



現場の すてこん学

基礎より大事な捨てコン的知識集

- 第1章 RCって何の略?
- 第2章 現場で不思議発見
- 第3章 コンクリートはなぜ固まるか
- 第4章 トラブル防止の指差喚呼
- 第5章 知識の安全带

現場のすてこん学

基礎より大事な捨てコン的知識集

社団法人 建築業協会 関西支部

目次

第1章 RCって何の略？

～知っているようで知らない知識～

1	RCって何の略？	8
2	神様に会える地鎮祭	10
3	土に触ってみよう	12
4	PHC杭ができるまで	14
5	試し練りをしてみよう	18
6	ALCって何だろう	20
7	いろいろな壁タイル	22
8	エフロは困りもの	24
9	誘発目地は縁の下の力持ち	27
10	鉄骨ができるまで	30
11	比重を学ぼう	32
12	建材のいろいろ	34
13	押し出しとダイカストのしくみ	37
14	ロックウールとアスベスト	40
15	定礎 ^{ていそ} の意味って？	42
16	VEをやってみよう	44
おまけ	残コンでピラミッドがつかれるか	48

第2章 現場で不思議発見

～うそのようなほんとの話～

1	土の中にも川や池があるってほんと？	50
2	地面にも年齢があるってほんと？	52
3	建物が沈むってほんと？	54
4	柱もダイエットが必要ってほんと？	56

5	鉄筋のかぶり厚さ	58
6	コンクリート打設はコーラを飲みながらしてはいけません	61
7	鉄筋継手は進化している	62
8	ラーメンってなに？	65
9	ALCにタイルは貼れるの？	66
10	タイルの剥離って防止できるの？	70
11	金属同士にも相性があるの？	72
12	ステンレスが錆びるってほんと？	74
13	小さな傷が命取りになる？	76
14	網入りガラスはほんとに強い？	78
15	火災が起きると建物はどうなるの？	80
16	石ってどうやって板にするの？	82
17	もしもあの機械がなかったらどうなる？	86
おまけ	姫路城が23円50銭で売られたってほんと？	90

第3章 コンクリートはなぜ固まるか

～意外と知らないほんとの理由～

1	なぜコンクリートは固まるのか	94
2	なぜコンクリートにはクラックが入るのか	95
3	なぜこの建物にはその杭が使用されているのか？	96
4	いま、なぜPCa化？	98
5	なぜナットは二重なのか	100
6	なぜ溶接は接合されるのか	102
7	なぜタイル貼り前にサンダー掛けしないといけないのか	104
8	接着と融着の違い	105
9	なぜ外壁タイルの引張り強度は『4kgf/cm ² 』なのか？	106
10	なぜALCには断熱が不要なのか？	108
11	なぜ熱線吸収ガラスは熱割れしやすいのか？	110
12	なぜ不燃認定品が必要なのか	112

13	シーリング材の所要寸法はどのように決まるの？	114
14	なぜその納まりなのか	116
おまけ	こんなに違う世界の建築現場	118

第4章 トラブル防止の指差喚呼

～トラブルのときの咄嗟の一言～

1	掘削前の事前確認を怠るな	124
2	型枠存置期間を守ろう	126
3	雨の中では本締め作業をしてはいけません	128
4	厚み管理の重要性	130
5	なかなか合わない色合わせ	132
6	天井下地の振れ止めと耐震補強の違い	134
7	鉄面塗装の錆を防ぐ	136
8	シーリングは切れる？	139
9	地下からの漏水を防ごう	144
10	ひび割れの誤りやすい補修方法	147
11	夏型結露のクレーム対策	148
12	集合住宅の音問題	150
おまけ	超高層マンションでの優雅な暮らし	152

第5章 知識の安全帯

～知っていて得する知識集～

1	土の感触を確かめる	156
2	高強度コンクリートの大臣認定	158
3	生コン受け入れ時の単位水量の管理	160
4	粘り強い建物を造るために	164
5	スラブは守備的MF	168
6	掻き塗り下地にタイル貼りは可能か？	170
7	めっき・電解着色の仕組み	172

8	焼付け塗装の仕組み	176
9	仕上げ材の変形性能	178
10	熱・乾湿による寸法変化	180
11	遮音性能が 50 dB 違うとエネルギーは 10 万倍	184
12	全国の地震発生確率	186
13	IAQ 問題とは	188
14	$\Delta F = 3N/\text{mm}$ とは	190
おまけ	工期無限大? 『サグラダファミリア』 っいつ完成するの?	193
編集後記		195

第
1
章

RCって何の略？

～知っているようで知らない知識～

1 RCって何の略?

1. RC造とは?

鉄筋コンクリート構造 (RC 構造) とは、鉄筋コンクリートを用いた建築の構造若しくは工法です。一般的には RC (Reinforced - Concrete) 構造または RC 造と呼ばれます。

ヨーロッパの植木職人のモニエ氏が植木鉢を作る際、針金で補強したのが鉄筋コンクリートの最初といわれています。

RC 構造は、「圧縮に強く引張りに弱いコンクリート」と「引張りに強い鉄筋」を組み合わせた複合材料です。



一般に広く RC 造が採用されるのは、次の理由によります。

- ① コンクリートは強アルカリ性 (pH = 13 強) であり、内部の鉄筋が錆びるのを防ぐ。
- ② 鉄筋とコンクリートとの間には付着力が存在する。
- ③ 鉄筋とコンクリートは、温度による伸縮率 (線膨張係数) がほぼ等しい ($10 \sim 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)。

2. セメントの語源

「cement (セメント)」という言葉は、ギリシャ語の Caeder (切石または碎石の意味) が語源といわれています。Caedimentum、cementum と転じ、今日の cement に変化したとされ、岩石類

コンクリートとは：材料は水とセメントと砂(細骨材)と砂利(粗骨材)+(混和材料)

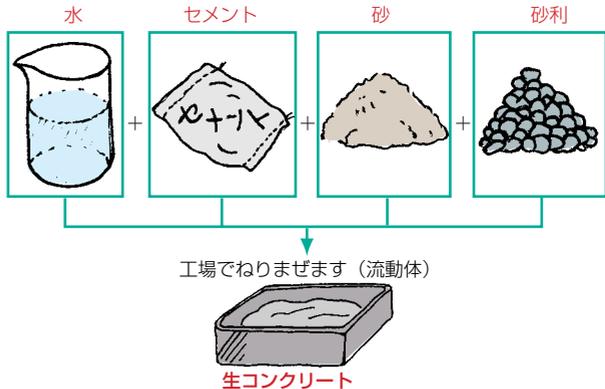


図1 コンクリートの配合

建物の構造を表す言葉として、RC造、SRC造、S造等があります。もっとも代表的な構造であるRC造は鉄筋コンクリート造の略です。ではそのもともとの意味はなんでしょう。

を砕いたもの（砕石）という本来の意味から転じて、広くこれらを接着、硬化させる材料を指す言葉として遣われるに至っています。

3. コンクリートの語源

「concrete（コンクリート）」という言葉は、語源がラテン語の concretus（con 共に + crescere 成長する + -tus 過去分詞語尾）であり、「いろいろなものがくっつきあって固まったもの」の意味とされています。

正確には、接着剤のように「くっつける」働きをする「結合材」の種類を頭につけて、セメントでつくったコンクリートであれば「セメントコンクリート」、アスファルトであれば「アスファルトコンクリート」と呼ばれます。一般には慣例的に「コンクリート」というと「セメントコンクリート」を指す場合が多いと思われます。

4. 『セメントはカブトムシ?』

粗骨材の大きさを東京ドームとすると、セメントの粒径はカブトムシくらいの大きさになります。

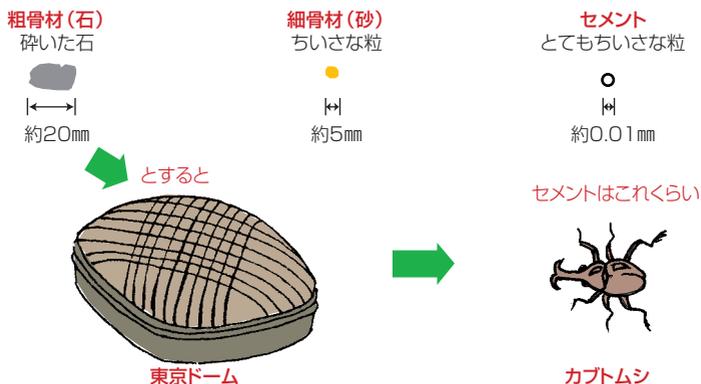


図2 コンクリートの使用材料の寸法

コンクリートは粒径の異なる天然の材料を使用した複合材料です。

2 神様に出会える地鎮祭

1. 建築の式典~最初は地鎮祭~

建築工事には様々な儀式や式典がつきものです。工事の最初に執り行うのが地鎮祭です。

地鎮祭は「とこしずめのまつり」と訓読みしますが、普通は「ぢちんさい」と音読みしています。建設敷地の守護神をお祭りし、工事の無事進行、竣工と土地・建物の安全堅固、繁栄を祈願するものです。

地鎮祭の流れは地方・風習により多少異なりますが、一般的には次の通りです。

- しゅう ばつ 修 祓：参列者やお供え物を祓い清める儀式。
- こう じん 降 神：祭壇に立てた神籬ひもろぎに氏神を迎える儀式。⇔昇神
- けん せん 献 饌：神様に祭壇のお供え物を食べていただく儀式。⇔撤饌
- のりとそうじょう 祝詞奏上：その土地に建物を建てることを神様に告げ、工事の安全を祈る旨の祝詞を奏上する。
- きよめ はらえ 清 祓：土地のお祓いをし、清める。
- ぢ ちん 地 鎮：刈初め、鍬入れ等が行われる。
- たまぐしほうてん 玉串奉奠：神前に玉串を奉り拝礼する。
- てっ せん 撤 饌：酒と水の蓋を閉じ、お供え物を下げる。
- しやう じん 昇 神：神籬に降りていた神様をもとの御座所に送る儀式。



図1 穿初めの儀（鍬と鋤）



図2 刈初めの儀

うがちぞめ 穿初めの儀：盛砂に3度、鍬及び鋤を入れる動作をする儀式。

かりぞめ 刈初めの儀：盛砂に向って3度、忌鎌で草を刈る動作をする儀式。

建設工事には様々な式典や祭式行事が付きものです。それらの祭式には実は奥深い歴史と意味があるのです。建築マンとして代表的な祭式と用語を知っておきましょう。

2. 祭壇と式典用語

祭壇の配置及び式典用語の主なものは次の通りです。

- あん 案 : 祭具類を乗せる台。八足ともいう。
- いみ だけ 斎 竹 : 神座の四隅に立てる清浄な青竹。
- かしわ て 拍 手 : 神様を拜むとき両手で打ち合せて鳴らすこと。
- かわ らけ み き 土 器 : お神酒を頂くときの素焼きの盃。
- くじら まん 鯨 幔 : 祭壇などの周囲にめぐらす白、黒の幔。
- し で 神 垂 : 1枚の白紙を4連になるように切り下げたもの。
- しん せん 神 撰 : 神前に供えるお供え物。
- たま くし 玉 串 : 榊の小枝に神垂又は麻をつけたもの。神前へ誠を示す捧げ物として使われる。
- なお らい 直 来 : 神事が終了後に、参列者一同に酒肴をふるまうこと。
- ひ もろぎ 神 籬 : 神事において、臨時に神様の宿る所。
- へい じ 瓶 子 : 酒を入れる小型の口の狭い陶器。とっくり。
- もり すな いみすな 盛 砂 : 忌砂とも言う。砂を円錐型に盛ったもので儀式に用いる。

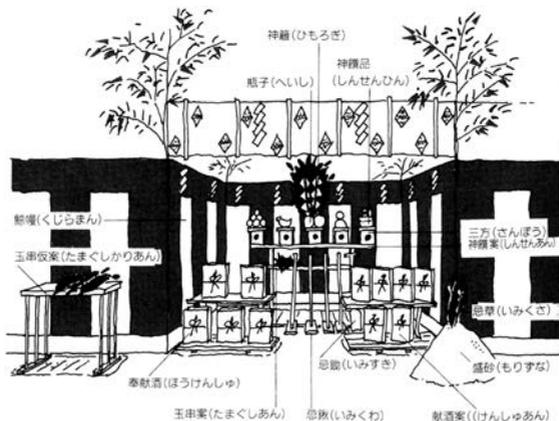


図3 祭壇の配置

◇参考文献 『新現場マンの施工管理者養成講座』 彰国社

3 土に触ってみよう

1. 地盤の生い立ち

地盤とは、土や岩盤からなる地球表層部分をいいます。近年では経済の発展につれて土地に対する需要が増し、海面を埋め立てたり、切土・盛土をして造成した人工的な地盤もありますが、やはり自然地盤が最も多いのです。自然地盤には、岩盤やそれが風化作用を受けて土になった残積土と、風や水によって運ばれた堆積土があります。中国地方に多い「まさ土」は花崗岩が風化した残積土です。わが国は地震や火山活動の盛んなところで、関東地方に多い関東ローム層や九州地方のシラス台地などは火山灰が風によって運ばれ堆積したものです。このようにして生成された土は長い時間経過の後に岩石に変わってきます。従って、地盤を構成する土の素材は同じでも、生成過程、堆積環境、地域などによって地盤の性質が異なります。

2. 地球の誕生

地球は約46億年前に誕生したと考えられ、人類が構造物の基礎地盤とするのは、地質年代的に最も新しい「第四紀」のものがほとんどで、第四紀はさらに「洪積世」と「沖積世」とに分かれ、その時代に形成された地層を「洪積層」「沖積層」と呼びます。

「洪積層」の土は、何回かの氷河期を経ているため、氷河の荷重が作用して固く締まっており、構造物の支持地盤として良好です。一方、沖積層は約1万年前から現在まで堆積した地層で一般的に軟弱です。地形的には沖積平野やその入り口に形成された扇状地、低湿地などが見られます。

このように洪積層と沖積層は対照的な地層です。これを判定する目安を表1に示します。

表1 沖積層と洪積層を判定する目安

地層		沖積層	洪積層
色調		全体として暗い色 (暗灰色、黒灰色)	全体として明るい色 (暗青～青緑～褐～乳灰色)
含有する物		貝殻、植物繊維、サンド パイプ	火山灰、浮石、凝灰質の もの
N 値	粘性土	0～6 (特に0～2)	8～30
	砂質土	10～20	30以上
	礫土	30内外 (ばらつきが大)	50以上

