

構造物躯体コンクリートの強度管理に関する研究（その1）

——研究計画概要——

SCCS 研究グループ

Strength Control of Concrete in Structures (Part 1)

——Outline of the Research Project——

SCCS Research Group

Abstract

The trend and problems in strength control of cast-in-situ concrete are discussed. The outline of the research project is explained, emphasizing the test program for strength development investigations on in-situ concrete. In the tests, columns, walls, beams and slabs of actual sizes are constructed in three seasons (summer, fall, winter), and concrete strengths are examined from cored specimens. Curing conditions of concrete such as temperature and humidity are recorded at the same time to analyze the strength-developing mechanism of concrete. Results obtained from the tests and considerations thereof are reported in Part 2 and Part 3. Additional several papers will be published in the near future on this thesis.

概 要

（その1）では、構造物躯体コンクリートの強度管理をめぐる昨今の研究の背景をのべ、続いて、構造物躯体コンクリートの強度発現に関する実態調査を中心に研究計画の概要を説明した。実大模擬部材による実験では、柱・壁・はり・床スラブの4種類の部材を、夏・秋・冬の3シーズンにわたって製作し、その強度発現の実態をコア供試体を抜取ることによって調査した。また、現位置におけるコンクリートの温度、湿度などコンクリートの養生条件も同時に測定し、コンクリートの強度発現のメカニズムを解析する際の資料とした。今回の実験結果、および、それによって得られた知見を（その2）、（その3）において説明した。尚、今後引き続き（その4）以降数編の続報を発表する予定である。

1. 緒 言

現場で打設するコンクリートの強度管理としては、生コンクリートの受取りに際し製品として所定の品質が確保されているかどうかの管理と、打設後のコンクリートが構造体として十分な強度発現をしているかどうかの管理の2つの側面がある。従来は前者の管理に重点がおかれ、しばしば前者の管理が後者の管理を兼用するように扱われてきたが、先年欠陥生コン事件が頻発して以来、構造物の品質をより最終的に保証するという立場から、後者の管理が重要視されるようになった。我国の建築構造物に関して言えば、現状では双方の管理が義務づけられている。

一方、構造物躯体コンクリートの強度は、打設時に採取したシリンダー（通常は現場水中養生したもの）の強

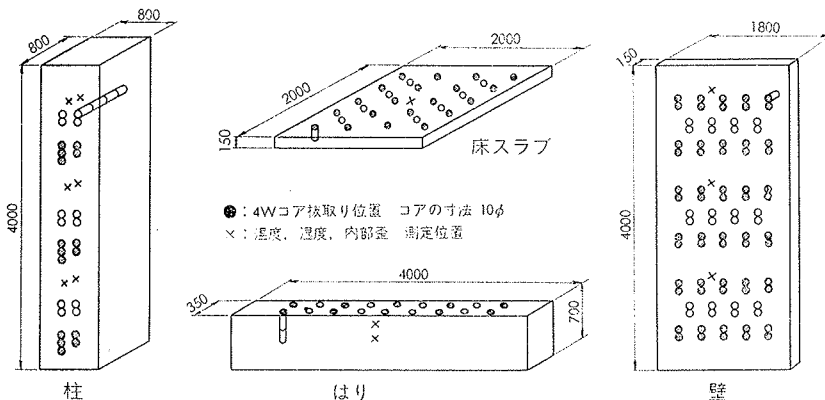
度から推定するのが普通である。しかしながら打設したコンクリートの強度発現は、施工時の条件・養生の条件により著しく変化するので、打設時に採取したサンプルの強度と実際の構造体強度との対応関係は未だ明確に確立されてはいない。当然のことながら構造物躯体の各部位によって強度発現の差が生じるわけであるが、管理用シリンダーの強度が構造物躯体コンクリートのどの部分とどのようにして対応しているかも明確に定義されていない。

更に、上述の対応関係が明らかになったとして、構造物躯体コンクリートの強度分布がどのような状態にあれば合格とするのかという判定基準も必ずしも明確ではない。現行の品質判定基準は、強度に対する信頼性を確保しつつ、一応の経済性が得られるような一定の不良率（設計基準強度に対する）を容認する立場をとっている。

しかし、構造設計をする場合には、強度的に均一な部材として扱うのが通例であるから、設計基準強度を下廻るものの許容基準について、設計者間の見解が統一されているとは言い難い。これを更に突込んで言及すれば、許容応力度に対する設計基準強度の安全率の中に材料・施工上の要素が含まれているのかいないのか、含まれているとすればどの程度の割合かという問題にも関係している。また、或程度の不良率を認めるとしても、不良部分が構造体のどこに生じているかによって判断が異なるという意見も多く、この点からも現位置におけるコンクリート強度の正確な実態の把握が要望されている。

