

# 再生粗骨材コンクリートの場所打ちRC杭への適用

大岡 督尚\* 加藤 晃敏\*\*

**要約：** 近年、地球環境負荷低減を目的として、再生コンクリートの施工実績が増加している。平成 12 年 6 月に施行された改正建築基準法により、再生コンクリートを構造体に使用する場合は国土交通大臣の認定を受ける必要があるため、構造体への適用を見合わせていたが、このたび、再生粗骨材の品質管理手法を確立し、再生粗骨材コンクリートの大臣認定を取得し、東京都内のマンション新築工事における場所打ち鉄筋コンクリート杭に適用した。本報告は、取得した大臣認定の内容と、実施工時に実施した再生粗骨材およびコンクリートの検査結果について報告するものである。コンクリートの製造に先だてて実施する、再生粗骨材の受入検査は、通常の骨材と比較して極めて高い頻度で行った。その結果、作業所で実施したコンクリートの受入検査、および構造体コンクリートの圧縮強度検査もすべて合格し、再生粗骨材コンクリートの品質を確保することができた。

**キーワード：** 再生粗骨材、コンクリート、実施工、場所打ち杭、国土交通大臣認定、建築基準法第 37 条

- 目次：**
- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. はじめに            | 4. 場所打ち RC 杭への適用 |
| 2. 国土交通大臣認定内容      | 5. 実施工時試験結果      |
| 3. 再生粗骨材コンクリートの諸物性 | 6. まとめ           |

## 1. はじめに

近年、建設工事に伴う廃棄物の発生量が増大し、廃棄物処理をめぐる問題が深刻化している。建設工事に伴って廃棄される建設廃棄物は、産業廃棄物全体の排出量 40,600 万トンの 2 割 (8,300 万トン) を占めており、その 42% の 3,500 万トンがコンクリート塊である<sup>1)</sup>。今後、高度成長期 (1960 年代) の建築物が寿命を迎えることから排出量が増大すると考えられ、国土交通省が予測したところ、低位推計の値 (公共土木工事額伸び率が -2%、民間土木工事額伸び率が 0%、経済成長率が 0% と設定) を用いても、平成 22 年度のコンクリート塊の排出量は 4,300 万トンとなる<sup>2)</sup>。

建設廃棄物の中で、コンクリート塊はリサイクル率が高く、平成 14 年度には 98% に達している<sup>1)</sup>。しかしながら、リサイクルされた再生骨材は、ほとんどが路盤材として利用されており、道路整備が進み新規工事が減少すると考えられる都市部においては、別の用途開拓が望まれる。

そこで、コンクリート用骨材として再生骨材を利用するための研究を進め、この度、再生粗骨材コンクリートの国土交通大臣認定 (建築基準法第 37 条による) を取得した。これにより、地下構造体への適用に限定されるが、コンクリート用粗骨材として再生骨材を利用できるようになった。

## 2. 国土交通大臣認定内容

### 2.1 適用範囲

物件限定なしで取得した「MCON-0556 再生粗骨材コンクリート」の適用範囲を表 1 に示す。指定強度とは呼び強度と同じ意味で、設計基準強度に  $\Delta F=3\text{N/mm}^2$  を加え、さらに気温による強度補正值  $T (=0, 3, 6\text{N/mm}^2)$  を加えたもの

とする (杭の場合は、1 年を通し  $T=0\text{N/mm}^2$ )。

### 2.2 使用材料

使用材料は表 2 に示すとおりである。

表 1 再生粗骨材コンクリート (MCON-0556) の適用範囲

適用部位	建築物の杭・基礎・耐圧盤・基礎梁
設計基準強度	21N/mm <sup>2</sup> 以上 33N/mm <sup>2</sup> 以下
指定強度	24N/mm <sup>2</sup> 以上 36N/mm <sup>2</sup> 以下
生コン工場	宮松エスオーシー(株)川崎工場

表 2 再生粗骨材コンクリート (MCON-0556) の使用材料

材料名	種類	生産者あるいは産地
セメント	高炉セメント B 種	住友大阪セメント(株)
細骨材	陸砂 (70%)	千葉県君津産
	石灰砕砂 (30%)	北海道土産
粗骨材	再生粗骨材	武蔵野土木工業(株)
練混ぜ水	地下水	生コン工場
混和剤	AE 減水剤標準型	山宗化学(株)

