

第 I 編 高強度コンクリートの
強度管理および標準化に関する研究

1. 序論

1.1 はじめに

建築基準法施行令第74条「コンクリートの強度」では、設計基準強度との関係において安全上必要なコンクリートの強度を確認する場合に、国土交通大臣が定める基準に適合するものであることが規定されている。第74条「コンクリートの強度」に規定される国土交通大臣が定める基準とは、建設省告示(現国土交通省告示)第1102号のことである。

1.1.1 建築基準法第37条に関連した課題

建築物の基礎、主要構造部その他安全上重要である部分に使用する建築材料で国土交通大臣が定める指定建築材料は、建築基準法第37条によって国土交通大臣が指定する日本工業規格(JIS)に適合するもの、または国土交通大臣が基準に適合するものとして認定したものでなければならない。鉄筋コンクリート造建築物に使用するコンクリートについて国土交通大臣が指定しているJISは、現在はJIS A 5308-2003(レディーミクストコンクリート)である。JIS A 5308では、コンクリートの種類のうち普通コンクリートについては呼び強度45までが、また高強度コンクリートについては呼び強度60までが規定されている。したがって、呼び強度60の高強度コンクリートで対応できない設計基準強度の高強度コンクリートについては国土交通大臣が認定したコンクリートでなければならないことになる。高強度コンクリートについては、JIS A 5308に規定する高強度コンクリートの呼び強度60以下のJIS適合品と国土交通大臣認定品とが共存している状態にあり、これらの関係を整理することが必要である。

1.1.2 建築基準法施行令第74条および告示第1102号に関連した課題

建築基準法施行令第74条では、鉄筋コンクリート造建築物に使用するコンクリートの強度については、設計基準強度との関係において国土交通大臣が安全上必要であると認めて定める基準に適合するものでことと定めている。この安全上必要であると認めて定める基準については、昭和56年6月1日建設省第告示1102号(最終改正 平成12年5月31日建設省告示第1462号)(以下、告示1102号)および昭和56年6月15日建設省住宅局建築指導課発160号(コンクリートの強度に関する基準の制定について(通知))で次のように定めている。

- 1) コンクリートの圧縮強度試験に用いる供試体で現場水中養生またはこれに類する養生を行ったものについて強度試験を行った場合に、材齢が28日の供試体の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値以上であること。現場水中養生に類する養生とは現場湿砂養生である。
- 2) コンクリートから切り取ったコア供試体またはこれに類する強度に関する特性を有する供試体について強度試験を行った場合に、材齢が28日の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値に10分の7を乗じた数値以上であり、材齢が91日の供試体の圧縮強度の平均値が設計基準強度の数値以上であること。コア供試体に類する強度特性を有する供試体とは現場封かん養生した供試体である。

また、特別な調査または研究の結果に基づき構造耐力上支障がないと認められる場合は、上記1)、2)以外の規定に基づくことも認めている。

昭和56年に告示1102号が施行される以前は、いずれの種類の供試体の圧縮強度が設計基準強度の数値以上でなければならないかということについて法的な規定はなかったが、当時、日本建築学会の「建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」(以下、JASS 5)において現場水中養生や現場湿砂養生した供試体と規定されており、これが広く適用されていた。また、マスコンクリートの場合には、現場水中養生した供試体の強度は構造体中のコンクリート強度と類似の強度特性を有しないと

して、標準養生した供試体の圧縮強度を基に強度管理をすることとしていた。現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度以上でなければならないということから、JASS 5 では調合設計に際して予想平均気温によるコンクリート強度の補正值 T を定めていたが、寒冷期には温度補正值 T が大きくなり、材齢が 28 日以降の長期材齢で強度が高くなり、構造体中でバランスが取れないという弊害が指摘されていた。そこで、昭和 56 年施行の建築基準法施行令の改正に際して、コンクリート強度の管理基準を定めたときに、寒冷期における温度補正值を低減させるために長期強度（材齢 91 日）で強度管理を行う方法を定めることとなった。このとき、従来の JASS 5 で行われていた強度管理方法である現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度に加えて、コア供試体またはそれに類する強度特性を有する現場封かん養生供試体の材齢 91 日の圧縮強度による管理方法が規定された。さらに、材齢 91 日で設計基準強度以上という条件だけでなく、材齢 28 日で設計基準強度の 0.7 倍を満足することという条件が加わった。この理由として、材齢 28 日において構造体中のコンクリート強度は短期許容応力度（設計基準強度の 2/3）以上に達していることが必要である、ことが考慮されたと考えられるが、詳細は不明である。

