
かごしまの未来を創る現場人応援事業

建設現場アシスタント セメント編

～建設現場で広く用いられるセメントのいろは～

鹿 児 島 県

監修 ヒロT&T株式会社

語句の定義

- ① 建設ワークシェアリング： 分業できる作業を補助員(アシスタント)に任せることで、社員が主業務に集中でき、その結果、社員の能力向上に寄与するものです。
- ② 建設現場アシスタント： 技術職員の補助を行う「業務アシスタント」と事務系職員(経理、総務、営業等)の補助を行う「事務アシスタント」
- ③ 教育指導者： 建設会社で各社員が建設業務・事務アシスタントを OJT する際の指導や OJT 環境を整える担当者

令和4年9月1日

かごしまの未来を創る現場人応援事業事務局

(注) この令和4年度の研修は、コロナ禍によって、「飲食業や観光業」から**建設業に転職された方**や**一時的に建設業の応援として、「働き始めた人」**のさらなる活躍の方法をご一緒に考えるための内容が主になっています。

したがって、これから**建設業**への転職や、一時的な応援を考えている方は、令和2年度の研修内容から、ご覧いただくことをお勧めします。

その内容は、「**鹿児島県公式チャンネル**」に掲載されております。しかし、このWEB 頁はいろいろな動画が掲載されているので、下記から見ていただくと便利です。

<https://www.pref.kagoshima.jp/ah01/kanri/assist-training-r2video.html>

または、『**【令和2年度および令和3年度かごしまの未来を創る現場人応援事業】Web 研修の動画を公開**』で検索してください。



目次

はじめに.....	5
日本でのセメントの始まりは.....	5
I セメント.....	6
1. セメントとは.....	6
2. セメントの材料.....	7
3. セメントの製造方法.....	7
.....	7
(1)原料工程.....	7
(2)焼成工程.....	8
(3)仕上げ工程.....	8
4. セメントが固まるわけ.....	8
5. セメントの水和反応の流れ.....	8
6. セメントの種類.....	9
7. セメントの取り扱い上の注意.....	10
II セメントコンクリート.....	11
1. セメントコンクリートとは.....	11
(1)コンクリートの構成.....	11
(2)品質確保の方法.....	11
2. コンクリートの配合設計.....	12
(1)配合設計の流れ.....	12
(2)コンクリート材料の選定方法.....	13
(3)セメントの選定.....	13
(4)骨材について.....	14
(5)混和剤について.....	14
3. 建設現場で使用するコンクリートを選定する条件.....	14
(1)粗骨材の最大寸法は.....	14
(2)水セメント比は.....	14
(3)配合強度.....	15
(4)スランプ.....	15
(5)空気量.....	15
4. スランプ試験.....	16
5. スランプ試験方法.....	16
6. スランプ値の基準と選定.....	17
7. セメントコンクリートが出来るまで.....	17
8. 生コン製造から現場までの注意事項.....	18

(1)スランプ値の変化	18
(2)空気量の変化.....	18
(3)大きく品質の変化した生コンを使用すると	19
(4)生コンクリートの運搬時間・使用時間の規定.....	19
(5) JIS(日本工業規格) JIS A 5308 の規定	19
(6) JASS5(2015年版) 日本建築学会の規定	19
(7)コンクリート標準示方書(2012年版) 土木学会の規定	19
(8) 品質変化を小さくする方法	20
(9)品質が変化してしまった生コンの対処.....	20
Ⅲ セメントコンクリートの施工(打設)	21
1. レディーミクストコンクリートの受入れ	21
(1)打設計画書の作成	21
(2)型枠組立と型枠検査.....	21
(3)配筋検査.....	22
(4)生コン受入検査	22
2. コンクリート打設	23
3. 分離に気を付けるには、.....	24
4. 締固め.....	24
5. コンクリートの養生.....	24
6. 完 成	25
7. コンクリート工事の注意点	25
参考文献	26
用語の解説と用語集	27

はじめに

約9千年前の新石器時代、イスラエル発掘された家のあとの床と壁からセメントが発見されています。その遺跡では、石灰石で作ったセメントに石灰石を砕いた石と水を混ぜ合わせて作った床や壁がありました。

古代エジプトのピラミッドは石を積み上げていますが、その石と石をくっつけるためにセメントのようなものが使われています。これは水と混ぜ合わせるタイプのコンクリートと違い、水を使わず石灰と焼き石膏と火山灰などに砂や泥などを混ぜたものが使われていました。図1にピラミッド構築の参考図を示す。

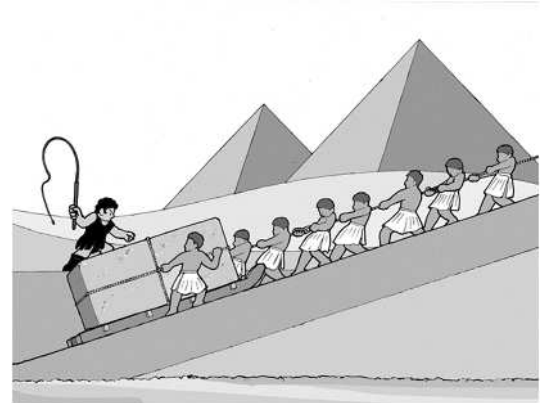


図1 ピラミッド構築の創造図

時代は進み、ローマにあるパンテオンは、無筋コンクリートで出来た世界最大のドームといわれており、2000年経った今も強度を保っています。古代ローマで使われたコンクリートは、セメントおよび火山灰を主成分としており、現代コンクリートの倍以上の強度があったとされています。大きな構造物を作ることが出来るまで発達したコンクリートの技術ですが、中世には、これらの技術は失われ、粗末な代替品として石灰モルタル、などが使われていました。このように技術の変遷があるものの、セメントは古くから人間の生活に利用されていました。

18世紀の産業革命期に、ジョン・スミートンがエディストーン灯台の建設にコンクリートを使用し、1824年にジョセフ・アスプディンが「人造石製造法の改良」という特許で「ポルトランドセメント」という名称を使った記述が残っています。

日本でのセメントの始まりは

実際に日本で初めてセメントが使用されたのは、1861年、幕府が長崎製鉄所を建造した際、オランダ海軍士官ハルデスの指導で煉瓦の接着に使ったときだとされています。その後、横須賀造船所、野島崎灯台、城ヶ島灯台などで輸入セメントが使われました。この横須賀造船所に使われたセメントが高価だったため、明治政府内でセメント国産化の気運が高まりにより、1875(明治8)年には日本のセメント産業が本格的に始動します。以来、140年あまりの歴史の積み重ねのなかで、ビルやダム、トンネル、橋など、さまざまな社会基盤を整備するための素材提供産業として、日本の繁栄に大きな役割を果たしてきました。

I セメント

1. セメントとは

セメントとは、一般的には、水や液剤などにより固まる粉状のものを指します。広い意味では、アスファルト、膠(にかわ)、樹脂、石膏、石灰等、これらを組み合わせた接着剤全般を指し、接着すること、させる材料をいいます。その種々ある接着剤なかで、多く使われているのが、石灰石を主要材料とした、セメントです。

セメントは灰色の粉末で、セメントが単体で使用されることはあまりなく、モルタルやコンクリートの材料として使われます。写真1にポルトランドセメントを示

す。土木や建築において使われる主なセメントの主原料は、粘土や石灰石、珪石、石膏、酸化鉄などです。

図2にセメント、モルタル、コンクリートの違いを示す。図2のように、「セメントと水を混ぜたもの」をペースト、「セメントと水、砂、などを混ぜ合わせて作ったもの」をセメントモルタル、「セメントと水、砂、砂利をまぜあわせて作ったもの」をセメントコンクリートと云います。このように、セメントは、水、骨材、砂や砂利などを接着する役目をしています。



