

三協Mirai News



2015年冬号 No. 8

三協Miraiからお届けする、技術情報ニュースです



- シリーズ「歴史」 気泡コンクリート
- 特集 初期欠陥
- 日本のコンクリート構造物

気泡コンクリート

■気泡コンクリートとは

気泡コンクリートは、コンクリート内部に小さな気泡を多量に含ませた多孔質のコンクリートで、軽量で耐火性、断熱性に優れているという特徴があります。気泡の作り方は、コンクリート中でガスを発生させる方法や、コンクリート製造時に起泡剤を用いてミキサー内で泡立てる方法、ミキサー内で別につくった気泡を混入する方法などがあります。

気泡コンクリートの用途は、建築分野ではカーテンウォールとしての利用が最も多く、ALCはその代表的なものです。また構造部材としては壁式構造でサーモコンとして使われています。土木分野では、吸音効果を利用して、高速道路やトンネルなどの吸音板として用いられています。また最近では、軽量盛土工法としても用いられています。



気泡コンクリートの表面

■気泡コンクリートの歴史

気泡コンクリートの歴史はかなり古く、特許でみると、1889年にチェコのホフマンにより気泡コンクリートの製法に関する最初の特許が出されています。1923年以降にはスウェーデンでALCに関する一連の特許が出されて

います。なお、ALCとは Autoclaved Lightweight Concrete の頭文字をとったもので、高温高圧蒸気養生された軽量気泡コンクリートのことです。



ALCを製造する高温高圧蒸気養生槽

この特許による製品はイトンとして1929年から、シボレックスは1935年から製造が始まっています。また旧ソ連でもALCの一種である、シリカチートが1948年に発明されています。これらのALCは、寒冷地である北欧や旧ソ連では、ALCの断熱性を生かした組積造のブロックとして利用していました。

日本では、1934年にケイクリートと呼ばれる、減圧によってモルタルを膨張させて製造する気泡コンクリートが発明されています。しかし、構造材としての使用が難しいことから、断熱材や吸音材として小規模に利用されるに止まりました。

1954年に、現場打ち発泡コンクリート工法のサーモコンがアメリカから技術導入されています。サーモコンを用いた壁式構造の建築物は現在までかなりの数が建てられています。また、サーモコンは空洞充填用のグラウト材や軽量盛土材としても使われています。

1962年には、ALCがヨーロッパから日本に導入されています。この年に日本建築学会

にALC研究会が組織されて研究が進められ、1972年には「オートクレーブ養生した軽量気泡コンクリート製品」のJISが制定されました。現在は、シボレックス、ヘーベル、クリオンの3種類のALCパネルが生産されており、2011年の出荷量は150万 m^3 、累計で1億180万 m^3 が出荷されています。



ALCパネル製品

■気泡コンクリートの性質

・単位容積質量

気泡コンクリートの第一の特徴は軽量であるということです。単位容積質量(kg/ℓ)は、普通コンクリートで2.2~2.4、軽量コンクリートで1.3~2.1程度ですが、気泡コンクリートは、構造用のサーモコンで0.8~1.2、ALCで0.4~0.6程度です。ALCの重さは、普通コンクリートに比べると1/4程度であることが分かります。

・圧縮強度

圧縮強度は普通コンクリートに比べて小さく、サーモコンで6.5~8.0 N/mm^2 、ALCで1.0~5.0 N/mm^2 程度です。単位容積質量が小さいほど強度も小さな値となります。

・吸水率

気泡コンクリートの吸水率は大きく、水中に浸漬した場合は容積比で10~40%の吸水率となります。そのため、仕上げにより防水性を高めたり、撥水剤により吸水率を小さくした製品も作られています。

・乾燥収縮

サーモコンなど普通養生を行った気泡コンクリートの乾燥収縮量は0.2~0.5%と普通コンクリートの10倍以上の値となります。一方、ALCなどのオートクレーブ養生を行ったものでは、0.025~0.05%と乾燥収縮量は普通コンクリートに比べて若干高い程度の値となります。

・断熱性

気泡コンクリートの熱伝導率は小さく、断熱性にすぐれているのが特徴の一つと言えます。たとえば、普通コンクリートの熱伝導率1.3~3.6 $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ に対して、気泡コンクリートは0.2 $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ 程度で、普通コンクリートの約10倍の優れた断熱性能を示します。

・耐火性

気泡コンクリートは遮熱性が大きく、爆裂しにくいいため、普通コンクリートに比べて耐火性に優れています。

・耐凍害性

気泡コンクリートは吸水率が高いため、湿潤状態で凍結融解作用を受けるとスケーリングや割れなどの凍害劣化を受けやすくなります。そのため寒冷地では、使用方法に注意が必要です。