表 3 再生粗骨材の検査方法および管理値

検査項目	試験方法	検査頻度	管理値
絶乾密度	JIS A 1110	450ton 1 ロット (1 ロット 6 回 試験、ただし*の 項目 3 回)	2.4g/cm <sup>3</sup> 以上
吸水率	JIS A 1110		4.0% 以下
粒度分布及び粗粒率*	JIS A 1102		6.58±0.20
塩化物量*	JIS A 5002		0.01% 以下
アルカリシリカ反応性試験	ZKT-206	150ton 1 ロット (1 回試験)	反応性なし

\* 先端技術研究室 \*\* 建築エンジニアリング部

### 2.3 再生粗骨材の品質検査

再生粗骨材の品質検査方法および管理値を表3に示す。普通骨材（砕石・砂利）の場合は月1回の検査だが、今回大臣認定内容は、450tonに6回（または3回）実施することとなっている。普通粗骨材と検査内容が違うのは、塩化物含有量の検査を追加していることと、アルカリシリカ反応性の検査方法である。

JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）における粗骨材の吸水率の規定は3.0%以下であるが、購入者の承認を得ると砂利の吸水率は4.0%に設定できる。この値を採用することにより、低コストで、かつ環境負荷の少ない再生粗骨材の製造が実現した。

普通粗骨材の場合、塩化物は含有されないため検査は不要であるが、再生粗骨材の場合、周辺にモルタル分が付着しており、塩分が含まれている可能性があるため、塩化物の検査を追加した。

また、アルカリシリカ反応性については、高炉セメントB種を採用することにより、抑制対策済みのコンクリートであるが、その効果確認の意味で、全国生コンクリート工業組合連合会規格のZKT-206（コンクリートのアルカリシリカ反応性迅速試験）を採用した。この方法によると、試験体作製を含めて3日で判定が下せる。

### 2.4 再生粗骨材コンクリートの品質検査

再生粗骨材コンクリートの荷卸し時に行う受入検査は、通常のコンクリートと同様に実施する。ただし、圧縮強度用供試体採取時（150<sup>3</sup>に1回）には、単位水量の検査を義務づけている。

### 2.5 再生粗骨材コンクリートの圧縮強度

実際に使用するミキサー（実機）で混練した、今回の再生粗骨材コンクリートの圧縮強度試験結果を図1に示す。水セメント比算出には、この実験試験結果と宮松エスオーシーの実績を考慮し、安全側の式を用いている。

なお、この実験試験に用いた再生粗骨材の絶対乾密度は2.45g/cm<sup>3</sup>、吸水率は3.51%であった。

## 3. 再生粗骨材コンクリートの諸物性

建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の一部として実施された「再生コンクリート利用技術の開発」の共同研究の平成6年度報告書を基に、再生粗骨材の吸水率が及ぼすコンクリート物性への影響について以下に述べる。

### 3.1 再生粗骨材に付着しているモルタル量

再生粗骨材の吸水率が大きくなるのは、吸水率の大きなモルタル分が含まれているためである。このモルタル分はコンクリートの諸物性に大きな影響を及ぼすため、その量を管理する必要がある。図2に示すように、再生粗骨材の吸水率とモルタル分の付着量とは相関があるので、吸水率を管理することによって、モルタル分の量を管理できる。

