

川砂利・川砂を用いた高強度コンクリートの実施工における強度管理

Quality Control on High Strength Concrete using River Aggregate and River Sand in Site

立松 和彦* 山崎 順二^{*2}

要 旨

一般に、高強度コンクリートに川砂利を使用することは、強度の面で不利と考えられることや、十分な供給が期待できないことから敬遠される傾向にあった。今回、実施工において、川砂利・川砂を用いたFc60N/mm²クラスの高強度コンクリートの強度管理を行った。その結果、良質な川砂利であれば、強度発現や変動に問題はなく、一般に行われている調査設計および強度管理手法の適用が十分可能であることがわかった。

キーワード：高強度コンクリート／川砂利／川砂／S 値

1. はじめに

一般に、高強度コンクリートにおける川砂利の使用は強度の面で不利と考えられている。また、川砂利の採取制限から、供給の面でも限界があり、敬遠される傾向にあった。しかし、密度が大きく吸水率の小さい良質な川砂利・川砂が比較的豊富に供給できる地域であれば、Fc 60N/mm²クラスの高強度コンクリートに川砂利を使用することは十分に可能であると考え、今回の実施工に臨んだ。

本報告は、川砂利・川砂を用いた高強度コンクリートの実施工における川砂利と碎石との比較検討などの強度管理結果についてまとめたものである。

2. 概 要

2.1 打設部位および調査概要

対象建物は、静岡県に建設中のRC造26階建て高層免震集合住宅である。生コン工場はA社、B社、C社、D社の4社を使用した。A社とD社が川砂利および川砂を使用し、B社とC社は碎石および川砂を用いた。使用に当たっては、4工場それぞれ当社と連名で高強度コン

クリートの大臣認定を取得した。認定の範囲は、普通セメント；36N/mm²以上51N/mm²以下、低熱セメント；39N/mm²以上60N/mm²以下とした。

表-1に打設部位と工場区分および調査を示す。設計基準強度(Fc) 60N/mm²および54N/mm²の部位は低熱セメント(L)を、48N/mm²以下の部位は普通セメント(N)を使用した。なお床コンクリートのFcは全て36N/mm²とした。単位水量は、試験練りによりフレッシュ性状を確認して決定した。川砂利を用いる場合の方が碎石より5～10kg/m³小さな水量である。スランブは23cm(調査記号L32)および21cm(L37,N34,N37)とした。本報告では表中の4種類の調査に対象を絞って結果を整理した。また、22階からは大臣認定のコンクリートではなくJIS規格の範囲内のコンクリートを打設したので記載を省略している。

2.2 骨材の物性値

セメント協会が1979年にまとめた専門委員会報告¹⁾によると、当時、国内の生コン工場およびコンクリート製品工場で使用されていた粗骨材の吸水率は、砂利15種類の平均が1.84%、碎石12種類の平均が1.01%であった。

表-1 打設部位と工場区分および調査概要

部 位	Fc N/mm ²	生コン 工場	使用骨材	²⁸ S ₉₁ 値 N/mm ²	セメント	W/C %	W kg/m ³	調査記号	打設時期
1階柱～5階床	60	A社	川砂利・川砂	0	L	32	160	L32	冬期
5階柱～10階床	54	B社	碎石・川砂	0	L	37	170	L37	標準期
10階柱～16階床	48	C社	碎石・川砂	12	N	34	170	N34	夏期
16階柱～21階床	42	D社	川砂利・川砂	9	N	37	165	N37	冬期

*建築研究グループ

^{*2}大阪本店建築部技術グループ

表－２ 骨材の物性（上段：粗骨材、下段：細骨材）

生コン工場	使用骨材	産 地	表乾密度 g/cm ³	吸水率 %	粒形判定実積率 %	実積率 %	粗粒率 %
A社	川 砂 利	天 竜 川 水 系	2.65	0.88	—	64.7	6.98
	川 砂	天 竜 川 水 系	2.63	1.38	—	—	2.69
B社	砕 石	愛知県豊橋市	2.70	0.70	57.8	58.2	6.60
	川 砂	天 竜 川 水 系	2.62	1.45	—	65.9	2.66
C社	砕 石	静岡県浜松市	2.71	0.66	57.2	58.6	6.61
	川 砂	天 竜 川 水 系	2.64	1.19	—	65.3	2.77
D社	川 砂 利	天 竜 川 水 系	2.65	0.79	—	64.3	6.97
	川 砂	天 竜 川 水 系	2.61	1.59	—	—	2.72