写真1 ポルトランドセメント

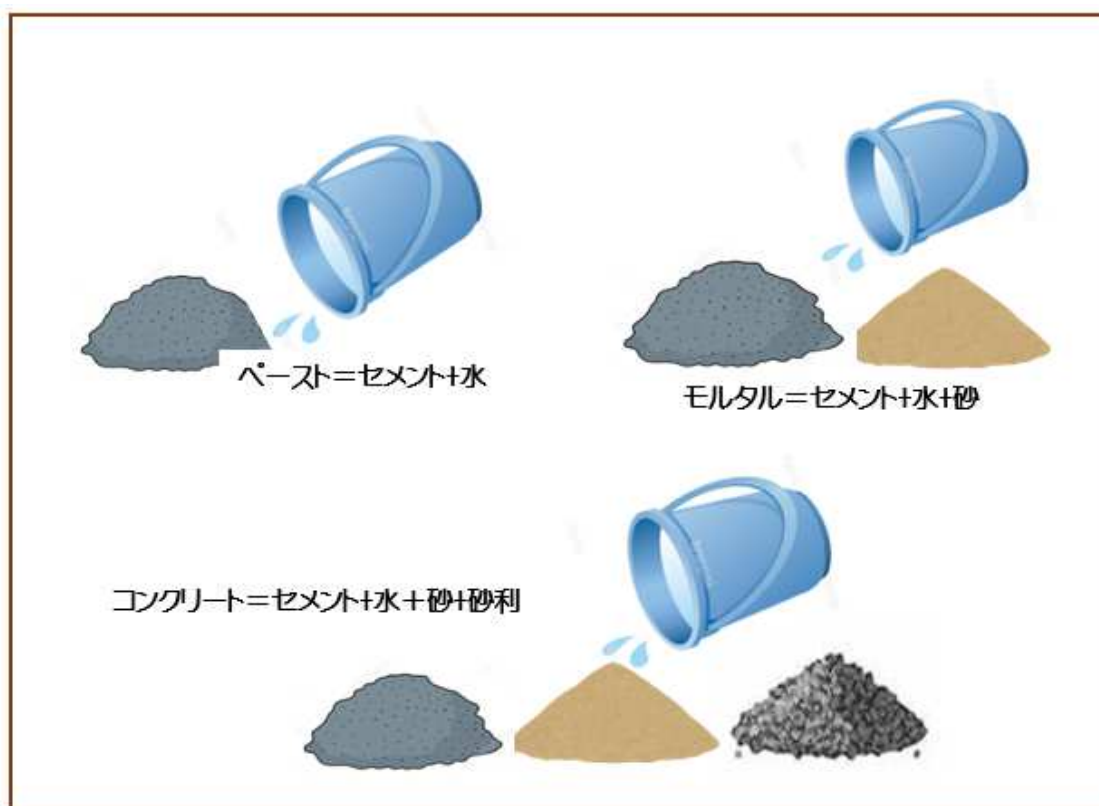


図2セメント、モルタル、コンクリートの違い

2. セメントの材料

セメントの成分は、石灰分、シリカ（ケイ砂）、アルミナ、酸化鉄などです。石灰分は石灰石、またシリカ、アルミナ、酸化鉄は粘土、頁岩、粘板岩などの粘土質原料から供給されます。酸化鉄分を補うためには鉱滓、鉄鉱石を使用します。このほかにセメントの凝結、硬化を調節する添加剤として石膏を用います。特に、石灰石のほとんどは日本国内で産出されているので輸入にたよる必要はなく、北海道から沖縄まで、全国各地の山で石灰石を採取できます。

3. セメントの製造方法

セメントの製造工程を図3に示す。図3より、セメントの製造工程は(1)原料工程、(2)焼成工程、(3)仕上げ工程からなります。

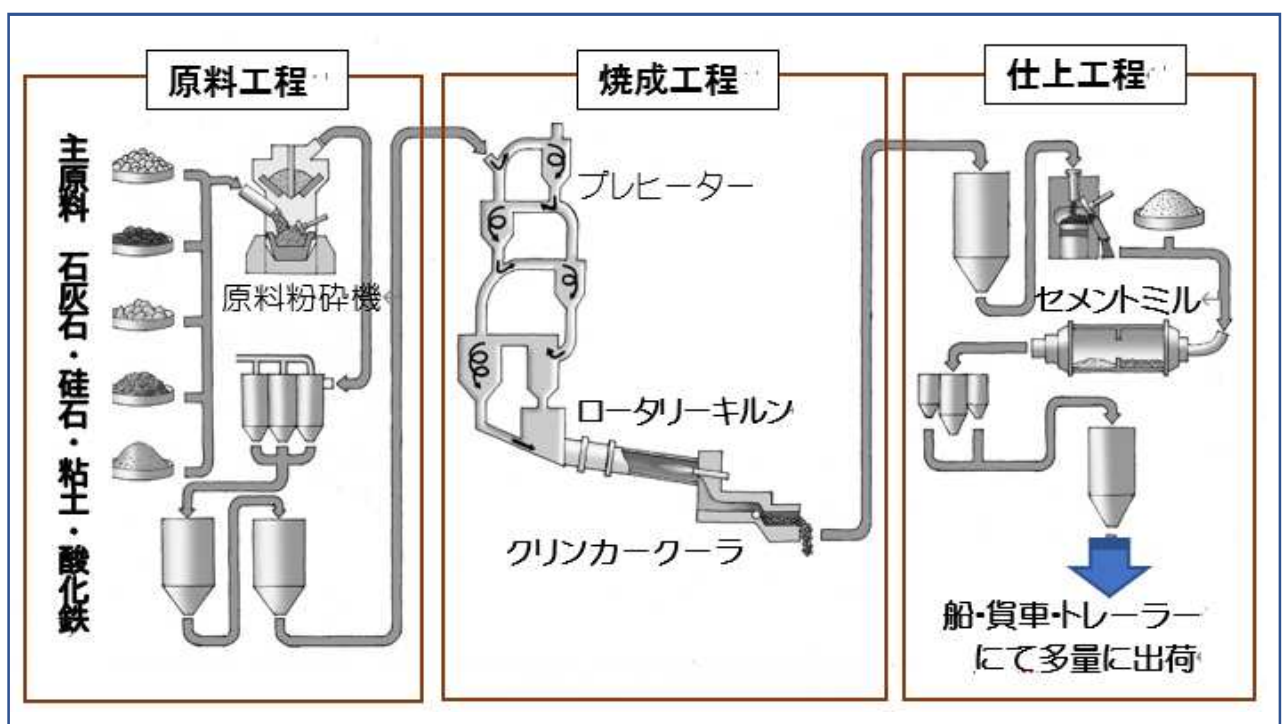


図3 セメントの製造工程

(1)原料工程

原料工程は、原料を計量し、細かく砕く工程です。

セメントの原材料の割合を図4に示す。原料は、カルシウム、ケイ素、アルミニウム、鉄、これらを含んでいる自然にある鉱石が石灰石、珪石、粘土、鉄です。これらを材料として、その各々の原材料の成分を調べて、化学反応に必要な割合を計算し、その割合で、各々の混ぜ合わせ、原料ミル（粉碎機械）で粉碎します。

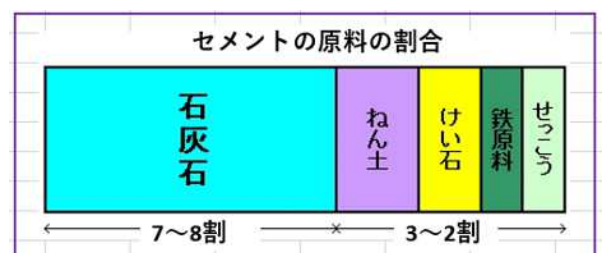


図4 セメントの原料の割合

(2) 焼成工程

焼成工程は、前の工程で、粉砕された原材料を、大きな回転窯で焼いて「クリンカー」という中間の製品を作ります。この工程では、まず、砕かれた原料を予熱装置・プレヒーター（高さ70～90mの装置）で加熱した後、直径が4～6mの太いパイプ、長さが60～100mの大きな鉄のパイプを横に寝かせたような「回転窯・ロータリーキルン」という装置に入れます。焼く最高温度は1,450度、高い温度で原料を焼くと、窯の熱のなかで、混ぜられた材料は化学反応を起こし、直径1cmほどの石のような塊となります。この塊を一気に冷やすと「クリンカー」ができます。

(3) 仕上げ工程

焼きあがったクリンカーに石膏を加えて、回転仕上げミルで、細かく粉砕します。なお、石膏を加えることで、固まるまでの時間調整が出来るようになります。出来上がったクリンカーだけでは、水を混ぜますと、すぐに固まってしまいますが、石膏を入れることにより、固まる時間に余裕が出来ます。これで、コンクリートを型枠に流し込む、作業時間がうまれ、いよいよセメントとして使われるようになりました。

