

論文の要旨

題目：鉄筋コンクリート造建築物の施工及び点検技術の合理化に関する実用化技術開発 (Development of Practical Application Technology for Rationalization of Construction and Inspection Technology of Reinforced Concrete Buildings)

氏名 鬼塚 雅嗣

本論文は、鉄筋コンクリート造建築物の施工および点検技術の合理化を目的に、建築施工会社において33年に携わり行ってきた技術開発と2016年10月に工学研究科(博士課程後期)に入学して行った「建築生産・維持管理におけるセンサおよび情報技術の有効活用に関する研究」をまとめたものである。

本論文は、第1章から第6章で構成され、各章の研究内容は以下のとおりである。

第1章では、序論として本研究の目的と概要を示している。

第2章「コンクリートのポンプ圧送性に関する技術」の研究実施期間は、1983～1996年である。自ら行った軽量2種コンクリートの高所圧送工事およびコンクリート充填鋼管(CFT)造柱のポンプ圧入工事の実験研究成果と過去の文献を調査して得た結果を整理し、日本建築学会「コンクリートポンプ工法小委員会」に参画し、「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説(1994年版)」において関連する章と付録を解説執筆した。本章では、日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説(1994年版)」に新たに提案し採用された以下の技術を中心にまとめた。

- 1) 普通コンクリートと高強度コンクリートを区分した「管内圧力損失K値の基準図」
- 2) 今後採取されるデータを統一した有効なデータとするための「試験圧送方法(案)」

なお、上記提案は、日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説(1994年版)」に採用され、現行指針(2009年版)においても踏襲されている。

第3章「高強度コンクリートの施工条件の考慮に関する技術」の研究実施期間は、1988～1995年である。1990年代はじめ、 $F_c=60\text{N/mm}^2$ 以上の超高強度コンクリートを建築物等に利用したいとの要求が高まっていた。超高強度コンクリートは、水セメント比が小さい、粘性が大きい等の特徴を有するため、以下の品質を左右する性能がある。

- ① 打設時に巻き込み空気が多く内包するため締固めが重要である。
- ② 発熱量が大きいための強度発現阻害やブリーディング量が少ないための初期収縮ひび割れの可能性が高い。

上記の課題を解決するためには、選定したコンクリート材料および調合はもちろんのこと、コンクリートの製造・運搬・打込み・締固め・養生等の施工条件および施工時期が超高強度コンクリートを用いた構造体の物性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。本章では、 $F_c=60\sim 80\text{N/mm}^2$ レベルの超高強度コンクリート構造体の物性に及ぼす施工条件(コンクリートの製造・運搬・打込み・締固め・養生)および施工時期(冬期・夏期)の影響を明らかにするため、同一条件下で行なった $F_c=21\text{N/mm}^2$ レベルの通常コンクリートや $F_c=42\text{N/mm}^2$ レベルの高強度コンクリートと比較検討する実験研究を行った。特に、高強度・超高強度コンクリートの高周波棒形振動機による締固めに関して、以下の点を実証証明した。

- 1) 高周波棒形振動機による加振時間は15秒程度とする。
- 2) 高周波棒形振動機による有効締固め範囲は、通常のコンクリートと同様に棒径の10倍程度といえる。ただし、場所によっては太径鉄筋による振動加速度の低下を考慮する必要がある。伝播加速度および強度低下を考慮すれば、棒径 $\phi 50\text{mm}$ では50cm以内、 $\phi 60\text{mm}$ では60cm以内(棒径の10倍)がその締固めの有効範囲である。
- 3) 打設層厚80cmの振動加速度およびコア強度比は、打設層厚50cmに比べて大きく低下するので、打設層厚と棒形振動機の位置管理を行うことが重要である。

