示す。

a. スランプおよび空気量

図-8にスランプ試験結果を示す。解体コンクリートの乾燥状態に応じて解体コンクリート破砕物の単位量に対して±0.5%程度の水分を補正することで、目標スランプ8cmを許容差±2.5cmに管理可能である。

図-9に空気量試験結果を示す。無対策の場合の空気量は1~2%であったが、市販の空気連行剤(AE剤)を一定量添加することで、目標空気量4.5%を許容差±1.5%に管理可能である。このようにスランプおよび空気量の許容差は、レディーミクストコンクリートの値(JIS A 5308)と同様である。

b. 圧縮強度

図-10に圧縮強度試験結果を示す。同一配合および現場毎に同一起源の解体コンクリートを用いた場合、現場間で原料である解体コンクリート強度が異なってもリ・バースコンクリートの平均強度は、岐阜で33.8N/mm<sup>2</sup>、北海道で32.9N/mm<sup>2</sup>とほとんど同じ値を示

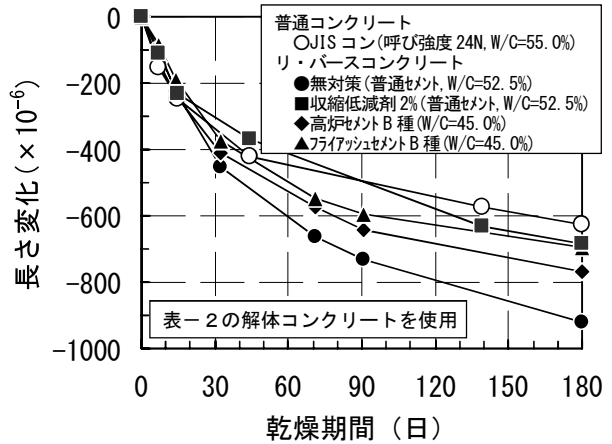


図-6 乾燥収縮量の一例

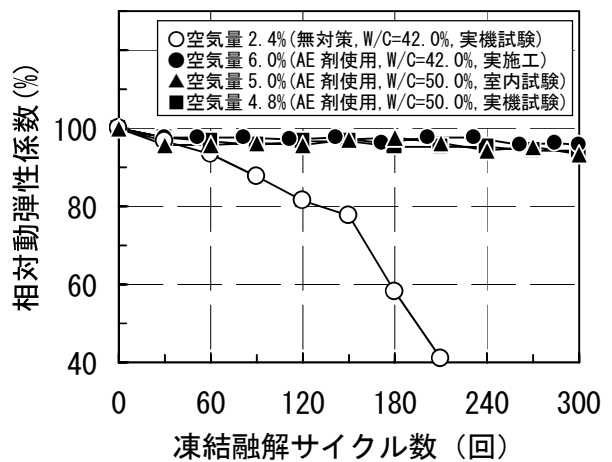


図-7 凍結融解試験試験結果の一例

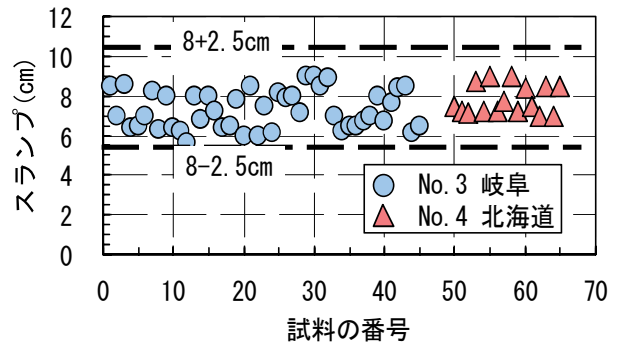


図-8 スランプ試験結果

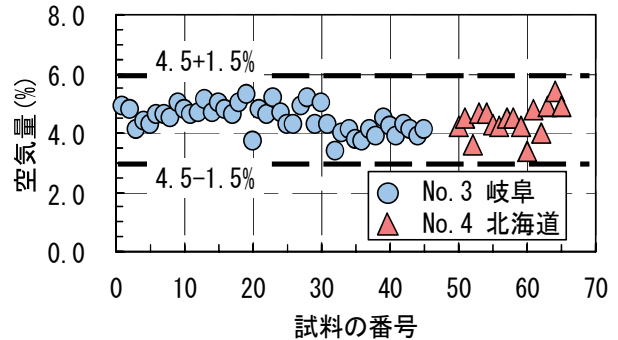


図-9 空気量試験結果

した。また、北海道では解体コンクリート圧縮強度 26.5N/mm<sup>2</sup>よりもリ・バースコンクリートの方が2割程度高くなった。これらは、低水セメント比で高強度のセメントペースト部分が有効に作用したと考えられる。また、両現場とも変動係数は7%程度であり、圧縮強度は3σの管理限界内である。一般の生コン工場の変動係数は10%程度であることから骨材に解体コンクリートを使用し、現場製造するリ・バースコンクリートの圧縮強度は安定していると判断できる<sup>10)</sup>。これは、コンクリートの解体と再生コンクリートの製造を同一現場で行い、解体コンクリート起源を明らかにすることで、原料である解体コンクリートの品質の安定性が確保されることやリ・バースコンクリートの配合も一種類に限定したことに起因する。

