

コンクリートについて（本文で使用されている用語解説）

## 1. 概要

コンクリートは、砂や砂利、水などをセメントなどの糊状のもので結合させたものを指す。

コンクリートは圧縮力には耐えられるが引張力には弱いため、コンクリートを単体で使うより、コンクリートの中に鉄筋を入れた鉄筋コンクリートとして使われることが多い。

また、鉄筋コンクリートに鉄骨を埋め込んだ鉄骨鉄筋コンクリートや、鉄骨鉄筋コンクリートの鉄骨を鋼管に置き換えた鋼管コンクリート、あらかじめ圧縮力をかけておくことによって大きな引張力が作用しても軽減できるプレストレスト・コンクリート、生コンクリートに合成樹脂や鉄の繊維を混ぜ込んで強度・延性を増した繊維補強コンクリートも用いられる。

建設省が1998年にまとめた報告書によると、セメントに混入する水を50%以下まで減らし、鉄筋のかぶり厚を十分に取し、収縮や凍結を抑制する添加剤を加えることで、500年以上といった半永久的な耐久性を確保することが可能である。

## 2. 製造 から検査及び維持管理まで

コンクリートの材料は、セメント、骨材、水、および（化学）混和剤であり、これらを施工のしばらく前に目標とする強度や耐久性、施工性などに応じて配合する。コンクリートの強度は「水セメント比」で決まる。セメントに対する水の比率をある程度まで減らすことで、コンクリートの強度を高めることができる流動性を確保しながら強度を高めるために、化学混和剤を用いて水を減らすことで高い強度を得る高強度コンクリートも多用されている。

### ① ①

### ② 型枠組み

コンクリートは固まるまでの形状を保つために型枠と呼ばれる仮設備を組んでおき、打込み後、硬化するまでの所定時間を型枠内で養生する必要がある。型

枠組みは大規模になると「型枠工事」と呼ばれる。型枠は一般に「せき板」③成され、これらの他にも型枠の支えとなる「横

③ 仕上げ

④ 養生

⑤ 管理された打継面]

⑥ 変状種類

- 初期欠陥

1. ジャンカ（豆板）
2. コールドジョイント
3. 内部欠陥
4. 砂すじ
5. あばた（表面気泡）

- 経年劣化

1. ひび割れ
2. 浮き
3. 剥落
4. 錆汁
5. エフロレッセンス（遊離石灰析出）
6. 汚れ
7. すりへり

- 構造的変状

1. たわみ
2. 変形
3. 振動

⑦ 複合的要因による劣化事象

1. 中性化
2. 塩害
3. アルカリ骨材反応（アルカリシリカ反応・アルカリ炭酸塩反応・アルカリシリケート反応）
4. 凍害
5. 化学的腐食
6. 疲労
7. 風化・老化

## 8. 火災

### ⑧ 劣化要因

コンクリートはメンテナンスフリーの材料と称される時代があったが、実際には様々な原因によって劣化を生じる。

- 荷重の増大と設計
  1. 社会的ニーズに伴い、重量や頻度などの疲労荷重が増大した
  2. 地震・波浪などの外力の解明が、かつては不十分であった
  3. 構造物設計時に過度に経済性を追求した
  4. 許容応力度の変化に象徴されるように、蓄積技術に変化が生じた
- 建築環境の影響
  1. 凍結防止剤、海水などに含まれる塩化物によって、塩化物イオンが鉄筋コンクリート中の鋼材を腐食させる（塩害）
  2. 二酸化炭素によって、コンクリートが中性化し、鉄筋コンクリート中の鋼材の不動態被膜が失われる
  3. 温度・湿度の変化によって伸縮し、コンクリートにひび割れが入る
  4. 酸性雨によって、セメント水和物の化学変化による軟化や破壊が起こる
  5. その他、社会変化
- 材料の品質と選択
  1. アルカリ骨材反応によってある反応性物質が膨張し、コンクリートにひび割れを生じる
  2. セメントの品質
  3. 海産骨材の不適切な使用（洗浄の不十分な海砂を細骨材として用いるなど）により、塩化物イオンが大量にコンクリート中に含まれる
- 人員（現場作業員）の質

実際に施工する人員の工法にたいする無知、怠慢によるもの。

### ⑨ 検査

#### ⑩ 施工時に行う検査

工事規模により必要性があれば受入検査として、要求品質の適合性確認として一般的にスランプ試験、空気量試験、塩化物量試験、後日試験の強度試験用の供試体の採取を行う。小規模工事の場合、これら受入検査を割愛し、JIS適合性の確認のみの場合もある。

#### ⑪ 単位水量試験

耐久性能等の確認のために使用される試験方法で、打設されるコンクリートの水量を具体的数値にする検査。

#### ⑫ 非破壊検査

非破壊検査には外観検査と内部検査とがある。

- 外観検査は、目視や写真、ビデオの撮影による外観の検査である。
- 内部検査は、超音波やX線、赤外線などを利用した内部の状態の検査

#### ⑬ 維持管理計画

初期点検、劣化予測、要求性能の評価・判定、対策、点検、記録をする必要がある。

### 3. 特殊なコンクリート

一般的なコンクリート（普通コンクリート）以外に、以下のように特殊な目的に用いられるコンクリートがある。

#### 高強度コンクリート

高層建築や大スパン建築の実現のために開発された、普通コンクリートよりも強度の高いコンクリート。高強度コンクリートの設計基準強度は $36\text{N/mm}^2$ ～、超高強度コンクリートでは $60\text{N/mm}^2$ 超のものもある。超高層マンションの増加に寄与している。

