

三協Mirai News



2014年冬号 No. 4

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」 高強度コンクリート
- 特集 凍害
- 技術ニュース JASS5N 改定の要点
- 日本のコンクリート構造物

高強度コンクリート

■高強度コンクリートとは

高強度コンクリートは、一般のコンクリートに比べて強度が高いコンクリートを言いますが、どの強度範囲のコンクリートが高強度コンクリートになるのかは、統一された定義はありません。

JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）では呼び強度が 50, 55, 60 のコンクリートが高強度コンクリートになります。

日本建築学会の標準仕様書、JASS 5（鉄筋コンクリート工事）では設計基準強度が 36N/mm²を超えるものを高強度コンクリートとしています。

土木学会のコンクリート標準示方書では、設計基準強度 50～100N/mm²の範囲を高強度コンクリートとしています。

■高強度コンクリートの歴史

高強度コンクリートの歴史について、現場打ちコンクリートを中心にご紹介します。

高強度コンクリートの使用はアメリカが先駆けとなっています。特にシカゴではビル建設で 1962 年に 41N/mm²、1965 年に 52N/mm²、1972 年に 62N/mm²、1976 年に 76N/mm²のコンクリートが使用されています。

日本でも土木のプレストレストコンクリートの分野では 1970 年代に 60N/mm²のコンクリートが使われています。

建築分野で最初に高強度コンクリートが使われたのは、1974 年に建設された鹿島建設椎名町アパートで、30N/mm²のコンクリートが使われています。また同じ年にアメリカ大使館新築工事では 35N/mm²のコンクリートが使わ

れています。現在では普通に使われている強度ですが、当時の設計基準強度は通常 18N/mm²、最大で 22.5N/mm²でしたので、30N/mm²でも高強度コンクリートだったのです。

1980 年代になると、アメリカでは 100N/mm²を超えるコンクリートが使われるようになります。日本では建築分野でも 42N/mm²のコンクリートが使われるようになってきます。

1990 年代に入ると、日本でも 60N/mm²クラスのコンクリートが、また 1990 年代後半になると設計基準強度 100N/mm²のコンクリートが使われています。

2000 年代になると、設計基準強度 150N/mm²のコンクリートが実用化されています。

現場打ちコンクリート以外では、プレキャストコンクリートで 300N/mm²のものが実用化されています。また、繊維補強セメント系材料の、反応性粉体コンクリート（RPC）では 800N/mm²の強度が得られています。



椎名町アパート B1,18F



150N/mm²のコンクリートを用いたザ・コスギタワー B1,49F

■高強度コンクリートの材料

高強度コンクリートは、水セメント比が小さく、単位セメント量が多くなるため、フレッシュ時の粘性が高くなったり、水和による発熱量が多くなったりします。そのため使用する材料も以下に示すような、普通コンクリートとは違った配慮が必要となります。

・セメント

設計基準強度が 60N/mm²までのコンクリートでは普通ポルトランドセメントも使用されますが、60N/mm²以上のコンクリートでは、中庸熱ポルトランドセメントや低熱ポルトランドセメントが使用されています。これはコンクリートの粘性増加、水和熱による強度低下や温度ひび割れを防ぐためです。

・骨材

コンクリートの強度は骨材の影響を受けます。骨材の強度が低い場合は、骨材強度でコンクリートの強度が決まってしまうため、高強度を得ることができません。しかし、骨材の強度が高いほど高強度が得られるわけではなく、コンクリート中のモルタルと骨材のヤング係数が同程度の場合に強度が高くなるのが分かっています。

・混和剤

高強度コンクリート用の混和剤としては、ポリカルボン酸を主成分とした高性能 AE 減水剤が広く使われています。ただし超高強度コンクリートの場合は空気量が増加すると強度が低下するため、連行空気量を抑えた高性能 AE 減水剤が使われています。

・混和材

80N/mm²以上の高強度コンクリートでは、シリカフュームが使われることが多くなります。これは、シリカフュームのマイクロファイラ効果により、流動性の向上と強度増進の効果が期待できるためです。なおシリカフューム

にはポズラン反応性があるため、結合材と位置づけられる場合もあります。

■高強度コンクリートの性質

高強度コンクリートは、普通コンクリートと比べて以下に示すような異なった性質があります。

・引張強度とヤング係数

圧縮強度の増加割合に対して、引張強度、ヤング係数の増加割合は小さくなります。たとえば、普通コンクリートの引張強度は圧縮強度の 1/10~1/12 程度ですが、高強度コンクリートでは 1/15~1/20 程度になります。