なお、今回使用する再生粗骨材の吸水率の管理値は4.0%以下である。

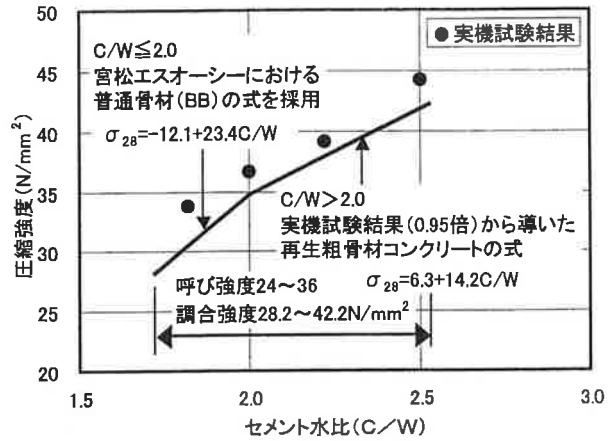


図1 実機試験練り圧縮強度試験結果

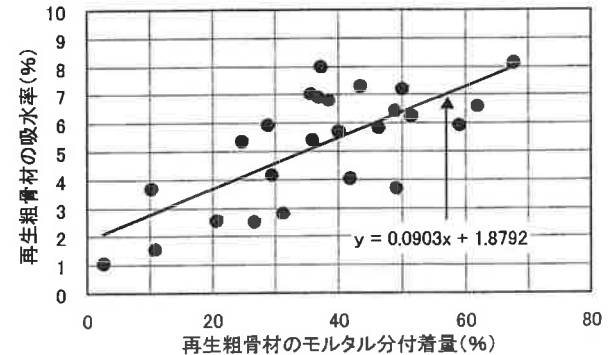


図2 再生粗骨材の吸水率とモルタル分付着量との関係

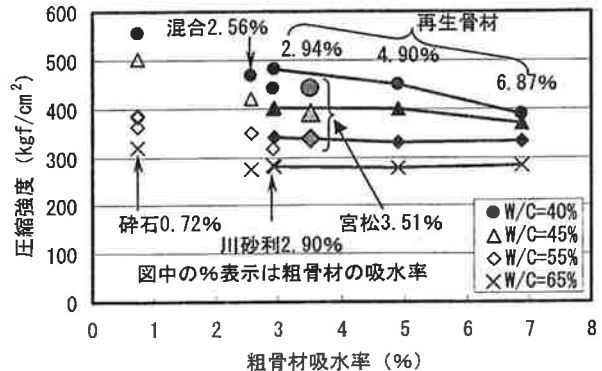


図3 再生粗骨材の吸水率と圧縮強度との関係

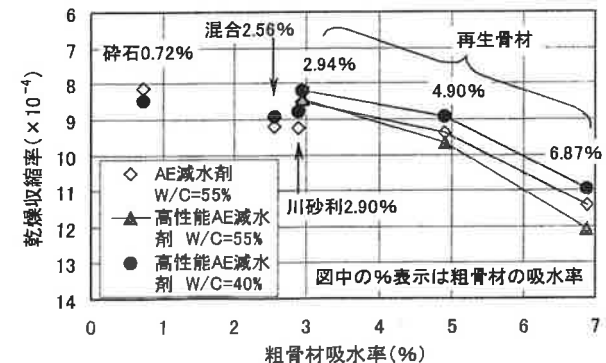


図4 再生粗骨材の吸水率と乾燥収縮率との関係

### 3.2 圧縮強度

図3に示すように、コンクリートの圧縮強度は粗骨材の吸水率が大きくなるほど低下する傾向があり、その傾向は水セメント比が小さい（圧縮強度が高い）ほど顕著となる。再生粗骨材の吸水率が3%前後（約4%まで）であれば、川砂利を用いたコンクリートと同程度の強度である。

### 3.3 乾燥収縮率

図4に示すように、コンクリートの乾燥収縮率は、粗骨材の吸水率が大きくなるほど大きくなる傾向があるが、再生粗骨材の吸水率が5%程度以下であれば、川砂利を用いたコンクリートと同程度の収縮率である。

