

「高強度コンクリート」の調査報告

財建築コスト管理システム研究所
新技術調査検討会

1 はじめに

高強度コンクリート開発の歴史は高層 RC 造建築物開発の歴史でもある。1974年に東京の椎名町に建設された18階建のアパートに、当時としては高強度なコンクリートである設計基準強度300 kgf/cm²のコンクリートが使用され、このことを契機として日本建築学会では1977年に高強度コンクリート設計・施工指針を制定した。

その後、大手建設会社を中心に高層 RC 造について、構造解析手法や構造実験、施工方法の開発が進められてきたが、高強度コンクリート開発を加速させたのは1988年から5ヵ年に亘って実施された「鉄筋コンクリート構造物の超軽量・超高層化技術の開発（通称：New RC 総プロ）」であるといわれている。ここでは設計基準強度600~1200kgf/cm²を目標に設計・施工技術の研究・開発が行われた。高強度コンクリートの材料、調合、性質、施工性、施工標準を研究したこのプロジェクトから膨大な研究成果が得られ、60N/mm²までの高強度コンクリートの施工標準化、高性能 AE 減水剤の普及などをもたらしたといわれている。

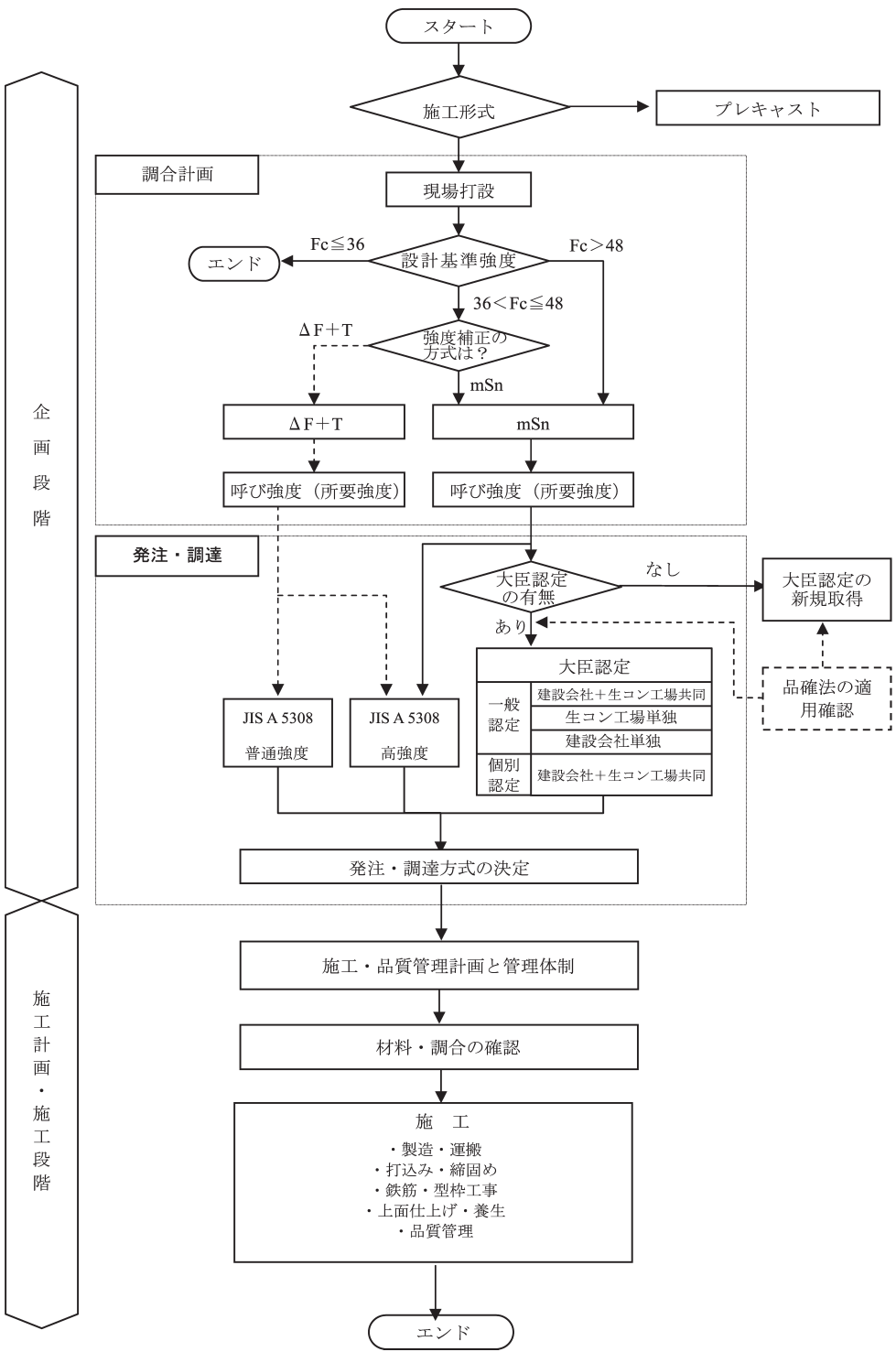
一方、2000年の建築基準法の改正に伴い、JIS A 5308レディーミクストコンクリートの品質に適合しない高強度コンクリートは国土交通大臣の認定が必要になり、さらに2003年の JIS A 5308 の改定に伴って呼び強度45までが普通コンクリートとなり、呼び強度50、55、60がレディーミクストコンクリートの種類として高強度コンクリートとされた。

