

コンクリートの実験・研究支援の紹介

工作部門 土木建築実験機器管理班

松山利和

1. はじめに

住居や大型建造物などといった建築分野，鉄道や道路，地盤といった土木分野は，私達の生活に密接に関わっている。土木建築分野における研究は本学だけで見ても多種多様に存在する。

工作部門土木建築実験機器管理班では多岐にわたる土木・建築分野のサポートを行っており，筆者は特に維持管理や耐久性に関する研究に対する技術支援にあたっている。

実際に関わっている研究では木材や鉄，プラスチック，コンクリートなど多様な材料を使用して供試体を作製し，その特性を調べるために様々な実験を行っている。また寸法も手で持てるものから 10t 以上のものまで様々な種類があることから，土木・建築の専門知識に加え，作業を行う上で経験も必要になってくる。

本稿では，その中で本学でも多くの実験で使用するコンクリートに焦点を当てて，その特性や施工工程を紹介し，併せて実験内容について紹介する。

2. コンクリートとは

コンクリートは私達の生活の中で様々な場面で使われている。建築では住居やビルなどの建屋などに用いられ，土木では道路，トンネル，ダム，橋梁などといったインフラに使用されており，鉄鋼と共に建設工事に必要不可欠な材料である。

コンクリートは多くの場面で使用されるが，すべてが同じものというわけではない。これは，コンクリートは幾つかの材料を複合して作るものであり，種類（特性の違うもの）も多く存在するということである。

コンクリートとはセメントと水，細骨材（砂），粗骨材（砂利），混和材料を混ぜ合わせたものを指す。これらはセメントと水の水和反応で硬化する材料である。壁面や床の仕上げで用いられるモルタルはコンクリートの成分から粗骨材を欠いたもの，粗骨材と細骨材といった骨材を欠くものをセメントペーストという。

2.1 材料について

● セメント

セメントとは，コンクリートやモルタルの原料となる灰色の粉末状のもので，粘土を含む石灰石や石膏を焼いてつくったもので，水と混ぜ合わせることで水和反応を起こし硬化する。

セメント自体にも種類があり，その中でも汎用性が高く使用される頻度の高いのが普通ポルトランドセメントである。これは建築工事や土木工事のみならず吹き付けコンクリートやコンクリート製品などにも使用されている。

また，粉末度を高めることで，硬化が早く，短期間で強度を得られる早強ポルトランドセメントがあるが，水和熱による温度ひび割れや自己収縮によるひび割れも発生しやすいことから，普通ポルトランドセメントを使用する時以上に養生を十分行わなくてはならない。

その他にも様々なセメントがあるが，コンクリートを使用する場面や状況に応じてセメントを選定し，それに合わせた配合設計や養生条件などを工夫することで強度や品質の確保することは必要である。

● 細骨材・粗骨材

細骨材（砂）と粗骨材（砂利）はコンクリートの約 70% を占めており，水和熱の抑制や収縮の抑制，コストの削減などの目的で使用される。

細骨材と粗骨材の分類は

- ① 細骨材: 10mm ふるいを全部通り，5mm ふるいを質量で 85% 以上通過する骨材
- ② 粗骨材: 5mm ふるいに質量で 85% 以上とどまる骨材

と定義されている。

また骨材には天然のもの，天然のものを加工した半人工のもの，人工のものがあり，採取場所や製造方法によって表 1 のように分類することが出来る。

表 1.骨材の分類

天然骨材	半人工骨材	軽量骨材
川砂, 川砂利 海砂, 海砂利 山砂, 山砂利	砕砂 砕石	高炉スラグ骨材 人工骨材

また、天然骨材の枯渇化に伴い、上記以外の骨材を用いたコンクリートについても研究が行われており、本学では図 1 のように石灰石骨材を用いたものや、屋根瓦の製造過程で出た規格外瓦を粉砕した廃瓦骨材を置換したものなどの研究が行われている。これらの研究では、骨材による能力向上とともに内部養生効果などを期待されている。



図 1.石灰石置換, 砕石置換, 廃瓦置換

● 混和材料(混和材・混和剤)

混和材料とは、セメント、水、骨材以外の材料で打設を行う前までに必要に応じてコンクリートに加える材料である。これらはコンクリートに加えることで「コンクリートの品質・性能を改良、改善する」ことを目的としたもので、ワーカビリティ(施工のしやすさ)の改善や、強度・耐久性の向上、凝結速度の調整などの役目を持っている。

混和材料は次の定義により混和材と混和剤とに分けられる。

- ① 混和材:混和材料のうち、使用量が比較的多く、それ自体の容積をコンクリートの配合設計で考慮するもの
- ② 混和剤:混和材料のうち、使用量が比較的少なく、それ自体の容積をコンクリートの配合計算で無視するもの