建築構造物の建つ地盤はとても固いイメージがあります。しかし、地盤には堅い地盤や柔らかい地盤もあります。地盤の堅さや性質はどうすれば分かるのでしょうか。

3. 粒子と土の構造

沖積層は軟弱な地盤だから、構造物の支持地盤としては弱く、沈下量も多いのかというと、そうではありません。支持力と沈下量は必ずしも比例しません。同じ支持力を持っていても砂質地盤より粘土やシルトの地盤のほうが沈下量は大きいのです。

実は粒子の大きさが土の性質に大きく影響するのです。例えば粘土粒子は0.005 mmより小さく、へん平で表面積が大きいのです。土の粒子の表面には水(吸着水)があり、その大きさは粘土の粒子より小さく薄いので、粘土の粒子と強く結びついて、まるで固体のような働きをします。

土の構造には、単粒構造、綿毛構造、蜂窩(ほうか)構造の三種類があります。(図1~3)

砂は単粒構造で積りますが、粘土は粒子が一粒ずつ縦につながって、綿の繊維がふわっと積もったような「綿毛構造」で、吸着水が粒子相互を結びつける働きをしています。これが圧縮されたりすると隙間が少なくなって蜂の巣の断面のような「蜂窩構造」となるのです。普通、粘土の方が砂に比べて隙間が大きいから透水性が大きいと考えてしまいがちですが、実際は粘土は水を通しにくいのです。

全体としての隙間の割合は大きいですが、粒子の大きさは前出の通り非常に小さく、隙間の大きさも比例して小さいので、その間を水が通り抜けることに対する抵抗も大きくなります。よって水が通過しにくく、透水性が悪いのです。

土には手で触っても分からない、ミクロの世界が展開されているのです。

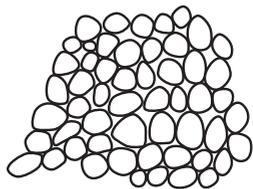


図1 単粒構造

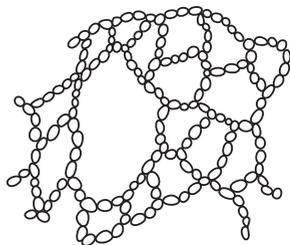


図2 綿毛構造

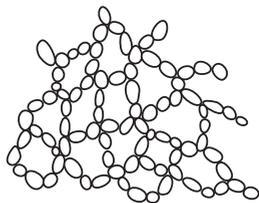


図3 蜂窩構造

4 PHC 杭ができるまで

1. 既成杭の代表 PHC 杭

建築工事に用いられる既製杭の内、その生産量の 70%を占めるのが PHC 杭です。

PHC 杭とは「Pretension Spun High Strength Concrete Piles ; プレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリート杭」の事です。

PHC 杭は JIS 規格で規定されており、杭径 300 ~ 1200 φ、杭長 4 ~ 15m (1m 毎) のものがあります。

一般的に PHC 杭は発注から現場納入まで 3 週間程要します。

それでは最大で 1200 φ、長さ 15m の巨大な杭はどのようにして造られていくのでしょうか？

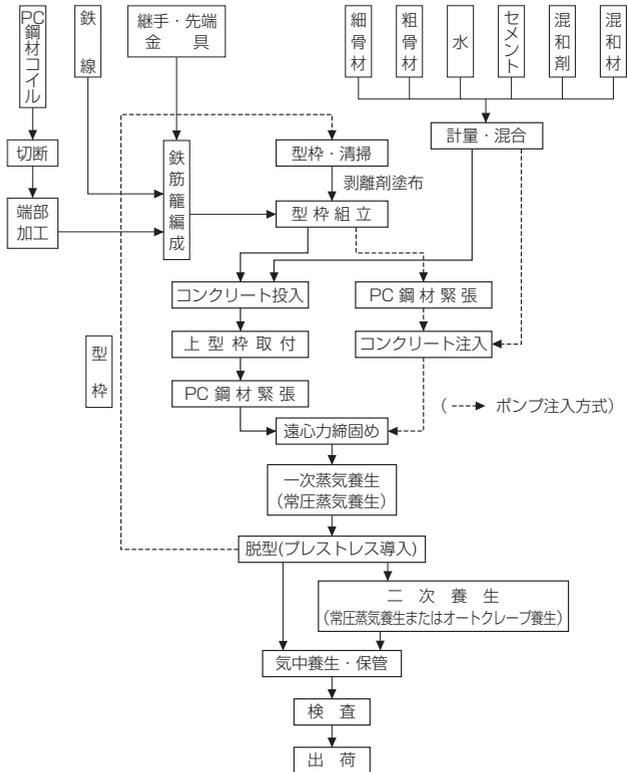


図 1 PHC 杭の製造工程

建築工事に用いられる既製杭の内、7割を占めるPHC杭。正式にはプレテンション方式遠心力高強度プレストレストコンクリート杭といいます。製造方法を覗いてみましょう。

2. PHC杭の製造工程

PHC杭の一般的な製造工程は図1のような手順となります。

では、このフロー図に基づいて、JIS認定工場で作製されるPHC杭の製造工程を覗いてみましょう。



写真1 鉄筋籠編成



写真2 型枠組立

① PC鋼材の切断、継手金具等の取付け

PHC杭の主筋(PC鋼材)はその端部を圧造機でヘッディング加工されたものに継手金具を定着します。さらにPC鋼材を緊張するため端部金具、緊張用ロッド等を取り付けた後型枠に収めます。(写真1・2)

② コンクリートの練混ぜ

PHC杭等の製造に用いるコンクリートの品質は圧縮強度が80N/mm²以上のもので、水セメント比が30%程度の富配合のコンクリートが用いられます。

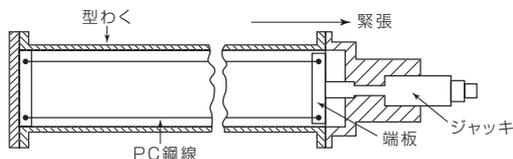


図2 PC鋼材緊張装置一例

◇参考文献 既製コンクリート杭の施工管理 2006年4月 (社)コンクリートパイル建設技術協会: NC-S-PCパイル技術資料

◇資料提供 ジャパンパイル株式会社

③ PC 鋼材の緊張

PC 鋼材の緊張は、型枠を反力として油圧ジャッキによって緊張ロッドを引張り緊張したままロッドを型枠に固定します (図 2)。

④ 遠心力締め

PHC 杭は、コンクリート投入された型枠を回転し遠心力を利用して締め固めて「遠心力締め」成形されます。(写真 3)



写真 3 遠心力締め

遠心力締めはコンクリート厚さを均等にするための初速と締め固めるための高速に分けられます。高速では重力の加速度 (G) の 30 倍程度となります。

⑤ 一次養生

遠心力締め後に、脱型時の所要強度を得るため常圧蒸気養生が行われています。写真の槽は幅 5 m × 奥行 18 m × 深さ 4 m の大きさがあります。(写真 4) この型枠を移動させるために 35 トン吊りのクレーンが工場内に装備されています。(写真 5)



写真 4 一次養生



写真 5 工場内状況

⑥ 脱型、プレストレス導入

脱型によりコンクリートにプレストレスが導入されます。(写真6)

⑦ 二次養生

二次養生は、出荷時の所要の圧縮強度を得るための促進養生として常圧蒸気養生またはオートクレーブ養生(釜の中で高温高圧養生)が行われます。常圧蒸気養生は外気温度で6日間程度行い、オートクレーブ養生は200℃以下で13時間程度行います。



写真6 脱型

⑧ 気中養生、保管

その後、ストックヤードで自然養生を行い、出荷材齢まで保管します。一般的出荷材齢は常圧蒸気養生法ではコンクリート打設後7日以上、オートクレーブ養生では3日以上となります。

現在、これ以外にも構造種別からRC杭、SC杭、CPRC杭、形状種別からST杭、節杭等があります。またコンクリート圧縮強度が85N/mm²、105N/mm²、123N/mm²といった高強度のPHC杭も開発されています。

5 試し練りをしてみよう

コンクリートの試し練りはセレモニーではありません。試し練りによって、自分の目で確認し、コンクリートの品質を判断できる能力を養うことが目的です。自分自身の目で、コンクリートの品質・工場の技術力・製造設備の良否及び打設可能なコンクリートであるかを確認する絶好の機会であることをよく認識しましょう。そのためには、試し練り時に以下の事項を確認しましょう。

1. 使用材料

- 試し練り時に用いる材料は、実施工のものをを用います。試し練りだからといって、粒度調整を行ったものは用いないようにしましょう。
- 練り混ぜ水も、実施工で回収水を用いる予定であれば、試し練り時も回収水を用います。

2. 技術力

- 工場の技術者の指示が適切か確認しましょう。
- 混和剤メーカー主導の試し練りとなっている場合もあります。誰が試し練りの責任者なのか確認しましょう。
- 工場の技術者と、コンクリートの品質管理について話してみることも大切です。
- 実施工時にも必要なことですが、フレッシュコンクリートの試験や圧縮強度供試体の作成方法が適切か確認しましょう。

■ JIS A 1101 「コンクリートのスランブ試験方法」に従って試験しているか確認する

- ・スランブコーンは、内面を湿布などでふいて水平に置く。
- ・試料をほぼ等しい量の3層に分けて入れ、各層は突き棒でならして25回均等に突く。
- ・突き棒の先端は前の層にほぼ達する程度とする。
- ・スランブコーンにコンクリートを詰め始めてからスランブコーンの引き上げを終了するまでの時間は3分以内とすること。
- ・詰めたコンクリート上面をスランブコーンの上端に合わせてならし、ただちに、スランブコーンを静かに痛らないように垂直に引き上げる。引き上げる時間は、ワン・ツー・スリー(2~3秒)の感じ。

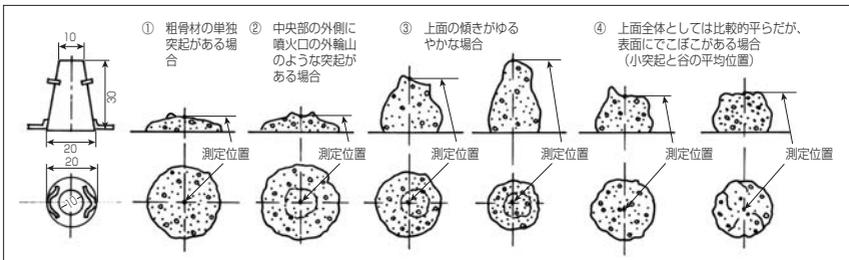
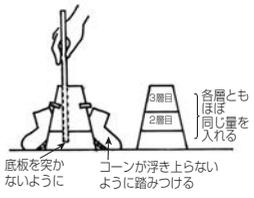


図1 スランブの測り方

コンクリートの試し練りを他人まかせにしている様子がまま見受けられます。コンクリートの試し練りは決してセレモニーではありません。あなたは自信をもって判定できますか。

■ JIS A1128 「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法」に従って試験しているか確認する

注意事項

- ・装置のキャリブレーションがされているか確認する
 - ・試験では、コンクリート中に含まれるすべての空気が測定される。
- このため、AE 剤によって連行されるエントレドエアとの区別ができない。したがって、コンクリートが適切に締め固められた状態で測定することが重要である。

測定手順

- ① エア・メーター容器を水平に置く
- ② 試料をほぼ均等の3層に分けて詰める
- ③ 1層ごとに、突き棒で25回均等に突き、容器の外側を木づちで10～15回叩く
- ④ 上端面より多めに詰めたモルタルを定規でかきならす
- ⑤ 容器についたモルタルをきれいにふく
- ⑥ 容器にふたを取り付け、空気が漏れないように締め付ける
- ⑦ すべての弁を閉じたら、空気ポンプで空気室の圧力を初圧力よりわずかに大きくする
- ⑧ 約5秒後に調整弁を徐々に開いてゆき、圧力計の指針を初圧力の目盛(0に調整しておく)に一致させる。これは、空気室内の気圧を初圧力に一致させるということである。このとき圧力計を軽く叩きながら行うこと
- ⑨ 約5秒後に、作動弁を十分に開いてコンクリートに圧力をかけ、作動弁を閉じる。容器の側面を木づちで叩き、コンクリートの各部に圧力を行きわたらせるようにする
- ⑩ 再び作動弁を十分に開き、圧力計を軽く叩き、指針が安定してから圧力計の空気量の目盛を読む

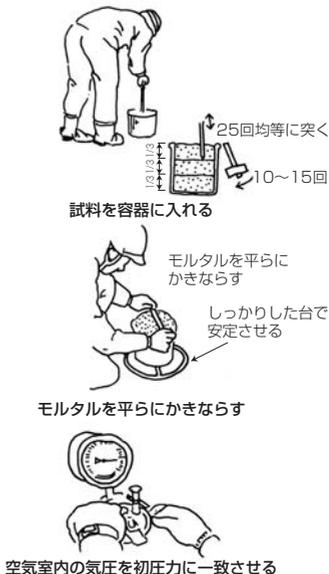


図2 コンクリートの試し練り

3. 製造設備

- 骨材ストックヤードの屋根の有無を確認しましょう。野ざらしにされた骨材は表面水の変動が大きく、生コンの品質のバラツキにつながります。混和剤の種類のみならず、工場の経験を知る指標ともいえます。

4. 生コンクリートのフレッシュ性状

- 配筋状態やポンプ圧送条件と照らして、施工可能な生コンなのかを自分自身で確認しましょう(ある程度の経験は必要)。スランプロスを見越した試し練りを行っているかを確認するようにしましょう。

6 ALCって何だろう

ALCは(A)オート(C)クレーブ(L)ライトコンクリートの頭文字をとったもので、日本語では「軽量気泡コンクリートパネル」といいます。原料は珪石・セメント・生石灰が主で、それに発泡剤のアルミニウム粉末と安定剤及び水が加えられます。

それらを混合して鉄筋をセットした型枠に液状の状態では注入し、半硬化の段階でピアノ線ですらで豆腐を切るようにして切断し、「オートクレーブ」と呼ばれる高温高圧蒸気釜の中で養生して硬化させます。

ALCの歴史は古く、1923年にスウェーデンのJ. A. EriksonがALC製造の特許を取得しています。そして、1929年に同国で「イトン」という銘柄のALCの製造が開始され、その後、「シポレックス(スウェーデン)」「ヘーベル(ドイツ)」「デュロック(オランダ)」等、次々に製造されるようになりました。日本には、1963年に導入され、現在では上記の代表的4銘柄が国内で生産されています。