高強度コンクリートは一般強度のコンクリートと使用材料が大きく異なるわけではないが、調合計画や性状、および品質管理面、さらには調達の特特殊性など、注意すべき点は多くある。

ここでは主に高強度コンクリートの材料、施工技術の現状について概略を紹介する。

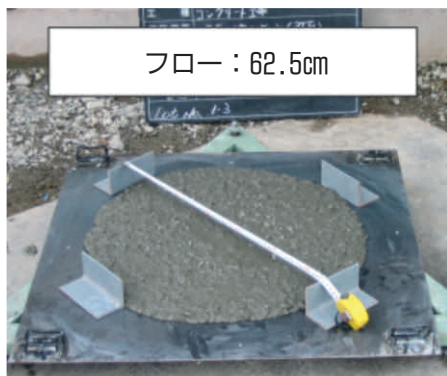
2 高強度コンクリート使用の流れ

高強度コンクリートの企画段階から施工計画、施工段階のフローを示す。



3 高強度コンクリートの特徴

高強度コンクリートの製造は水セメント比を小さくすることで行う。施工における作業性（ワーカビリティ）を確保するには技術革新が必要であったが、減水効果の高い混和剤の開発がそれを可能にした。このような背景から、高強度コンクリートには以下のような特徴がある。



高強度コンクリートのフレッシュコンクリート試験状況写真（スランプフロー）

- ・粘性が大きく、材料分離抵抗性は高いが、作業性（ワーカビリティ）は悪い。
- ・ポンプ圧送の際には圧送負荷が大きい。
- ・柱、梁などの部材断面の大きい部材に使用すると初期に高温履歴を受け、長期的な強度増進は停滞する傾向がある。
- ・自己収縮が大きい。
- ・中性化はほとんど進行しない。
- ・硬化セメントペースト部の組織が緻密なため火災の際に爆裂がおきやすい。
- ・強度確保の為に空気量を抑えることが多いが、凍結融解作用に対する抵抗性確保のためには空気量を普通コンクリートと同様に4.0%以上確保する必要がある。

4 高強度コンクリートの建築基準法上の取扱い

先にも記したように、高強度コンクリートについては2000年に建築基準法・同施行令が改正された結果、法第37条（建築材料の品質）第1号に適合しない指定建築材料として、同条第2号により国土交通大臣による「構造方法等の認定」を取得することが要求されることになった（ここでは大臣認定と呼称する）。大臣認定の対象となるのは JIS A 5308-2003レディーミクストコンクリートに該当しないコンクリートであるが、新 JIS マーク表示制度に基づく製品認証を取得していない場合の呼び強度が45を超えて60までの範囲のものも含まれる。

大臣認定を取得するには指定性能評価機関（別表参照）で性能評価を受ける必要がある。性能評価の申請方式には大きく分けて以下の3つのパターンがある。

- ① 建設会社とレディーミクストコンクリート会社が共同で申請する場合
- ② レディーミクストコンクリート会社が単独で申請する場合
- ③ 建設会社が単独で申請する場合

いままでは①が最も一般的な申請方式だったが、現在は②もかなり多いようであり、③は少ないようである。

性能評価審査を受けるための申請図書などの詳細は省くが、構造体コンクリートの圧縮強度が担保できる検討資料は必要となる。通常は大臣認定取得を目指すコンクリートについてセメント水比と圧縮強度の関係式及び構造体コンクリートの圧縮強度と標準養生供試体の圧縮強度の関係を明らかにした強度補正值を求める実機実験の結果が求められる。技術資料としてその他必要なものは練り混ぜ方法、時間、フレッシュコンクリートの性状、経時変化データなどである。

別表 指定性能評価機関一覧

指定性能評価機関	住 所	電話番号
(財)日本建築センター 評定部構造課	〒101-8986 東京都千代田区外神田6-1-8	03-5816-7511
(財)建材試験センター 性能評価本部性能評定課	〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル	048-920-3816
(財)日本建築総合試験所 建築確認評定センター	〒540-0024 大阪市中央区南新町1-2-10 フルサトビル	06-6966-7600
(株)都市居住評価センター 特別検証法事業部	〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-1-21 新虎ノ門実業会館3階	03-3504-2384
(財)ベターリビング	〒102-0071 東京都千代田区富士見2-14-36 FUJIMI WEST	03-5211-0599

