

平成22年 6月21日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2008年度～2009年度
 課題番号：20860087
 研究課題名（和文） 構造体コンクリートにおける中性化の予測精度向上による
 建築物の高寿命化技術の開発
 研究課題名（英文） On The Strength Characteristic and Carbonation
 of Concrete in Aged Structure
 研究代表者
 玉井 孝幸（TAMAI TAKAYUKI）
 独立行政法人国立高等専門学校機構米子工業高等専門学校・建築学科・准教授
 研究者番号：10511751

研究成果の概要（和文）：普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートにより、強度の違う高さ3.0m、幅7.4mの実大壁試験体を2体製作した。本年度はコンクリートのフレッシュ性状、材齢3日から6ヶ月までの圧縮強度、その他、非破壊検査（反発度、超音波伝播速度）を行い、試験体初期の基礎データを得た。また、今後、再現実験を行えるように、使用した材料（セメント、細・粗骨材）を取り寄せ、保管・保存した。

研究成果の概要（英文）：The result of built two wall models of 3.0m in height, 7.4m in width. The materials of the concrete were Portland cement, the water ratio was 40% and 50%. In this year, I went fresh properties, compressive strength and Non Destructive Inspection (rebound number, Supersonic wave communication speed) of the concrete. I stored materials (cement, fine aggregate, coarse aggregate) which I used to be able to perform a reproduction experiment 10 years later or 20 years later.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,330,000	399,000	1,729,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,530,000	759,000	3,289,000

研究分野：理工系

科研費の分科・細目：工学、建築学、建築構造・材料

キーワード：中性化、高寿命化、実大試験体、長期暴露試験、圧縮強度、非破壊検査

1. 研究開始当初の背景

鉄筋コンクリート構造において鉄筋位置におけるコンクリートの中性化は、鉄筋の腐食の開始を意味しており、腐食によって鉄筋断面が減少し構造耐力の低下、腐食に伴う鉄筋体積の膨張によってかぶりコンクリート

の剥落などが生じる。これにともない主要な構造部材に対して大規模な耐久性を回復する補修工事が必要になる。現在多くの建物で構造的な補強工事が行われ、建物の高寿命化が図られており、今後、構造的な耐震補強を行った建物では、耐久性回復を目的とした補

修工事を行うことが予測される。

耐久性向上の補修工事を行う時期を決定するために、鉄筋の腐食の開始時期は嵩らによって、鉄筋の配筋誤差を考慮した信頼性設計法は和泉らによって提案されており、耐久設計法的にはある程度、確立している。

耐久性設計上、重要なのは中性化の進行速度の予測である。一般的に中性化の進行予測は、フィックの第1拡散方程式を展開した材齢の平方根に比例して進行する \sqrt{t} 則に基づいており、岸谷、依田、および和泉によって中性化予測式が提案されている。

しかし、筆者は、実大壁試験体を材齢 25 年まで屋外で暴露を行い、材齢 2 年、4.5 年、15 年および 25 年と継続的に調査を行った結果、降雨の影響のある環境条件下では材齢の平方根よりも遅く、材齢の 1/3 乗に比例して進行することを明らかにした。また、コンクリート中の空隙量によって中性化速度が変化することも同時に明らかにした。現在実務で使用されている中性化予測式には降雨の影響およびコンクリート中の空隙量について考慮されていない。

2. 研究の目的

本研究は、コンクリートの長期材齢において中性化の進行速度を明らかにし、構造部材のおかれる環境条件およびコンクリートの品質を考慮した中性化予測式を提案することを目的としたものである。

筆者はすでに材齢 25 年におよぶ調査研究より降雨の影響のある場合は材齢の 1/3 乗であり、通説の 1/2 乗ではないことを明らかにした。しかし、コンクリートの強度の影響についての検討が不十分であり、RC 造建物の計画的な維持管理に展開するまでに至っていない。