### 3.4 耐久性指数（耐凍結融解抵抗性）

図5に示すようにコンクリートの耐久性指数は、再生粗骨材の吸水率が5%を超えると著しく低下する。

上述したように、再生粗骨材の吸水率が4%以下であれば、コンクリートの諸特性に及ぼす悪影響は小さい。

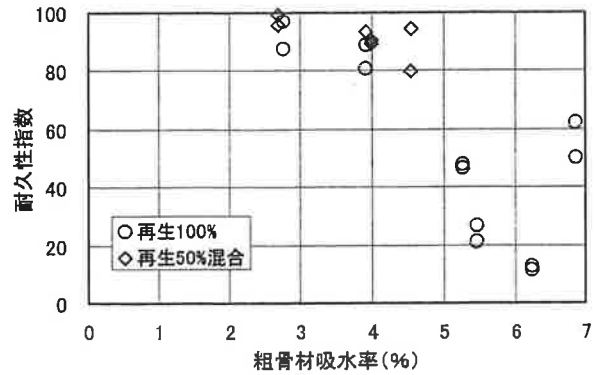


図5 再生粗骨材の吸水率と耐久性指数との関係

## 4. 場所打ちRC杭への適用

### 4.1 適用工事建築概要

工事名称：東京都内の某マンション新築工事  
 構造規模：高層棟 RC造 地上24階 塔屋2階  
 低層棟 RC造 地下2階 地上6階  
 用途：共同住宅（高層棟88戸、低層棟9戸）  
 建築面積：1,161.45m<sup>2</sup>， 延床面積：12,065.69m<sup>2</sup>

### 4.2 適用杭工事概要

種目：場所打ちコンクリート杭（アースドリル杭）  
 工法：ACE 拡底杭工法， 用途：支持杭  
 支持層：土丹層， 設計基準強度：30N/mm<sup>2</sup>

### 4.3 杭施工記録

杭施工記録一覧を表4に、杭伏図および杭No.を図6に示す。全27本中24本の杭に再生粗骨材コンクリート（33-18-20BB 再生）を適用し、合計950m<sup>3</sup>打設した。

表4 杭施工記録一覧（再生粗骨材コンクリート）

打設回	施工日	杭No.	軸部径(mm)	拡底部径(mm)	掘削長(mm)	杭実長(mm)	生コン量(m <sup>3</sup> )
1	6/25	3	∥	∥	∥	∥	73.5
2	6/27	4	∥	4,000	∥	∥	79.25
3	7/1	8	∥	∥	∥	∥	93.0
4	7/3	6	∥	∥	∥	∥	80.0
5	7/8	5	∥	∥	∥	∥	82.5
6	7/10	9	∥	∥	∥	∥	77.0
7	7/12	10	∥	3,400	∥	∥	67.5
8	7/15	11	∥	∥	∥	∥	71.5
9	7/16	23	1,200	—	∥	12,900	16.5
∥	∥	27	∥	1,900	∥	∥	19.0
10	7/17	22	∥	—	∥	∥	18.5
11	7/18	18	∥	1,500	∥	∥	17.25
∥	∥	19	∥	∥	∥	∥	17.25
12	7/19	26	∥	∥	∥	∥	17.0
∥	∥	20	∥	∥	∥	∥	17.0
13	7/22	15	∥	∥	∥	∥	16.5
14	7/23	16	∥	1,900	∥	∥	22.0
15	7/24	25	∥	∥	∥	∥	19.25
∥	∥	17	∥	∥	∥	∥	19.25
16	7/25	13	∥	1,700	∥	13,815	20.0
17	7/26	21	∥	—	∥	12,900	17.5
18	7/28	24	∥	1,900	∥	13,815	20.0
∥	∥	14	∥	1,500	∥	∥	18.5
19	7/29	12	∥	—	∥	∥	22.0
再生粗骨材コンクリート打設量（19回）							949.75