#### 4. 現場適用例

均しコンクリート、土間コンクリートおよびコンクリートブロックに適用した。表-4に主な現場適用事例を示す。

##### 4.1 土間コンクリート適用例

写真-2に土間コンクリート適用例を示す。倉庫改修工事の内、撤去した旧基礎コンクリートを原料に目標スランプ12.0 cmでリ・バースコンクリートを製造し、土間コンクリート約6,400 m<sup>2</sup> (760m<sup>3</sup>)に適用した。圧縮強度は材齢28日で33~39N/mm<sup>2</sup>の値が得られ、セメントと破砕物の微粒分でモルタル部分の粘性がやや高いものの通常のレディーミクストコンクリートと同様な施工および仕上げが可能であった<sup>11)</sup>。なお、原料となる解体コンクリート塊を全て使用して製造を終了し、不足分は購入コンクリートで施工した。途中、原料コンクリートの中に混入していた鉄塊でクラッシャーのピンが破損したことを除いては順調に製造を継続できた。

##### 4.2 コンクリートブロック適用例

写真-3に階段ブロック適用例を示す。撤去した旧橋脚コンクリートを原料にリ・バースコンクリートを製造して階段ブロック69個を製作し、堤防に設置した<sup>12)</sup>。現在も現地追跡調査を継続中であり、施工後2年の表面観察およびコア強度試験結果は良好なものであった。

写真-4に根固めブロック適用例を示す。排水樋門

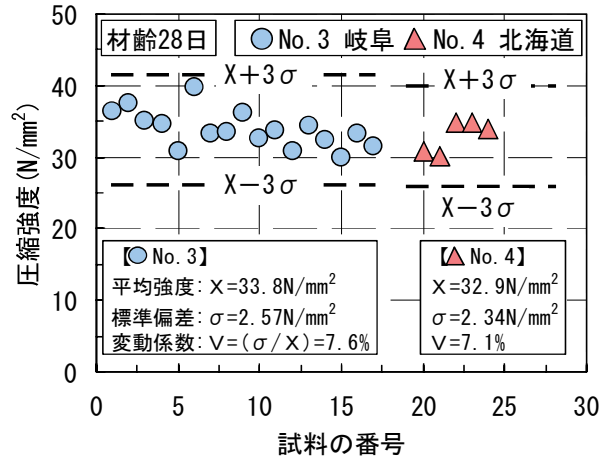


図-10 圧縮強度試験結果

表-4 主な適用実績

No	用途	施工時期	施工場所	解体コンクリート (原料コンクリート)	施工数量 (m <sup>2</sup> )
1	倉庫改修工事 土間コンクリート	H12.6~ H12.8	大阪府 堺市	基礎コンクリート	760
2	河川整備工事 階段ブロック	H13.1	東京都 足立区	橋脚コンクリート	8
3	河川災害復旧工事 根固めブロック	H14.2~ H14.3	岐阜県 岐阜市	堤防コンクリート	808
4	河川改修工事 根固めブロック	H14.10	北海道 中川郡	頭首工コンクリート	180
5	道路トンネル工事 側溝基礎コンクリート	H15.2~ H15.3	高知県 幡多郡	仮設コンクリート	90