5 高強度コンクリートに使用する材料・調合・品質管理

① 材料

- ・高強度コンクリートには中庸熱や低熱ポルトランドセメントなどの低熱系セメントが適している。超高強度用としてシリカフェームやスラグ石膏などを普通ポルトランドセメントや低熱ポルトランドセメントにブレンドしたセメントも使用されている。
- ・骨材として、粗骨材は砂利より砕石が適している。また、骨材岩種も影響し、一般には硬質砂岩や安山岩砕石を使用した場合の方が石灰石砕石を使用した場合より強度が高い。
- ・練混ぜ水は回収水を使用してはならないとされている。
- ・混和剤は高性能 AE 減水剤、高性能減水剤が使用されるが、近年の製品の進歩は著しく、施工性やスランプフロー保持性も格段に改良されている。
- ・混和材としてはシリカフェーム、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、石灰石微粉末、スラグ石膏系

混和材などが用いられる。また、80N/mm²以上の強度の場合、爆裂対策として合成繊維を添加することも行われている。

② 調合

- ・調合強度は標準養生した材齢28日の圧縮強度で表す。

③ 品質管理

- ・高強度コンクリート品質管理委員会を設置し、施工計画、品質管理の指導・確認を行う。
- ・フレッシュコンクリートの検査は最初の5台を全車実施することが望ましい。
- ・基本的に大臣認定書の規定通りの検査頻度、判定基準で実施しなければならない。

6 高強度コンクリートの施工技術

- ・ポンプ圧送においては高強度コンクリートは水平管内圧力損失を実験で確認して行うことが望ましい。スランプロスやフローロスに注意する必要がある。
- ・超高強度コンクリートの打設時にコンクリートバケットを使用することもある。この場合はポンプの場合のような圧力によるスランプロスは生じないが、打設速度が遅いという欠点もあり、施工計画時に十分な検討を要する。
- ・締固めには通常、高周波振動機を用い、巻き込み空気を排除する。
- ・高強度コンクリートの特徴である粘性の強さとブリーディング水が少ないことにより上面のこて仕上げは難しい。又、打設直後のプラスチック収縮ひび割れ防止対策として養生剤散布やゴムマット養生を実施することが多い。



施工状況写真(1) 床用養生仕上げ剤散布



施工状況写真(2) ゴムマット養生

7 高強度コンクリートのコスト

高強度コンクリートの開発コストは設計基準強度によって大きく違いがあるが、その使用材料、実機確認、大臣認定作業等にかかる下記のような開発コストが大きな要因である。

- ① 特殊セメント開発コスト（セメントメーカー）
- ② 混和剤開発コスト（混和剤メーカー）
- ③ 調合決定に至るまでのコンクリートの実験コスト（ゼネコン単体もしくはゼネコン+生コン工場、あるいは生コン工場単体—これは認定取得の方式による）
- ④ 国土交通大臣認定取得に関わる事務的成本（ゼネコン単体もしくはゼネコン+生コン工場、あるいは生コン工場単体—これは認定取得の方式による）

設計基準強度 $70\text{N}/\text{mm}^2$ 以下であれば①は必要ないが、 $80\text{N}/\text{mm}^2$ 以上では必要な調合もあり、 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以上では①～④全てが必要である。①、②については具体的に把握するのは難しいが、③、④については可能である（ただし、③の実験もいくつか方法があり、最もコストを要する場合をベースとする）。超概算ではあるが、金額の目安は下記程度と想定される。

設計基準強度 $70\text{N}/\text{mm}^2$ 以下の場合	200～300万円
設計基準強度 $80\text{N}/\text{mm}^2$ 以上～ $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以下の場合	500～700万円
設計基準強度 $100\text{N}/\text{mm}^2$ を超える場合	1000万円以上

開発当初には本来これらのコストを反映した生コン単価となるべきではあるが、通常は施工者や生コン会社の技術開発経費として処理されていて、直接生コン単価には含まれないのが現状である。

各地区の生コンクリート協同組合では生コンクリートの共通単価を定めた生コンクリート価格スライド表を発行している。

一例として、東京地区生コンクリート協同組合から発行されている生コンクリート価格スライド表（平成21年4月1日付）によれば、JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）に定められている呼び強度範囲のものが示されている。それらを上回る強度については工場別に調合（使用セメントや水セメント比、使用骨材など）が異なるケースも多く、工場単位でコストが決められているようである。

尚、生コンクリート価格スライド表は各地区の生コンクリート共同組合より入手することができる。

一般に高強度コンクリートが使われるケースの多い、RC造マンションでの高強度コンクリートを使用した場合のメリットとしては、

- ① 通常設計時より柱寸法を小さくでき、使用可能面積が増える。
- ② 柱スパンを広くすることができ、居室の使い勝手がよくなる。
- ③ 剛性が大きく、地震時などの揺れが少ない。
- ④ 中性化速度が遅くなり、建物の耐久性が向上する。

等が考えられ、 $150\text{N}/\text{mm}^2$ の超高強度コンクリート使用による超高層建築物も実現している。

これからも高強度コンクリートの性能向上、施工技術高度化に注目する必要がある。