次にコンクリートの品質管理に関し、現行の我国の基準・制度（但し建築関係）と諸外国のそれとを比較してみると、制度として構造物躯体コンクリートの直接的な強度管理を義務づけているのは我国の他になく、あっても任意に行われている程度であることが判る。大半の国におけるコンクリートの品質管理では、現場におけるコンクリートの受取りの管理が中心であって、ポテンシャルとして十分な品質のコンクリートが施工されれば、構造体としても良いコンクリートになる筈だと割切っている。また、気温による強度の温度補正という概念も我国の建築用コンクリート独得のもので、気温が低く初期の強度発現が低くても、ポテンシャルが充分あれば、いずれ所定の強度に到達するだろうという考えから諸外国では特に温度による補正をしていない。従って、構造物躯体コンクリートの強度管理という面ではむしろ我国のほうがより厳しい考え方に立っており（建築用コンクリートの場合）、直ちに参考になりそうな諸外国の事例は少ない。

また、温度補正について言えば、受取り時の管理において合格と判定されたものが、構造体の強度管理では不合格と判定されるなどして、夏期補正を含む現行規定による温度補正值の妥当性が問題になっている。



図一 部材寸法ならびに採取位置、各種計測点の位置（夏季はこれと若干異なる）

以上述べてきたことから、構造体コンクリートの強度管理をめぐる問題点としては、種々のものが山積していることが理解しえよう。本研究は、このような状況を背景とし、構造物躯体コンクリートの強度を管理するシステムを総合的に見直すべく、次の諸項目を調査・研究の主要項目にあげてスタートした。

- (1) 構造体コンクリートの強度発現の実態の把握
- (2) 強度発現差を生じさせる原因の解明
- (3) 実態に基づいたより合理的な強度管理法の模索

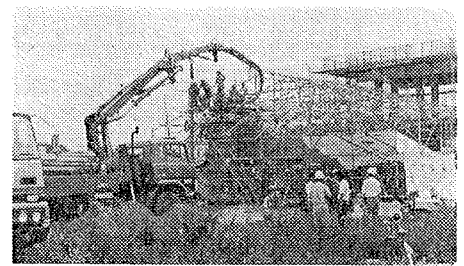
本報（その1）では、構造物躯体コンクリートの強度発現の実態を調査するために行った実大模型部材実験を中心に研究計画の概要を述べ、引続く数編の報文において、得られた研究の成果を報告する。

2. 今回の実大模擬部材実験の概要

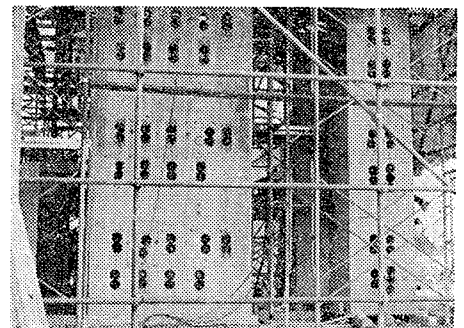
大林組技術研究所構内に実大寸法の柱、はり、壁および床スラブの4種類の模擬部材を製作し、その強度発現の実態をコア供試体を抜取ることによって調査した。コンクリートの打設は、年間を通じての実態が把握できるように、夏・秋・冬の3シーズンにわたって行い、特に夏および冬の打設日は、それぞれ打設後28日間の平均養生温度が年間で最高および最低となる時期を選定した。

2.1. 部材寸法とコア採取位置

各模擬部材は図一に示したように極く一般のRC部材の寸法に準拠し、また多数のコア供試体を抜取る関係上無筋コンクリートとした。コアの採取位置と本数は図一および表一に示した通りである。材令4週においては平均強度の他にバラツキも或程度の精度で推定できるような本数に割付けたが、材令2週および13週においては、平



写真一 コンクリート打設時の風景



写真二 模擬部材と抜取ったコアの穴

採取位置	打設時期	夏			秋・冬			
		2W	4W	13W	2W	4W	13W	
柱	上部	内側	4	10	4	8	20	8
		外側	4	10	4	8	20	8
	中部	内側	4	10	4	8	20	8
		外側	4	10	4	8	20	8
	下部	内側	4	10	4	8	20	8
		外側	4	10	4	8	20	8
壁部材	上部	4	10	4	4	20	4	
	中部	4	10	4	4	20	4	
	下部	4	10	4	4	20	4	
はり部材	上側	4	10	4	8	20	8	
	中心	4	10	4	8	20	8	
床スラブ		4	10	4	4	20	4	