写真-2 土間コンクリート適用例



写真-3 階段ブロック適用例



写真-4 根固めブロック適用例

新設工事に伴い撤去した堤防張りコンクリートを原料に目標スランプ 8.0 cm でリ・バースコンクリートを製造し、2 t型根固めブロック 920 個 (800 m<sup>3</sup>) に打設後、材齢 3 日で脱型した。高度な専門知識のない作業員だけで安定したワーカビリティと圧縮強度のコンクリートが製造できた (図-7~9参照)。また、専用製造装置「リ・バース号」は、セメントサイロの使用により 1 バッチ毎の計量開始ボタン、練混ぜ開始ボタンおよびコンクリート排出レバーを操作するだけでよく、容易に運転可能であった。なお、この根固めブロックは台風による出水時に河川に投入され、災害防止に役立てられた<sup>11)</sup>。

## 5. あとがき

リ・バースコンクリートについて研究および現場適用を行い、呼び強度 24N のレディーミクストコンクリートとはほぼ同等の品質、耐久性、安定性および施工性を確認した。これにより、解体コンクリートの自己循環型リサイクル技術であるリ・バースコンクリートの実用性が明らかになった。

このコンクリートは JIS 規格外コンクリートであるため、使用に対する制約は大きい。しかし、今後のコンクリート解体材の排出量の急激な増加を考えると使用することの必要性は議論を待たない。現在、経済産業省により再生骨材と再生骨材コンクリートの JIS 化に向けた検討が開始されており、使いやすい環境の早急なる整備が期待される。

リ・バースコンクリートは平成 15 年 4 月にグリーン購入法の特選調達品目に選定された。国土交通省関連工事での採用が増加すると考えられ、さらなる品質、

施工性の向上を図り、用途の拡大に努めていきたい。

なお、開発の一部は (社) 近畿建設協会「平成 11 年度技術開発支援制度」、(財) クリーン・ジャパン・センター「平成 12 年度廃棄物等用途開発・拡大実施事業」の助成により実施した。

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省、「平成 12 年度建設副産物実態調査結果」、2002
- 2) 日本政策投資銀行、「都市再生と資源リサイクル」、調査 33 号、2002. 2
- 3) 飯田一彦、「解体コンクリートのリサイクルに関する研究」、新潟大学学位論文、2000. 9
- 4) 松田他、「オンサイト・クローズド型再生コンクリートの概要」、建設マネジメント技術、No. 275、pp. 46~50、2001. 4
- 5) 廣中ほか、「オンサイト・クローズド型再生コンクリート」、建設機械、Vol. 38、No. 1、pp. 40~44、2002. 1
- 6) 松田ほか、「解体コンクリート塊を全量使用した再生コンクリートの基本特性」、第 54 回セメント技術大会講演要旨、pp. 420~421、2000. 5
- 7) 廣中ほか、「解体コンクリート塊を全量使用した再生コンクリートの諸特性」、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 22、pp. 1135~1140、2000. 6
- 8) 廣中ほか、「解体コンクリートを全量使用した現場再生コンクリートの適用と品質変動」、土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集第 5 部、2003. 9 発表予定
- 9) 遠藤ほか、「解体コンクリート廃材を再利用した現場製造再生コンクリートについて」、第 46 回北海道開発局技術研究発表会発表論文集、河-27、2003. 2
- 10) 岡田ほか編、「コンクリート工学ハンドブック」、朝倉書店、pp. 296~297、1988
- 11) 廣中ほか、「倉庫改修工事における現場再生コンクリートの施工」、コンクリート工学、Vol. 39、No. 6、pp. 39~43、2001. 6
- 12) 塩谷 浩、「リ・バースコンクリート」、テクノアングル関東、No. 28、pp. 1~4、2002. 3. 15