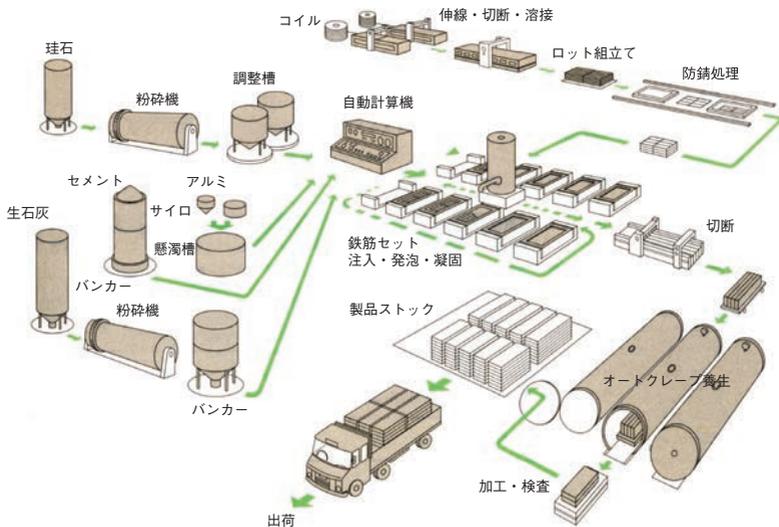


図1 ALC工場の様子

軽くて、火にも強い。耐火性能は抜群だし、有毒ガスも発生しない。そして、遮音性能も高く、熱も通しにくい。大変便利な建築材料である ALC は多くの現場で採用されています。ALC の生い立ちと製造方法を覗いてみましょう。

ALC の特徴を挙げてみます。

【長所】

- ① 軽い⇒ $600\text{kg}/\text{m}^3$ で水に浮きます。厚100mm、幅600mmで4mの長さとする、1枚当たり144kg。大人2人で十分に持ち上げられます。
- ② 火に強い⇒CMでも有名ですが、耐火性能は抜群です。もちろん有毒ガスも発生しません。
- ③ 音をささぎる⇒コンクリート壁より遮音性能が高くなっています。
- ④ 熱を通しにくい⇒特別な処理をしなくても断熱性能は高く、性能的にはコンクリートの10倍程度、木材と同等です。
- ⑤ それらの性能は劣化することなく、50年以上は持続するとされています。

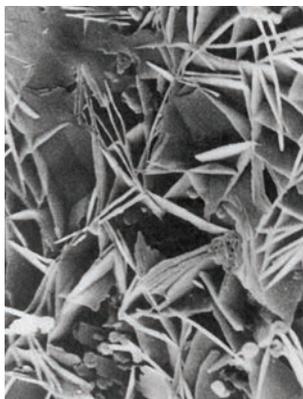


写真1 トバモライトの結晶

【短所】（短所といえるかどうかわかりませんが…）

- ① 水に弱い⇒容積の10%～40%は吸水しますが、乾燥するのも早いようです。
- ② もろい⇒よく駐車場などでALC壁が壊れているのを見かけます。圧縮強度は $4\text{N}/\text{mm}^2$ しかありません。

ALC はリサイクルもでき、環境にも優しい非常に優れた建材です。

7 いろいろな壁タイル

1. タイルの分類

タイルの材質区分は吸水率の測定法変更に伴い、旧 JIS の磁器・せっき器・陶器質から I～Ⅲ類となりました。(表 1 参照)

表 1 タイルの材質と吸水率

強制吸水率による タイル区分	強制吸水率*1	JIS A5209-1994による タイル種別と吸水率
I 類	3%以下	磁器質タイル 1.0%以下 (24時間吸水率)
II 類	10%以下	せっき器質タイル 5.0%以下 (24時間吸水率)
III 類	50%以下	陶器質タイル 20%以下 (24時間吸水率)

*1) JASS19 2005 (陶磁器質タイル貼り工事) における強制吸水法 (煮沸法) による JISA5209-1994…24 時間浸漬の自然吸水。重量増加分%
I 類は磁器質、II 類はせっき器質、III 類は陶器質にほぼ該当。

2. 凍害に関して

外装タイルのうち磁器質タイルには凍害の問題はありませんが、せっき器質は使用地域や環境により凍害を受けます。JASS19 の寒冷地マップだけでは不十分で耐凍害性試験データやタイル実績を確認することが大切です。関西でも京都、奈良のような盆地等冷え込みが厳しい地域では、吸水率が旧 JIS で 3% (JIS) を超えるようなせっき器質タイルには注意が必要です。そして、そのようなせっき器質タイル表面への施釉は更に危険です。

3. タイルの見方

吸水性 (緻密さ)、耐凍害性 (生地の溶け込み具合) 等を打診ハンマー等で叩いたり (金属音が磁器質)、割ってみて生地の溶け込み具合 (粉っぽくないか) を観察してみましょう。材種によって、留意点が違います。

せっき器質は磁器質に比べて陶片自身が水分をよく吸収することを念頭におきましょう。施工状況によっては、貼付けモルタル中の水分が陶片側に過度に吸い取られ、下地側へ水

タイルの剥離・剥落は大きな事故につながりかねません。その原因として、タイル自身の吸水性、貼付けモルタルとの接着性等に起因するものがあります。タイルの分類とその留意点についてまとめてみました。

分が移行せず、下地界面で剥離したり、未反応セメント分による白華の発生等のおそれがあります。せっ器質タイルに浮きが生じる場合、ある程度まとまった面積で浮く場合が多いようです。

以前は事前にタイル片を水に浸しておいて吸水調整する話も聞きましたが、悲しいかな最近の現場ではそのような配慮が見受けられません。

また、モザイクタイルの表面が無釉の場合、塗り込み目地セメントがタイル表層に入り込んで、水洗いしても綺麗に除去できず、全体的に白ボケした感じになることがあるので、試験施工での確認が大切です。

その他ラスタータイルでの虹彩現象を防ぐには、工場での梱包前にロットに偏りが出ないようによくかき混ぜることが必要です。

瓦のような素焼きタイルでは目地周辺にモルタル染みが発生することがあるので注意が必要です。

「半磁器」といわれる内装タイルは、陶器質タイルです。モルタルの接着性が悪く、浴室で浮きが出たという話をよく聞きます。普通、有機系接着材を用いますが、浴槽内の常時水中にある箇所だと有機材料は使用に耐えられないと考えられています。その場合は、磁器質タイルを用いモルタル貼りとします。

8 エフロは困りもの

開放しコンクリートの壁面や、タイル・石貼りの外装の壁面や目地から白い汚れが出てきているのを見かけたことがあると思います。

これは「エフロ（エフロレッセンス）」とか「白華」と呼ばれ、見苦しいばかりでなく、補修にも困難が伴う厄介なものです。



写真1 梁底に出たエフロ

1. 「エフロ」とは何?

「エフロ」とは、コンクリート中のセメントの水和生成物である水酸化カルシウムが水に溶けて水酸化カルシウム水溶液となり、コンクリートの表面に染みだし、水分が蒸散して水酸化カルシウムの結晶となり、空気中の炭酸ガスと反応して「炭酸カルシウム」として結晶化したものです。

炭酸カルシウムはほとんど水に溶けないため、白い結晶がコンクリート面に層を重ねるように積み重なっていきます。この現象、析出物そのものを「エフロ」といいます。

2. 一次エフロと二次エフロ

エフロを「一次エフロ」と「二次エフロ」に分けることがあります。

「一次エフロ」は、混練水など元来コンクリートにあった水分がコンクリートの表面で蒸発したため生成したものです。

「二次エフロ」は、雨水・地下水・養生水など外部の水がコンクリートに浸入し、コンクリートの表面へ移動し、表面で乾燥して生成したものとされています。(図1)

きれいな建物の外壁を汚す白華。白華は見苦しいばかりではなく、補修にも難しい作業が伴い、その根本原因を除去することもかなり難しいやっかいな代物です。白華が発生しないようにはじめから対処法を講じておくことが肝心です。

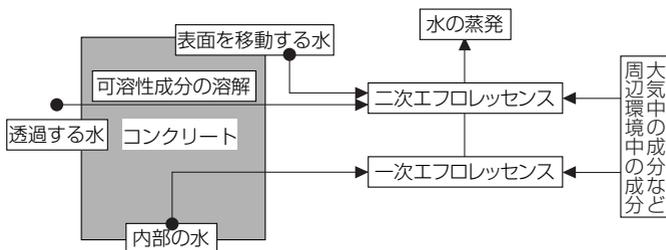


図1 エフロレッセンスの模式図

3. エフロへの対策

施工時点でのエフロ抑制対策としては以下のことが考えられます。

- ① 密実なコンクリートを打設することで、コンクリートのひび割れ防止に努め、外部からの浸入水を防止する。また、コンクリート中の余剰水の表面への浸透を少なくするため、ワーカビリティが損なわれない範囲で、単位水量を少なくするよう使用材料配合を決定し、ブリージングの少ないコンクリートを打設する。
- ② 雨水に対して水切りのよい納まりとする。
- ③ タイル等の貼付けモルタルに空隙を作らない。モルタルにセメント混和用吸水防止剤を使用する。目地詰めは入念に行うこと。特に壁面タイルの最上部天端となるパラペット天端等から浸水しないよう止水性を高めた納まりとする。
- ④ 石貼りの場合は、目地をシーリングとし、乾式工法を採用する。

◇参考文献：「これだけは知っておきたい 建築実務の知識」 熊井 安義編 鹿島出版会
「コンクリート表面の白華現象」住友大阪セメント(株)

4. 根本的に解決するには

エフロに対する根本的な解決法には、タイルや石の裏に水を浸入させない、下地としてモルタルやコンクリートを使用しないことしかありません。石貼りなら、裏面に撥水材を塗布するのも、エフロを出さない一工夫といえましょう。

以上のように、施工中・施工後共に内部に水分を浸入させないことが、唯一の抑制対策です。

5. エフロの除去

「エフロ」はアルカリ生成物ですから、酸で洗えば除去できますが、強酸で洗うとコンクリートが損傷を受けます。一般的には1対10より薄くなるよう希釈した塩酸が使われることが多いようです。

9 誘発目地は縁の下の力持ち

1. ひび割れ幅の目標値

壁の乾燥収縮ひび割れ対策として、一般的に誘発目地を施工します。誘発目地の目的を考えてみましょう。

建築学会の考え方は、乾燥収縮ひび割れを0にするのではなく、乾燥収縮によるひび割れの許容値を設定し、それを順守することにあります。

まず、ひび割れ幅を規定し、漏水抵抗性を確保する場合は0.15mm以下、劣化抵抗性を確保するための許容ひび割れ幅は、屋外では0.3mm以下、屋内で0.5mm以下としています。

この値は、建築構造物としての性能を確保することが前提となっています。鉄筋はひび割れ幅を小さくする効果はありますが、ひび割れの発生を抑える効果は期待できません。ひび割れ幅を小さくするために、鉄筋比を増やせば良いと思う方もおられると思いますが、施工性や費用面もあり、むやみに鉄筋量を増やすことはできません。

2. 壁のひび割れ対策

壁の乾燥収縮ひび割れ対策として、以下のような事項が考えられます。

- ① ひび割れ幅が過大とならないように最小鉄筋比を規定する。
- ② 壁厚を18cm以上とし、腹筋を配置する。
- ③ 誘発目地を活用する 等

3. 誘発目地の目的

誘発目地の目的は、ひび割れ防止にあるのではなく、ひび割れ対策として、あらかじめ計画した位置にひび割れを集中的に発生させることにあります。しかし、断面に対して欠損率が小さいとひび割れ集中度が低下しますし、また誘発目地の間隔が長すぎると、誘発目地以外の箇所にひび割れが発生することになります。

図1のように、計画通り、誘発目地にひび割れが発生しても、途中で目地位置から離れる場合もあります。また、開口部の欠損が大きくなり、開口部回りにひび割れが生じることもあります。

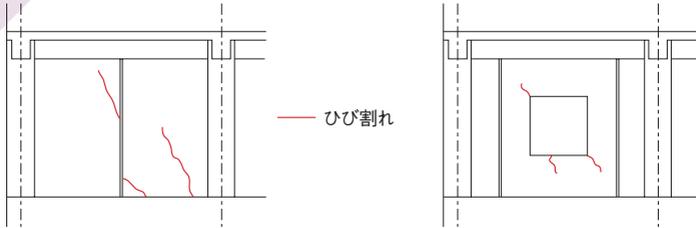


図1 壁のひび割れ不具合例

4. ひび割れ集中度

ひび割れ集中度の実測例を図2・3に示します。

図からは、おおよそ誘発目地の断面欠損率が20%以上、かつ誘発目地の間隔が3m以下であると、誘発目地位置に全壁ひび割れの70%以上が集中していることが読み取れます。以上のことから、

- ① ひび割れ集中度70～80%以上を期待するには、断面欠損率を20～25%以上とする。

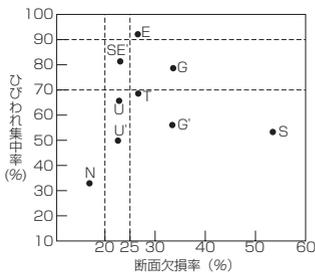


図2 断面欠損率とひび割れ集中度の関係

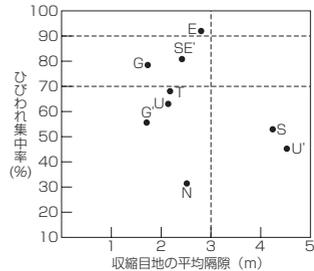


図3 目地の平均間隔とひび割れ集中度の関係

- ② 断面欠損率を20%以上としても、高いひび割れ集中度を期待するには、誘発目地間隔は狭い方がよい。目地間隔としては3m以下を推奨する。

大きな建物の外壁一面にひび割れが発生している建物を見かけることがあります。施工を担当した技術者はきっと忸怩たる思いのはずです。残念なことです。コンクリートの乾燥収縮は避けられません。もっとも有効な方法は誘発目地を適切な間隔で設けることです。意匠面から設計者の理解が得られないとの声も耳にしますが、将来の禍根を残さないためにも説得に努めましょう。