・中性化

気泡コンクリートの中性化は非常に速いため、普通コンクリートのように鉄筋の防錆効果は期待できません。そのためALCでは鉄筋の防錆は、鉄筋に防錆被覆を施すことによって確保しています。

・遮音性

気泡コンクリートは軽量なので、普通コンクリートに比べて遮音性は低くなります。そのため、ALCなどでは他の材料と組み合わせることで中空層を作り、多重壁構造とすることによって遮音性能を高める工夫がされています。

特集

初期欠陥

初期欠陥とは

コンクリートの初期欠陥とは、施工中に発生した不具合の事をいいます。不具合が発生しても、適切な措置を行えば、構造物の性能は保たれますが、不具合に対して適切な措置を取らなかった場合は、初期欠陥は残されることとなります。今回は、初期欠陥の発生原因と防止するための対処法について述べていきます。

初期欠陥の発生原因と防止対策

・初期ひび割れ

初期ひび割れは、温度応力、乾燥収縮、コンクリートの沈下、支保工の変形や型枠のはらみ、などにより発生します。

・断面寸法が大きな部材では、水和熱により部材温度が高くなりひび割れが入る場合があります。対策としては水和熱の発現を小さくするよう、単位セメント量を少なくする、あるいは水和熱の小さな中庸熱セメントや低熱セメントを使用するなどの方法が有効です。

・コンクリートの養生期間が短かったり、養生期間中に直接風や日射を受けた場合には、コンクリート表面が乾燥してひび割れが生じる場合があります。十分な養生期間をとり、直接風や日射を受けないようにする必要があります。

・コンクリート打ち込み後、コンクリートはブリーディングなどにより自然に沈み込みます。この沈下により、鉄筋の直上やセパレータの周囲などに沈みひび割れが生じることがあります。表面に発生したひびわれは、タン

ピングや再振動によって防ぐことができます。また型枠のはらみや、支保工の変形によってコンクリートが変形し、ひび割れとなることがあります。型枠の剛性などを十分に取っておく必要があります。

・豆板（ジャンカ）

豆板は、硬化コンクリートの一部に粗骨材だけが集まってできた空隙の多い不均質な部分、つまりコンクリートの未充填部分のことをいいます。豆板の主な発生原因は、①コンクリート打ち込み時の材料分離、②締固め不足、③型枠からのセメントペーストの漏れ、などです。豆板を防ぐためには、良好なワーカビリティのコンクリートを使用し、打ち込み高さを低くして材料分離を小さくすることが有効です。また内部振動機により十分に締固めを行うこと、型枠の隙間からのセメントペーストの漏れを防ぐことも重要です。



壁の下部に生じた豆板

・コールドジョイント

コールドジョイントは、不適切（不連続）な打重ねによってできた完全に一体化しない

継ぎ目のことです。発生原因は、材料、環境条件、施工などの要因が影響しますが、最大の要因は、コンクリートの打重ね時間間隔です。そのため JASS 5 では許容打重ね時間間隔の標準として、外気温が 25℃を超える場合は 2.0 時間、外気温が 25℃以下の場合は 2.5 時間と規定されています。防止対策としてはブリーディングやレイタンスの発生が少ない配（調）合とすること、打重ね時間間隔を遵守することが重要です。また凝結遅延剤を使用することも有効です。



壁に生じたコールドジョイント

・砂すじ

砂すじは、コンクリート中のセメントペースト分が分離して、コンクリート表面に細骨材が縞状に露出している状態をいいます。

砂すじは、型枠に沿ってコンクリートのブリーディング水が上に流れだすことによって生じますが、コンクリート表面の浮き水を取り除かないで打ち重ねた場合や、軟練りコンクリートを過度に締め固めた場合にも発生します。

型枠の継ぎ目からセメントペーストが漏れ出した場合も同様の細骨材の露出が見られますが、これは砂すじではなく、ノロ漏れとして区別する場合があります。

砂すじはブリーディングの少ないコンクリートを使用し、雨や散水による型枠内のたまり水を十分除去すること、また過剰な締め固めを行わないことにより防ぐことができます。

・かぶり厚さ不足

かぶり厚さ不足は鉄筋などの鋼材が、設定した位置よりもコンクリート表面に位置するために生じます。かぶり厚さ不足の原因は、鉄筋組立て時や型枠組立て時などのコンクリート打設前から不足していたものと、コンクリート打設中に鋼材や型枠が移動したものとに分けられます。