そこで本研究では、実大試験体を作成し、継続的に強度及び中性化について調査研究を進め、調査結果をもとに環境を考慮した中性化予測式を作成することを目標とする。

3. 研究の方法

(1) 実大試験体

本研究では、室内試験体ではなく、柱・梁・壁を持つ、1 層 1 スパンの実大試験体を用いることが特徴である。図 1 に実大試験体の寸法、形状を示す。

本試験体は、米子工業高等専門学校の野球グラウンドとプールの間の敷地に設置することとした。

本試験体には、水セメント 40%、50% の 2 水準のコンクリートを用いる。また、壁の左側は降雨が直接当たるが、右側はアクリル板を張り、大気は通過できるが降雨は直接当たらないようにした部分を作った。

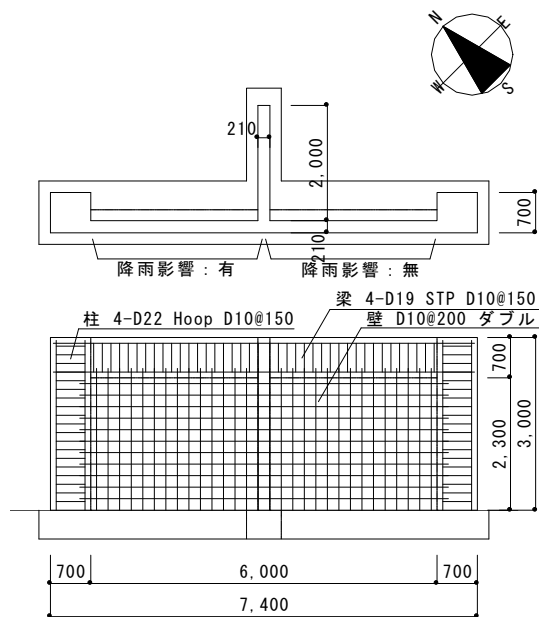


図 1 実大試験体の寸法・形状

表 1 実験項目一覧

実験項目	水準
フレッシュ試験 (生コン車毎)	スランブ試験、スランブフロー試験、空気量試験、単位体積質量試験、コンクリート温度
フレッシュ試験 (1 試験体につき 1 検体)	凝結試験 (雰囲気温度)、ブリーディング試験
標準養生供試体 (生コン車毎)	3、7、14、28、56、91 日、6 か月、1、2 年
封緘養生供試体 (生コン車毎)	28、56、91、6 か月、1、2 年
暴露供試体 (1 試験体につき 3 本ずつ)	15x15x53、10x10x40

(2) 実験概要

実験項目と水準を表 1 に示す。フレッシュ試験は、一般的なスランブ、空気量などの試験に加え、雰囲気温度での凝結試験、ブリーディング試験を行う。実大試験体には、コンクリート温度を測定するセンサーの他、コンクリート内部の湿度を測定するセンサーを埋め込む。これらの基礎データは、中性化の進行および構造体コンクリートの強度発現を分析する際に参考となるデータである。なお、平成 21 年度 6 月初旬にコンクリートを打込むことを予定しているので、本研究期間では表 1 の 6 か月の試験までが範囲となる。

(3) 材料の保存

本研究は、一般的なコンクリート実験と異なり、試験期間が 20 年と非常に長い。そのため 20 年後に何らかの結果がでて、さらなる分析を行う必要が生じた場合に対応でき

ないことがある。筆者と嵩が材齢 25 年に及ぶ実大試験体に対する調査研究をした際にも、再現実験を行うことを計画し、実施した。しかし 25 年も経過すると、セメントの品質は変わり、当時のコンクリートと同様な強度発現をする供試体を作成することはできず、さらなる分析はできなかった。その経験を踏まえ、同一ロットのセメントをドラム缶に詰め、缶の蓋部分を溶接して密閉して保管することとした。また、細骨材、粗骨材についてもレディミクストコンクリート工場より提供を受け、約 1000kg を保存することとした。

4. 研究成果

(1) フレッシュコンクリートの試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表 2 に示す。スランプおよび空気量は目標とする値を満足した。ブリーディングは、水セメント比 50% は 33cm^3 で、40% は 9cm^3 であった。凝結時間の始発および終結は、50% では 4.2 時間、5.7 時間で、40% では 6.3 時間、7.9 時間であった。ブリーディングが終了した時間は、凝結時間の終結時間と一致していた。柱中央部のコンクリート温度は、40% で最高温度は 72°C に達し、50% では 59°C であり、定常温度となるまでの日数は 5 日であった。測定結果を図 3 に示す。