完成したセメントは、風化、凝固が進まないように管理されたサイロにストックされ、性能検査を行い出荷されるようになります。

4. セメントが固まるわけ

セメントに水を加えてよく練り混ぜると、最初は軟らかい粘土のようですが、時間がたつと固くなります。これは水とセメントが反応することで固まります。水とセメントの化学反応を「水和反応」といい、水和反応が起こるときは熱を発生します。この熱を「セメントの水和熱」といいます。セメントコンクリートの水和反応は長い期間続き70年から80年続きくといわれています。

水和反応が始まり固くなって形が変えられなくなるまでの段階は「凝結」、それ以上に固まることを「硬化」と言います。セメントは水と反応を始めてからおおよそ1ヶ月(28日)ほどで、実際に使用されるに硬さに達します。そして、硬さの程度を「強度」と言います。1ヶ月後の強度を28日強度と云い施工の目標ポイントとなる強度です。

従って、水和反応によってセメントは水と結合し、砂、砂利のスペースを水和生成物が埋めることで強度が発現していくため、粘土や土のように乾燥することで固まる訳ではありません。

5. セメントの水和反応の流れ

セメントの成分が周囲の水に溶解し、数分後には炭酸カルシウム水和物が生成されます。しばらく水和反応はゆるやかに進み、数時間後には、炭酸カルシウム水和物同士が絡み合い連続した組織(大きな結



図5 水和反応イメージ

晶)となり、流動性が無くなります。この時点を凝結と呼びます。図5に水和反応のイメージ図を示す。

凝結とは、モルタル・コンクリートなどが流動性を失い固体に変化することで、変形することなく形を保つが、強度の発現はまだしていない状態です。さらに時間が経過すると、セメント粒子間の空隙が水和物で満たされて硬化が進み強度が発現していきます。

これらの水和物はセメントゲルと呼ばれ1cm³のセメントから2.2cm³のセメントゲルが発生します。なお、石膏が存在しないセメントでは急結現象を引き起こし、石膏が存在するセメントでは針状のエトリンガイトと呼ばれる結晶が生成されます。この反応は、別の水和反応物質より早く起こり、その物質の反応を抑える結果になり、凝結の時間に余裕が出来ます。

6. セメントの種類

セメントの代表的な区分と種類を表1に示す。そのほかに、セメントの種類を次の4種に分けて表現することもあります。

ポルトランドセメント、混合セメント、特殊セメント、エコセメントに分けられます。

さらに細分化していくと、分類としては以下のように。

ポルトランドセメントは、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、超早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、耐硫酸塩ポルトランドセメント、混合セメントは、高炉セメント、フライアッシュセメント、シリカセメント、特殊セメントは、超速硬セメント、白色ポルトランドセメント、コロイドセメント、エコセメントは、普通エコセメント、速硬エコセメントのように多種多様です。

表1 セメントの区分と種類

区分	種類	性質	略号	生産量比率 (%)	
ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント	現場施工や製品に使用される最も一般的なセメント	N	69.6	
	早強ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメントの7日強度を3日で得られるセメント	H	5.5	
	超早強ポルトランドセメント	早強ポルトランドセメントの3日強度を1日で得られるセメント	UH		
	中庸熱ポルトランドセメント	水和熱を低減し、マスコンクリートに使用されるセメント	M	1.3	
	低熱ポルトランドセメント	中庸熱ポルトランドセメントよりさらに水和熱を低減したセメント	L	0.3	
	耐硫酸塩ポルトランドセメント	硫酸塩を含む土壌での工事に適し、耐海水性に優れたセメント	SR	0.01	
混合セメント	高炉セメントA種	高炉スラグを混合したセメント 混合率5～30%	BA	20.8	
	高炉セメントB種	高炉スラグを混合したセメント 混合率30～60%	BB		
	高炉セメントC種	高炉スラグを混合したセメント 混合率60～70%	BC		
	フライアッシュセメントA種	フライアッシュを混合したセメント 混合率5～10%	FA	0.2	
	フライアッシュセメントB種	フライアッシュを混合したセメント 混合率10～20%	FB		
	フライアッシュセメントC種	フライアッシュを混合したセメント 混合率20～30%	FC		

* 生産量比率は2015年度の統計をもとに算出

7. セメントの取り扱い上の注意

セメントの詳しい取り扱い方法は製品製造会社が発行している「安全データシート(SDS)」を参照してください。ここではセメントの取り扱い上の注意の内、ポイントとなる項目について記載します。

(1) 目に入った場合

目に入った場合は直ちに、患部を水道水もしくは清水で十分に洗浄した後、医師の診断を受けてください。

(2) 皮膚に付着した場合

セメントは強アルカリ性なので皮膚に付着したら清水で十分に洗浄してください。手を荒らすので、作業はゴム手袋を使用します。

(3) セメントを取り扱う場合

セメントの取り扱い作業はゴム手袋を使用します。

セメントの取り扱い作業はセメントの粉が舞うので、マスクをします。

(4) セメントの保管

セメントは水分、湿気を含むと固まるので、袋詰めセメントは地面に直接置かないようにします。いったん封を切った袋詰めセメントは使い切ること。

Ⅱ セメントコンクリート

1. セメントコンクリートとは

(1) コンクリートの構成

コンクリートは、図6のようにセメント、水、細骨材、粗骨材、混和剤から構成されます。これらをコンクリート中に占める質量で見ると、もっとも多いのが粗骨材で、次いで細骨材、セメント、水、混和剤の順になります。



図6 セメントペースト・モルタル・コンクリートの構成

このほかにセメントの使い方として、セメントペーストとモルタルがあります。なお、セメントを水で練り混ぜたものがセメントペースト、これに砂(細骨材)を練り混ぜたものがモルタルです。

(2) 品質確保の方法

セメントコンクリートが固まった時点で、強度など所要の品質を確保するために、セメントコンクリート工事では、使用材料の選定、材料の使用割合(「示方配合、配合」あるいは「調合」という)の決定、コンクリートの練り混ぜ、運搬、打込み(「打設」という)、養生などの工程ごとに工夫が必要です。

所要の形状に正確、かつ均一に出来上がるためには、打設しようとするセメントコンクリートが、その目的に適した「作業性をもった軟らかさ」である必要があります。セメントコンクリートが硬過ぎれば、隅々まで行き渡らせるのに手間がかかり、型枠の面や鉄筋の混んでいる部分に空洞が残って(型枠をはずしたときに、コンクリートの表面に和菓子の「豆板」のような形の部分がでる場合があります、これを「豆板」あるいは「ジャンカ」と呼びます)、弱点を作ってしまう。反面、軟らか過ぎれば粗骨材が沈むなどの材料分離を起こし、余った水が表面にたくさん浮いて不均一なものとなります。したがって、使用する条件に応じた適度な軟らかさ(流動性)のものをつくることが重要です。

そのためには、作業性、経済性に優れたコンクリートを作ることが大切で、配合設計が重要となります。

2. コンクリートの配合設計

耐久性能、使用性能、施工性能、安全性能に優れた品質のセメントコンクリートを作るためには、セメント、砂、砂利、水、などの性状を調べ、それをどのような割合で混ぜるかが重要です。この割合や配分を決めることを配合設計と言います。加えて経済性も加味します。仮に、様々な性能を充たしたセメントコンクリートでも、セメントコンクリートは多量に使用し、質量が重いので、使用材料の割合を調整し、現地で調達することが求められます。セメントコンクリートに求められる性能を表2に示します。

表2 コンクリートに求められる性能

コンクリートに要求される性能	
必要な性能	要求内容
安全性能	使われるときの加重、振動に対する強度
使用性能	過度の変形を起こさないための性能
復旧性能	さまざまな性能がメンテナンスで保たれる
他者への影響	剥離、欠損などが第三者に影響を及ぼさないように
美観・景観	インフラとして作られ永く使われる形、
耐久性能	使用期間、使用場所による化学耐性
環境性能	地球・地域・使用の環境に適していること

表2のように要求される性能は、多岐にわたっています。ここで、考慮すべきことは、計画通りの養生ができるかです。養生が十分でないと、強度が出現しないうちに型枠を外す、重量物を載せるなど適切な工程の管理が出来なくなります。

(1) 配合設計の流れ

図7は配合設計をおこなう流れを示しています。構造物に要求される性能を確保するために、次の5つの配合条件を定めます。

構造物の要求性能を確認し、構造物の要求性能を満足するためのコンクリートの性能を、指標として定めます。コンクリートの要求性能が定まると、建設現場で使用する材料を特定します。また、それらの材料を用いた場合のコンクリート材料(セメント、水、細骨材、粗骨材)の1m³あたりの計量値を算出します。コンクリートの性能は、使用材料の品質に左右されます。単位水量が小さいほどひび割れ抵抗性に優れます。