- ③ 開口部は欠込みに相当するためひび割れが発生しやすい。開口部にはできるだけ誘発目地を設ける。

5. 各種の誘発目地仕様

ひび割れ誘発目地位置に、確実に集中させるための「壁厚に対する断面欠損率」は壁厚の20%以上が必要です。できれば25%以上確保することが望ましいと考えられます。

図4に構造壁の誘発目地仕様を紹介します。

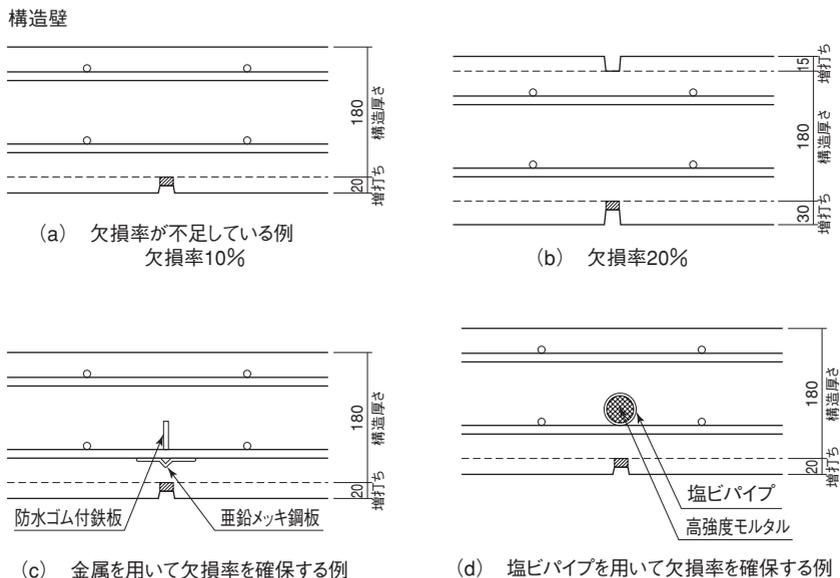


図4 構造壁に使用した誘発目地の例

10 鉄骨ができるまで

建物の骨組みを構成する材料としてよく知られている材料に鉄骨があります。この「鉄骨」は一体どのようにして生産され、建物の躯体を構成する材料となるのでしょうか？

鉄骨は大きくは、鉄鉱石を主原料として造られる「高炉材」とスクラップを原料として造られる「電炉材」とに分けられます。

1. 高炉材

高炉材は、製鉄所内の高炉にて鉄鉱石をコークス（石炭）と石灰石で還元・融解してできる銑鉄（せんてつ）を鋳造し、まず鉄骨の元になる「スラブ（鋼板用鋼片）」と「ブルーム（条鋼用鋼片）」を造ります。その、スラブを圧延・成形して造られる鉄骨が鉄板や鋼管であり、ブルームを圧延して造られる鉄骨が一般的によく見られるH形鋼などの形鋼です。

高炉材の特徴としては、製鋼時に不純物の混入をコントロールしやすく、溶接性や塑性変形能力に優れた鋼材を造りやすいため、主に鉄骨構造の主要架構に用いられています。

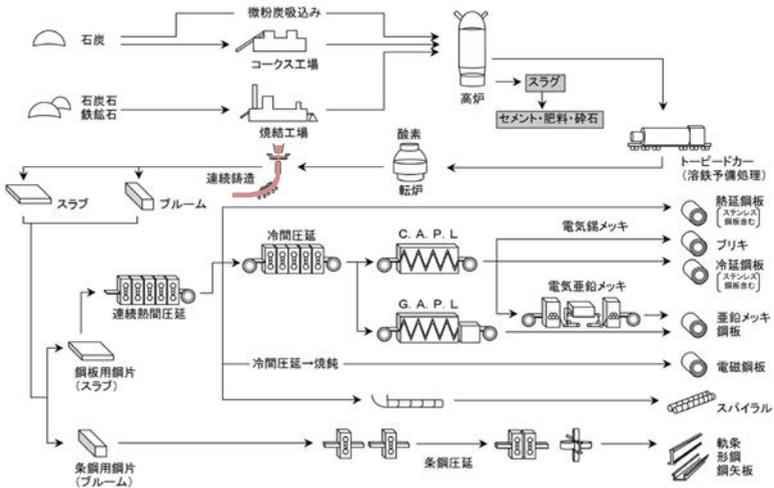


図1 高炉材の製造プロセス

建築物の基幹材である鉄骨。しかし、建築技術者の多くは鉄骨への理解が少ないようです。詳しい知識がなくても施工が進められることは確かですが、ここに取り上げる程度の知識は持っていたいものです。

2. 電炉材

電炉材の作り方は次の通りです。

まず、市場でスクラップとして回収された鉄骨、自動車、空き缶、鉄筋などの主原料を電気炉にて溶融し、そこで得られた溶鋼の不純物の除去を行い、鉄骨の元になるビレットを造ります。更に、そのビレットを再加熱、圧延し形鋼や鉄筋を造ります。

現在、鉄筋材の9割が電炉材から造られています。

電炉材の特徴として、高炉材に比べて製鋼に必要なエネルギーが少なく、コストが安いことがあります。またスクラップを使うことからリサイクル品として、環境に優しい材料ともいえそうです。しかし、不純物の蓄積（トラップエレメント）問題があり、「高炉材」に比べると、塑性変形能力の小さい材料となりがちであり、以前は建物の構造用としては使用部分が限定されていました。しかし、最近は製造技術の進歩により、使用部位も拡大しています。

このようにして鋼材メーカーで造られた形鋼や鉄板が代理店である鉄鋼商社を經由して、鉄骨製造工場（FAB）に供給され、そこで組み立てられた鉄骨材が現場に入り、建物の構造部材として組み立てられ、鉄骨となるのです。

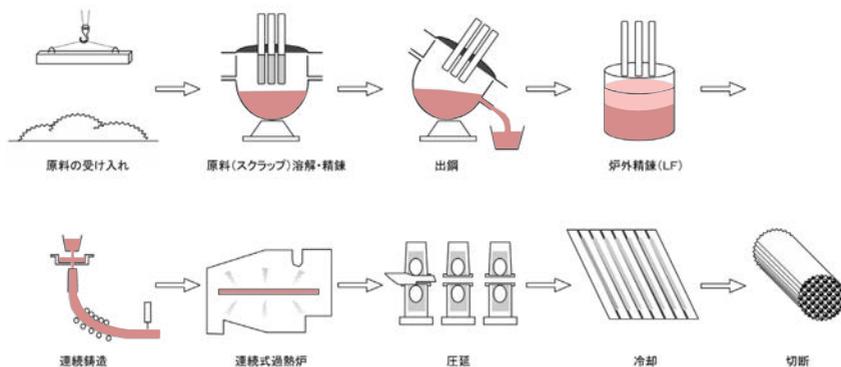


図2 電炉材の製造プロセス

11

比重を学ぼう

建築では躯体工事・仕上げ工事を含め、多種多様な材料を使用しています。その多種多様な材料の基本的な性質・性能を知っておく事は、建築物の性能確保のために大切な事です。なかでも比重は、揚重計画等の仮設計画上も必要ですし、利用する頻度も高いものの一つです。

しかし、各材料の比重についてまとめた資料はあまり見当たりません。使用頻度の高い主要な材料について一覧表(表1)を作成してみました。

専門書には比重や密度の記載がありますが、その違いは为什么呢。

それぞれの定義は以下の通りです。

比重：ある物質の質量と、それと同体積の基準となる物質(標準物質)の質量との比(単位はなし)

密度：単位体積あたりの質量(単位は通常 g/cm^3)

比重の基準となる物質(標準物質)とは通常、固体及び液体の場合『 4°C の水』です。実用上 $1\text{g}/\text{cm}^3$ とされていますが、厳密には密度は $0.999972\text{g}/\text{cm}^3$ です。また気体の場合は『 0°C ・ 1atm における空気』を指します。

比重と密度の関係を式に表わしますと

比重 = 物質の質量 / 標準物質の質量 = 物質の密度 / 標準物質の密度となり、

物質の密度 = 標準物質の密度 × 比重となり、上記の標準物質である水の実用上の密度 =

$1\text{g}/\text{cm}^3$ を代入すると

物質の密度 = $1 \times$ 比重 = 比重となり、実用上『密度 = 比重』と考えることができます。

建築工事に用いる材料にはたくさんの種類があることを学んできました。それらの材料の大まかな比重を知っていることは、建築物の性能にも大きく関わることですし、揚重計画の参考にもなります。

表1 建築材料の比重一覧表

分類	材料名	比重	分類	材料名	比重
金 属	アルミ	2.68	セメント系	セメント	3.15
	ジュラルミン	≒2.80		モルタル	≒2.10
	チタン	≒4.50		コンクリート	≒2.30
	亜鉛	7.21	石材	花こう岩	≒2.65
	鋳鉄	7.21		安山岩 (鉄平石)	≒2.50
	鋼鉄	7.87		粘板岩 (スレート)	≒2.70
	ステンレス	7.6~8.10		砂岩	≒2.00
	真鍮	8.45		凝灰岩 (大谷石)	≒1.50
	銅	8.82		大理石	≒2.70
	銀	10.51		仕上材	ガラス
	鉛	11.43	レンガ		≒1.80
	金	19.32	A L C		≒0.50
	白金	20.34	石膏ボード		0.65~0.8
		強化石膏ボード	0.8~		
木材	バルサ	0.17	油類	灯油	0.76~0.8
	コルク	0.24		軽油	0.8~0.83
	桐	0.31	参考	牛乳	1.03
	杉	0.39		砂糖	1.61
	桧	0.44		塩	2.13
	松	0.51			
	ラワン	0.5~0.54			
	けやき	0.68			
	檜	0.90			

12 建材のいろいろ

建物を作るための材料を建築材料=建材といいます。鉄筋やコンクリート、ALCなどもそうです。この章では仕上げ材として一般的によく使われている建材（木製加工品・畳・リノリウム・壁紙・塗り壁材・タイル・石）について説明をします。

1. 木製加工品

木製加工品としては、集成材が有名です。集成材とはひき板を繊維方向を互いに平行にして幅、厚さ、長さ方向に集成・接着したものです。

同じようなものに合板があります。合板は木材を薄く剥いた板を繊維方向に1枚毎に直行するように奇数枚重ね接着したものです。合板はコンクリート型枠はもちろんのこと、フローリングやドア、家具の基材として幅広く使用されています。合板の原料はラワンが主流でしたが、最近では松や杉などの針葉樹や竹などを使った合板も増えてきています。

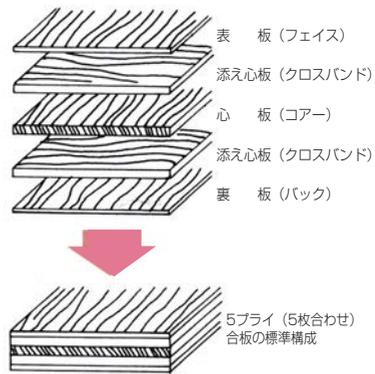


図1 合板の構造

ちなみに「ベニヤ」とは、合板を構成している一枚一枚の単板のことを指します。

MDFなどの「ファイバーボード」は木材繊維を圧縮成型したもので、「パーティクルボード」は切削した木材の薄片に合成樹脂接着剤を加え、高温・高圧で板状に成型したものです。近年、そのままで仕上げ材として使用できるものも登場しています。

また以前は、天然木を0.2mm程度にスライスしたものを家具などの表面材として使っていましたが、高価であり、大量同一デザイン生産が不可能であるため、近年は人工素材のシートなどが多く使用されています。

このような人工素材のシートは、大型カメラで天然の木材を撮影し、エンドレスになるようにフィルムを修整し印刷したものを基材にかぶせて作成します。それらを貼る基材としては、合板から塩ビフィルム、プラスチック板などさまざまです。

建築材料には、鉄やコンクリートの他、さまざまなものが使われています。ここでは、日本人に馴染みの深い「木」製品をはじめとする建材を取り上げてみました。

2. 畳

日本人にとっては切っても切れない畳ですが、畳にもいろいろな種類があります。本来の稲わら畳は稲わらを100%使用しており、稲わらをに交差させて積層したものを厚さ5cm程度に圧縮して縫い上げています。昨今、ダニ問題などもあり、心材にポリスチレンフォームやインシュレーションボードを使用したものも多くなってきています。

3. クロス（紙）

日本人は古くから紙を建材として使ってきました。襖や照明などに多く使われていましたが、壁材として使われるようになったのは戦後の1960年代になってからです。

それ以前、壁といえば「塗り壁」でした。古来紙といえは楮^{こうぞ}などが原料の和紙ですが、手漉きの和紙は高価であるため壁紙として使用されるのは、もっぱらビニル壁紙となりました。

紙壁紙は、施工上の難点や後々の品質維持が難しいことからほとんど使用されていません。同様に繊維壁紙は見た目の高級感や風合いは素晴らしいのですが、経済性や可燃性の問題から普及していません。しかし万能であるかのようなビニル壁紙も昨今はシックハウス問題などから印刷原料などの改善が求められています。

4. 土壁

近年「クロス」に取って代わられたのが「土壁」です。「クロス」が普及する1960年以前は内外装問わず壁といえば「土壁」でした。土壁は粘土に「わらすさ」や砂、糊などを混ぜて練ったものを原料とします。土壁は荒壁⇒中塗り⇒仕上げの順番で塗り上げていきます。粘土は取れる場所や種類によって色や性質が違います。これにさまざまな自然材料を混ぜることで無限の表情を醸しだします。土壁の代表は聚楽壁です。もともとは京都の和室などに使われていた土壁の材料を採取していたのが「聚楽第」であったことに由来しています。現在では和室の壁仕上げの総称となっています。

古来、土壁の仕上げはそのまま土壁で仕上げていましたが、重要な部位などには漆喰^{しっくい}が使われました。漆喰は消石灰に砂、糊、麻すさなどを混ぜたもので、高級仕上げ材として

◇参考文献 日本合板工業組合連合会「合板の手引き」

使用され、江戸時代にはその高級感から、黒漆喰が好まれました。土壁に比べて硬く耐水性が高いのが特徴です。

5. タイル

現在タイルといえば外装に貼るあのタイルのことをいいます。一定の大きさのものを並べるという意味で、タイルカーペットや塩ビタイルなどにも使います。もともとは粘土を固めて日光の下で乾燥させて硬くした日干し煉瓦であったものが、タイルへと変遷したといわれています。西欧ではイスラム圏からヨーロッパに伝わり、その土地で発展しました。日本へは明治期に水回りを中心に広がりました。

焼成温度や原料の調合によって、磁器質・せつ器質・陶器質に分けられます。

6. 石材

昔から、日本では木を使って建築をしていましたが、明治になって石を使い始めました。西洋のように塊そのものを構造材に使うことはなく、薄くスライスして構造材等に貼り付ける手法が一般的です。石には火成岩・堆積岩・変成岩の3種類があります。最も有名な大理石は変成岩で、御影石は火成岩です。

大理石は石灰岩が造山運動などの熱や圧力によって熱変成作用を受けて再結晶して出来上がったものです。そもそもは中国の雲南省大理から取れた石の呼び名でした。定番は白大理石のイタリア産ピアンコカラーラです。カラーラとはイタリアの地名であり、紀元前から採掘され始めました。埋蔵量もあと2000年分はあるとされています。