コンクリートのかぶり厚さ不足

かぶり厚さ不足を防ぐためには、鉄筋組立て時には、鉄筋の加工精度、組立て精度を守り、適切な強度・寸法のスペーサー、バーサポートを選定するとともに、十分な数量のスペーサー、バーサポートを適切に配置する必要があります。型枠組立て時にはスペーサーが曲ったり、外れたりすることのないように注意が必要です。また、コンクリート打設時には、型枠や鋼材が変形しないように十分に固定することが重要です。

・変色・色むら

型枠脱型後それほど時間が経っていない時点で、コンクリート表面に発生する変色・色むらは、使用材料や配（調）合、せき板、剥離剤、環境・養生条件など、いろいろな要因によって発生します。

コンクリート表面の褐色系の変色は、骨材に含まれる有機物や水酸化鉄の錆、泥質微粒分により生じる場合があります。またフライアッシュを用いたコンクリートでは、未燃カーボンが、コンクリート表面に浮きだし、黒

色の斑点状の変色を生じる場合があります。

また、グレーの色調で、濃淡の差が分かる色むらが生じることがあります。このような濃淡は、一般には使用材料の違いにより生じることが多いのですが、使用材料、配(調)合が同一の場合でも起こることがあります。これは、濃い色の部分では水酸化カルシウムの密実な層が出来ており、光の乱反射が少ないため黒っぽく見えることによります。この原因は、締固めや型枠、剥離剤の塗布むらなどが影響しているようです。



コンクリートの色むら

変色の防止対策としては、有機物や黄鉄鉱、粘土塊の含有量の少ない骨材を使用する。また色むらにたいしては、同じ材質で使用回数の近いせき板を使用し、型枠面の汚れや剥離剤の塗布むらがないようにします。締固めは、過不足のないように同一の条件で行うように注意が必要です。

・初期凍害

初期凍害はコンクリートの凝結・硬化の初期段階で、コンクリート中の水分が凍結、膨張することによって生じます。コンクリートが硬化の初期段階で凍結すると、硬化しなかったり、強度が低下するなどの障害が生じます。これが初期凍害です。初期凍害は日平均気温が4℃以下の期間に発生しやすくなるため、この期間に施工されるコンクリートは寒中コンクリートの規定が適用されます。

寒中コンクリートの規定では、圧縮強度が5.0N/mm²以上になるまでコンクリートを凍結させないように初期養生を行うことになっています。



初期凍害を受けたコンクリート (右の写真では氷の結晶の跡が残っているのが分かる)

初期凍害を防止する方法としては、状況に応じて、上屋を設けて内部を加熱する加熱養生、断熱性のある型枠やシート、マットなどで覆う断熱養生、シートで覆う被覆養生などが行われています。また、コンクリートの凍結温度を下げ、かつ硬化促進作用を持つ混和剤として耐寒促進剤も用いられています。

・ポップアウト

ポップアウトは、コンクリート中の物質が膨張し、コンクリートの表層部分がクレータ一状に飛び出すように剥がれてくる現象です。



ポップアウト

施工中に比較的早く発生するポップアウトは、溶融スラグ骨材、電気炉還元スラグなどに含まれる生石灰(CaO)や骨材運搬車に残留した消石灰塊(Ca(OH)₂)が原因で発生します。また膨張材を使用したコンクリートで、混練不足により膨張材が塊になっている場合にも発生します。

日本のコンクリート構造物

日本最古のマルチプルアーチダム —豊稔池堰堤—

香川県観音寺市にある豊稔池ダムは、1926年（大正15年）に着工され、1930年（昭和5年）に完成した、日本最古のマルチプルアーチダムです。マルチプルアーチダムとは、アーチダムを横に複数繋いだ構造のものです。堤長は145.5m、堤高30.4mのコンクリート造溜池堰堤で、両端部が重力式、中央部が5個のアーチと6個のバットレスからなっています。建設にあたっては、地元民の出役で工事が行われ、延べ15万人による人海戦術により約3年8か月の短期間でダムを完成させました。2006年（平成18年）に国の重要文化財に指定されています。



下流からのダム全景



右岸側から・放流水が見える



上流から見た満水時の状態



上流から見た湛水前の全景・5連のアーチがよくわかる

三協M i r a i 株式会社

本 社	〒105-0013	東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル) Tel. 03(3431)8266/Fax. 03(3434)5422
大阪支店	〒532-0011	大阪市淀川区西中島 4-11-21 (新大阪コパービル) Tel. 06(6885)7575/Fax. 06(6885)7581
仙台営業所	〒980-0023	仙台市青葉区北目町 2-39 (東北中心ビル) Tel. 022(266)4662/Fax. 022(266)4663
福岡営業所	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東 2-4-17 (第六岡部ビル) Tel. 092(481)3265/Fax. 092(481)3266



発行 三協M i r a i 株式会社
東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル)
URL : <http://www.sankyomirai.co.jp>