一方、告示 1102 号が施行された昭和 56 年当時は、高強度コンクリートを使用した鉄筋コンクリート造による高層建築物の設計・施工の事例は極めて少なく、高層建築物は鉄骨鉄筋コンクリート造によって設計・施工されていたが、やがて流動化剤などの化学混和剤の開発にともなって施工性のよい高強度コンクリートが製造できるようになると大手建設会社を中心に高強度コンクリートを使用する高層建築物の設計・施工の事例が表れ始めた。このとき、高強度コンクリートの強度管理用の供試体には現場水中養生した供試体を使用されたが、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度以上であっても、構造体中でのコンクリートの強度は設計基準強度に達していないこともあり得るとして、昭和 61 年に改定された JASS 5 では、高強度コンクリートについては、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度の 1.1 倍以上であるときに合格とした。

高強度コンクリートを使用する高層の鉄筋コンクリート造建築物については、日本建築センターの高層鉄筋コンクリート造建築物の技術評価委員会（後に、技術指導委員会に移行）において設計・施工法の審査が行われ、特に施工法については実大の柱および柱・梁接合部を模擬した部材の施工実験が行われ、高強度コンクリートが確実に充填され、構造体中の圧縮強度（コア供試体の圧縮強度）が材齢 28 日または 91 日以内に設計基準強度以上になっていることを確認することが求められた。また、1988 年～1993 年度の建設省総合技術開発プロジェクト「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発」（以後、NewRC 総プロという）では、高強度コンクリートの調合設計、強度管理方法として、標準養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度と構造体または構造体を想定した模擬部材から切り取ったコア供試体の材齢 91 日の圧縮強度との差を S 値（構造体強度補正值）として、調合設計では設計基準強度に S 値を加えた値を管理強度または指定強度とし、強度管理では標準養生した供試体の圧縮強度の試験値から S 値を差し引いた値が設計基準強度以上であれば合格とする基準を提唱した。一方、普通強度のコンクリートについても、暑中期にはやはり現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度が設計基準強度以上であっても構造体から切り取ったコア供試体の圧縮強度が設計基準強度以下であったという事例がいくつか報告され、1997 年に改定された JASS 5 では、現場水中養生した供試体の材齢 28 日の圧縮強度は設計基準強度に ΔF ($=3 \text{ N/mm}^2$) を加えた値以上でなければならないとされた。

近年、環境負荷低減を目的として高炉スラグやフライアッシュを使用した混合セメントやそれら混和材の建築用コンクリートへの利用拡大が考えられている。これらの混合セメントや混和材を使用し

たコンクリートは原材料での二酸化炭素の排出量が少ないとされているが、一方、コンクリートに使用した場合には初期強度の発現が遅く、寒冷期に現場封かん養生した供試体の圧縮強度が材齢 91 日で設計基準強度以上になっていても材齢 28 日では設計基準強度の 0.7 倍に達していないことがあると考えられる。このような低発熱型の混合セメントや混和材を使用したコンクリートは多くの場合マスコンクリートに使用され、構造体中ではマスコンクリートの水和熱によりコンクリートの温度が上昇するため、構造体から切り取ったコア供試体の場合には材齢 28 日で設計基準強度の 0.7 倍に達すると考えられるが、温度上昇の影響を受けない現場封かん養生した供試体では 0.7 倍に達しない場合もあり、適切な基準とは言えない。

以上、現行の告示 1102 号の規定で強度管理した場合、表 1.1.1 に示すような問題点および課題が上げられ、鉄筋コンクリート造等の建築物に使用するコンクリートの強度の基準として必ずしも合理的、適切とは言えない事例が散見されており、早期の見直しが必要と考えられる。なお、見直しに際しては、旧建設省の NewRC 総プロで提唱され、2009 年改正の JASS5 で取り入れられた構造体強度補正值 (S) の考え方が参考になると考えられる。