御影石は、火成岩のなかでも、マグマがゆっくり固まったとされる深成岩の一種で、神戸市御影町から採れる桜色系花崗岩の俗称でしたが、現在では世界中の深成岩の総称となっています。南アフリカ産のインパラブラックなどが有名です。



写真1 石切場の様子

13 押出しとダイカストのしくみ

アルミニウムは軽くて（比重 2.7）、強く（強度は鉄の 1.6 倍）、耐食性が良いなどの特色があるため、その製品は、サッシ・手摺り・笠木など、建築外装材として広く使われています。

また、アルミニウムはリサイクル性にも優れ、再生に要するエネルギーは新地金と比べ 3%で済み、その品質もほとんど変わらないので、大変経済的な材料だといえます。

国内で生産されるアルミニウム製品の内の約 2 割が建築用として利用され、そのうちの約 7 割がサッシ用押出し材として生産されています。

ここでは、アルミニウムの加工方法のうち、アルミサッシ等、建築で最もよく使われている「押出し加工」とアルミニウムの鋳物としてその概念を大きく変え、年々生産が拡大している「ダイカスト」について紹介します。

1. 押出し加工について

アルミ押出し材は冒頭で触れたように、建築外装材の主要部材として、その建物の機能を大きく担っています。

押出し型材に用いられるのは、主にアルミニウムと亜鉛・マグネシウムの合金（JIS6000 番台）で、JIS6063 がもっとも多く使われています。

この材料は押出し・溶接・切削性が良く、耐食性が高い上に、陽極酸化皮膜処理を行った場合、無色透明の皮膜が得られます。

押出し型材は図 1 のような工程で加工します。まず、トコロテンを作るように熱した材料を製品の断面形状に削り出したダイスを通して押し出すことにより形成します。（図 1 アルミ押出しのフロー図）

押出し型材では、押出し方向に凹凸形状など断面形状の変わるものは製作できません。そのような形状のものには、後述する「ダイカスト」や切削加工、プレス加工等を用いることとなります。

また、既成品以外の形状が必要な場合は、ダイス自体から製作するため製造時間もかかりますし、当然、製作数量が少ないとコスト高にもなります。

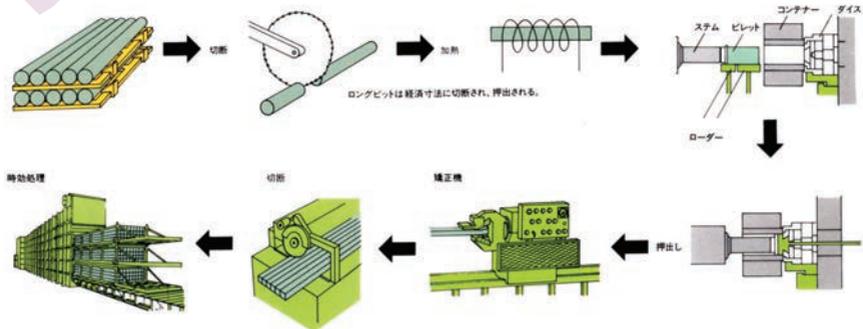


図1 アルミ押出しのフロー図

型材の断面サイズは、押し出し機の能力と使用する金属、加工する形状等によって決まり、一般的には外接円直径 300φ程度です。

押し出し加工の製造技術も進歩しており、より大きな断面寸法を持つアルミサッシも製作可能になってきています。それによって最近のマンション等によく採用されているような大きな開口部を持ったアルミサッシが製作できるようになったのです。

国内最大の押し出し機は、外接円 530φまたは断面寸法 230 mm × 630 mmまで製作可能な押出能力 9500t のものがあります。

2. ダイカスト加工について

アルミ製品の加工で一般的なのは板と押し出しですが、近年急速に増えつつあるのが「ダイカスト (Die Casting)」です。

ダイカストは鋳造方式の一種です。

鋳造とは、熔融金属を型の中に流し込み、冷え固まってから取り出す製造方法のことで、熔融した金属は高い流動性と自己充填性を備えるため、複雑な型の隅々まで流れ込み、型

建築にアルミニウム製品が使われだしたのはそう古いことではありません。良く知られているのが、アルミニウムの押し出し製品ですが、コストと品質面からダイカスト製品も使われるようになってきています。

通りに形成されます。

鋳物には、アルミニウムだけではなく、鉄やステンレス等もありますが、ダイカストで加工できるのはアルミニウムやニッケル・チタンなどの軽金属のみです。

従来、鋳物を作る過程は、

- ① 鋳物の原型となる型（木型）を作る
- ② 木型の廻りに砂を充填し、砂型を作る
- ③ 砂型の中に溶融金属を流し込む
- ④ 金属が固まったら砂型を外し（壊し）製品を取り出す

この工程を繰り返します。

当然工程時間も長く、大量生産には向きませんし、コストも高くなります。

このような鋳物の概念を大きく変えたのが「ダイカスト」です。

「ダイカスト」は、溶融金属を精密な金型に圧入し、ダイカストマシンによる一連の工程により、均一な製品を早くしかも大量に生産することができます（写真1 アルミダイカスト）。

現在、ダイカストはアルミ製品がほとんどを占めており、その多くが自動車・バイク用として使用されています。建築用としては、レバーハンドルや丁番などの建具金物や物干金物などで一部に限られています。

アルミニウムの特性を生かした押し出しとダイカスト、これらの特徴を生かした製品が建築工事にも大きな可能性をもたらすのではないのでしょうか。

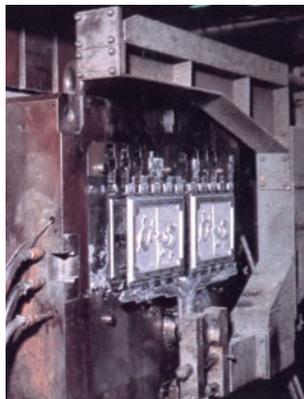


写真1 アルミダイカスト

14 ロックウールとアスベスト

耐火材料だけでなく、保温や吸音材としても欠かすことのできない「ロックウール」。
これに対して、近年その健康被害で大きな社会的問題となっている「アスベスト」。
「ロックウール」と「アスベスト」はどう違うのでしょうか？

1. 「ロックウール」と「アスベスト」の違い

「アスベスト」は、引張強度が高く（ナイロンの7～10倍）、表面積が大きいので他の部材との密着性に優れ、不燃性・耐熱性に優れているだけでなく、絶縁性・耐摩耗性・耐薬品性・耐久性にも優れているため、昭和30年頃より、吸音・断熱・耐火被覆用建材

表1 ロックウールとアスベストの違い

別名	ロックウール 岩綿 (がんめん)	アスベスト 石綿 (いしわた、せきめん)
天然鉱物有無	工場で製造された人造の鉱物繊維 岩石が原料の場合は「ロックウール」で、スラグ（鉱さい）が原料の場合は「スラグウール」という。	天然に産する鉱物繊維 けい酸塩鉱物繊維で、6種類をアスベストといっている。代表的なものにクリソタイト、アモサイト、クロシンドライトがある。
結晶性有無	非結晶（ガラス質）	結晶質
繊維径	単繊維の平均繊維径 3～5 μm (呼吸系に入りにくい)	ロックウールに比べて数十～数百倍細い (呼吸系に入りやすい)
原綿の状態等	<p style="text-align: center;">原綿</p>  <p style="text-align: center;">綿状 単繊維の顕微鏡写真 (100倍)</p>	<p style="text-align: center;">原綿 (解綿されたアスベスト)</p>  <p style="text-align: center;">クリソタイト 顕微鏡写真 (100倍) (束の状態)</p>
化学組成	主に酸化ケイ素と酸化カルシウム	クリソタイトは主に酸化ケイ素と酸化マグネシウム。アモサイト、クロシンドライトは主に酸化ケイ素と酸化鉄
発がん性分類	国際がん研究機関で、グループ3「発がん性に分類できない」に該当（お茶と同じグループ）	国際がん研究機関で、グループ1「発がん性あり」に該当（喫煙と同じグループ）
法規制	労働者：粉じん障害防止規則 消費者：特になし	労働者：石綿障害予防規則 消費者：クリソタイト（建材等製造等禁止） アモサイト、クロシンドライト（製造等禁止）
基準値	国の基準：吸入性粉じんとして 3 mg / m ³ 学会基準：許容濃度（皮膚刺激） 1 本 / cm ³	国の基準：0.15 本 / cm ³ 学会評価値（がんリスク 10 ⁻³ ） 0.15 本 / cm ³
健康影響	多量吸入により、じん肺の可能性があるが、じん肺の症例はなし。	じん肺の一種である石綿肺、肺がん、悪性中皮腫の症例あり。

公害問題の代表として取り上げられることが多いアスベスト。その与える影響の大きさや治療が困難なことから、深刻な問題となっています。そのアスベストに代わる製品として、ロックウールが登場しています。それぞれの性質と見分け方を調べてみました。

として、また建築用途以外にも自動車等のブレーキ部品、工業用のパッキンやシール材、電気絶縁用として用いられました。

しかし、石綿（アスベスト）による健康被害が認知され、特に悪性中皮腫による被害は、石綿製品製造メーカーの従業員やその家族だけでなく、工場の近隣住民にまで広がっています。

吹付け石綿は、既に昭和50 **表2 ロックウールとアスベストの見分け方**

年に禁止されているのですが、石綿含有製品についても、平成7年・16年と段階的に規制され、平成18年9月には、0.1%を超える製品の製造・輸入・譲渡・提供・使用が禁止されています。

見分け方	ロックウール	アスベスト(石綿)
指触による見分け方	掌にロックウールを載せ、指で擦ると粉々に砕け、肉眼で見ても繊維状に見えない。	掌にアスベストを載せて、指で擦っても砕けず、肉眼で見ても繊維状のままである。
酸による見分け方	酢酸(市販の酢)に溶ける。(完全に溶けるわけではない)	酢酸に溶けない。(膨潤状態になる)
顕微鏡による見分け方	顕微鏡で見ると棒状であり、しかも繊維は束ではなく繊維径も太い。	顕微鏡で見ると、繊維が束になっている様子がわかり、しかも単繊維径が細い。
X線回折法による見分け方	非晶質なので、X線の回折ピークは現れない。	結晶質なので、X線の回折ピークが現れる。

2. 見分け方

ロックウールとアスベストはどのように見分けるのでしょうか？

ロックウールの製品の内、耐火被覆材の吹付けロックウールと天井板は過去石綿が混入していた時期がありますが、保温・断熱材等の製品には当初から石綿は混入していません。

なお、その他の建築用石綿含有製品は、石綿セメント板、屋根のスレート、石膏ボードやケイ酸カルシウム板等の不燃材、床仕上げのビニールタイル、押出成型セメント板や配管材料（耐火二層管）があり、製品として使用されてきました。

これらの製品は経済産業省のホームページ等から調べることができますので、解体・改修等を行う際は一度確認をしてみてください。

15

ていそ
定礎の意味って?

ビルやマンションを通るとその壁に写真1のような「定礎^{ていそ}」と書かれた石や金属のプレートが埋め込まれているのをよく見かけます。これは、建設に際して地鎮祭（前出）や竣工式など様々な行事がある内の一つ「定礎式」で埋め込まれる定礎石と呼ばれるもので、そのビルの礎（いしすえ）となる大切な石なのです。



写真1 定礎石

1. 定礎のはじまり

元々はヨーロッパの石造建築で基準となる石を置く儀式“Corner Stone Laying Ceremony” というものに由来し、建設初期の段階に行われるものです。しかし日本では、ある程度完成した時点でそれまでの工事に対する感謝とその後の安泰を祈願してハメ込む儀式となっています。ちなみに定礎石は通常南東の角に鎮定されます。

また多くの場合、定礎石の奥には「定礎箱」と呼ばれる鉛や銅、ステンレス製の箱が埋め込まれています。定礎箱には住所や発注者、施工者などを記した定礎名板や氏神様のお札、建築図面、当日の新聞や通貨、社史などが納められていて、ちょっとしたタイムカプセルとなっています。タイムカプセル同様、普段取り出すことはできず、見ることができるとすれば建物を壊す時だけです。



写真2 定礎箱の中身

今日、一般的な言葉となった「定礎」という言葉ですが、もともとは、ヨーロッパの石造建築において基準となる石を置いたことに由来しています。定礎に関わる面白い話題を集めました。

2. 定礎に記された文字

文字は主に「定礎」「竣工・竣功」「SINCE」「ESTABLISHED」などがあります。「起工」や何も記載されずに年号だけ記載されているものもありますが、基本的に、年号が記載されているものを定礎とみなしています。

3. 素材

素材は石か金属が多く、中にはタイルを特注している場合も見受けられます。石は花崗岩か大理石などが多く、形状は長方形で横長が多いです。

4. 定礎マメ知識

現在確認されている最古の定礎は、金沢市丸の内にある金沢城の跡地で発見された1763年のものです。「歛始」と刻印されていて当時の土木工事の起工式とされています。他に古文書などに記述が残っているものもありますが、具体的な物証が残っているものとしては、これが最古だといわれています。



写真3 変わった定礎

16 VEをやってみよう

「VEをやってみよう」といわれるまでもなく、VEならやっていると思われる方も多いでしょう。

今では当たり前のように使われている「VE」という言葉ですが、「VE」がいつ頃どのようにして始められたのか、そして「VE」の意味とは聞くとなかなか正解は返ってきません。

「VE」について少し振り返ってみましょう。

「VE (Value Engineering)」は、1947年にアメリカの大手電機メーカーである「ゼネラル・エレクトリック (GE)」社でVA (Value Analysis : 価値分析) として考案されました。

電機製品にペンキを塗る過程で、オーバーヘッド・コンベアーを使って塗装作業をすると、どうしてもペンキが床に垂れて付着してしまいます。その床カバーには火災防止規則でアスベスト材(石綿)を使うこととされています。

ある時、GEの購買課に、各作業現場から相当量のアスベスト材を調達してほしいという要求が押し寄せました。第二次世界大戦直後だったため、アスベストが品薄でなかなか手に入りません。それでも購買担当者は不燃材の専門メーカーを廻ってアスベストを入手することに精を出していました。

ところがある日、不燃材の専用メーカーから、

『GEさん、おたくで探しておられるアスベストですが、一体何のために使っておられるのですか?』



という質問がありました。

近年の設計協議や工事入札においては、VE 提案花盛りといった感すらあります。しかし、もともとの意味や由来はと問われると案外知らないものです。VE への興味をもってもらうために、その由来を探ってみました。常日頃から新素材や機材の開発情報に通じ、さまざまな活用事例を知れば、VE 活動も更に進めやすくなることでしょう。