混和材の例として、耐久性向上や長期強度の増大を目的としたフライアッシュや、高炉スラグ、ひび割れ低減などを目的とした膨張材などがある。

また、混和剤の例として、ワーカビリティの改善や単位水量を減少させることなどを目的とした AE 剤や減水剤、

それらの性能がより優れた高性能 AE 減水剤、硬化を遅延させる遅延剤など様々存在し、使用環境や状況に合わせて使用する。

本学では膨張材を用いた膨張コンクリートの研究や、高炉スラグ微粉末を用いた研究が多く行われている。

3. コンクリートの施工工程

コンクリートを用いた実験では様々な準備や工程が必要になり、型枠の作製をはじめ、打設や養生など様々な作業を行っている。

それらを順に追って説明していく。

3.1 型枠作製

まずはコンクリートを流し込むための型枠を作製する。図 2 のような型枠ではコンクリートパネルと呼ばれる合板が使用され、栈木やメタルフォームに釘やビスで固定して様々な形状、寸法の型枠作製をおこなう。

型枠作製後は実験内容に合わせて、変位を測定するための測定装置取り付け用のインサートや、鉄筋コンクリートの場合は配筋した鉄筋の配置、コンクリート内部の温度や湿度調査のためのセンサーなどを取り付けて完成となる。

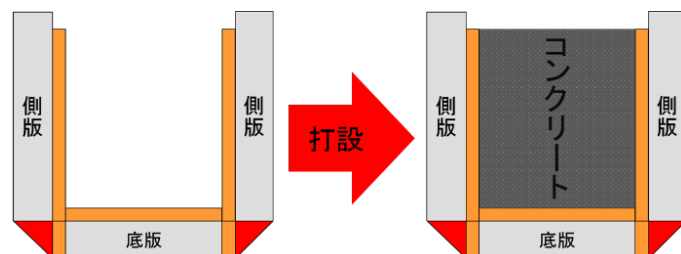


図 2.型枠のイメージ図

3.2 練り混ぜ

コンクリートを練り混ぜる際、材料をミキサーに投入する順序は、ミキサーの形式や骨材の種類、配合、混和材料の種類によって異なる。支援している研究室では図 3 の様な順序を決めて練り混ぜを行っている。

コンクリートは全体が均一に混ぜられていることが重要であり、かき落とし(ミキサー内の隅に混ざりきれていない材料をミキサー停止後、スコップを用いて人為的にかき混ぜること)することで対応している。

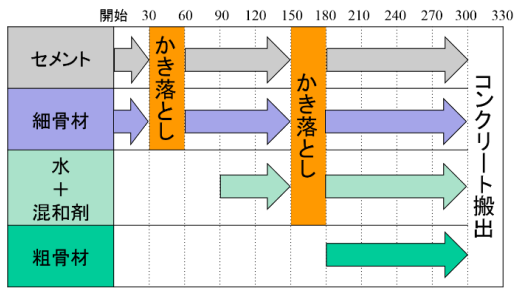


図 3.コンクリートの練り混ぜの順序

3.3 打設

練り混ぜ直後から硬化するまでのコンクリートのことをフレッシュコンクリート(生コンクリートや生コン)と呼ぶ。

フレッシュコンクリートの施工作業に対する適正をワーカビリティとよび、練り終え直後や打設前に評価を行う。その評価試験をフレッシュ試験と呼び、様々な種類の試験が存在する。

その中でも研究支援や現場での打設などで用いられる代表的な評価試験法を紹介する。

- スランプ試験

スランプ試験はワーカビリティ判定の手法として最も用いられている手法であり、スランプコーンを用いて図 4 のようにしてスランプ値(スランプコーンを引き上げた時に最初の高さからどのくらい下がったか)を測定する。また同時にスランプを起こすときの変形状態や、骨材および水の分離状況、コンクリート側面を突き棒で軽打したときの変形状態などを目視で観察することで総合的にワーカビリティを判定する手法。

- ① スランプコーン内に容積で3層に詰め各層 25 回突く
- ② 2~3 秒かけスランプコーンを引き上げる
- ③ 中央部の下がり(スランプ(cm))とし測定する

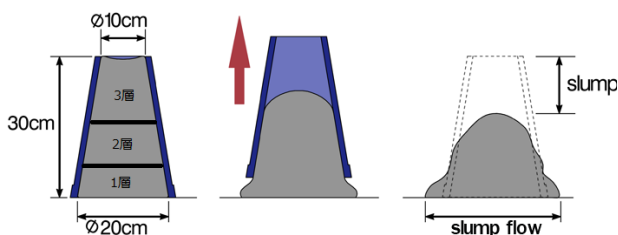


図 4.スランプ試験方法

- 空気量試験(空気室圧力法)

コンクリートは空気が混入されることによってセメントペーストの体積が増大し、ワーカビリティが良くなる。また、エントレインドエアと呼ばれる小さい粒径の空気泡は、低温下でコンクリート中の水が凍結して膨張することに伴う増加(凍結圧)を吸収させるため、コンクリートの組織の破壊を防ぐ役割を果たしている。