(2) 硬化コンクリートの試験結果

① 圧縮強度

圧縮強度の結果について、標準養生供試体を図 3 に、封緘養生供試体を図 4 に、コアによる結果を図 5 に、コアの採取位置を図 6 に

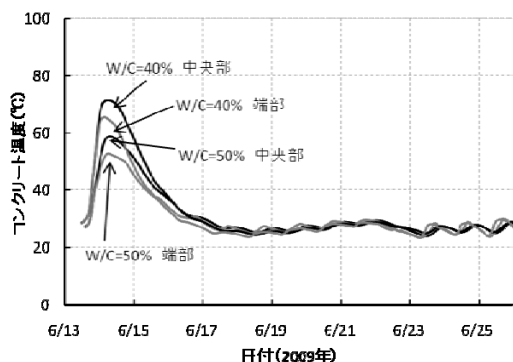


図 2 コンクリート内部温度の測定結果

表 2 フレッシュコンクリート試験結果

W/C (%)	番号	時間	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
40	No.1	9:24	53.0x53.0	4.8	27
	No.2	10:30	41.0x40.5	4.1	28
50	No.1	12:55	16.8	5.2	28
	No.2	13:45	18.5	3.6	28

示す。

標準養生、材齢 28 日の圧縮強度は、W/C=50% で 41N/mm^2 、40% で 57N/mm^2 であり、コア、材齢 91 日では 43N/mm^2 と 54N/mm^2 であった。コア強度と標準養生または封かん養生の供試体強度の関係について、50% の場合はコアと封かん養生が近似しているが、40% の場合は標準養生のほうが近似しており、強度が高くな