表－３ 受入れ検査・構造体コンクリート検査結果

			受け入れ検査結果 (標準水中養生28日強度)					構造体コンクリート検査結果 (簡易断熱養生91日強度)					
生コン 工場	調査記号	Fc N/mm ²	調合強度 N/mm ²	データ数 n	平均 N/mm ²	標準偏差 N/mm ²	変動係数 %	データ数 n	平均 N/mm ²	標準偏差 N/mm ²	変動係数 %	2σS ₉₁ 値	
												設定値	平均値
A社	L32	60	70.8	20	75.6	4.6	6.1	20	72.5	3.5	4.9	0	3.1
B社	L37	54	63.6	15	61.5	3.0	4.9	15	65.0	2.2	3.4	0	-3.5
C社	N34	48	69.6	18	68.5	2.9	4.2	18	61.1	2.0	3.2	12	7.5
D社	N37	42	56.4	18	60.2	3.6	5.9	18	61.0	3.9	6.4	9	-0.8

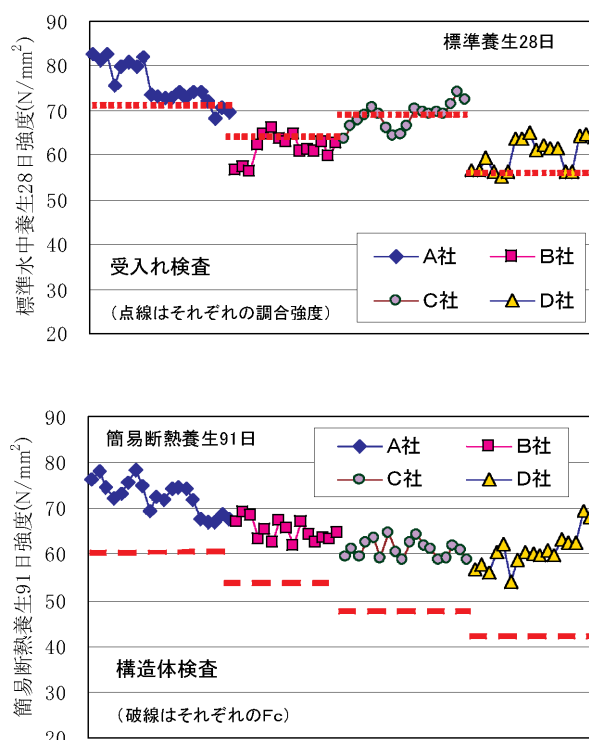
今回の骨材の物性値の例を表－２に示す。粗骨材の吸水率について、川砂利の吸水率はA社：0.88%、D社：0.79%、碎石の吸水率はB社：0.70%、D社：0.66%であった。川砂利と碎石の吸水率はほぼ同程度であり、川砂利の吸水率は前述の砂利15種類の平均値よりはるかに小さく碎石12種類の平均値よりも小さな値であることから、今回の川砂利は高品質の部類に属するものであることがわかる。また、細骨材は4社とも同一水系の川砂であるが、表乾密度、吸水率、粗粒率はそれぞれ少しずつ値が異なっている。これは、採取地や採取時期および試験などの微妙な相違を反映していると思われる。

3. 結果及び考察

3.1 強度試験結果

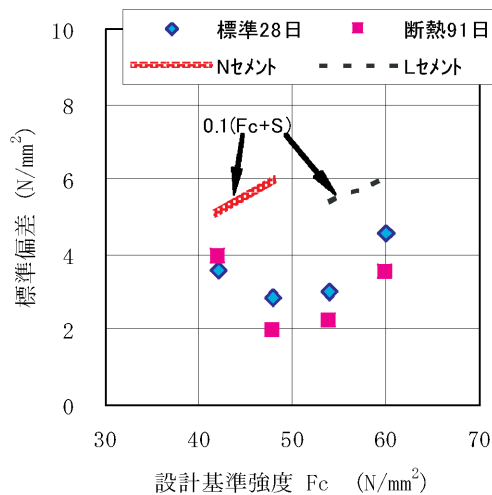
表－３に受入れ検査および構造体コンクリート検査の強度試験結果を示す。図－１は強度試験結果の推移をグラフに示したものである。データは1回の試験値（3本の平均値）を集計している。

受入れ検査の強度では、川砂利の2社は調査強度に対して約4～5N/mm²上回り、やや余裕のある結果であった。碎石の2社は調査強度を約1～2N/mm²下回っているがほぼ調査強度通りと考えられる。一方、変動係数に着目すると、調査強度に対して平均値が上回った川砂利の2社が共に約6%、碎石の2社が4～5%であり、川砂利の方



図－１ 強度試験結果

がやや大きい結果であった。標準偏差でみれば図－２に示すように4社とも調査設計上の標準偏差0.1（Fc+S）よりも小さな値であり、標準偏差の設定は妥当であったと考えられる。なお、前述の報告書¹⁾中のデータによる



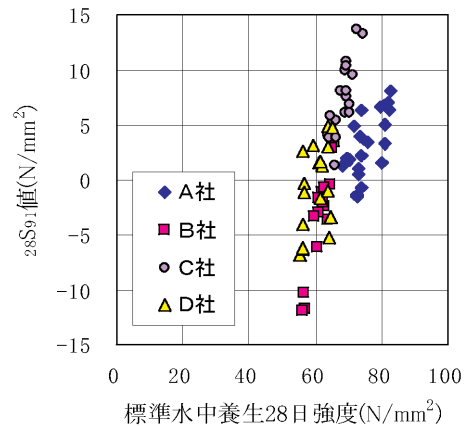
図－２ Fcと標準偏差

と、水セメント比40%スランブ8cmの調合の標準水中養生28日強度試験結果は、砂利15種類の平均が453.8kg/cm²、碎石12種類の平均が484.2kg/cm²であった。この強度の平均値および標準偏差を、碎石を100%とした比率で表現すると、川砂利を用いたコンクリートの場合は、碎石の場合と比較して強度では6%小さく、標準偏差では24%大きい結果となる。今回の結果では強度に関しての川砂利と碎石との単純比較は難しいが、標準偏差の傾向についてはよく似た傾向を示していることがわかる。

簡易断熱養生²⁾のテストピースを用いた構造体検査の強度においては、Fc60のA社、Fc54のB社がともにFcに対して約20%上回った。Fc48のC社、Fc42のD社は約30%～50%大幅にFcを上回った。特にD社はFcとの差が大きい。これは、標準養生の結果からわかるようにやや安全側に製造したこと、後述のS値が設定値を大きく下回ったことなどが理由として考えられる。強度の変動については受入れ検査の結果と同様に、川砂利の2社が4.9～6.4%、碎石の2社が3.2～3.4%であり、川砂利の方がやや大きかった。しかし図－2に示すように受入れ検査における結果とほぼ同様の傾向であり、4社とも調合設計上の標準偏差0.1 (Fc+S) を十分に下回る値であった。

3.2 S 値の結果 (28S₉₁)

図－3 および表－3 に、S 値の結果を示す。L32では設定値0N/mm²に対して平均値が3.1N/mm²とやや大きな値となった。これは、冬期の低熱セメントにおける、低温による強度発現の鈍化によると考えられ、本来の主旨である初期の高温履歴による強度発現の阻害によって生じているものではないと考えられた。このようなケースについては、強度管理上慎重な判断が必要になる³⁾。



図－３ S 値 (28S₉₁) の結果

L37,N34はほぼ設定値通りと判断できる結果であった。N37では設定値よりもかなり小さくなった。これは、普通セメントの冬期のS値については部材断面が小さい場合の強度発現不足を考慮してS値を高めに（安全側に）設定していることが理由の一つと考えられる。このように、川砂利を用いた2社のS値は設定値と少し差のある結果となったが、これは粗骨材の影響によるものではなく打設時期およびセメントの影響によるものと考えている。なお、簡易断熱養生の供試体で構造体の強度管理を直接的に行う手法は、図－3のような打設時期などによるS値の実質的な変動を含んだ値で管理できるため、より本質に近い管理手法であると考えている。

4. まとめ

川砂利・川砂を用いた60N/mm²クラスの高強度コンクリートを実施工に使用し、主として強度の面から検討した。その結果、吸水率が小さい良質な川砂利であれば、60N/mm²クラスの高強度であっても強度発現や変動に大きな問題はなく、一般に行われている（碎石と同様の）調合設計および強度管理手法の適用が十分可能であると判断できた。今後、さらにデータを積み重ねて、適材適所で骨材を効率的に活用できるようにしたいと考えている。

〔謝辞〕

各生コン工場の品質管理担当者、デリバリー担当業者、打設を担当した協力業者、作業所の担当職員の皆様に、あらためて感謝申し上げます。

[参考文献]

- 1) セメント協会：コンクリート専門委員会報告F-31
「粗骨材の品質がコンクリートの諸性質におよぼす
影響」、1979.6
- 2) 立松和彦、山崎順二：簡易断熱養生による高強度コ
ンクリートの構造体強度の品質管理およびS値、日
本建築学会技術報告集 第15号、pp.11-14, 2002.6
- 3) 立松和彦ほか：超高層建物の大断面CFT柱へ圧入し
た高強度コンクリートの品質管理結果、日本建築学
会大会学術講演梗概集 A-1、pp.523-524, 2004.8