・温度ひび割れ

高強度コンクリートは単位セメント量が多いため、温度ひび割れに注意する必要があります。対策としては低発熱性のセメントが使用されています。

・自己収縮

水セメント比が小さく、単位セメント量が多いため、自己収縮量が大きくなります。自己収縮によるひび割れ対策としては、収縮低減剤や膨張材が利用されています。

・耐火性

高強度コンクリートは組織が緻密なため、火災を受けた場合にコンクリート中の水蒸気が閉じ込められ、水蒸気圧が上昇することによる爆裂を起こし易くなります。対策としてはコンクリート中に有機繊維を混入し、火災時に繊維が熔融・燃焼することにより、水蒸気の逃げ道を作る方法が取られています。

・耐久性

中性化の進行は普通コンクリートに比べて極めて小さくなります。凍害に対する抵抗性も高いのですが、厳しい凍結融解を受ける場合には AE コンクリートとする必要があります。また高濃度の硫酸環境では普通コンクリートよりも侵食速度が大きくなります。

特集

凍害

凍害とは

凍害とは、コンクリート中の水分が0℃以下になった時の凍結膨張が原因となって発生するもので、長年にわたり凍結と融解を繰り返すこと（凍結融解作用）により、コンクリート組織が徐々に劣化していく現象です。本稿では施工初期に発生する「初期凍害」とは区別しています。

凍害のメカニズム

水は凍結するときに約9%の体積膨張を起こします。コンクリート中の自由水が凍結するときに、まず大きい空隙中の水が凍結し、次いで小さな空隙中の水が凍結します。これは、コンクリートの空隙中の水の凍結温度は、空隙が小さいほど低くなるため、まず大きい空隙中の水から凍結し、次いで小さな空隙中の水の凍結へと移っていくためです。

この小さな空隙中の水の凍結する過程で、その体積膨張に見合う水分がコンクリート中の空隙に移動します。しかし、この膨張を吸収できるだけの自由空隙が存在しない場合には、凍結時の膨張を拘束することになるため、この膨張圧によってコンクリートに引張応力が発生します。

寒冷地ではこのような水の凍結が夜間に生じ、日中の日射で融解する繰り返し作用（凍結融解作用）によってひび割れが発生し、これがさらに進行するとコンクリート表層部の剥離、断面欠損、鉄筋の露出など、表層に近い部分から劣化が進行していきます。

凍害によるコンクリートの劣化

コンクリートの表面が水で濡れやすい場合、膨張圧による剥離などの凍害に先行して表面層の劣化を起こす場合があります。これをスケーリングといいます。スケーリングが進行すると、表層のモルタル分が失われ、粗骨材がむき出しになります。

寒冷地では、道路に凍結防止剤を散布することがありますが、凍結防止剤によってコンクリート中の細孔溶液のイオン濃度が高くなり、浸透圧により静水圧が高くなるためスケーリングが起りやすくなります。



スケーリングが進行している縁石

また、凍害には細骨材より粗骨材の品質が影響します。多孔質で吸水率の大きな軟石（凝灰岩、軟質の岩石あるいは風化が進んで一部粘土鉱物化している軟らかい粒子）を多く含む骨材を用いたコンクリートでは、骨材中に存在する水分の凍結・膨張によって、表層部のコンクリートをクレーター状にはじき出すポップアウトと呼ばれる現象が生じやすくなります。



ポップアウト

凍害を受けた構造物では、スケーリング、ポップアウト、ひび割れなどの劣化の進行に伴い、コンクリートの剥離・剥落、鋼材腐食が進行していきます。



凍結膨張による剥離、鉄筋露出

凍害劣化に影響する要因

凍害の劣化進行には以下のような要因が影響します。

- ①コンクリートの含水率が多いほど、水の膨張による膨張圧も大きくなるため、直接雨水にさらされたり、雪解け水で濡れやすかったり、水の溜まりやすい部位など、多くの水分が供給される環境では凍害の進行は速くなる。
- ②日平均気温が0℃を下回らない時でも、最低気温がコンクリートの凍結温度まで下がることがある場合は、凍害が発生する可能性がある。
- ③凍結融解の繰り返し回数が多い方が劣化進行は速くなる。一日あるいは数日のサイクルで凍結と融解が繰り返される環境が最も凍害

が進行しやすい。また、昼夜の温度差が大きいほど凍結融解作用を受けやすく、北面より南面のコンクリートに凍害が生じやすい。

④港湾構造物では海中部より飛沫部の方が凍害の危険性が高い。

⑤建築物では、軒先、ベランダ、ひさし、パラペットなどの突出部は外壁面に比べて凍害を受けやすい。

⑥一般に人工軽量骨材を用いたコンクリートは、骨材中の水の凍結により凍結融解抵抗性は低くなる。

凍害劣化の補修・補強

凍害に対する補修・補強の目的は、劣化した部分の除去と、さらに劣化が進行した場合の耐荷力の回復です。凍害による劣化は、コンクリート自体の劣化であるため、水の供給を防ぎ、凍害を受けた箇所を取り換える対策となります。

劣化グレードが潜伏期、進展期の場合は、水の供給を抑制するための、表面処理工法を、加速期の場合は、表面処理に加えて、ひび割れ注入、断面修復を行います。劣化期の場合は補強工法により対処します。