硬化時に内部の気泡を減少させて密度を高めているが、近年地震時などの火災熱により内部の水分が気化膨張して破裂する「爆裂」の危険が指摘され（通常のコンクリートは気泡が水分の逃げ道となる）、2000年頃よりポリオレフィン系の繊維などを混入して高温時に水分の逃げ道を生じさせる対策が行われている。

#### 遮蔽コンクリート

鉛などの比重の大きな金属や高密度の骨材を用いるなどの方法で、放射線遮蔽機能を持たせたコンクリート。放射性廃棄物の容器、原子力施設の一部、核シェルターなどに用いられる。なお、コンクリート自体もガンマ線・中性子線等の遮蔽能力を有するが、遮蔽コンクリートはそれを更に強化したものである。重量コンクリートとも呼ばれる。

#### 軽量コンクリート

軽量骨材などを用いて普通コンクリートよりも密度を軽くしたコンクリート。普通コンクリートよりは強度が劣るとされる。強度をさほど必要とせず、重量を節減したいシンダーコンクリートなどの箇所に用いる。超軽量コンクリートの中には比重 1.0 以下で水に浮くようなものも開発されており、住宅の外壁材や防音材などに使用されている。ヘーベル板、パワーボード、ALCなどの名称で流通している。

#### 緑化コンクリート

直接植栽のできるコンクリートであり、屋上緑化や壁面緑化、河川の護岸工事等に用いられる。粗骨材の間に空隙を持たせ、根・空気・水が通るようになっている。

#### 水密コンクリート

高い水密性を求められるプール、水槽等に使用されるコンクリートである。

## 4. 歴史



ローマのパンテオンの外観。現在も鉄筋などの補強のないものとしては、世界最大のコンクリート製ドームである



ローマ近郊の墓で、ローマン・コンクリートがむき出しになっている様子。現代のコンクリート建築とは対照的に、ローマではコンクリート壁をレンガなどで覆っていた。

ローマ帝国でのローマン・コンクリートは、生石灰、ポゾラン（「ポッツォーリの土」と呼ばれる火山灰）、骨材としての軽石から作られていた。ローマ建築に広く使われて建築史上の画期をなし、石やレンガに制限されない自由で斬新な設計の建築が可能となった。

古代ローマ人にとってコンクリートは新たな革命的な材料だった。アーチやヴォールトやドームの形状にすると素早く固まって剛体になり、石やレンガで同様な構造を作ったときに問題となる内部の圧縮や引っ張りを気にする必要がなかった。

最近の評価によると、ローマン・コンクリートは現代のポルトランドセメントを使ったコンクリートと比較しても、圧縮に対する強さは引けを取らない（約  $200 \text{ kg/cm}^2$ ）<sup>〔出典 5〕</sup>。しかし、鉄筋が入っていないため、引っ張りに対する強さは遥かに低く、したがって使い方も異なる。

現代のコンクリート構造はローマン・コンクリートのそれと2つの重要な点で異なる。第一に固まる前のコンクリートは流動的で均質であり、型に流し込むことができる。ローマン・コンクリートでは骨材として瓦礫を使うことが多く、手で積み重ねるようにして形成する必要があった。第二に鉄筋を入れることで引っ張りに対する強さが強化されているが、ローマン・コンクリートにはそれがなく、コンクリート自体の引っ張りへの強さだけに依存していた。

ローマ建築ではコンクリートが多用されたため、今日も多くの建築物が残っている。ローマのカラカラ浴場などは、コンクリートの耐用寿命の長さを示している。古代ローマ人はローマ帝国中に同様のコンクリート建築を建設した。ロ

ローマ水道やローマ橋の多くは、コンクリートの構造を石で覆っており、同様の技法はコンクリート製ドームのあるパンテオンでも使われている。

コンクリートの製法は約 13 世紀の間失われていたが、1756 年、イギリスの技術者ジョン・スミートンがコンクリートに水硬性石灰（骨材は小石やレンガの破片）を使うことを考案した。1824 年、ジョセフ・アスペディンがポルトランドセメントを発明し、1840 年代初めには実用化している。以上が通説だが、1670 年ごろ建設されたミディ運河でコンクリートが使われていることが判明している近年、環境問題が重視されてきていることから、コンクリートの成分に再生素材を使うことが多くなっている。例えば石炭を燃焼する火力発電所がだすフライアッシュなどである。これにより、採石量を減らすとともに産業廃棄物の埋め立て量も減るという効果がある。

コンクリートの添加物は古代ローマや古代エジプトでも使われていた。彼らは火山灰を添加すると水によって固まる性質が生じることを発見した。また、ローマ人は馬の毛を混ぜると固まるときにひびが入りにくくなることや、血を混ぜると凍結に強くなることを知っていた。

現代の研究者も、コンクリートになんらかの素材を添加することで、強度や電気伝導性を高くするなど、コンクリートの性質を改善する実験をおこなっている。

5. まだまだ、技術は発展する。今は、その途中にある。