

委員会報告

「超流動コンクリート研究委員会報告」

魚本健人*¹・小澤一雅*²

1. 委員構成

委員長	魚本健人 (東京大学)	委員	新藤竹文 (大成建設(株))
副委員長	関 博 (早稲田大学)	同	瀬古繁喜 (株竹中工務店) (～'93.9)
幹事	小澤一雅 (東京大学)	同	田中健治郎 (株熊谷組)
同	森 博嗣 (名古屋大学)	同	近田孝夫 (新日鐵化学(株))
委員	井上和政 (株竹中工務店) ('93.10～)	同	寺西浩司 (前田建設工業(株))
同	梅原秀哲 (名古屋工業大学)	同	野口貴文 (東京大学)
同	岡沢 智 (株エヌエムビー)	同	橋爪 進 (藤沢薬品工業(株))
同	鹿毛忠継 (建設省建築研究所)	同	橋本親典 (群馬大学)
同	河井 徹 (清水建設(株))	同	羽原俊祐 (小野田セメント(株))
同	河野広隆 (建設省土木研究所)	同	早川和良 (信越化学工業(株))
同	喜多達夫 (株間組)	同	三浦律彦 (株大林組)
同	下山善秀 (日本セメント(株))	同	和美廣喜 (鹿島建設(株))

2. 委員会活動の概要

本研究委員会では、締固め不要の自己充填コンクリートや高強度・超高強度コンクリートなど、気中施工される構造用コンクリートのうち、流動性が高く、スランプフローが40cm以上の著しく高い流動性を有するコンクリートを対象として、その特徴、評価方法、硬化後の物性等を調査・研究することを目的とした。

1993年5月には、第1回のシンポジウムを開催し、この種コンクリートの技術の現状と今後の展望についてまとめた委員会報告書¹⁾を発表した。その後、更に調査・研究を進めるために、以下の3つのワーキンググループ(WG)を設置し、1年間の活動を行った。なお、下記WGのうち、用語検討WGは、第1回シンポジウムにおいて用語について検討してもらいたい旨会員から要望が出されたことがきっかけとなって設けられたものである。

○フレッシュコンクリートWG (主査: 森 博嗣) : フレッシュコンクリートの特性と評価方法

○耐久性コンクリートWG (主査: 関 博) : 硬化コンクリートの品質特性と耐久性

○用語検討WG (主査: 田中健治郎) : この種コンクリートの定義と呼称

これらの活動の成果を委員会報告書²⁾としてまとめ、1994年5月に開催予定の第2回シンポジウムで公表する予定である。以下にそれぞれの成果の概要を述べることとする。

3. 用語(定義と呼称)について

3.1 統一呼称の検討

統一呼称の検討にあたっては、現状を把握する上でこれまで発表されている論文・報告で使用されている呼称と、既成の各種コンクリートの呼称を調査・整理した。また、このコンクリートのもつ最大の特長を抽出するために、コンクリートの材料・配(調)合の特徴、フレッシュ時お

*1 東京大学教授, 生産技術研究所第5部, 工博(正会員)

*2 東京大学助教授, 工学部土木工学科, 工博(正会員)

よび硬化後の特性、用途などを取りまとめた。さらに、呼称に対する意見をできるだけ統一し易くするために、常識的な判断で ①この種コンクリートを全て包含できるもの②単純明解なもの③一般に正しく理解されやすいもの④既成の各種コンクリートの呼称と整合するもの⑤「超・・」は、できるだけ使わないもの という基本条件を設定した。

これらの検討結果および条件を考慮し、この種コンクリートが「流動性と材料分離抵抗性に優れた高性能コンクリート」であるとの認識に立ち「高流動コンクリート」を統一呼称として提案した。これを土木学会および建築学会の関係委員会にアンケート方式で問い合わせた結果、非公式の見解として、日本建築学会 高流動コンクリート研究小委員会 定義規準・材料調合 合同WGでは、「高流動コンクリート」を概ね妥当とし、また土木学会 高流動コンクリート工法研究小委員会（仮称）準備会では、「高流動コンクリート」と締固め作業を不要とするコンクリートに対しては、「自己充填（性）コンクリート」の案が提案された。ただし、両学会ともから、このコンクリートの呼称については、当分の間「仮称扱いでよい」とする見解が示された。

3. 2 定義の検討

学会の示方書、仕様書に規定されている既成の各種コンクリートの定義文は、そのコンクリートに要求される〔性能〕を規定するか、それが適用される〔用途〕を規定するか、そのコンクリートを作るための使用材料（〔達成手段〕）を規定するかのいずれかである。検討WGが作成した定義に対する、委員会全体会議での討議および土木学会・建築学会からの非公式見解を参考に再び検討WGで議論した結果、以下の定義を最終提案とした。