GE の購買担当者が事情を説明すると、

『実はアスベストは品薄で手に入らないのですが、それに代わる良い不燃材があります。それを使ってみてはどうですか』
 といっていくつかの代替材を見せてくれました。この中には不燃材としてはアスベストより強く、かなり安いものもありました。



購買担当者は今まで知らなかった不燃材を発見し、さっそくこれを買付けようとしたが、残念なことに会社の安全規則にアスベスト材を使用することが決められており、この新素材を使用することができません。

そこで購買課長をしていたマイルズ (L.D.Miles) は本社の幹部にこの事実を報告し、その不燃材を取り寄せて試験を行い、安全性を証明してみせました。その結果、「安全規則」の方が改定され、この不燃材の使用が認められたというのです。

この出来事を聞いた GE 副社長のウイン (H.A.Winne) はこれと似たようなケースが社内にはいくらでもあるだろうと考え、このような研究を推進するようマイルズに命じました。そして、自らこの研究のことを「価値分析 (VA : Value Analysis)」と名づけたのです。

その後、1952年に米海軍船舶局が、GE社のVAに興味を持ち、GE社に調査団を派遣し、船舶局において適用できるかどうかの調査・研究を始めまし



第1章 RCって何の略? ~知っているようで知らない知識~

た。その結果、1954年に正式にこのシステムを導入するに際し、これを「VE (Value Engineering)」と名づけ、VEを推進する課を新設したことにより「VE」と呼ばれるようになりました。

VEはこうした歴史的背景もあって、まず購買分析として購買部門に紹介されました。その後、既存製品を対象として行われ、次に開発部門で適用され、最後には製品企画段階やサービス部門へと広がってゆきました。

供給側の価値観は、製品を作るために自分たちが費やした努力をベースにしています。一方、市場側は製品を利用することによって得られるメリットをベースにしています。供給側の価値観と、市場側の価値観を調和させるのがVEです。

価値を高めるには次の算式で示したように機能と原価の関係を、改善していなければなりません。

1. コストダウンによる価値向上

$$\text{価値}(\uparrow) = \text{機能}(\rightarrow) / \text{原価}(\downarrow)$$

従来と同じ機能のものをより安い原価で作出す場合。コストダウンと同じ効果になる。このケースのVEが最も多い。

$$\text{VALUE (価値)} = \frac{\text{FUNCTION (機能)}}{\text{COST (原価)}}$$

2. 機能向上による価値向上

$$\text{価値}(\uparrow) = \text{機能}(\uparrow) / \text{原価}(\rightarrow)$$

従来と同じ原価でより機能の高いものを作り出す場合で、機能改善という。

3. 原価の増加以上に機能が向上することによる価値向上

$$\text{価値}(\uparrow) = \text{機能}(\uparrow\uparrow) / \text{原価}(\uparrow)$$

原価が少々高くなるがそれ以上に機能が改善する場合で、多少のコストアップを伴う機能改善である。

4. コストダウンと機能向上による価値向上

$$\text{価値}(\uparrow) = \text{機能}(\uparrow) / \text{原価}(\downarrow)$$

コストダウンと機能改善が同時に行われるもので、最も望ましい。このケースは新技術を採用した製品に多く見られる。

なお、機能は少々下がるが原価が大幅に低減できれば価値が向上するとの考えがありますが、これはVEではありません。VEでは、製品は所与の機能を維持しています。必要な機能を下げるのはVEではありません。

因みに、製品ができた後で行うVEは「セカンド・ルック・VE」、設計時におけるVEを「ファースト・ルック・VE」と呼びます。なお、製品企画段階やサービスにおけるVEを「ゼロ・ルック・VE」といいます。当然早い段階でのVEほど、その効果は大きくなります。

建築生産の場で^{たと}譬えますと、企画段階がゼロ・ルック、設計段階がファースト・ルックとなり、施工段階（現場）でのVEはセカンド・ルックとなります。

それでは、現場でのVEはあまり意味がないのでしょうか？

建築生産の場合、設計図だけでは建物はできません。設計図を基に、建設会社や専門工事会社が施工図や計画書を作成し、建物を形にしていきます。

その過程で、顧客の要求に対してより高機能で低コストな建物を提供するため、多くの人の知恵と経験が反映されていきます。この過程がVEそのものではないでしょうか。

あなたも、VEをやってみませんか！

おまけ 残コンでピラミッドがつかれるか

1. レディーミクストコンクリート（生コン）の総出荷量

2005年の全国生コンクリート工業組合連合会および全国生コンクリート協同組合連合会の統計資料によると、生コンの全国総出荷量は1年で約1億2155万 m^3 とされています。

世界最大のギザの大ピラミッドの大きさは、各辺230m、高さ146mの四角錐ですので、体積は約257万5000 m^3 となります。年間にして約47個のピラミッドに相当する量が出荷されていることとなります。

2. 残コン・戻りコンの量

ポンプ車によるコンクリート打設で、一番頭を悩ますのが、いわゆる残エン・戻りコンではないでしょうか。2005年に国土交通省が行った約400社のアンケート結果によると、残コン・戻りコンの発生率は、生コン出荷量の約1.6%であるとされています。この約1.6%が現実的な数値かどうかは分かりませんが、年間に約194万5000 m^3 の残コン・戻りコンが発生していることとなります。全国で発生する残コン・戻りコンを、一地域に集積することは現実的ではありませんが、約1年と4ヶ月で世界最大のギザの大ピラミッドと同等の残コンが発生していることになるのです。

3. 残コン・戻りコンの抑制対策と有効利用

残コン・戻りコンの抑制対策としては、キッチリ積算し打設数量を把握することと、打設途中での必要残数量を再確認することの2点につきます。残念なことに、残コン・戻りコンの有効な利用法はまだ確立されていません。今後の課題かもしれませんね。

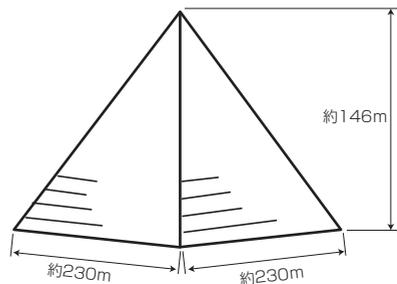


図1 1年4ヶ月でギザの大ピラミッドと同量の残コン、戻りコンが発生

第2章

現場で不思議発見

～うそのようなほんとの話～

1 土の中にも川や池があるってほんと？

建物の建設に先立って行われるのが地盤調査です。調べる項目は建築場所や構造物の性質、種類によって変わってきますが、基本的には各地層の深さ、厚さ、構成土層の強度、地下水位の位置などです。

この地盤調査によって柱状図が出来上がり、それを読み解くことによって施工者は工事を計画し、施工するのです。ここではその中の水について取り上げてみます。

1. 不圧地下水

掘削工事において対象とする水は地下水ですが、地下水とは地盤中の間隙や岩石の亀裂・空洞を満たした形で存在している状態をいいます。地下水の流れを表したものが図1です。

被圧されていない地下水は「不圧地下水」と呼ばれ、地表下のある深さに水面を持って存在し、重力の影響によって自由に移動するため自由地下水とも呼ばれます。

自由地下水は雨や雪などによって直接影響を受けているため、降雨時には地下水位面は上昇し、無降雨時などは地下水位面は低下します。このように降雨などによる影響で水位が上下する川が地中にもあるのです。

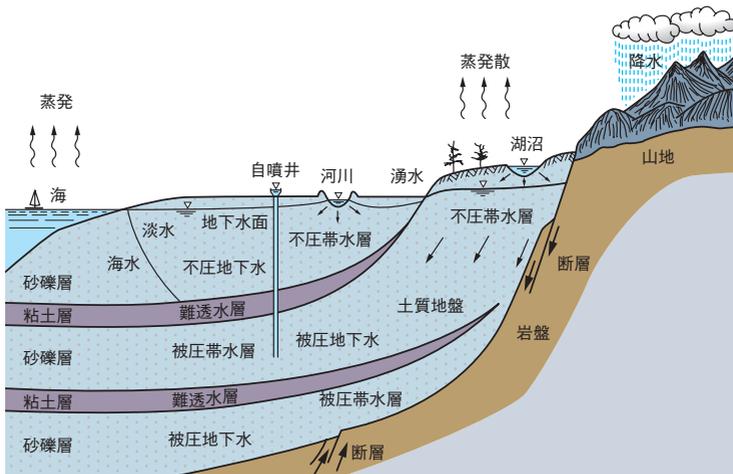


図1 水の循環と地下水涵養の模式図

聞いたことがあるかも知れませんが、実は砂漠の下にも川が流れています。そして、普通の地面の下にも川が流れていますし、また、大きな池も存在します。地下工事にとっては大敵のこの地下にある水の流れ、それを知ることが戦い（工事）に勝利を納めるポイントなのです。

2. 被圧地下水

一方、被圧地下水は、粘土層などの難透水層の下や粘土層と粘土層の間に挟まれた帯水層中に安定した状態で存在しています。

井戸からの過剰な揚水など人為的な要因により被圧地下水の水位が低下し、工事現場周辺の圧密沈下や井戸枯れなどのトラブルを引き起こすことがあります。

掘削工事を行うために山留壁によって地下水を遮断したり、排水したりすると、先程述べた「川」が堰き止められたり、「川」のルートが変わったりするため、周辺の井戸で井戸枯れや樹木の根腐れといったことが起こり得ます。

工事に伴って発生する影響を十分に検討しておく必要があります。

一方、地下道路など線状の地下構造物の直近で工事をするケースなどで、上流側と下流側で同程度の掘削深度まで掘削した場合、その上流側では地下水が構造物に遮られて滞留し、まさに池のようになり、排水を行ってもなかなか水位が下がらずに苦労することがあります。反対に下流側だとドライ状態になったりします。

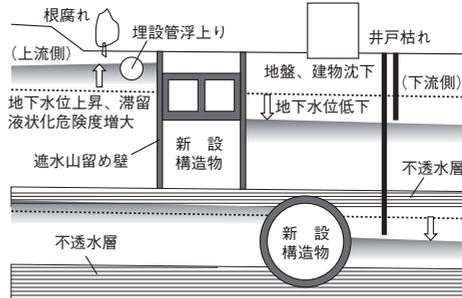


図2 新設構造物による地下水流動阻害

3. 大切な周辺調査

地盤調査の代表的な標準貫入試験

はボーリング孔 75mm の中で調査をします。この調査データは情報の泉であることは確かですが、地盤は非常に複雑で、わずか数 m 違っただけで土の構成や性質が変わることはよくあることです。ボーリングデータだけを鵜呑みにせず、周辺の構造物の状態や過去の周辺での施工実績などについても調査することが、掘削時の水にまつわるトラブルを未然に防ぐためには大切なのです。

◇参考文献：「新ボーリング図を読む」 理工図書

2 地面にも年齢があるってほんと？

杭工事や地下工事を行う上で、地面（地盤）の経歴（性質）を知っておく事は大変重要な事です。

1. 明治時代のインフラ整備

100年程前（明治以降）のことを考えてみましょう。

明治になって新しくインフラとして整備されたものの代表に、学校と鉄道（駅）があります。

ある地域にそのようなものを新たに建てようとした場合、どのような土地が候補になったのでしょうか。多分一等地ではなかったはずですが。どうにも利用できなかった土地が供出されたはずですが。おそらく湿地、荒地の類だったのではなかったのでしょうか。従って、そのような建物周辺はよい地盤であるはずがありません。逆に神社は一等地にあるはずですが。

2. 大阪平野の誕生

地盤の経歴を探ってみましょう。大阪平野を例に考えてみます。

6,000年ほど前に「縄文海進」と呼ばれる海面上昇があり、海水面が現在より3～4m上昇し、海（河内湾）となりました。その後、淀川や北に流れ込む大和川が運んだ堆積土で閉鎖されて潟になり、さらに湖となりました。その湖が干上がって現在の狭義の大阪平野となったのです。



写真1 縄文時代中頃（約5,000～4,000年前）



写真2 弥生時代中頃（約2,000年前）

海や湖が埋められてできた平野での建設、特に基礎工事は、建築技術者にとって頭痛の種です。それはなぜなのでしょう。



写真3 古墳時代中～後期頃(約1,600~1,500年前) 図1 新大和川の付替え期(約300年前)

300年程前までの大阪平野は、「河内」という地名の通り、川と沼が多く、大雨が降ればすぐに水没する地域でした。

大阪で地盤のしっかりしているところは、図1での陸地部分です。大阪平野では上町台地のみと考えてもよさそうです。

写真1で海域となっている地域は、6,000年たった今でも、N値が10以下という建築技術者泣かせの緩い地盤の地域なのです。

このように、土地には色々な歴史があります。最近では、環境問題の観点から「土地履歴」を調べることが義務付けられています。自分の目で現地に立って周辺の状況を調べることは、工事を計画・管理していく上で、実は大変重要なことなのです。

◇参考文献：「新編大阪地盤図」 編著者 土質工学会関西支部・関西地質調査業協会 1987 株式会社 コロナ社刊
 「大阪人」第59巻8号『川をめぐる旅』財団法人 大阪都市協会
 「写真」：大阪歴史博物館提供 原図作成 松田 順一郎氏

3 建物が沈むってほんと？

普段生活している中で、「今自分が住んでいるマンションが沈んでしまう」なんて考えた事のある人はおられるでしょうか。おそらく大半の人はそんな想像をしたことがないと思います。

1. 建物を支える地盤

建物は『地盤』に支えられています。地盤とは地球内部の地殻変動や海洋における堆積など、長い歳月にわたる変遷を経て形成されたものです。それぞれある厚みをもって層をなしています。形成された年代の古い順に「第三紀層（岩盤）」「洪積層（1万年前以前に堆積）」「沖積層（1万年前以降に堆積）」と呼ばれます。

一般に深いほど硬く古い地層になります。これらが建物の基礎を支える対象となる地層です。

第三紀層は主として泥岩や砂岩からなる、いわゆる岩盤で、支持地盤としては最も信頼できる地層です。

洪積層は安定地盤といわれており、基礎地盤としては信頼できる良質な地盤です。高層ビルなどは洪積層の密実な砂礫層に達する杭などによって支持されています。

2. 液状化現象

沖積層は最も新しい時代に堆積した地層で、比較的緩く、粘性土の場合、内部の水が抜ける過程で沈下（圧密沈下）することがあり、砂質土の場合は地震時に液状化することがあります。

実際に、大震災の時に建物が沈んだ（傾いた）事例があります（写真1）。これは、砂層の『液状化現象』によって地盤が沈下し、それに伴い建物の一部が沈下してしまい、傾いてしまったものです。