本研究は、構造体中のコンクリートが設計基準強度を発現することを担保するために安全上必要な強度の強度管理方法の合理化とコンクリートの多様化への対応を目的に、①日本工業規格における建築用高強度コンクリートの規格の構成等に関するあり方の方向性とその原案についての知見、および建築基準法第 37 条に基づき国土交通大臣の指定する日本工業規格に位置づけるために必要な技術資料の蓄積、②高強度コンクリートの大臣認定の既往データをもとに、使用材料、調合、コンクリート温度等の相違に基づく圧縮強度および構造体強度補正值等の統計的な知見の蓄積、③高強度コンクリートの構造体強度補正值を定めるための試験法および評価方法に関する知見の蓄積を行った。

ここでは、以下の 3 項目について報告する。

- (1) 建築用高強度コンクリートの日本工業規格の構成と問題点についての検討結果
- (2) 打込み時期、結合材の種類、水結合材比、部材の種類を要因とした、構造体コンクリート強度と標準養生、現場水中養生、現場封かん養生した管理用供試体の強度発現性についての検討結果
- (3) 普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントおよび低熱ポルトランドセメント等を用いたコンクリートの構造体強度補正值(S)についての検討結果

表 1.1.1 コンクリートの強度管理の基準とその問題点および課題

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">建築基準法 施行令</p>	<p>第 74 条 コンクリートの強度</p> <p>第一項第二号 設計基準強度との関係において国土交通大臣が安全上必要であると認めて定める基準に適合するものであること。 (以下略)</p>
	<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">告示</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">問題点・課題</p>	

1.2 実施体制

本研究は、国立研究開発法人建築研究所（以下、建築研究所と略す）と平成 26 年度国土交通省建築基準整備促進事業 S16（指定建築材料ごとに国土交通大臣が指定する日本工業規格における高強度のコンクリートの追加に関する検討）の事業主体（日本大学を幹事とする東京都市大学、ものづくり大学の 3 機関で構成）との間で共同研究協定書を締結して実施した。

また、研究の実施にあたっては建築研究所と事業主体の他、行政、評価機関、大学、ゼネコン、生コン製造者団体、セメント製造者団体等から構成される「建築用高強度コンクリートの JIS 規格化に関する検討委員会」を設けて実施した。検討委員会の委員構成を表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 検討委員会委員名簿

	区分	氏名	所属
1	事業主体	梶田佳寛	日本大学理工学部建築学科特任教授
2	事業主体	中田善久	日本大学理工学部建築学科教授
3	事業主体	大塚秀三	ものづくり大学技能工芸学部建設学科准教授
4	事業主体	佐藤幸恵	東京都市大学工学部建築学科准教授
5	大学	阿部道彦	工学院大学
6	大学	湯浅昇	日本大学
7	大学	丸山一平	名古屋大学
8	記録	宮田敦典	日本大学
9	行政	鹿毛忠継	国土交通省国土技術政策総合研究所
10	共同研究者	棚野博之	建築研究所材料研究グループ長
11	共同研究者	宮内博之	建築研究所材料研究グループ
12	共同研究者	土屋直子	建築研究所材料研究グループ
13	行政	高木直人	国土交通省住宅局建築指導課
14	行政	歌代純平	国土交通省住宅局建築指導課
15	行政	宗像保男	経済産業省産業技術環境局国際標準課
16	施工者	依田和久	鹿島建設
17	施工者	陣内 浩	大成建設
18	施工者	一瀬賢一	大林組
19	施工者	西田 朗	清水建設
20	施工者	小島正朗	竹中工務店
21	生産者	藤本泰久	全国生コンクリート工業組合連合会
22	生産者	原田修輔	全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所
23	評価機関	永山勝	日本建築総合試験所
24	評価機関	坂本欣吾	日本建築総合試験所
25	評価機関	川口徹	ユーイック（株式会社 都市居住評価センター）
26	評価機関	鈴木澄江	建材試験センター
27	生産者	島崎 泰	セメント協会（オブザーバー）