「フレッシュ時の材料分離抵抗性を損なうことなく、流動性を著しく改善したコンクリート」

3. 3 英語呼称

日本語の呼称と異なり特に創案を絞り込む条件設定もなく意見は百出するところとなった。土木学会および建築学会からの非公式見解においても、英語呼称は日本語呼称と定義が定まってから検討したいという意見であり、現段階では統一は困難であり、以下の英語呼称を推奨するにとどめることとした。

「Super workable concrete」 「High-plasticity concrete」
「Self-compactable concrete」 「Self-placing concrete」

4. フレッシュコンクリートの特性と評価方法

4. 1 技術の現状の調査

高流動コンクリートのコンシステンシーに関連した特性には、コンクリートの材料性質である流動抵抗性、分離抵抗性、付着性と、ある条件下における性状である間隙通過性、充填性等があり、これらの特性に与える使用材料および配（調）合の影響について、公表されている文献を調査整理して纏めた。さらに、これらの特性を評価する試験方法の確立が重要であるとの認識に立ち、特に評価試験方法について、その分類整理と種々の検討（力学的アプローチによる理論的な検討、数値シミュレーションによる解析的な検討、可視化モデル実験による検討および実験的な検討）を行った。

4. 2 フレッシュ時の特性評価に関する共通試験

使用材料および配合の異なる8種類のコンクリートを共通試料として、同時に各種評価試験（図1）を実施し、これら各種試験方法の比較検討を行い、それぞれの試験方法の特徴および適用範囲を明確にすることを目的として共通試験を実施した。

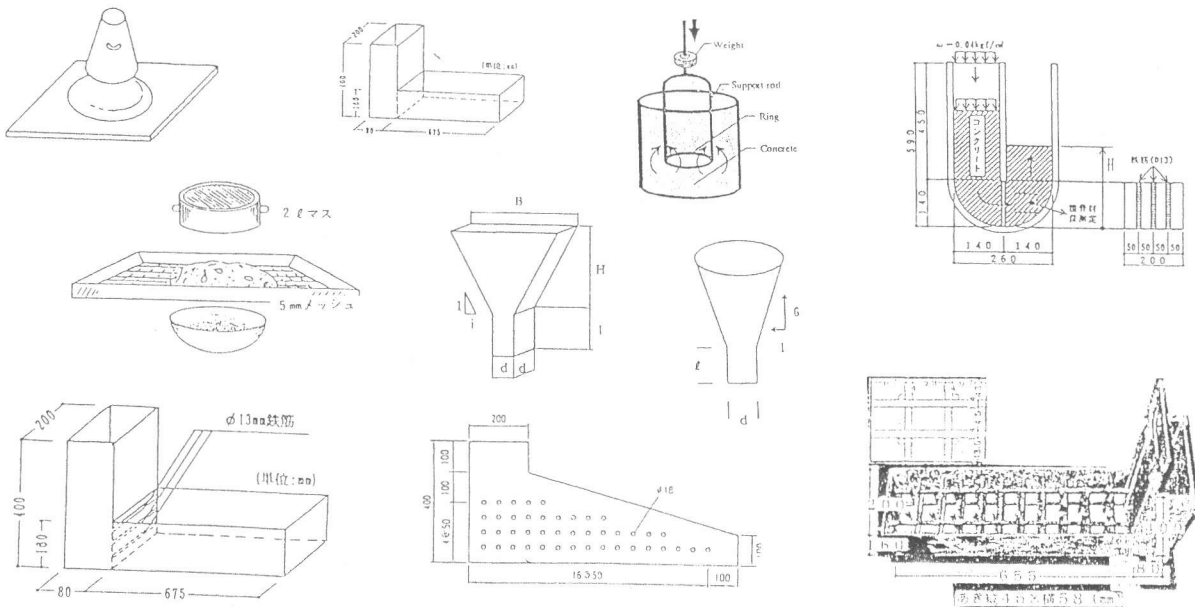


図1 共通試験で用いた各種評価試験

流動障害がほとんど無い場合の変形性（軟度）を評価する試験として、スランプフロー試験が簡易であり、Lフロー試験も同様の性能を評価している。その時の変形速度（粘性）は、スランプフローが50cmに到達する時間を用いて評価できる。間隙通過時の変形速度によって間隙通過性を評価するロート試験では、ロートの寸法によって評価が異なり、Oロート試験に比べてVロート試験は、狭い間隙通過性を評価している。間隙通過能力を評価するLフロー鉄筋間通過性試験やLフロー鉄筋格子充填性試験およびU型充填試験を比較すると、前二者の評価は変形速度（粘性）の影響を受けやすい。リング貫入試験の結果は、今回の試験では、Oロート試験の結果による評価に近い評価となっている。

充填性を評価するためには、スランプフロー試験だけでは評価できないことは明らかであり、これらの試験を組合せて用いる必要がある。分離抵抗性については、直接的に測定するのは困難であり、現時点では、他の性状（特に間隙通過性）と併せて評価する以外にない。評価試験方法を確立するためには、これらの試験と実施工における結果とを結び付けるためのデータの蓄積とモルタルマトリックスの特性との関係性を結び付ける研究が重要である。高流動コンクリートの利用には、フレッシュコンクリートの特性の力学的な評価が不可欠であり、力学モデルとその定量化、さらにこれを利用した施工シミュレーション技術を見据えた評価システムが構築される必要がある。