では、『液状化現象』はどのようにして起きるのでしょうか。



写真1 液状化によって傾斜した建物

一見、非常に固くみえる地面ですが、その下には川が流れ、水が溜まり池のようになっている箇所があります。それを大きな力で揺さぶると、水が地上に染み出したり、時には非常に早い速度で溢れ出したりします。これは、地盤が「液状化」しているからなのです。兵庫県南部地震でこの現象が発生し、大きな被害を出したのは記憶に新しいところです。

3. 液状化現象とは…

『液状化』とは地震によって地盤が一時的に液体のようになってしまう現象をいいます。液状化が発生しやすい地層は、比較的地下水位が高く水分を多く含む粒子の大きさがそろった砂層です。

液状化のしくみは、一定のバランスを保っている地下水が飽和状態にある砂層（Ⅰの状態）が、強い地震によって地盤が左右に揺れると、砂と砂の間隙にある水に圧力（間隙水圧）がかかり、砂の粒子どうしのかみ合わせがはずれて浮遊した状態となり、まるで液体のようになります。これが液状化です（Ⅱの状態）。

その後、押し出された水が砂と共に地表にあふれ出します。結果的に地表面にあふれ出した砂や水の量だけ地盤は沈下することになります（Ⅲの状態）。

地盤がいったん液状

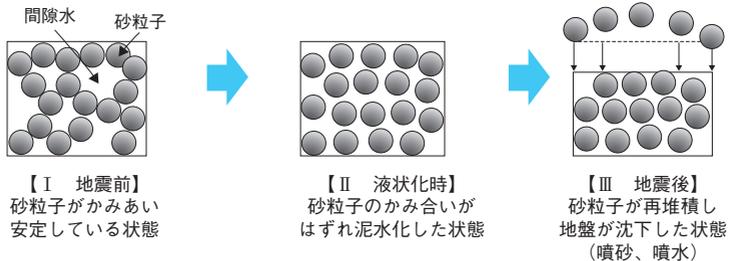


図1 水の循環と地下水循環の模式図

化すると、建物を支える力がなくなったり、地盤そのものが不均一に沈下したりします。

「液状化」の対策としては、緩い砂層を地盤改良したり、間隙水圧が高ならないように水を抜く工法などがあります。

建物を造る際に実施するボーリング調査では、建物を支持する地盤を確認すると共に、液状化や圧密沈下の可能性についても調査する必要があります。

◇ 1) 株式会社大林組技術研究所「平成7年（1995年）兵庫県南部地震被害調査報告書」1995年3月p103

4 柱もダイエットが必要ってほんと？

健全な柱の構築は設計・施工上最も重要なポイントとなります。しかし、頑丈な太い柱ならば安心であるといえるのでしょうか。

1. 太い柱と細い柱

建築物の柱の太さは建物の重さを何本の柱で支えるかによって決まってきます。ですから極端に太い柱とか、細い柱というものにはなかなかお目にかかれぬものです。

しかし、同じ幅の柱でも、柱がどのようなところに使われるかによって働きが異なります。

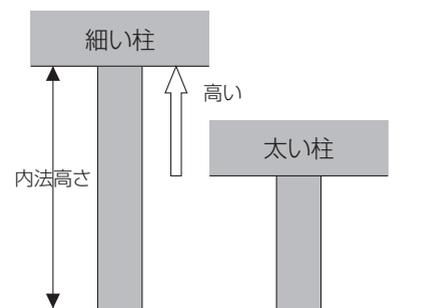


図1 細い柱と太い柱



写真1 柱の剪断破壊

例えば図1のように、同じ太さの柱でも、高さ（内法高さ）の違いによって柱が太いか、細いかが決まってきます。高さに対して幅が大きければ太い柱であり、逆に幅が小さければ細い柱です。RC部材の場合、このプロポーシヨンの違いが構造特性に大きく影響します。

地震で大きくねじれた水平力を受けると柱は破断することがあります。大切なことは壊れないことではなく、地震のエネルギーをうまく吸収し、人命を危険にさらさないだけの空間を確保することにあるのです。

地震で大きな水平力を受けた場合、「柱の高さ（内法高さ）／柱の幅」の値が小さな柱（短柱）は急激に耐力が落ち、剪断破壊を起こしやすくなります。

2. 柱の役割～地震エネルギーの吸収～

柱の場合、水平力だけでなく建物の重さによる軸力も加わるので、破壊した場合、今度は急激に崩壊します。「柱の高さ／柱の幅の値」が大きな柱は剪断破壊を起こさず、柱の上下端部で曲げ変形をして、そこで地震のエネルギーを吸収し致命的な破壊は免れます。



写真2 柱の激しい剪断破壊



写真3 短柱化による剪断破壊

柱は建物の構造部材の中で、最も重要な部材の一つです。その働きは、建物の重量を支える役目、多方向からの地震力に抵抗する役目などです。単一の仕事だけではなく、複数の仕事をしているということで最も働き者の部材といえるでしょう。

*写真1・2は剪断破壊を起こした、兵庫県南部地震で破壊した阪神高速のビルツ橋。

*写真3は剪断破壊（X型のひび割れ）を起こした柱。垂れ壁と腰壁によって短柱となっている。

5 鉄筋のかぶり厚さ

鉄筋コンクリートにおける鉄筋のかぶり厚さは、鉄筋コンクリートの所要の耐久性、耐火性、及び構造耐力が得られるように、部材の種類と位置ごとに、最小の厚さが定められています。表1にJASS5に定められている最小かぶり厚さを示します。

表1 最小かぶり厚さ

部 位		最小かぶり厚さ (mm)		
		仕上げあり ⁽¹⁾	仕上げなし	
土に接しない部分	床スラブ 屋根スラブ 非耐力壁	屋内	20以上	20以上
		屋外	20以上	30以上
	柱 耐力壁	屋内	30以上	30以上
		屋外	30以上	40以上
	擁壁		40以上	40以上
土に接する部分	柱・梁・床スラブ・壁・ 布基礎の立上り部分	40以上 ⁽²⁾		
	基礎・擁壁	60以上 ⁽²⁾		

[注] (1) 耐久性上有効な仕上げのある場合。
(2) 軽量コンクリートの場合は、10mm増しの値とする。

1. 耐久性上必要なかぶり厚さ

コンクリートの耐久性に大きな影響を及ぼす中性化についてJASS5では、「硬化したコンクリートは、表面から空気中の炭酸ガスを吸収し、コンクリート中の水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化し、その結果アルカリ性が失われていく。この現象を中性化という。中性化が進行し、鉄筋位置まで到達すると、通常の場合、酸素と水分の作用によって、鉄筋は発錆する。錆の体積はもとの鉄筋の体積より著しく大きくなるので、錆が進行するとかぶりコンクリートを破壊し、鉄筋に沿ってひび割れが入る。このひび割れからさらに水及び空気（酸素）が侵入し、ますます鉄筋の腐食が進行し、鉄筋コンクリートは耐久性を失うことになる」と示されています。

コンクリートはわが国に豊富にある数少ない貴重な資源のひとつです。残念ながら働き者のコンクリートにも寿命があります。しかし、人間が健康に留意して、生活を慎めば長生きできるようにコンクリートにも丈夫に長生きをしてもらう工夫はあるのです。

2. 水セメント比管理

JASS5は、「鉄筋コンクリートの一般的な劣化は、コンクリートの表面からの水、炭酸ガス、塩化物イオン、その他の腐食性物質の侵入によってもたらされるが、これらの劣化要因からコンクリートを健全に守るためには、一般に、水セメント比を小さくするとよい」としています。

水セメント比を小さくして、コンクリートを緻密にすることで劣化要因の侵入を遅らせることができます。従って、中性化による鉄筋の腐食を防止するには、鉄筋位置まで中性化する期間などを考慮して、設計におけるかぶり厚さを定める必要があります。

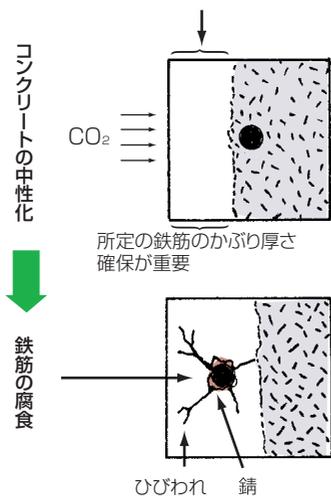


図1 中性化のイメージ



図2 中性化による鉄筋の腐食例

3. 耐火上必要なかぶり厚さ “火災に遭うとどうなるか”

RC造建築物で火災が発生し、長時間、高温で熱せられると、表面のコンクリートが劣化するだけでなく、内部の鉄筋およびコンクリートの強度が低下します。火災時においても部材の構造耐力の低下や過大なたわみ・変形をきたさないように鉄筋のかぶり厚さを定める必要があります。

4. 構造耐力上必要なかぶり厚さ

鉄筋のかぶり厚さが鉄筋径に対して不釣合いに小さいと、鉄筋に大きな応力が加わった場合、鉄筋に沿ってコンクリートにひび割れ（付着破壊ひび割れ）が生じて付着強度の急激な低下をもたらします。これは、特に太径の異形鉄筋の場合に生じやすい現象です。

5. 法令上必要なかぶり厚さ

鉄筋のかぶり厚さは、建築基準法施行令第79条で、「耐力壁以外の壁又は床にあっては2cm以上、耐力壁、柱、又ははりにあっては3cm以上、直接土に接する壁、柱、床若しくははり又は布基礎の立上り部分にあっては4cm以上、基礎（布基礎の立上り部分を除く）にあっては捨コンクリートの部分を除いて6cm以上」と規定されています。この規定値は、いかなる場合でもこれを下回ってはならない数値です。

6. かぶり厚さ

法令上必要なかぶり厚さの値が、どのような経緯で定められたのか、はっきりしません。少なくともJASS5では、冒頭でも示したように、耐久性・耐火性・構造耐力上の要求のほか、法令の規定から定められた値です。

6

コンクリート打設はコーラを飲みながらしてはいけません

1. コンクリートに糖類は厳禁です。それは何故でしょう。

コンクリート中に糖類が混入すると、「凝結遅延作用」を起こします。砂糖はセメントに対する添加率が0.025%でも凝結遅延作用を示します。そして、それが0.25%近辺から「凝結促進作用」に転じます。添加率の増加に従い瞬結作用（こわばり）を呈します。しかし、この凝結促進作用はごく初期の水和反応促進を意味し、本質的には添加率の増大と共に硬化遅延を引き起こします。

コーラなどの清涼飲料水は、多量に砂糖が含まれています。コンクリートに混入すると硬化不良を起こすこともあるのです。

2. せき板（型枠）に起因する硬化不良

型枠はコンクリートを形成するための重要な部材です。粗末には扱ってはいけません。太陽の直射日光の下に数時間放り出しておくなど以外です。何故なら型枠に使われているせき板は、太陽光に晒される時間が長くなると共に、セメントの硬化阻害物質の生成量が增大するからです。搬入された型枠を、太陽光に晒さないように養生を行っているのは、実はこうした理由からなのです。



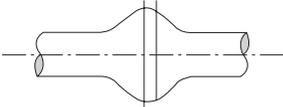
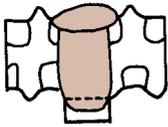
7

鉄筋継手は進化している

鉄筋継手の種類

鉄筋工事では、鉄筋を定尺物として現場に搬入するため、鉄筋継手が不可欠です。鉄筋継手は大別して4種類あります。それぞれの仕組みを簡単に紹介します。

表1 鉄筋継手の分類

<p>重ね継手</p> 	<p>鉄筋を所定の長さに重ね合せ、周囲のコンクリートとの間の付着を利用して鉄筋を一体化させる工法</p>
<p>ガス圧接継手</p> 	<p>鉄筋端部を突き合わせ、加熱と同時に加圧して鉄筋を一体化する工法</p>
<p>溶接継手</p> 	<p>鉄筋端部を突き合わせ、溶接棒等を使用してアーク溶接を行うか、瞬間的に電気を流すと同時に圧力を加え、鉄筋を一体化する工法</p>
<p>機械式継手</p> 	<p>スリーブ（カプラー）を鉄筋端部に被せ、鉄筋の節とスリーブの噛み合いやネジによる接合を利用して鉄筋を一体化させる工法</p>

コンクリート同様、建築物の基幹材である鉄筋。コンクリートが苦手な引張り力に強い抵抗を示す鉄筋ですが、それらを接合するためにいろいろな仕組みが考えられてきました。わが国固有の継手である圧接に代り、最近は、溶接や機械式の継手も登場しています。

1. ガス圧接継手

ガス圧接とは、鉄筋を溶かすことなく加熱・加圧することによって、接合する仕組みです。ではそれが何故可能なのでしょう。

鉄は、「鉄の原子」と「炭素の原子」が混じりあった結晶でできています。鉄の結晶は溶かさなくても、ある一定の距離まで近づくと鉄の原子同士が互いに結びつき強固に結合します。これを「金属結合」といいます。

ところが空気中では鉄は酸素と結びつき、酸化膜を形成しています。酸化膜は鉄の原子同士の接合を妨げるので、金属結合が起こりません。その酸化膜をアセチレン過剰炎、つまり「強還元炎」で取り除いて、鉄を1200℃から1300℃まで加熱し圧力を加えると、原子の混じり合いが始まり、原子レベルで一体となり結合されます。こうした原理を利用した接合法が「圧接」です。

2. 溶接継手

溶接継手の主なものとして、「フレア溶接継手」「アーク突合せ溶接継手」「突合せ抵抗溶接継手」があります。他にワイヤメッシュ筋に使用される「重ね抵抗溶接継手」や鉄骨梁に鉄筋を接合する場合に使用される「アークスタッド溶接継手」等があります。

「フレア溶接継手」は、比較的古くから使用されてきた継手工法であり、せん断補強筋やスラブ筋等の細径鉄筋に使用されることがあります。

「突合せ溶接継手」は、鉄筋端面間に開先を設け、軸心を一致させてセットし、開先間に溶接棒あるいは溶接ワイヤーを熔融させて鉄筋を接合させる工法であり、高層建物における「鉄筋先組み工法」や「プレキャスト工法」等の採用に伴って開発された継手工法です。柱や梁の主筋等、太径の鉄筋に使用されています。