杭 No.7,1,2 は普通粗骨材のコンクリートを打設

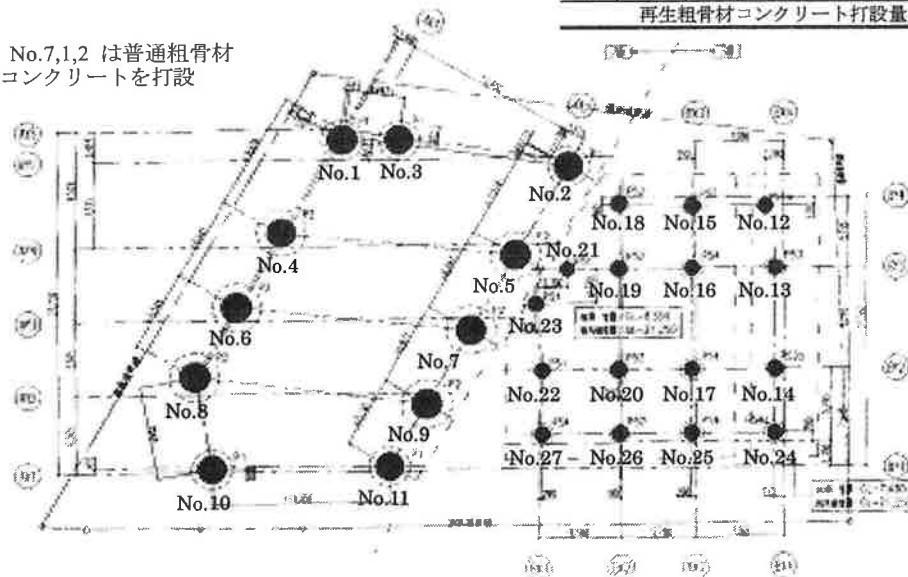


図6 杭伏図および杭No.

## 5. 実施工時試験結果

### 5.1 再生粗骨材試験結果

再生粗骨材の絶対乾密度・吸水率試験結果を図7に、ふるい分け試験結果を図8に示す。また、塩化物試験結果およびアルカリシリカ反応性試験結果を以下に示す。

#### ○塩化物試験結果

2ロット試験してすべて0.01%以下で合格

1ロット目0.001%, 2ロット目0.001%

#### ○アルカリシリカ反応性試験結果

7ロット(7回)試験してすべて合格

81.4~84.9%  $\geq 80.0\%$ 「反応性なし(A)」

再生粗骨材の試験結果は、すべて既定値を満足しており、最も骨材の品質に影響を及ぼす吸水率は、3.10~3.61%の範囲に収まり、12回の平均値は3.32%であった。

### 5.2 再生粗骨材コンクリート試験結果

使用するコンクリートの圧縮強度供試体採取時のスランプおよび空気量の試験結果を図9に、構造体コンクリートの圧縮強度供試体採取時のスランプおよび空気量の試験結果を図10に、単位水量試験結果を図11に示す。単位水量は計画W/C=43.5%の±5%が許容範囲であるが、測定結果は42.1~43.4%と非常に安定した値であった。

圧縮強度の試験結果を図12に示す。圧縮強度はいずれも材齢28日における標準養生供試体を用いて行った結果である。使用するコンクリートの供試体は生コン車1台から3本採取したのに対し、構造体コンクリートは3台の生コン車からそれぞれ1本ずつ採取して試験したため、1回の試

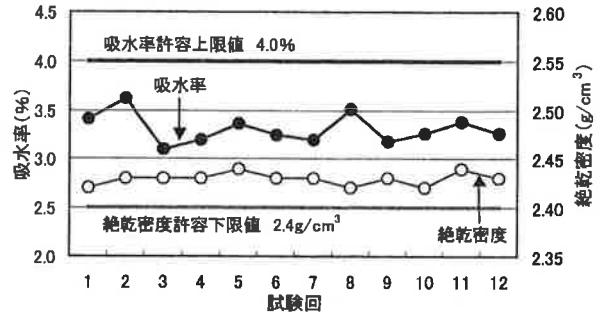


図7 再生粗骨材の絶対乾密度・吸水率試験結果

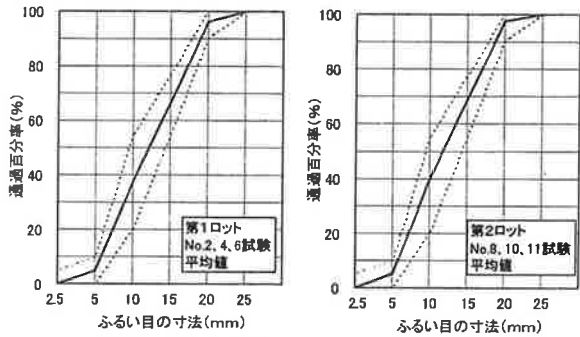


図8 再生粗骨材のふるい分け試験結果

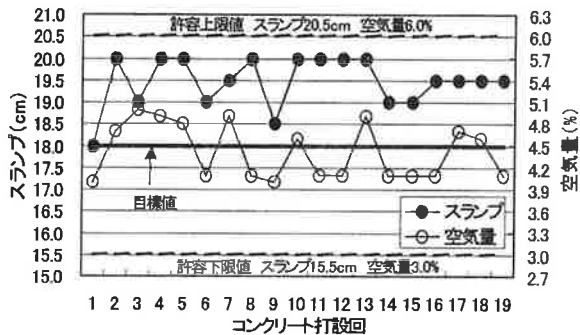


図9 スランプ・空気量試験結果(使用するコンクリート)