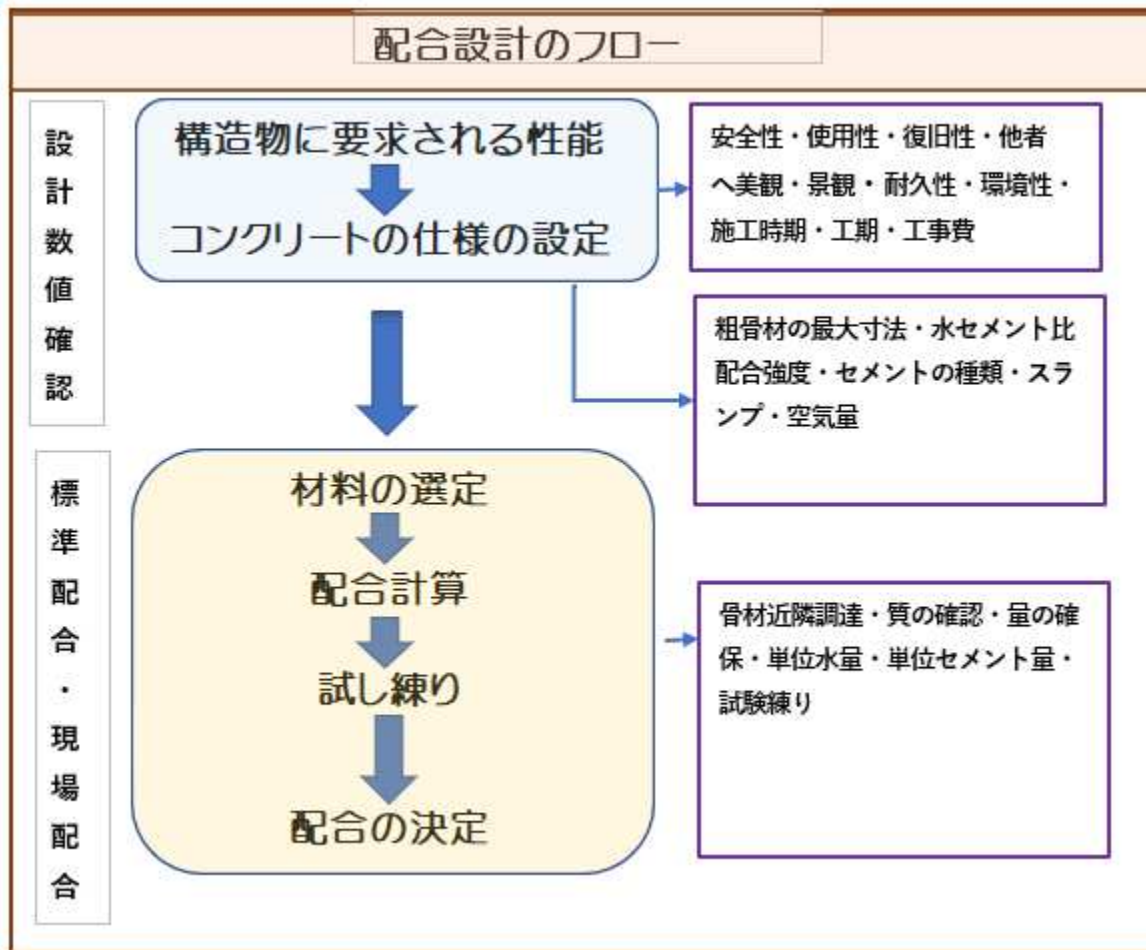


図7 コンクリートの配合設計フロー

(2) コンクリート材料の選定方法

セメントコンクリートは、1 m³の質量が2 トンを超える重量物ですから、使用材料はできるだけ運搬費をかけないように現地で調達することが望まれます。とくに骨材については、大きな割合を占めるため、運搬費コスト、燃料消費、交通事故回避などからも、考慮して決定します。とはいえ、使用材料の品質がコンクリートの品質やコンクリート構造物の耐久性を左右することも事実です。したがって、複数の材料を検討することが必要です。

(3) セメントの選定

セメントは強度、反応時間、反応熱、など様々な要求に対応出来るセメントを選定します。一般的には普通ポルトランドセメントが使用されますが、工期、施工時の条件によって、緩やかな強度発現をする低熱ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなど条件に合致したセメントを選びます。また、高炉セメントは、耐海水性、アルカリシリカ反応抵抗性、凍結融解抵抗性などに優れていますが、反面、自己収縮が他のセメントより大きいなどの特色があります。したがって、セメント選定では、メリットのみではなくデメリットも考慮する必要があります。

(4) 骨材について

骨材は粒度が広く分布し、粒形が丸みを帯びていることにより、実積率が大きくなり、コンクリートの単位容積あたりの骨材量が増加し、それに伴いセメントペースト量が少なくできるため、収縮が小さく、ひび割れが生じにくくなります。骨材の材質については、岩種も大切ですが、骨材の密度が大きく、吸水率が小さい方が良いとされています。

(5) 混和剤について

混和剤は、コンクリートが打設時に使いやすく、コンクリート構造物の性能をさらに向上させるために加える材料です。多くは AE 減水剤が使用されます。AE 減水剤の使用で、単位水量を減じることができ、これにより収縮が小さく、水和発熱も少なくできる事で、ひび割れ抵抗性が向上します。加えて混和材は、生産過程や運搬、貯蔵の過程で材料が分離しないような働きもあります。

3. 建設現場で使用するコンクリートを選定する条件

- ① 粗骨材の最大寸法
- ② 水セメント比 W/C%
- ③ 配合強度
- ④ スランプ
- ⑤ 空気量

これらの配合条件を満足するように配合量（各材料の 1 m³あたりの計量値）を定めるのが配合設計です。この計算では、使用材料の品質が影響し、密度が大きいほど単位容積質量が大きくなり、一般的には耐久性に優れるコンクリートと云えます。

(1) 粗骨材の最大寸法は

構造部材の寸法、鉄筋の間隔を考え、コンクリートが確実に充填できることを条件として、出来るだけ大きい寸法とします。施工に適する範囲で粗骨材の寸法が大きいほど良いとされるのは、単位水量および単位セメント量が少なくできることでひび割れが生じにくくなるためです。

(2) 水セメント比は

水セメント比はコンクリートの緻密さを間接的に示す値であり、水セメント比が小さいほど強度が高く、セメント水和物の組織は緻密になるため、コンクリートを痛める因子の拡散が小さく、耐久性に優れるコンクリートとされています。

図 8 に水セメント比と強度の関係を示します。

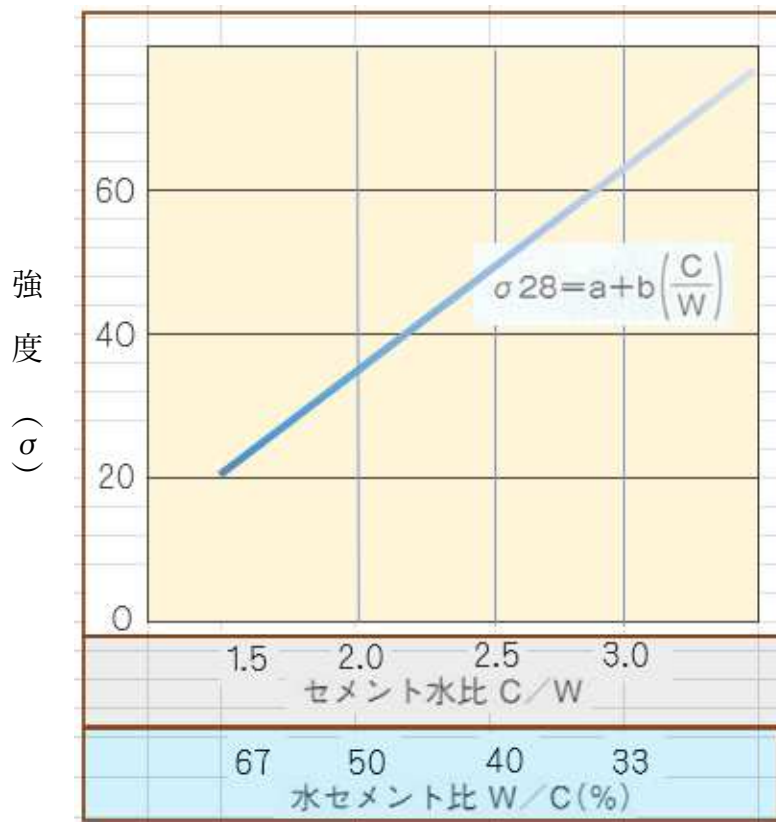


図8 水セメント比と強度の関係

図8は、28日強度（強度 σ_{28} ）とセメント水比（C/W）の関係のグラフです。この式はセメントの種類により違いますし、製造会社でもaとbが異なりますが計算方法は同じです。図8より、水セメント比W/Cから28日強度を推定することができ非常に便利です。