第4章「外殻プレキャスト柱部材（シェルコラム）の開発と実建築物への適用」の研究実施期間は、1995～2005年である。本章では、開発した外殻プレキャスト柱部材「シェルコラム」の概要と構造形式の異なる2種類の集合住宅（①RCラーメン構造31階建て超高層集合住宅，②耐震壁付きプレキャストラーメン構造で板状14階建て集合住宅）に適用した製造から施工までの適用成果をまとめた。適用した結果、以下のような開発成果と業績が得られ、シェルコラムの有用性が確認できた。

- 1) プロジェクトリーダーの立場で、(一財)日本建築センターの一般評定（認定取得番号 BCJ-C2147）を取得した。
- 2) 標準タイプおよび角付きタイプの6種類のメニューを揃え、サッシュアンカー・だきおよびPCa用プレート打込みも可能とし、適用の範囲を広げることができた。
- 3) シェルコラムを製造するシステム型枠は、鋼製の外型枠にエアウォールを取付けた内型枠で構成し、製品の脱型はエアウォール内の空気を脱気して行うため、効率の良い生産が可能となった。また、木製型枠を使用しないため、環境保護に貢献できる。その結果として以下の業績を挙げることができた。
 - ① 主考案者として関連特許を8件取得した。
 - ② 平成14年度リデュース・リユース・リサイクル推進協議会会長賞を代表受賞した。
- 4) 設計基準強度 60N/mm^2 ・スランプフロー65cmの高強度・高流動コンクリートをPC工場にて製造するため、安定した高品質を確保することができた。
- 5) 在来工法に比べて、生産性が向上するため基準階のタクト工程を3日程度短縮が可能となった。

第5章「建築生産・維持管理におけるセンサおよび情報技術の有効活用に関する研究」の研究実施期間は、2016～2018年である。住宅・建築物にセンサモニタリング技術を取り込み、それを住民・建築ユーザが活用して建築物の維持管理や生活向上に役立たせるための日常点検が可能な建築部材の濡れモニタリングシステムを構築することを目標として研究開発した。本章では、予備実験として実験室レベルで濡れセンサの基本的な特性を確認し、更に無線LANを活用した新たな濡れ計測システムを開発して既存の鉄筋コンクリート造建築物に適用した研究開発成果をまとめた。

開発した濡れ計測システムが建築物の維持管理や生活向上のための日常点検に適用できる可能性を有していることが確認できた。また、新築工事に比べて計測システムの設置工事が困難な既存RC造建築物にシステムを構築できたことは、今後、新築を含めたシステムの汎用化に有意義であった。本章で得られた主要な成果を以下にまとめる。

- 1) 静電容量型濡れセンサの出力値は、浸水比率（濡れ面積）と正の相関があるので、濡れの程度は、センサ出力率（各時点でのセンサ出力値を浸水比率100%で除した値）で表すことを提案した。センサ出力率に及ぼす水温の影響は、20℃の水中浸漬実験で1℃あたり0.4%変化した。
- 2) 実建築物のRC造外壁のタイル裏面に設置した濡れセンサは降雨のたびに目地ひび割れから浸入する水分を検知し、降水が止まると出力率が低下した。すなわち目地ひび割れに伴うタイル剥離部は降雨の繰返しにより、乾湿ムーブメントが繰り返していることが分かった。
- 3) ここで技術開発した濡れ計測システムは、無線LANルーターを用い、かつデータロガーを軽量・小型化したことにより、短工期で既存のRC造建築物に設置できた。また、PCやタブレット等を用いて、当該建築の内外から計測データを常時閲覧できることを確認し、本システムの実用化の見通しが得られた。

今後は、長期間継続的にセンサのモニタリングを実施し、センサを含めたシステムの耐久性を検証する。また、居住者からのヒアリングを行ない、居住者の要望を取り入れたいと考えている。特に、居住者がモニタリングデータを閲覧して、建築物の維持管理上の対処、例えば専門家に相談するレベルか否かを判断して表示するような「診断」をシステムに取り組むための検討を行う予定である。

第6章では、本論文で得られた成果を取りまとめ、今後の課題も併せて示している。