この試験はフレッシュコンクリートの空気量を空気室の圧力減少によって求める試験方法であり、空気量試験方法でよく用いられる(図 5)。

- ① 容器にコンクリートを3層で詰め各層 25 回突いた後に木槌などで表面を均す
- ② 蓋を容器に取り付け、空気が漏れ出さないように締め付け密封する
- ③ 空気室の圧力を上昇させ、圧力計の目盛を0に合わせる
- ④ 5 秒後に開放弁を開放させ空気室の圧力を容器側に流し込み、圧力計の目盛を読み取る

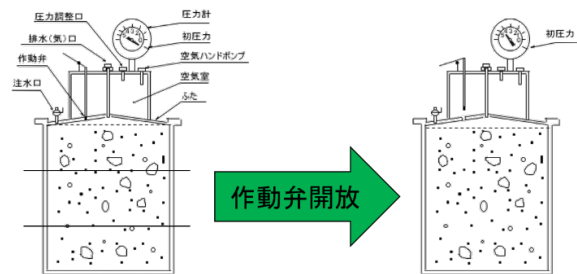


図 5.空気室圧力法

これらのフレッシュ試験を行い、コンクリートの配合設計に適したものであれば打設を行う。

円柱供試体や角柱供試体と呼ばれる供試体は強度試験のために作製されるが、そのほかにも成分解析や塩分浸透試験にも用いられる。

また、梁状の供試体は載荷試験の他、コンクリート表層部の品質管理の試験などに使用され、用途や実験内容に沿った供試体の打設を行う。

打設の際、供試体の形状や寸法によって打ち込みを何層にするか、締固め方法などが異なる。円柱供試体(Φ 100mm × 200mm, Φ 150mm × 200mm)や角柱供試体(100mm × 100mm × 400mm)など比較的小さなものは鋼製の突き棒やハンマーを使用して締固めを行い、図 6 のような梁状のものや大きい供試体はバイブレータを用いて締固めを行う。



図 6.打設(パイブレータで締固め)

3.4 養生, 脱枠, 実験

打設終了後, 養生を行う(コンクリートを硬化させる). この際に養生マットと呼ばれるスポンジ状のマットを濡らし覆うことで打設後の供試体を湿潤状態に保ち, 急激な乾燥に伴う乾燥ひび割れなどの初期ひび割れを防いでいる. また, 直射日光などを避けるために図 7 のようにブルーシートで覆い, 養生を行う.

実験内容により養生期間や方法は異なる. 養生完了後に脱枠を行い, 実験に移る.



図 7.ブルーシートで覆われた養生中の供試体

4. 実験・研究補助

実験・研究はいくつもあり, それに伴い我々の支援も多岐にわたる. 図 8 のように載荷試験の補助やそれに使用する変位測定のための装置作製, 試験機の組換え, クレーンやフォークリフトを使用した供試体の運搬などがある. また学外において実在する構造物の現地調査などを補助することもある.

載荷試験前の準備では, キャッピング作業(供試体に均等な荷重が加わるようにセメントペーストなどを用いて載荷面や支点を平滑に仕上げる)を行い, 測定装置(ひび割れ・変位など)の設置を行う. また, 載荷試験中は試験装置の操作のほか, ひび割れのチェックなどを学生への指導を含め, コミュニケーションを取りながら行っている.

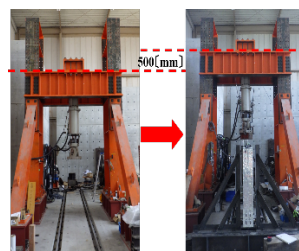
また, 大型の供試体を使用する場合は天井クレーンやフォークリフトを使用し, 試験機の組換えや供試体の設置を行っている. 重量物の操作には特に危険も伴うことから安全第一で正確な作業を行い, 自分自身のみならず学生や周囲の人の安全にも気を付けて作業をしている.

こういった学内の実験・研究補助だけではなく, 企業の方との共同研究の場合, 学外での現地調査を行うこともあり, その中でいろいろな経験ができています.

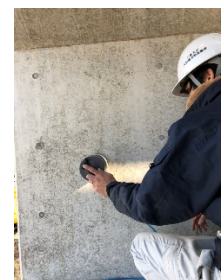


載荷試験前準備

載荷試験前準備



試験機の組換え



学外での現地調査

図 8.実験・研究補助

5. おわりに

今回はコンクリートについて詳しく説明し, 実験・研究補助についても紹介した. 前回の業務紹介から 3 年が経過し, コンクリートの基礎知識はもとより, 載荷装置や大型構造物実験棟に設置されている設備の使用法およびメンテナンスの方法など様々な知識が増えたと感じる.

また, 支援している研究室にも留学生が増え, 慣れない英語でのコミュニケーションは難しい部分ではあるが, 必要なことなので今後も挑戦し続け, 活発的にコミュニケーションを取っていきたくと考えている.

先生方や学生, 他の技術職員の皆様から頼ってもらえるように専門知識や技術を習得・体得し, 安全第一で実験や研究のサポートを継続していきたい.