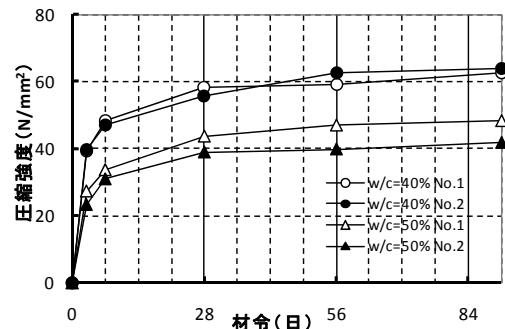


図 3 標準養生供試体圧縮強度試験結果

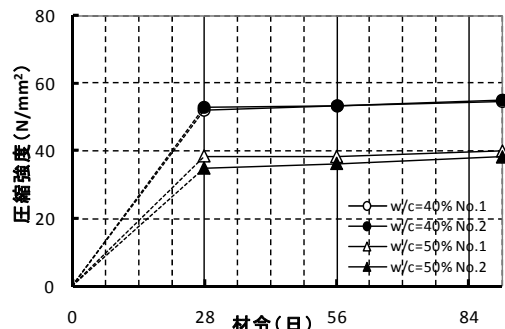


図 4 封緘養生供試体圧縮強度試験結果

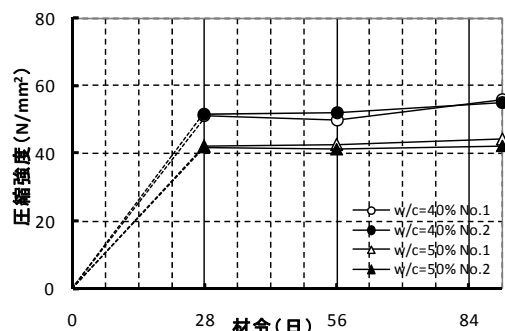


図 5 コア供試体圧縮強度試験結果

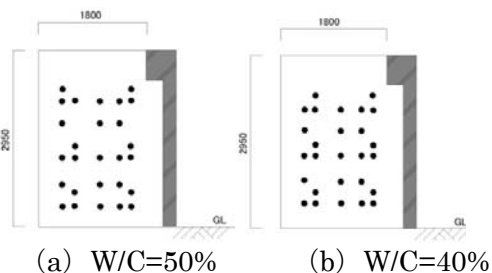


図 6 コア採取位置

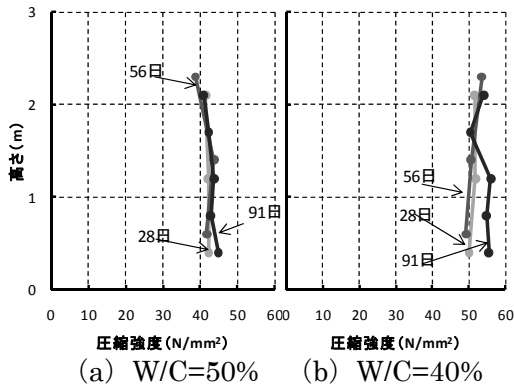


図7 実大試験体の上下方向の強度の分布

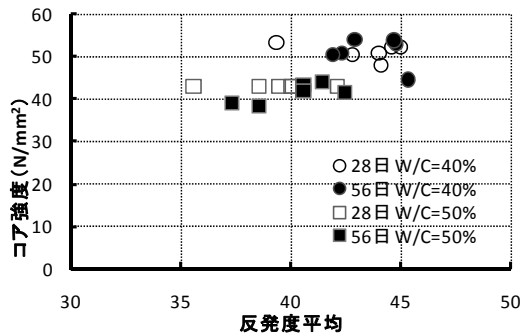


図8 反発度とコア強度の関係

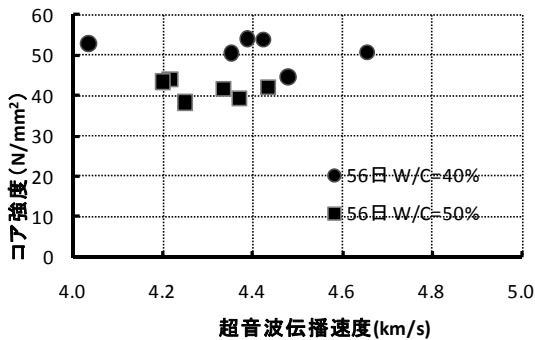


図9 超音波伝播速度とコア強度の関係

るにつれ標準養生のほうに近似的傾向にあった。

実大試験体の上下方向の強度の分布を図7に示す。強度は50%、40%いずれも、中央部がやや小さいものの、上下間では上部がやや小さい傾向にあった。

②非破壊検査

反発度とコア強度の関係を図8に示す。筆者らの報告でも明らかであるが、反発度とコア強度には1:1の関係になかったが、相関をみると強度と反発度の関係はあると言える。

超音波伝播速度とコア強度の関係を図9に示す。ここにも相関はあるものの、1:1の関係とは言い難い。

非破壊検査による強度の推定は、検査対象となるコンクリート表面の劣化などの影響

が推定結果に影響すると言われており、今後データを蓄積していく予定である。

(3) まとめ

実大試験体を用いた構造体コンクリートの長期性状について材齢20年までの計画をし、材齢0.5年までの結果について以下にまとめる。

- ① 水セメント比50%、および40%のレディーミクストコンクリートを用い、幅7.4m高さ3mの1層1スパンの実大試験体を製作した。
- ② 水セメント比50%の材齢28日標準養生強度は41N/mm²、材齢91日コア強度は43N/mm²であった。また、40%の材齢28日標準養生強度は57N/mm²、材齢91日コア強度は54N/mm²であった。
- ③ 材齢初期からの非破壊検査データとして反発度、超音波伝播速度による強度推定値が測定できた。

本研究機関が終了した後、非破壊検査とコアによる圧縮強度の関係、降雨などの環境条件が中性化の進行に与える影響について考察してゆく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

玉井孝幸、中本麻衣子、稲田祐二、北農幸生、嵩英雄、守屋健一、RC造実大壁試験体を用いた構造体コンクリートの長期性状に関する研究、日本建築学会中国支部研究報告集、査読無、第33巻、2009、103-1~103-4

〔学会発表〕(計1件)

玉井孝幸、中本麻衣子、稲田祐二、北農幸生、嵩英雄、守屋健一、RC造実大壁試験体を用いた構造体コンクリートの長期性状に関する研究、日本建築学会中国支部研究発表会、2010年3月7日、近畿大学工学部キャンパス

6. 研究組織

(1)研究代表者

玉井 孝幸 (TAMAI TAKAYUKI)

米子工業高等専門学校・建築学科・准教授
研究者番号：10511751

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし