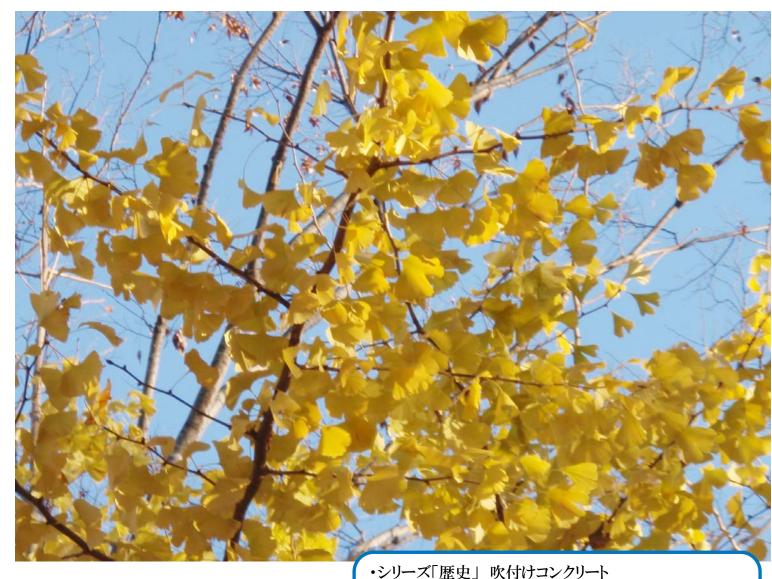
三娜Mirai News 2014年秋号 No. 7

三協Miraiからお届けする、技術情報ニュースです



- •特集 火害
- ・技術ニュース 公共建築工事標準仕様書改定の要点
- ・日本のコンクリート構造物

シリーズ「歴史」

吹付けコンクリート

■吹付コンクリートとは

吹付けコンクリートは、ショットクリートとも呼ばれ、コンクリートをホースで送り、空気圧により高速で吹き付けるものです。モルタルを吹き付ける場合も総称して吹付けコンクリートと呼ぶ場合もあります。吹付けコンクリートは吹付け機械を用いて施工を行います。機械は吹付け材を搬送するポンプ、圧縮空気により吹付け材を噴出するノズル、圧縮空気を送るコンプレッサ、それぞれを接続するホースで構成されています。

■吹付けコンクリートの歴史

吹付け工法は、1907年にアメリカで考案・ 実用化されました。しかし当時の吹付け機械 (セメントガン)は吐出能力が小さかったこ とと、急結剤が開発されていなかったため、 骨材寸法 5mm 以下のモルタルを 1 層 2cm 程度 吹付けるのが限界でした。そのため用途もの り面保護工法に限られていました。その後、 1915年頃ヨーロッパやアメリカでコンクリ ート構造物の断面修復工法として用いられる ようになりました。

1940年代になると、ヨーロッパで吹付け機械の開発・改善が進められ、吹付け能力も大幅に向上しました。1950年代には発電水路やトンネルの支保部材として使用され、1960年代にはNATM(ナトム)工法の普及により広く使われるようになりました。NATM工法はトンネルを掘削し、その部分を素早く吹付けコンクリートで固め、ロックボルトを打ち込んで地山を保持する工法です。

日本では、1960年代にのり面保護に適用されていましたが、この当時は急結剤は使用さ



吹付けコンクリートによるのり面保護工

れていませんでした。

吹付けコンクリートがトンネルの支保部材として使用されたのは、1964年の七色発電所の搬入路トンネルです。翌年には青函トンネルの吉岡斜坑で使われています。

本格的に吹付けコンクリートがトンネルの 支保部材として使われたのは、1976年の上越 新幹線中山トンネルからです。1980年代には 山岳トンネルの標準工法が矢板工法からNA TM工法になったため、施工機械、急結剤な どの開発が進められ、施工能力・品質ともに 大きく進歩しました。現在では、吹付けコン クリートはトンネルの支保、のり面保護、断 面修復など、広い分野で用いられています。



トンネルでの吹付けコンクリートの施工



吹付けコンクリートによる断面修復

■吹付け工法の種類

吹付けコンクリートの吹付け方法は、乾式 吹付け方式と湿式吹付け方式の二つに大別さ れます。

・ 乾式吹付け方式

乾式吹付け方式は、コンクリート材料を水を加えずに空練りし、吹付け機のホース内をノズルまで圧縮空気で搬送し、ノズルの手前で圧力水を加えて吹付ける方式です。急結剤は、粉末の場合は吹付け機の直前で添加し、液体の場合はノズル部で水と同時に添加します。乾式吹付け方式の場合は、ノズル担当者が吹付け状況に合わせて水の添加量を調整するため、品質が変動しやすい欠点があります。一方、湿式吹付け方式に比べて、初期強度の発現が大きい、圧送距離が長い、機械が比較的軽量で操作・清掃が容易であるなどの優れた点もあります。

・湿式吹付け方式

湿式吹付け方式は、骨材とセメント、水をミキサーで練り混ぜて吹付け機に投入し、圧縮空気またはポンプで圧送し、ノズル部で急結剤を加えて吹付ける方式です。湿式吹付け方式では、配合どおりに練り上げた材料を圧送するため、乾式吹付け方式に比べて品質が均一になります。日本ではコンクリートの製造をプラントで行え、配合管理が通常のコン

クリートと同等に行えることから、湿式吹付 け方式が主流となっています。

■各種吹付けコンクリートの 特徴

トンネル用吹付けコンクリート

トンネル用吹付けコンクリートでは、吹付けた時のはね返りや粉じんを少なくするために、必ず急結剤が用いられます。また、大きな地圧・変形が生じる地山や膨張性地山などの特殊な地山では、コンクリートに繊維を混入した、繊維補強吹付けコンクリートが用いられることもあります。

吹付け方式は、粉じんの発生が少ない湿式が多く用いられていますが、圧送距離が長い場合や、湧水が多い場合、製造プラントが遠い場合などには、乾式が用いられています。

・のり面用吹付けコンクリート

のり面吹付けコンクリートでは上面施工がないため、一般的には急結剤を用いることはありません。吹付け方式は湿式吹付けがほとんどとなっています。また、ひび割れの分散や曲げタフネスの向上を目的として、繊維を混入したのり面吹付けコンクリートを適用する事例も増えてきています。

・補修・補強用吹付けコンクリート

補修・補強用吹付けコンクリートは、土木ではコンクリート橋床板の大断面修復や補強のためのコンクリート増厚工法、建築では耐震補強工事などに用いられています。吹付けコンクリートがコンクリート構造物の補修・補強に本格的に適用されたのは、1979年に発生した東名高速道路・日本坂トンネル火災事故の復旧工事においてであるといわれています。吹付け方式は乾式、湿式の両方が用いられています。急結剤は添加する場合としない場合がありますが、超速硬セメントを使用した吹付け工法も増えてきています。



火害とは

コンクリートは火災を受けると、火熱の影響によりひび割れ、剥離、部材のたわみや変形が生じます。さらにセメント水和物の化学的変質、力学的性質の低下なども起こります。このような劣化現象を火害といいます。



火災を受けた鉄筋コンクリート構造物の内部

火害によるコンクリートの劣化過程

火害を受けたコンクリートは、受熱温度によって劣化現象が異なってきます。受熱温度が 100℃を超え 600℃まではセメントペースト中の遊離水や結晶水が分離・消失するため収縮します。一方骨材は熱膨張するため、セメント硬化体と骨材は相反する挙動を示し、コンクリートにひび割れを生じさせます。

また 500℃~580 ℃の熱を受けると、コンクリート中のアルカリ分である水酸化カルシウムが熱分解するため、コンクリートのアルカリ性は失われていきます。さらに、コンクリートは 1200℃以上で長時間受熱すると、表面から溶融しガラス化します。コンクリートが部材は火災初期に、表層部のコンクリートが

剥落する、爆裂と呼ばれる現象が起きる場合があります。これはコンクリート中の水蒸気圧の増大や骨材の化学的性質の違い、内部熱応力の増大などが主な原因で、特に組織の緻密な高強度コンクリートで生じやすい現象です。



床板コンクリートの爆裂による鉄筋の露出

では、火災を受けた鉄筋コンクリート部材 は再使用できるのでしょうか。

コンクリートは受熱温度が300℃程度から 強度低下が始まり、500℃で強度は半減します。 受熱温度が500℃以下であれば冷却後の強度 は約90%まで回復するとされていました。強 度が低下するのは、受熱によるセメントペー ストの収縮と骨材の膨張による両者の付着の 低下が原因です。

上記から、近年まで受熱温度が500℃以内であれば、再使用に耐えられる状態に復元すると考えられていました。しかし最近の研究では500℃以内であっても、冷却後の強度が50%以下の場合もあるというデータが示されるようになり、鉄筋コンクリート部材を再使用できる安全側の温度は300℃程度と考えられるようになりました。また鉄筋は、受熱温

度が 500℃程度であれば冷却後はほぼ強度が 回復するので、鉄筋については、500℃が安全 限界温度と考えられています。

火害調査

火害調査で重要なことは、受熱温度がどの程度であったかという推定です。その一つとしてコンクリート表面の変色状況を調べる方法があります。これは、コンクリート表面が高温を履歴するとその履歴温度に応じて変色状況が異なる性質を利用して、受熱温度を概略判断できるからです。

受熱温度が 300℃未満では、表面に黒い煤が付着し、300℃を超えると煤が焼失し始め、500℃で完全に消失します。300℃~600℃ではピンク色、600℃~950℃では灰白色、950℃~1200℃では薄黄色に変色します。

溶融(ガラス化)
黒 桃 灰白 薄黄
300 600 950 1200℃
500℃ 安全限界(鉄筋)