表一 コア採取位置と本数

均強度の傾向が判る程度の本数とした。

2.2. コンクリート

対象としたコンクリートは、通常最も使用頻度の高いものとし、設計基準強度210 kg/cm²、スランプ18 cm、空気量4%の普通用コンクリートを選定した。(表一3参照)コンクリートの打設方法、養生方法とも極く一般の方法に拠ることを原則とし、打設はコンクリートポンプ工法を採用した。また締固め方法としては柱および壁部材では竹竿と木槌を、はり部材および床スラブでは内部バイブレーターをそれぞれ使用した。打設後の養生は、外気には接するが雨には曝されないように屋外の小屋内で行い、また、型枠は極く通常の存置期間を経過したのち脱型した。

3. 調査項目

調査した諸項目は表一4に示した通りである。強度発

W/C (%)	s/a (%)	セメント (kg)	水 (ℓ)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	ポゾリス (kg)	摘 要
59.4	45.5	315	187	802	977	0.787	夏季および秋季用
52.7	45.0	328	173	805	993	0.820	冬季用

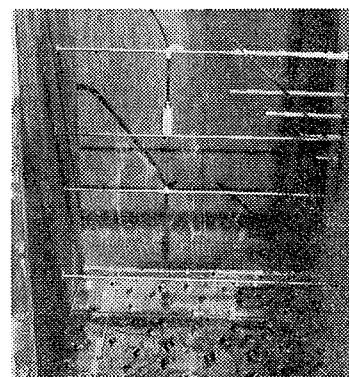
表一3 コンクリートの調合比(川砂利・川砂AEコンクリート)

実大模擬部材	管理用供試体
コア圧縮強度 (材令 2W、4W、13W) 柱——上中下、内外 壁——上中下 はり——上中 床スラブ ●スパーソニック法による非破壊試験 ●シュミットハンマーによる	各種養生シリンダーの強度 (材令 1W、2W、4W、13W) 標準水中 養生 " 封かん " " 気中 " 現場水中 養生 " 湿砂 " " 封かん " " 気中 "
熱電対による養生温度の測定 エース鋭感湿度計による内部湿度の測定 乾燥による内部歪の変化の測定	同上各種養生シリンダーの温湿度、内部歪変化、重量変化の測定 生コンクリートの出荷時、荷卸し時、ならびに打設中の品質変化 (スランプ、空気量、強度)

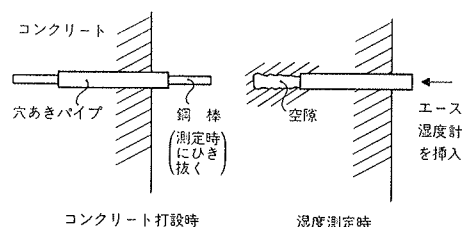
表一4 調査項目一覧 (各シーズンとも)

養生方法	材令	7日	14日	28日	91日	小計
標準水中養生		6	6	10	6	28
標準封かん養生		4	4	10	4	22
標準気中養生		4	4	10	4	22
現場水中養生		6	6	10	6	28
現場湿砂養生		4	4	10	4	22
現場封かん養生		4	4	10	4	22
現場気中養生		4	4	10	4	22

表一2 各種養生シリンダーの製作本数 (各シーズンとも)



写真一3 埋込み計器類 (カールソン, 熱電対, 湿度計)



図一2 コンクリートの内部湿度の測定法

現差が生じる原因を説明するために表一1のコア採取位置と対応する位置において、コンクリートの温度、湿度、内部歪を測定した。温度はC-C型熱電対により、湿度はエース鋭感湿度計を用い、また内部歪はカールソン型歪計によりそれぞれ測定した。構造体から採取したコアは、硫黄キャッピングを施したのち構造体中と同程度の湿気を保って強度試験に供した。コア採取による強度試験と併行して、シュミットハンマーおよびパンジットによる非破壊試験も実施した。また、表一2に示したように、コンクリート打設と同時に多数のシリンダー供試体 (10φ×20cm) を採取し、標準水中養生、現場水中養生を含む7種類の異なる養生を行い、構造物躯体コンクリートの強度発現性状と対比させた。

4. 研究グループの構成

SCCS (Strength Control of Concrete in Structures の略) 研究グループの構成は以下のとおりである。

- 高橋久雄, 久保田昌吾,
- 中根 淳, 永井 康淑,
- 長尾覚博, 川口 徹,
- 大池 武

(以上 材料第一研究室)

尚、一連の実験を遂行するにあたり、小野田セメント中央研究所、ポゾリス物産技術部、上陽生コンクリート試験室ならびに大林組東京本社建築本部工務部、技術本部建築技術部の多数の人達の協力を得た。付記して謝意を表する次第である。 (文責 中根 淳)