(3) 配合強度

設計基準強度に品質変動を考慮して割り増した目標強度であり、材料の品質変動が小さく、変動の少ない製造管理が余分な強度を求めなくてよいことになります。

(4) スランプ

型枠内にコンクリートを充填するための難易度を示す指標であり、流動性を簡易に示すものです。

(5) 空気量

空気量は一定の範囲であれば凍結融解作用に対する抵抗性の優れることから、目標を4.5%とし、変動があっても3%を下回らない値と明示されています。

4. スランプ試験

セメントコンクリートの品質を確認する試験として、スランプ試験があり、ワーカビリティとセメントコンクリートの均質性が確認できます。

ワーカビリティとは、施工のしやすさ(作業性)を意味します。セメントコンクリートは固まる前、粘性のある流動体(以降、生コンという)で、これを型枠に流し込んで、生コンが配筋と一体となるために全体に行き届くように作業します。

生コンの粘性が強いと全体に行き届かせるよう作業するのが難しくなります。型枠を抜いたとき、万が一にも「セメントコンクリートが無い部分があって鉄筋がむき出しになった」など、あってはいけません。逆に生コンの粘性が弱い、つまり流動性の高い生コンなら放っておいても、生コンは全体に行き届くでしょう。しかし、スランプ値が大きいということは、水セメント比が大きく、欠点を持ったセメントコンクリートになるので注意します。

5. スランプ試験方法

図9にスランプコーンを示します。スランプコーンは、図のように上部がΦ100、下部がφ200mmの円筒になっています。上部φ100mm部分の孔から生コンを入れます。スランプコーンが満タンになるよう生コンを詰めます。その後、ゆっくりとスランプコーンを引き抜きます。

生コンは粘性があるため、スランプコーンを引抜いた後も、円筒の形状を若干保持します。スランプ値とは、スランプコーンの天端から、引抜いた後の生コンの天端までの距離です。生コンの粘性が高いほど流動性が低いので、スランプ値は小さくなります。逆に、流動性の低い生コンは、スランプコーンを引抜くと、形状を保てず流れるでしょう。この場合、スランプ値は大きい値です。

スランプ試験とはワーカビリティとセメントコンクリートの均質性の品質を、スランプ値で規定するものです。スランプ値は、大きすぎても、小さすぎても問題です。但し、高性能AE減水剤の開発など、水以外でワーカビリティを改善する方法がある現在では、スランプ値は小さい方が、高い強度が出て、セメントコンクリートを痛める余分な水分がない、良いセメントコンクリートとなります。

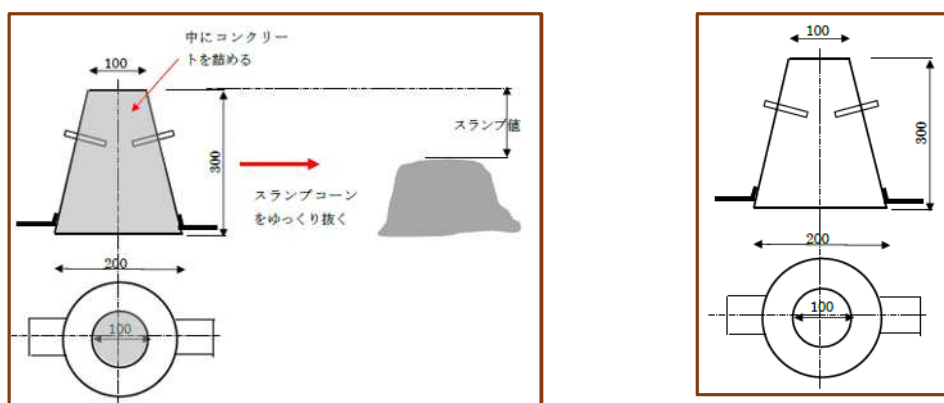


図9 スランプコーン

6. スランプ値の基準と選定

コンクリート標準示方書(土木学会)、JASS5(建築学会)、公共建築工事標準仕様書(営繕)と関係団体で違いがあります。この違いはセメントコンクリートが使用される環境が違う事、作られる構造物の形態、大きさの違いなどから定めたものです。そこで、スランプ値を決める際には、下記の箇条書きを確認した後、適切な指示を受けて基準を決めてください。

スランプ値の選定は

- 特記仕様書の記載を確認すること。
- 特記に記載のない場合、各仕様書の基準を参考にする事。
- スランプは作業に適したワーカビリティで、なるべく硬い値を選ぶこと。
- 部材の寸法・かぶり厚さ・鉄筋量・鉄筋間隔・打込み方法・圧送距離などを考慮してスランプ値を選定すること。

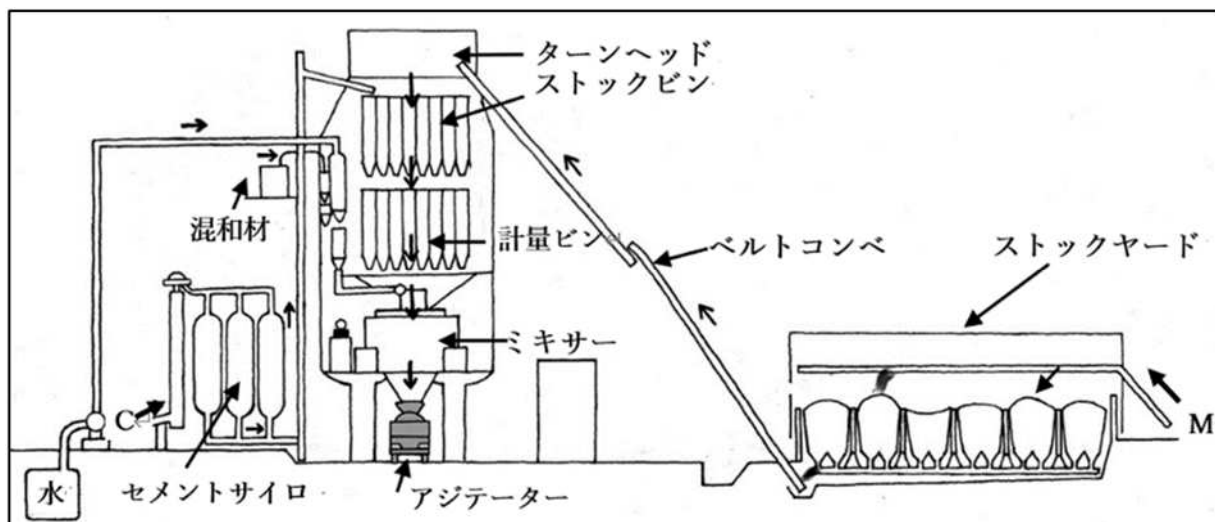
正しいスランプ試験方法

- ① スランプコーンは、水平に設置した剛で水密性があり平滑な平板上に置いて押さえ、試料はほぼ等しい量の3層に分けて詰めます
- ② 各層は、突き棒でならした後、25回一様に突く。この割合で突いて材料の分離を生じるおそれのあるときは、分離を生じない程度に突き数を減らす。各層を突く際の突き棒の突き入れ深さは、その前層にほぼ達する程度とする。
- ③ スランプコーンに詰めたコンクリートの上面をスランプコーンの上端に合わせてならした後、直ちにスランプコーンを静かに鉛直に引き上げ、コンクリートの中央部において下がり量を0.5cm単位で測定し、これをスランプとする。
※スランプコーンにコンクリートを詰めはじめてからスランプコーンの引き上げ終了までの時間は、3分以内とする。