コンクリートの変色状況と受熱温度

また、受熱部の中性化深さを健全部と比較することによって、500℃以上の熱を受けているかどうかを判定することができます。これは、水酸化カルシウムの熱による分解が500~580℃で起こり、コンクリートのアルカリ性が失われるためです。

このほかの調査項目としては、①リバウンドハンマーによる反発硬度、②モース硬度計による引っかき硬さ、③ひび割れの有無、幅及び長さ、④梁、床部材などのたわみや変形、⑤爆裂や脱落の有無、大きさおよび深さ、⑥浮きや剥離の有無、⑦鉄筋の露出状況などを調べます。

ひび割れについては、火災によって新しく 生じたひび割れを調べる必要がありますが、 下の写真に示すように、火災によって生じた ひび割れは煤が付着しないため、ひび割れが 火災によるものか否かは、目視で容易に判断 できます。



火災を受けたコンクリートの表面状況

さらに詳しい調査を行う場合は、コンクリートコアを抜き取り、圧縮強度、ヤング係数、中性化深さの計測や、鉄筋を抜き取って引張 試験などを行います。

また、コンクリートの深さ方向の受熱温度 を推定したい場合は、コンクリートコアを用 いて以下の材料分析を行います。

· 粉末 X 線回折

コンクリート中の水酸化カルシウムは 500 ~580℃の熱で分解するため、水酸化カルシウムの結晶の有無をX線回析で分析することにより、受熱温度が 500℃以上であったか、未満であったかが推定できます。

• 示差熱分析

試料を一定の昇温速度で加熱し、各温度に おける質量変化を測定することにより、水酸 化カルシウムの量を定量する方法です。

UVスペクトル法

コンクリート中に含まれる混和剤の高温性 状に着目して、コンクリートをUV(紫外) スペクトル分析し、吸光度と加熱温度の関係 から受熱温度を推定する方法です。リグニン 系やナフタリン系混和剤入りコンクリートに 対する分析に有効です。



公共建築工事標準仕様書(建築工事編)平成25年版改定

公共建築工事標準仕様書(建築工事編)が平成26年3月に平成25年版として改定されました。上記仕様書の「6章 コンクリート工事」の改定の要点をお知らせします。

(1) 2節 コンクリートの種類及び品質

6.2.2 コンクリートの強度

「構造体コンクリート強度は、材齢 91 日において設計基準強度以上とする。」に以下 が追記された。

・なお、工事現場における構造体コンクリート強度の推定は、現場水中養生による材齢 28 日における管理を基本とし、これを満足しないと想定される場合に、現場封かん養生 による材齢 28 日を超え 91 日以内の強度を推定する試験を行うものとする。

(2) 9節 試験

6.9.3 コンクリートの強度試験の総則

「表 6.9.2 供試体の養生方法、材齢、1回の試験の個数及び試験回数」の構造体コンクリートの圧縮強度の材齢は28日を超え91日以内という記述に対して、以下の注が追記された。

・(注 2) セメントの種類が普通ポルトランドセメント以外の場合、材齢は 28 日及び 28 日を超え 91 日以内とする。

(2) 9節 試験

6.9.5 構造体コンクリート強度の推定試験

- 「(a)(2) 現場封かん養生供試体の材齢 28 日を超え 91 日以内の圧縮強度試験の 1 回の試験結果が、設計基準強度に 3 N/mm²を加えた値以上であれば合格とする。」に以下が追記された
- ・ただし、セメントの種類が普通ポルトランドセメント以外の場合は、上記に加え、現場封かん養生供試体の材齢 28 日の圧縮強度試験の1回の試験結果が、設計基準強度に 0.7 を乗じた値以上であることを確認すること。

日本のコンクリート構造物

日本の近代遺産 一三井本館-

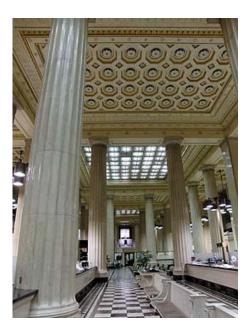
東京・日本橋にある三井本館は、1902年(明治35年)に竣工した旧三井本館が関東大震災で被災したため、1929年(昭和4年)に建替えられたものです。構造形式は鉄骨鉄筋コンクリート構造とされていますが、正確には鉄骨構造で、躯体に打設されたコンクリートは鉄骨の耐火被覆としての役目を持っています。建物は新古典主義様式の外観を持っています。三井本館の新築に当たっては、関東大震災の教訓からその二倍の地震にも耐えることができるように造られたといわれており、建設費用も一般ビル建築の十倍をかけたそうです。1998年(平成10年)に国の重要文化財に指定されています。



全景 背後は日本橋三井タワー



花崗岩で作られたコリント式の列柱



建物内部 インテリアにはイタリア・ヴェネ ツィアの大理石がふんだんに使われている



ライトアップされたファサード

三協Mirai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Mirai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