5. 硬化コンクリートの品質

5.1 技術の現状の調査

これまで使用されてきた高流動コンクリートの構成材料による分類を行った（図2）。高流動コンクリートに所要の材料分離抵抗性を付与する方法は、分離低減剤の混入による方法と水粉体比の低下（粉体量の増加）による方法に大別される。後者の場合には、微量の分離低減剤を組み合わせる場合もある。使用されている粉体は様々である。

さらに、凝結特性、硬化に伴う自己収縮、細孔径分布、乾燥収縮、強度・ヤング係数、発熱特性、中性化、塩分浸透性、凍結融解およびその他の特性について、各項目毎に公表されている文献を調査し、技術の現状と今後の課題について纏めた。

5. 2 収縮に関する共通試験

高流動コンクリートは、通常のコンクリートと比べて、ペースト量が多くなる場合があること、水粉体比が小さくなる場合があること等から収縮ひびわれの検討が重要である。硬化に伴う自己収縮に関しては、データがほとんど無いため、委員会として「(仮称)高流動コンクリートの自己収縮試験方法」を定めて、13機関で独自の配(調)合のコンクリートを用いて共通試験を実施した。また、細孔径分布の測定も合わせて実施し、自己収縮との関連も調査した。さらに、乾燥収縮ひび割れ試験をJIS原案に準じて実施し、コンクリート供試体および拘束板の測長に電気式ひずみゲージを用いてひずみの測定とひびわれ発生状況を観察した。

コンクリートの自己収縮ひずみは、使用する材料や配合により相当のばらつきがあるが、一般的な傾向として単位ペースト量が多くなるほど、また水結合材比が小さくなるほど大きくなり、材料・配合の違いによるばらつきも増大する。相対的に普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末だけを併用した場合に自己収縮ひずみが大きくなる。自己収縮ひずみの大きさが実際の構造物でどの程度の影響を及ぼすかは現段階では不明であるが、その制御が必要とされる場合には、使用材料や配(調)合の調整によってある程度のコントロールが期待される。

乾燥収縮ひび割れ試験の結果、硬化に伴う自己収縮の大きいコンクリートがひびわれ発生日数が短くなる傾向が見られた。乾燥収縮ひびわれや水和発熱による温度ひびわれ等を正確に予測するためには、硬化に伴う自己収縮の影響を考慮する必要のあることが推察される。

細孔径分布を測定した結果、水セメント比の低下に伴い、50nm以上の遷移帯に関係した毛細管空隙が減少し、3-6nmのゲル空隙量は相対的に増加する傾向にある。高炉スラグ微粉末を混入すると、この傾向が著しい。分離低減剤の添加は、幾分毛細管空隙を疎な状態にする。自己収縮は、全細孔径空隙量に占めるゲル空隙量の割合が大きいほど大きくなる傾向があり、特に、高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートは、これが比較的顕著に現れている。

6. おわりに

この種コンクリートの技術の現状と課題をこのような形で日本で最初に纏めることができたのは、意義が大きいと考える。詳細については、委員会報告書をご参照頂きたい。これは、各WGの取りまとめをしていただいた主査の方々を始め、各委員の精力的な活動のお陰であり、厚く御礼申し上げる。この成果が今後有効に活かされることを希望として結びとしたい。

参考文献

- 1) 超流動コンクリート研究委員会報告書(I), (社)日本コンクリート工学協会, 1993年5月
- 2) 超流動コンクリート研究委員会報告書(II), (社)日本コンクリート工学協会, 1994年5月

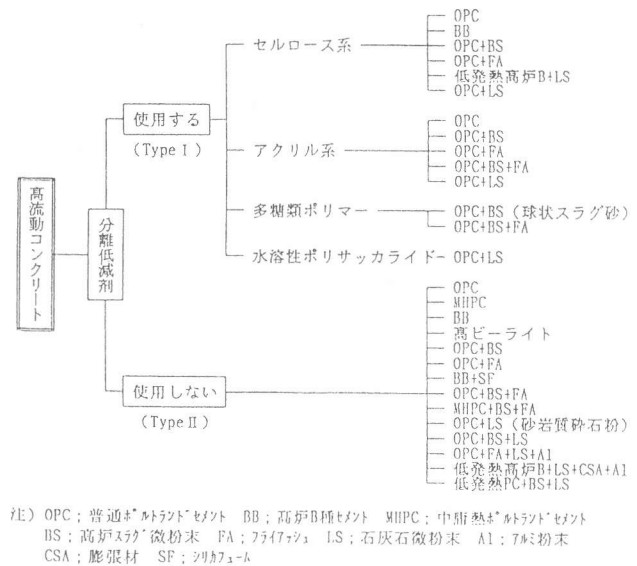


図2 高流動コンクリートの分類