7. セメントコンクリートが出来るまで

セメントコンクリートの製造には①現場練りと②工場生産の二通りがあります。

- ① 現場練りは、少量の使用の現場、または、工場から運搬できない場合、離島など現地に材料をそろえて、製造します。所定の強度を発揮するには、使用する材料の配合の計量を的確に行わなければなりません。規模、種類によっては、現地でそれを合わせればよいように、あらかじめ計量して袋詰めすることもあります。
- ② 工場で生産されるコンクリートを生コン(レディーミクストコンクリート)といいます。図 10 に生コンプラント構造と製造の流れを示す。ストックヤードの骨材や砂からバッチャープラント上部のストックビンに材料を貯蔵した後、各種材料を計量・混合して生コンを製造します。



https://www.jci-net.or.jp/j/public/technology/archive/201712_article_1.html

この図は、公益社団法人 日本コンクリート工学会 の生コン工場の製造設備と原材料の流れを参考に作成したものです。

図10 生コンプラント構造と製造の流れ

8. 生コン製造から現場までの注意事項

(1)スランプ値の変化

セメントコンクリートの軟らかさは、“スランプ値”という値で表し、単位は cm です。この値が大きいほど軟らかく流れやすい生コンクリート、と言えます。

時間が経過した生コンクリートは徐々に硬くなり、スランプ値が低下します。特に、暑い時期には運搬によるスランプ値の低下が大きく、コンクリートの温度が 30℃、スランプ値が 18cm 程度の生コンクリートを 1～1.5 時間運搬すると、スランプ値は 6cm 程度低下する場合があります。

(2)空気量の変化

運搬時間によるスランプ値の変化とともに、生コンクリート中の空気量も変化します。生コンクリートには、体積のおよそ 3～6%程度の空気が含まれています。この空気には色々な効果があり、一番の効果は「作業のしやすさ」です。

生コンクリートは空気を含むことでなめらかで流れやすくなり、スコップやコテでの作業もしやすくなります。

この空気が、運搬時間の経過とともに徐々に少なくなり、生コンクリートのなめらかさも失われて作業がしにくくなっていきます。作業がしにくくなり、細かい場所、端部までコンクリートが行きわたらなくなります。

(3)大きく品質の変化した生コンを使用すると

これから、打設する構造物の型枠の中にはコンクリートを補強する鉄筋が設置されており、そこへ生コンを流し込みます。生コンクリートが所定のスランプ値を下回っていると鉄筋と鉄筋の間、また、型枠の隅々まで生コンが行きわたりません。

このように、スランプや空気量が低下した生コンを流し込むと、ジャンカと呼ばれる充填不良や、流し込んだコンクリートの層が一体化しない部分であるコールドジョイントといった問題が発生します。

(4)生コンクリートの運搬時間・使用時間の規定

コンクリート構造物にジャンカやコールドジョイントのような不良を生じないために、生コンクリートの運搬時間や使用時間に規定を設けています。各種団体にて規格化されています。したがって、どの規格を元に作業しているのか認識して間違いのないようにします。

(5) JIS(日本工業規格) JIS A 5308 の規定

日本工業規格 JIS A 5308 レディーミクストコンクリートの規定です。JIS A 5308(2014 改正)の 8.4 b)には、以下のように書かれています。

「レディーミクストコンクリートの運搬時間は、生産者が練混ぜを開始してから運搬車が荷卸し地点に到着するまでの時間とし、その時間は 1.5 時間以内とする。ただし、購入者と協議のうえ、運搬時間の限度を変更することができる。」

生コンクリートの JIS 規格は、生産者が遵守する規格です。このため責任範囲は生コンクリートを荷卸しするまでで、練り混ぜを開始してから 1.5 時間以内に荷卸し地点に到着することとされています。

(6) JASS5(2015 年版) 日本建築学会の規定

JASS5 とは、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」のことで、日本建築学会発行の建築工事の仕様書です。

こちらの 2015 年版には、コンクリートの使用時間の限度は(使用者の立場の基準なので、“使い終わるまで”です)、以下のように書かれています。

「コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間の限度は、外気温が 25℃未満のときは 120 分、25℃以上のときは 90 分とする。ただし、凝結を遅らせる対策を講じた際は、外気温が 25℃未満のときは、生コンクリートが練混ぜ開始から 1.5 時間後に現場に着いても 30 分以内で使い切れれば規定から外れませんが、25℃以上のときは練混ぜから 1.5 時間で現場に着いたらその時点で時間切れになってしまうので注意しましょう。

(7)コンクリート標準示方書(2012 年版) 土木学会の規定

コンクリート標準示方書、土木学会の規定では、「7.2 練混ぜから打終わりまでの時間、練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、外気温が 25℃以下のときで 2 時間以内、25 度を超えるときで 1.5 時間以内を標準とする」となっています。

建築学会は25℃未満と25℃以上で分けていますが、土木学会は25℃以下と25℃を超える、で分けています。しかもかたや建築学会は何分、で規定しているのに対して土木学会は何時間、で規定しています。

(8) 品質変化を小さくする方法

建築学会・土木学会の規定において、25℃を境にコンクリートの使用可能時間が分かれています。このことから、コンクリートの品質変化に大きく影響を与えるものは温度です。

外気温によってコンクリート自体の温度が上がると、コンクリート中のセメントと水の水和反応の進行が早くなり、スランプの低下も早くなります。

このため、コンクリートの品質変化、特にスランプの変化を小さくするにはコンクリート温度を下げたり、温度上昇を防いだりすることが有効です。

具体的には、練り混ぜ時に冷却水を用いてコンクリート温度を下げる、アジテーター車のドラムに遮熱効果を持つカバーを巻く、断熱塗料を塗るなどの対策が挙げられます。

また、コンクリートの練混ぜ時に使用する材料に「高性能 AE 減水剤」を選択することで、スランプの時間による低下を小さくすることができます。

(9) 品質が変化してしまった生コンの対処

生コン工場を出てから、交通事情が悪く予定の時間を大幅に超えてしまった。また、現場についても、受け入れの体制が出来ていない、機材の故障などで、現場滝をしたなどのトラブルや、天候の急変で雨、また急激な気温上昇などで、さまざまな事情で、プラントを出てからの予定時間が大巾にかかり、荷下ろしまでの時間がかかり、品質変化、スランプの低下を起こしてしまったコンクリートの対処はどのようにするとよいのでしょうか。

まず、トラブルが起こった時にはプラントと連絡を取り、掛かる時間を見越して対応します。なお、到着したコンクリートの受入検査で規格を外れたものは、基本的には使えません。そのまま用いて構造物の不具合を起こしてしまうと判断した場合は、そのコンクリートを廃棄して新たなコンクリートを打設します。規格によっては、スランプが低下したコンクリートの救済措置として、流動化剤(一時的にスランプを増大する薬剤)を添加しスランプを回復させて打ち込んでもよいとされています。ただし、この場合には事前に工事管理者と協議の上、承認を受ける必要があります。

固くなった生コンに現場で水を加えてコンクリートを軟らかくして使用するようなことは、絶対に行ってはいけません。なぜなら、適正な水セメント比を変えてしまうので、所定の強度を得ることができなくなるからです。

Ⅲ セメントコンクリートの施工(打設)

1. レディーミクストコンクリートの受入れ

図11に生コンの受け入れ状況を示す。この図はポンプ車がアジテーター車から生コンを受入れ打設現場に圧送する状況です。

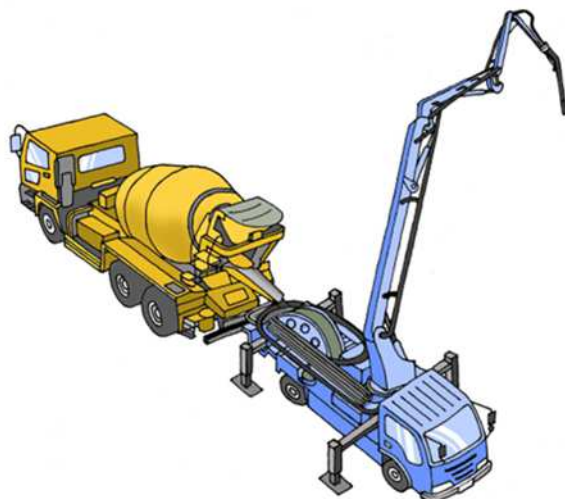


図 11 アジテーター車とポンプ車によるコンクリートの受け入れ状況

(1) 打設計画書の作成

打設の手順や注意点などの検討が済んだら打設計画書を作成します。

生コンの打設は、時間に追われ、かなりの重量のコンクリートを、正しい製品の管理をしながら、おこなわなければ、大きな問題を残します。そこで、生コンを受け入れる前におこなっておく重要な作業が、打設計画書の作成です。