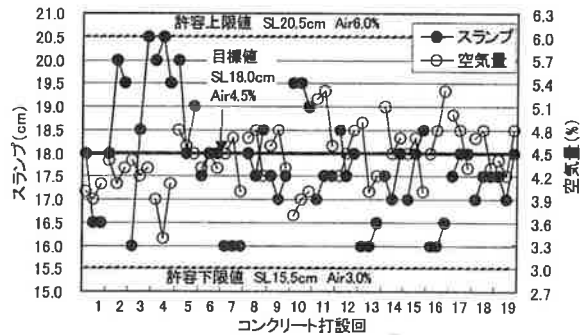


図10 スランプ・空気量試験結果(構造体コンクリート)

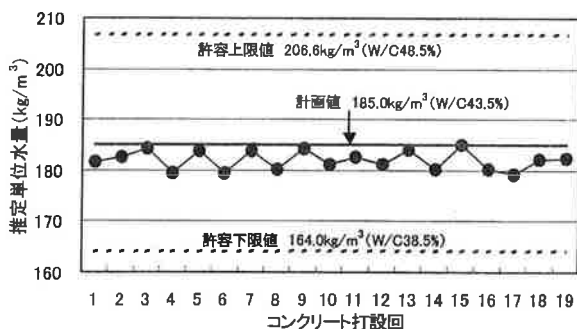


図11 単位水量測定結果

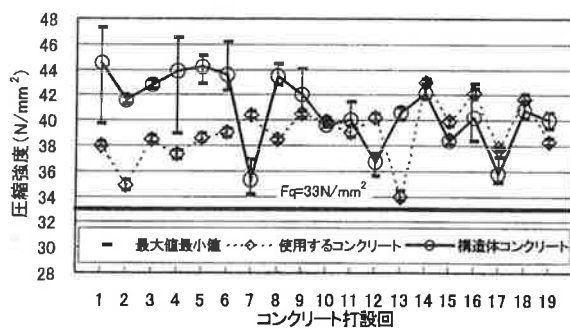


図12 圧縮強度試験結果

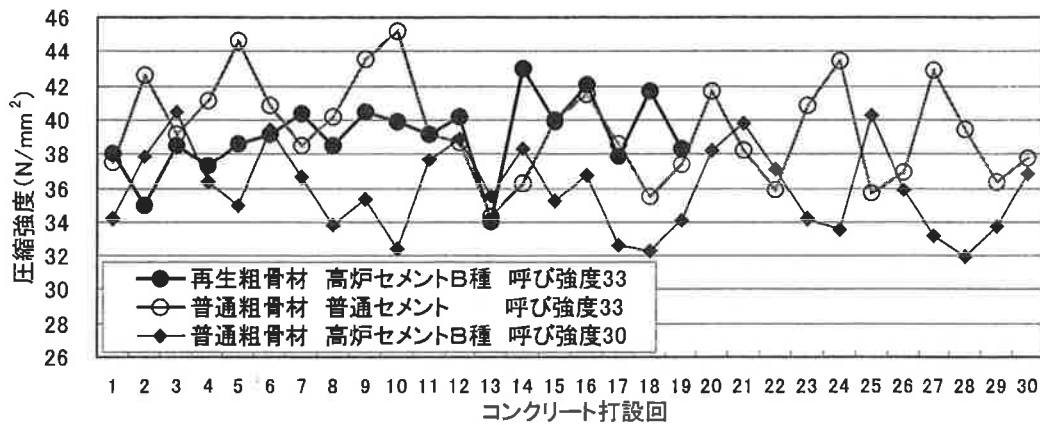


図 13 宮松エスオーシーにおけるコンクリートの圧縮強度管理図

験における 3 本の試験結果のバラツキは、構造体コンクリートの試験結果の方が大きい。使用するコンクリートの圧縮強度は  $34.0\sim 43.0\text{N/mm}^2$  で平均  $39.0\text{N/mm}^2$ 、構造体コンクリートは  $35.3\sim 44.5\text{N/mm}^2$  で平均  $40.8\text{N/mm}^2$  であった。平均値は管理値の  $33\text{N/mm}^2$  を超えているが、バラツキが大きい。

図 13 は今回の再生粗骨材コンクリートを製造したレディーミクストコンクリート工場（宮松エスオーシー川崎工場）における、普通粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度管理図である。この図に今回の再生粗骨材コンクリートの圧縮強度試験結果（使用するコンクリート）を合わせて示すと、普通骨材を用いたコンクリートの強度のバラツキ幅と同程度である。

砕石や砂利のような普通骨材と比較して、再生粗骨材の場合はモルタル分の付着量の変化によって品質のバラツキが大きくなると考えられるが、コンクリート強度のバラツキは普通骨材のコンクリートと同程度であるため、十分な品質管理ができたと考えられる。なお、今回の再生粗骨材の吸水率試験は、約  $1,000\text{m}^3$  のコンクリート製造に対して 12 回実施した。普通骨材の場合は 1 ヶ月に 1 回実施するだけである。1 ヶ月の平均出荷量は約  $25,000\text{m}^3$  であるので、再生粗骨材の試験は極めて高い頻度で行った。

#### 謝 辞

本論文をまとめるに当たり、首都圏本部マンション事業部の河原聡所長、八城泰衛主任、富澤義彦様に多大なご協力をいただきました。ここに、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) [http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/01/010225\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/01/010225_.html)（国土交通省：平成 14 年度建設副産物実態調査結果について）
- 2) <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/001/pdf/yosoku.pdf>（国土交通省：建設廃棄物排出量の将来予測）
- 3) (財) 国土開発技術研究センター：再生コンクリートの利用技術の開発 平成 6 年度報告書、平成 7 年 3 月