それぞれの工法の概要は以下の通りです。

- ・表面処理：表面被覆材、表面改質材を用いる2種類がある。いずれも、水分を遮断して耐久性を向上する目的で使われる。
- ・ひび割れ注入：ひび割れ幅が0.2mmを越えるひび割れが対象で、エポキシ樹脂やセメントスラリーが用いられる。
- ・断面修復：劣化部分を除去し、新たな断面修復材でコンクリート断面を復元する工法。
- ・補強工法：耐荷力向上を目的とした工法で、部材断面を増加させる増厚工法、劣化部あるいは部材全体を打ち換える打換え工法、鉄板や繊維シートを巻立てる巻立て工法がある

「JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」改定の要点

「JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」が 2001 年改訂以来 12 年ぶりに改定されました。今回の 2013 年の改定では内容の全面見直しが行われています。主要な改定の要点お知らせします。

- (1) 適用範囲を、原子力発電所施設としていたものを、従来は施工および品質管理の基準がなかった原子力発電所施設以外の原子力関連施設の鉄筋コンクリート工事まで適用範囲を広げた。
- (2) 「小規模鉄筋コンクリート工事」、「充填モルタル・充填コンクリート」、「中庸熱フライアッシュセメント」の用語を追加した。
- (3) 「コンクリートの種類および品質」で、ヤング係数・乾燥収縮、クリープ、部材の最高温度、許容ひび割れの規定を追加した。
- (4) 遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量は、原則として受入時のフレッシュコンクリートの単位容積質量によって管理することとし、そのための判定値の求め方を規定した。
- (5) アルカリシリカ反応性はコンクリートバー法によって判定しなければならなかったが、骨材の判定試験の頻度を増やし安全側になるような判定基準とすることによって、無害と判定される骨材を使用する場合は、コンクリートバー法の試験は不要とした。また骨材の試験方法として JIS A 1804（迅速法）を加えた。
- (6) 骨材として再生骨材が使用できることになった。また、結合材として用いないフライアッシュの品質を規定した。
- (7) 予想平均養生温度による調合強度の定め方から、構造体コンクリートの圧縮強度の差に基づく調合強度の定め方に変更した。
- (8) コンクリートの製造形態を、施工者が工事現場に製造工場を設置してコンクリートを製造する場合と、施工者がコンクリートを購入する場合に整理し、それぞれの製造形態に応じた規定を設けた。
- (9) 型枠の存置期間を定めるためのコンクリートの圧縮強度に関する規定を、調合強度の定め方に対応して見直した。
- (10) 品質管理では、コンクリートの製造形態に応じた規定とするとともに、遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量をフレッシュコンクリートの単位容積質量で管理する場合の判定値の確認、アルカリシリカ反応性に関する骨材またはコンクリートの管理方法、ヤング係数・乾燥収縮率およびクリープが設計で要求された場合の確認方法などを規定した。
- (11) 再生骨材コンクリートでは、JASS 5N で骨材に要求している品質の再生骨材を使用することを規定した。

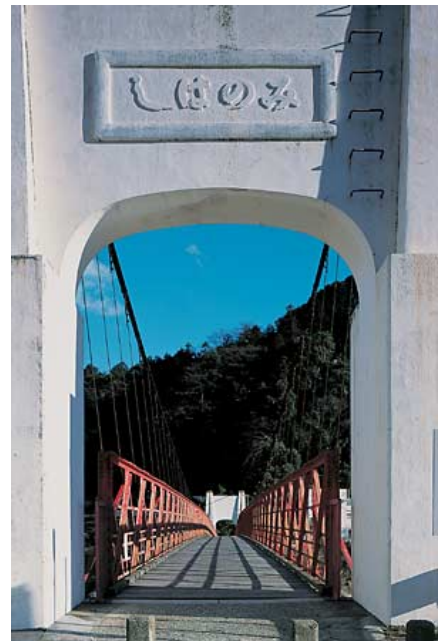
日本のコンクリート構造物

現存する日本最古の近代吊り橋 —美濃橋—

岐阜県美濃市の長良川にかかる美濃橋は1916年（大正5年）に完成した、現存する日本最古の近代吊り橋です。吊り橋を支える主塔は鉄筋コンクリート製、床板は木製で、橋桁を鉄骨トラスで補鋼しているのが特徴となっています。橋長は113m、支間116m、幅員3.1mの単径間補鋼吊り橋で、1965年（昭和40年）頃までは小型バスも通っていましたが、現在は人と自転車専用の橋となっています。2001年（平成13年）に土木学会選奨土木遺産に、2003年（平成15年）に国の重要文化財に指定されています。



美濃橋の全景



右岸の主塔



河原から見上げた美濃橋



補鋼トラス

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)
U R L : <http://www.sankyomirai.co.jp>