打設計画書には、事前に段取する物、把握するすべて、日時や打設箇所、コンクリートの仕様、人員の配置、機器の数、タイムスケジュール、型枠検査、鉄筋検査など、各種検査の実施内容など打設に関わる情報を網羅します。

打設画書をまとめておくことにより、当日の管理もしやすくなります。また、計画書を作成すると、工事全体を俯瞰することができ、内容を理解することが出来ます。その計画書の作り方と内容ですが、先輩が作られた計画書を参考にし、作成しましょう、特に決まった形はありません、また、現場条件が異なるので、同じ施工計画書はものはありません。

現場の条件・状況や天候などは様々な条件で、変わりますから計画書が必要です。

(2) 型枠組立と型枠検査

型枠工事は、工事全体のなかで、全体の要の構造物を造るための工事です。どこにどれだけのコンクリートの構造物を作るかその完成の形を作るのが型枠です。完成形の基礎部分、メイン部分である構造物を、型枠が作るのですから品質管理は、最も重要なことです。

図面を具現化する、それが型枠の組み立てです。建物、構造物は、型枠を組んだとおりに、構造物が出来上がります。そのため、きちんとした管理のもと工事を行われなければなりません。

【型枠工事の品質管理】

- 型枠の設置位置は、間違えないか

型枠を図面通りに立てていたとしてもコンクリートの圧力を理解して締め作業を行っていないと意味がありません

- 図面通りの寸法、形、方向の構造物が形作られているか

型枠がコンクリート打設したときに漏れたり歪んだりしないように組み立てられ、補強材で締め付けられているかです。この固め作業が悪いと何トン、数十トンの重さのコンクリートの打設圧力で型枠が破裂してしまいます。形と場所によっては浮かんでしまうこともあります。ですから、締め付け作業では単管パイプだけでなく、場所によってはチェーンやターンバックルで固めます。

- 水平、垂直、寸法を確かめるために計測器を使用して検査をします。

建て込み、締め付け作業は型枠の品質向上のためにも重要な工程です。

(3)配筋検査

配筋検査とは、鉄筋コンクリート構造物工事で鉄筋が配置図通りに配置されているかの検査です。引っ張りに弱いコンクリートを補強のために鉄筋を用いています。配筋検査のチェック項目は、鉄筋は太さと間隔の他、重なるの長さを確認します。重なるの長さは、鉄筋径の40倍以上の規定を基にチェックします。基礎部分は立ち上がりの角や配管が貫通する箇所などの補強筋が検査対象ですこれが、図面どおりの寸法、太さ、数量で、正しい位置に設置されているか、また、コンクリート打設の時に位置がずれ、変形がないように、結束、間隔を保つ補助を施しているかなど。さらに、被りを保てるようになっているかなどをチェックします。なお、この検査は、発注者の立ち合い、確認で行われます。

(4)生コン受入検査

受入検査では、レディーミクストコンクリートが注文通りの品質となっていることを確認するために、各種品質試験、検査を実施します。

【検査および確認項目】

土木学会の「コンクリート標準示方書」(「施工編:検査標準」第5章)によれば、レディーミクストコンクリート(生コン)の受け入れ検査は、次のように行ないます。

- ① 生コンの受け入れ検査は、受入側の責任の下に実施し、検査の結果を構造物の発注者が確認する。
- ② 生コンの受け入れ検査は、荷卸し時に行う。検査場所の確認
- ③ 検査は、以下に示す「表 2.7.1 コンクリートの受け入れ検査」によることを標準とする。
- ④ 受入側の専門技術者は、荷卸し時においてコンクリートが良好なワーカビリティを有することを目視によって確認しなければならない。ワーカビリティが適切でないと判定されたコンクリートは、これを打ち込んではいならない。
- ⑤ フレッシュコンクリートの単位水量の検査は、受入れ側と製造側の両者がその検査方法及び判定基準についてあらかじめ協議したうえで実施することを標準とする。
- ⑥ 配合の検査は、それぞれの材料が所定の配合で製造されていることを計量印字記録により確認することを標準とする。単位水量の検査は、水の計量印字記録と骨材の表面水の補正量から計算によって求める方法を標準とする。
- ⑦ 水セメント比の検査は、単位セメント量の計量印字記録および水の計量印字記録と骨材の表面水の補正量から算定される単位水量から求める方法を標準とする。また、アルカリ骨材反応対策の検査は、コンクリートの配合表により確認することを標準とする。
- ⑧ 強度の検査は圧縮強度試験による。この検査で不合格となった場合、構造物中のコンクリートの強度を検査しなければならない。
- ⑨ 重要な構造物に対しては、必要に応じて、収縮ひずみを確認する。
- ⑩ 流動化コンクリートについては、ベースコンクリートおよび流動化後のコンクリートのスランプと空気量試験を、50m³につき 1 回の割合で実施するのを標準とする。
- ⑪ 検査の結果、不合格と判定されたコンクリートはこれを用いてはならない。

2. コンクリート打設

コンクリート打設とは、セメントコンクリートでつくる構造物の型枠内に生コンクリートを流し込む作業のことをいいます。生コンクリートを流し込む際、型枠の隅々まで生コンを送り込むためや余分な空気を追い出すために、型枠を外側から棒などで叩き振動を加えながら締固めを行っていたことが「打設」の由来といわれています。

現在の「コンクリート打設」は、セメントコンクリートの流れをよくするための配合、混和剤の使用で、かなり作業がスムーズになっておりますが、ただ流し込んで固まるのを待てばよいというわけではなく、正しい管理と施工が行われなければ十分な強度は得られません。

生コン打設で注意が必要なのは生コンの分離です。生コンは工場では混ぜてアジテーター車で現場に運びます。現場に着いたら、型枠の中に入れます。このアジテーター車の移動の間、荷下ろし、現場内移動、型枠の隅々まで、密度の違う混合物である生コンは注意しなければ分離してしまいます。生コンの材料で重いものは下へ、軽いものは上へ、細かいものも上にと、分離してしまいます。そのように偏ってしまえば、想定した目標の強度を発揮できなくなります。

3. 分離に気を付けるには、

現場で、ポンプ車やバケット、シュート、一輪車などを用いて生コンを型枠に流し込みます。この作業、打込みは「低い位置」から「真っ直ぐ下」に「ゆっくり」と「使用する場に落とす」のが基本です。生コンは密度が違う材料を混ぜたものなので、高い位置から落としたり・長い距離を流したり・斜めに滑らせたりすると生コンの材料が分離します。

生コンを型枠内に打ち込んだだけでは、型枠の隅まで充てんされません。生コンの打ち込みに、重要なのは、鉄筋の周囲・型枠の全体に生コンを行きわたらせるためにおこなう締固めの作業です。締固めの方法は、内部振動機をコンクリート内に差し込み、コンクリート内部から振動を与える方法、振動モータなどを用いて、型枠の外側から振動を与える方法、・振動コンパクターなどで、表面に振動を与える方法などがあります。

4. 締固め

コンクリートを型枠内に投入する行為を「打込み」、打込みの時に巻き込んだ気泡などを除去し、顕密にする作業を「締固め」といいます。「打ち込み、締固め」はいずれもコンクリート施工の基本で、おろそかにすると出来上がったコンクリートに、不具合が生じる可能性が高くなります。「打込み」は、固練りのコンクリートを突き棒などで叩き込む作業です。ポンプ車を用いて圧送するコンクリートの場合は、流し込むという方があっています。「締固め」については、振動を利用して締固め(バイブレーター)をする道具です。

バイブレーターで振動を与えるとコンクリートは液状化し、密度が軽い気泡は自然とコンクリートの表面に浮き上がってきます。ただし、振動時間が長くなり過ぎると材料分離を起こすため、気泡が抜けて分離する前に振動を止めるのがポイントです。

一般的に建設現場で使用するバイブレーターには、内部振動機…棒形バイブレーターと外部振動機…型枠バイブレーターがあります。

①棒形バイブレーター

棒形バイブレーターの性能は、「径の大きさ・振動数・振幅」によって決まり、高周波のものほど振動能力が高くなります。また、使用するバイブレーターの締固めの能力によって打ち込みのスピードが決まります。そこで、打設計画に合ったバイブレーターを選定する事が重要となります。