#### 6. まとめ

建築基準法第 37 条に係わる国土交通大臣認定を取得したことにより、再生粗骨材を用いたコンクリートを地下構造体（杭・耐圧盤・基礎・地中梁）に使用できるようになった。また、再生粗骨材の品質管理を十分行うことにより、コンクリートの品質も確保できることが明らかとなった。

しかしながら、現状では採用できる工事現場が、川崎市中原区にある宮松エスオーシー川崎工場から運搬可能な範囲に限られる。今後の課題として、より広範囲の工事現場で施工できるよう、他のレディーミクストコンクリート工場での製造も可能にさせる必要がある。また、再生粗骨材の品質を安定させるための製造方法や貯蔵・運搬方法などを確立し、再生粗骨材の検査頻度を少なくすることも、さらなる普及を目指すために必要と考える。

なお、今回の再生粗骨材コンクリートは、粗骨材だけに再生骨材を用いている。このため、再生粗骨材製造時に大量発生する再生細骨材や微粉末の用途開拓が急務である。

## APPLICATION OF RECYCLED CONCRETE WITH RECYCLED COARSE AGGREGATE TO CAST-IN-PLACE REINFORCED CONCRETE PILE

T.Oooka, and A.Katoh

In recent years, a recycling concrete came into use to structures for prevention of environmental destruction. According to the building standard law of Japan came into force at Jun/2000, we can't apply recycling concrete to structures without the recognition of minister of land, infrastructure and transport. This time, the quality control method of recycling coarse aggregate was established, we got the recognition of minister. Then recycling coarse aggregate concrete was applied to cast-in-place concrete pile. This paper reports contents of recognition of recycling coarse aggregate concrete, test results of recycling coarse aggregate and recycling coarse aggregate concrete in execution of the concrete.

Because of the high frequency acceptance test of the coarse aggregate, the qualities of the recycling coarse aggregate concrete were maintained.