③ 型枠バイブレーター

型枠バイブレーターは、棒形バイブレーターを差し込む事が困難な部位や型枠付近の仕上がりを良くするために使います。

5. コンクリートの養生

コンクリートは打設が終わった状態では、まだ性能を発揮しきっておりません、水和反応が進み所定の強度が出るまで28日を想定しています。そこで、この約1カ月はコンクリートの硬化の進行を止めないよう管理します。この期間の作業を養生すると言い、養生

期間で適切な品質管理を行うことでセメントコンクリートが目的の強度を発揮します。養生は、コンクリートの打設が完了した後、コンクリートの表面が急激に乾燥しないように適度な温度と水分を与えて、雨や霜、日光から保護するものです。また、高温になり過ぎない注意も必要です。このようなことから、コンクリートは生き物だと言われます。

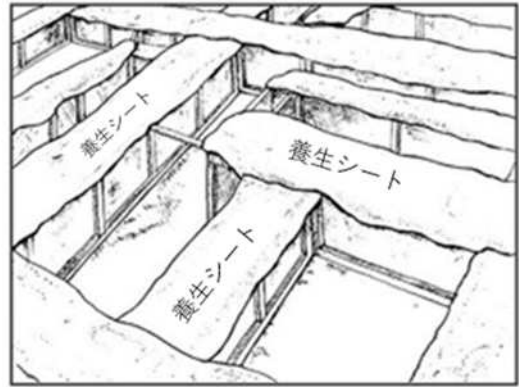


図 12 コンクリートの養生状況

6. 完成

生コン工場のセメントコンクリートの配合設計から始まり、運搬、打設、養生の段階でコンクリートを使って現場に構造物を作るまでを通してみました。その段階ごとに、検査があるということは、生コンがいかに重要な物であり、しかも変化をしながら、性能を発揮していくものであるからです。こうして完成したコンクリート製品のインフラは50年100年と使用され、人々の生活を便利にし、守っていくこととなります。

7. コンクリート工事の注意点

コンクリート工事の特色

- ① コンクリート工事は、コンクリートが刻々固化に向けて変化する。
- ② 天候、気温をはじめ、自然の影響を受ける
- ③ 大型、自由な形を作れる、しっかり安定している。

コンクリート工事のこれらは十分な準備をすれば、解決できます。

上記のコンクリート工事の特色を踏まえて、コンクリート工事の注意点を示します。

- ① コンクリートは生もの、その性質を調べ、計画書を作成する。その計画をすべて実行できる訓練・勉強をする
- ② 適正な施工プロセスを実行する
- ③ 中間のチェック、検査を怠らない。敏感に変化・異常な信号をとらえる。
- ④ 特に、コンクリートの打設時は、使用生コンの適正なスランプをまもり、分離を防ぐ
生コンの扱い、締固めを丁寧に、隅々まで
- ⑤ 打設後の養生は、さらに大切
- ⑥ 最後に、安全に作業をすること

そのためには、どこに危険があるかの拾い出し、その対応策、そして全員への周知が重要です。

ここでは、生コン打設の主な注意点を示しました。なお、実際の現場では、関係者で検討し、さまざまな注意点を書き出してみることが大切です。

参考文献

1. コンクリート標準示方書 施工編 2017年制定 土木学会
2. 基礎からわかるコンクリート 2018年6月4日 初版
3. セメント「のひみつ」 20120年3月25日 第1版
4. 絵とき コンクリート 平成12年20日 改定2班
5. セメントコンクリート材料工学 平成15年10月10日 第1版

なお、コンクリート舗装に関する施工機械、施工状況の写真は、東亜道路工業様のご厚意で提供いただきました。

用語の解説と用語集

アジテーター車

現在は一昔前よりも生コンの管理基準が厳しくなり、試験等をクリアした生コンを出荷するため、ドラムの中に材料を混ぜていない状態に入れて、自動車を走らせながら練り混ぜるということはほぼやっていません。

工場で品質管理をしながら練り混ぜたものをドラムに入れるのが主流になりました。

そのため、既に工場で練り混ぜられたものをドラムに入れて攪拌しながら走る＝アジテーター車が正しい呼び方です。

アジテーター【agitator】車とはその名の通り”agitate”＝攪拌(かくはん)する

アジテーター【agitator】とは

1. 扇動者。2 攪拌機(かくはんき)。かきまぜる装置。

打設(だせつ)

打設は「だせつ」と読みます。誤った読み方として「うちせつ」と言われることがありますが、正しくありません。

「打設」とは、建築の基礎をなす生コンクリートを枠の中に流し込むことです。生コンクリートを充填する際に、木の棒などで枠をたたいて空気や水を追い出す動作に由来しています

型枠(かたわく)

生コンが固まるまで保持する枠。打ち込まれたコンクリートを所定の形状や寸法に保ち、コンクリートが適当な強度に達するまで支持する仮設構造物の総称。

カンタブとは (かんたぶ)

生コンクリート中の塩化物量測定に使う試験票。3本の読値から塩素イオン濃度の平均を求め、生コンクリートの単位数量を乗じて塩化物含有量を求める。

空気量

コンクリートの配合には空気が必要です。空気は、コンクリートの練り混ぜ、作業性をよくします。また、凍結融解に効果があります。例えば、コンクリートの作業性は、流動性が影響しています。コンクリートの流動性は、空気量を増やすと高まります。寒い時期は、コンクリート内の水分が凍結、融解を繰り返します。このとき、微細な空気がクッションの役割をはたし、凍結融解時の圧力を低減します。凍結融解の対策として、通常時より空気量を増やします。

材料分離

材料分離は、コンクリートが数 pm から 20 ないし 40 mm までの粒径を有する固体と液体の混合物であり、さらにそれらの成分の密度がそれぞれ 1.0～3.15 g/cm³ と大幅に相違していることに起因しています。

分離は、練混ぜたコンクリートが均質性を失い、材料がかたよったり離れたりする事をいいます。材料分離が生じると、局所的に強度・耐久性・水密性の低下を招くためコンクリートにとって好ましくない現象です。分離の起こる場所は、生コン工場出荷から、現場到着の間のアジテーター車内。荷下ろしで待機中、現場への荷下ろし方法と、現場打設地点までの移動の間、打ち込み地点での生コン投入時。それだけ、全体にわたり、分離をさせないと対策をしなければなりません。

実績率

実績率の試験では、“付き棒”で締固めながら骨材を容器に入れますが、形状が角張っていると、骨材同士が引っ掛かりうまく充てんされず、空隙が大きく(実績率が小さく)なります。また、骨材の大きさは大きなものから小さなものまで適度に入っている(粒度分布が良い)骨材の方の空隙が小さく(実績率が大きく)なります。生コン1m³に砕石がどのぐらいびっしり詰まっているかの試験です。

実績率が高いものほどスランプが大きくなる＝ワーカビリティが良くなることが実験の結果わかっています。粒度がきれいに、うまくかみ合って詰まっている砕石が、ワーカビリティがいいのです。

ジャブコン (じゃぶこん)

コンクリートポンプ車による生コンクリート打設において、管のへいそくを防ぐ目的で極端に水を増した軟練りコンクリートのこと。ジャブジャブのコンクリートからの転意。

生コン誕生時期

生コンを世界で初めて確立したのは、1903 年ドイツの建設業者とされています。その後、アメリカが生コンを産業として発展させました。

1913 年メリーランド州ボルチモアにおいて世界初の生コンの工場が創業されました。

日本では、1923 年の関東大震災直後、蔵前に設置された仮設工場から、生コンが現場に運ばれ使用されたのが生コンの始まりです。

産業としての発祥は 1948 年 12 月に東京コンクリート工業(株)が設立されたのが始まりです。

配筋

鉄筋を配置すること、鉄筋を組み立てることです。「柱の配筋をする」という使い方をします。配筋は、各部材ごとに配置する鉄筋の種類や、組み方が違います。

バケツ (ばけつと)

生コンクリート打ち込みに使用する容器。

土木材料入門講座

～セメント編～

発行日 令和5年3月22日発行

作成者 「かごしまの未来を創る現場人応援事業」事務局

鹿児島県 土木部 監理課 入札・指導係

〒890-8577 鹿児島市鴨池新町 10-1

TEL：099-286-3498 FAX：099-286-5617

監 修 ヒロ T&T 株式会社

協 力 建設業マネジメント研究会

不許複製