「突合せ抵抗溶接継手」は、圧接継手と同じようなメカニズムで鉄筋の端面同士を突き合わせて接合する継手工法であり、閉鎖型せん断補強筋に主に使用されています。フレア

溶接継手以外は（財）日本建築センター等による審査を経てA級と認定された工法が使用されています。

3. 機械式継手

機械式継手は鉄筋を直接接合するのではなく、異形鉄筋の節と周囲の鋼管等の機械的なかみあいを利用して接合する継手工法です。機械式継手の長所としては、施工時に鉄筋が縮まないこと、部材端で全数継手が可能なこと、作業員に特別の資格が不要なこと、天候等の影響を受けないこと等があり、鉄筋先組工法やプレキャスト工法等に使用されています。

機械式継手の継手性能を確保するためには、定められた長さの鉄筋を鋼管内に挿入することが大切です。

機械式継手工法にもいくつか種類がありますが、大切なことはそれぞれの工法に定められた要領で管理することです。

8 ラーメンってなに？

1. ラーメンとは？

ラーメン (Rahmen) は、建造物の構造形式のひとつで、長方形に組まれた骨組みの各接合箇所を剛接合したものです。ドイツ語で『額縁』の意味です。主として建築・土木構造の分野で用いられる言葉であり、柱が梁と剛接合している構造をラーメン構造といいますが。

部材の各所が剛接合されているため、外力により部材に発生した曲げモーメントは、接合部材に伝達しながら下部構造まで達します。比較すべき構造概念として、各部材の接合箇所がピン接合されたトラス、部材を線ではなく面でとらえる壁式構造、曲げモーメントを圧縮力に変換するアーチ構造等があります。

ラーメン構造は、近代建築における最も一般的な構造形式であり、構造材別に見ると、鉄骨造 (S 造)、鉄筋コンクリート造 (RC 造)、鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC 造) の建築物の多くに採用されています。ラーメン構造が現在のように一般的となったのは、20 世紀に入ってからのことです。

2. 経済スパン

ラーメン構造の普及は上記に挙げた建築材料、すなわち鉄とコンクリートの普及と切っても切れない関係にあります。歴史的な蓄積も多く信頼性が非常に高い構造形式です。事務所ビルや中層集合住宅などには柱間を 6 ~ 8m にしたものがもっともコスト効率のよいものとされ、経済スパンとも呼ばれています。

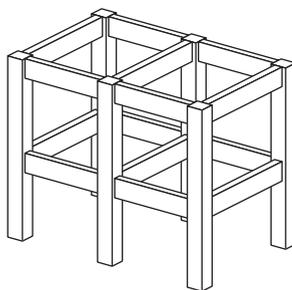


図 1 ラーメン構造の模式図

9 ALC にタイルは貼れるの？

ALC 板の表層はモルタルやコンクリートに比べ脆く、モルタルの厚塗りなどによって ALC の母材破断によるタイルの剥落事故が多発したため、以前は現場でのタイル後貼りは採用されませんでした。

1. 現場タイル後貼り工法の開発

現在、各メーカーによる製品開発、タイルの現場後貼りの施工要領の普及等により、高層マンションのベランダや共用廊下の内壁面あるいは4階程度の中層建築の外壁にも用いられるようになりました。

事業主からすれば、塗装仕上げよりも高級感のあるタイル仕上げを低コストで実現できるということは魅力です。しかし、設計及び施工計画、注意すべき点がたくさんあります。

まず、施工の難易度が高いため、施工管理をおろそかにすると雨漏りが頻発したり、小規模な地震でも破損したりするおそれがあることです。

リスクが高いということをまずわれわれ施工者や設計者がキチンと認識する必要があります。

2. 注意事項

以下に施工に際して注意すべき事項を列記します。

施工に際しては、「タイル」メーカーではなく、必ず「ALC」メーカーが出しているタイルの「現場後貼り工法」の施工要領通りに、きちんと施工されているかのチェックを欠かさないようにします。

建物の高さ、貼り付けるタイルの大きさ、ALC 工法等、更には ALC タイル外壁の室内側用途の適否、サッシ開口位置など設計自体をチェックしないと、取り返しのつかない事故を招きかねません。

3. 設計上の留意事項

サッシ等の開口部分は、できるだけ庇代わりになるようなバルコニー、共用廊下の内側に配置するようにします。

ALC 外壁は ALC パネル間のシーリングで防水されています。漏水予防という観点か

ALC は軽くて丈夫な部材ですが、表面が脆いためタイルを貼ると剥落事故を招きがちでした。しかし今では、マンションのベランダや外壁等にも、現場タイル後貼りが可能となっています。しかし、施工には十分な管理が求められます。注意点を列記してみました。

らの信頼性はもともとそれほど高くありません。しかもタイル裏面に染み込んだ雨水がなかなか乾かず、剥離しやすくなります。一度漏水したら、どの部分でシーリングが剥離しているのかを特定するのが困難で、結局縦一列全て打ち替えざるを得なかったり、タイルを剥がさないとパネル間のシーリング補修ができない場合もあります。浸入した雨水がALC 目地内を伝わって下方に流れ込み、サッシ上端で滞留し、そこで漏水したりします。

直接雨掛かりとなるサッシがある場合、その部屋内は病室のような常時人が居住するような用途にしない配慮も大切です。

4. 雨掛かりとなるサッシへの対応策

サッシ枠は外壁面と完全に同面とはせず、サッシ上端に目地を伝って落ちてきた浸入水を排水できるような水切りを設けるようにします。これも単に水切りを設けるだけでは効果がありません(図1)。

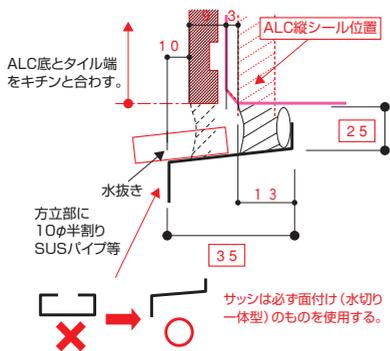


図1 ALCモザイクタイル貼り サッシ上端納まり例
(枠をタイル面より10mm出す納まり)

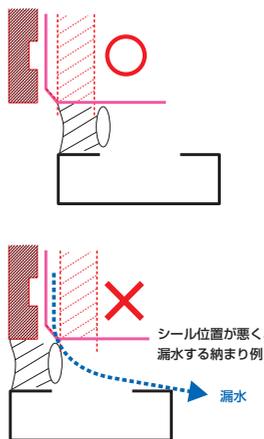


図2 ALCモザイクタイル貼り サッシ上端納まり例
(枠面を引込める納まり)

あるいはタイル面よりサッシ枠面を引っ込めてパネル間縦シーリングとサッシ上端の水平シーリングの出入りが揃うようにします（図2）。

なお、開口両脇の上下のタテ目地は必ずシーリング目地として下さい。モルタル目地は剥離して漏水します（図3）。

5. タイルの大きさ

タイルメーカーでは大きなタイルを ALC 表面に貼ることを認めているところもありますが、経験的にはせいぜい 45 二丁掛のモザイクタイルまでとすべきです。

タイルの自重が重いと ALC が母材破断する可能性が増すからです。

その他にも建物の高さにも制限があります。各メーカーの基準に従って下さい。

6. 施工上の注意点

- ① タイル貼り専用の ALC パネルを縦貼りで使う。

タイル貼り用の ALC パネルは長辺の面取り寸法が 3～5 mm 程度（塗装用は 10 mm 程度）、縦貼り工法としています。裏側は 10 mm 程度の場合があります。裏表を間違えないように施工します（図4）。

- ② 必ず ALC 板内に割り付け
るようにし、目地を跨が^{また}ない。

タイルを片側から一方に貼っていくと、施工誤差で目地を跨^{また}いでしまいます。ALC 幅 600 mm 毎にキチンとタイ

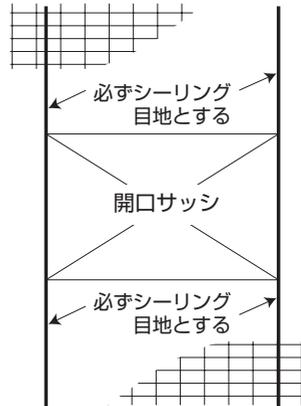


図3 開口両脇上下のタテ目地

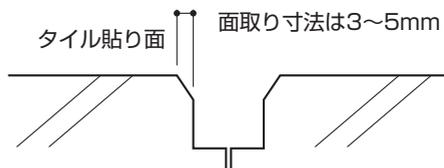


図4 ALC パネルの縦貼り図

ルが納まるよう、ALC 板内にタイルを割り付けます。工場貼りと同様です。

- ③ ALC 工法により、タイル伸縮目地の取り方が異なる。

低層スライド式では4～5枚に1列ですが、ロッキング工法ではパネル幅600mm毎にタイル伸縮目地（シーリング目地）を取ることになります。

いずれの工法でもALCパネル間は全てシーリングです。

- ④ タイルの大きさは45二丁掛までとする。
⑤ 開口両脇の上下の縦目地は1列全てシーリング目地とする。
⑥ 貼付け材はポリマーセメントモルタルか弾性接着材を用いる。
⑦ 原則として直貼りとし、面の出入り調整は行わない。

ポリマーリッチなフィラー材で目潰しして下地をつくる場合もありますが、厚塗りは厳禁です。

- ⑧ タイル貼り前の吸水調整はシーラー2回塗り
ポリマー原液を5倍に希釈したものを使います。
⑨ コーナーはALCパネル、タイル共、幅20mm程度のシーリング目地とする。

10 タイルの剥離って防止できるの？

外壁タイルが剥落したり、大規模な浮きが生じた場合、築後10年未満ではほとんどの場合、施工不良が原因とされがちです。

確かに施工不良と断ぜざるを得ないような事例もありますが、「ちょっと違うのではなかいか?」と感じる事例もあります。

1. 構造体のひずみ

建物のどのような部位に浮きが生じ、どのような部位が健全であるのかを調べてゆくと、以下の部位に「浮き」が多く生じていることが分かりました。

- ① ホール建築等の四隅に配置されている耐震壁 (図1)
(特に階段室で各階がスラブで拘束されていないような壁)
- ② 円形ドーム状の壁、曲面壁 (図2、図3)
- ③ ピロティ形式になっている1階の柱 (図4)
- ④ エレベータシャフトの帳壁、張出し帳壁 (図5、図6)
- ⑤ 妻壁 (図7)

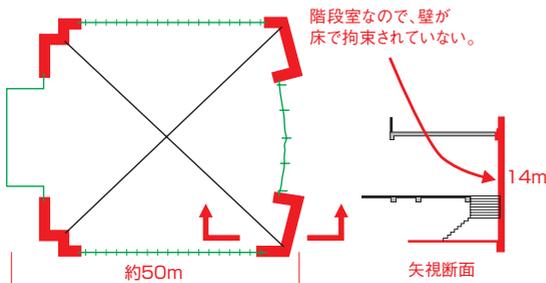


図1 ホール建築等の四隅の耐震壁

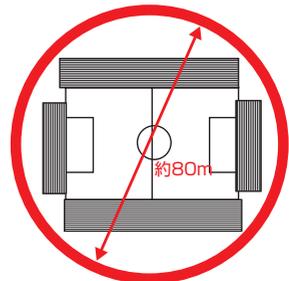


図2 円形ドーム状の壁

これらの部位に生ずる浮きは、単に「施工不良」ということで片付けられる問題ではなく、下地である構造体が他の部位に比べ大きくひずみやすいせいでもあります。

「外壁タイルの剥離の原因は全て施工不良?」。こんな部位にタイルを貼ると剥離するのは当たり前というケースもあります。注意すべきはむしろ下地となる構造体なのです。

2. タイル貼りに向かない部位

タイル貼りにには適さない部位へのちょっとした注意が必要です。下地である構造体コンクリートには熱伸縮であれ、地震に対する水平応力であれ、通常のタイル貼り施工では耐え切れないほどの大きなひずみが生じる部位が存在します。

より強く、より追従性を持った材料でタイル貼りしようという意識よりもむしろ、下地である構造体のひずみに目を向けるべきでしょう。

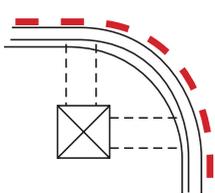


図3 曲面壁

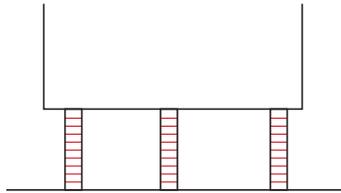


図4 ピロティ柱

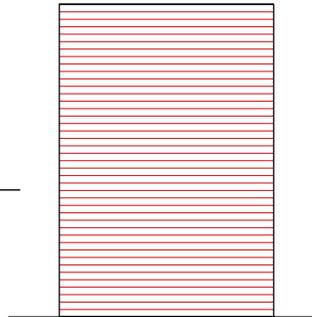


図7 妻壁

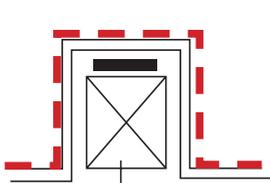


図5 ELVシャフト帳壁

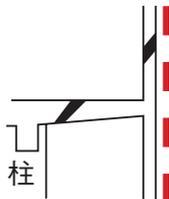


図6 張出し帳壁 (立断面)

11

金属同士にも相性があるの？

ステンレス製の防虫網を用いたアルミニウム製網戸枠が竣工後2年程度で腐食し、アルミ枠に白いゲル状の腐食生成物が多数発生した。腐食しにくいとされるアルミニウムがなぜ、腐食したのだろうか？

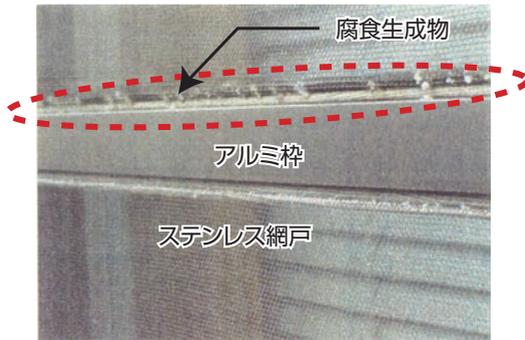


写真1 ステンレス製防虫網を用いたアルミ枠に生じた腐食

1. 金属の電位差による腐食

金属にはおのおの電極電位の相違があります。電位が異なる異種金属が接触し、その接触面に水などの電解質溶液が介在すると、両者間に電池が形成されて腐食が生じます。この腐食現象をガルバニック腐食といいいます。金属間の電位差が大きいほど腐食の進行が早いのです。

異種金属の接触腐食を防止するには以下の方法があります。

- ① 異種金属を絶縁する。
- ② 電位列の近い金属の組合わせとする。

一般に電位差 0.1V 以下の組合わせが許容の目安とされています。

建築工事標準仕様書 JASS13 金属工事では、代表的接触腐食の組合わせと、その対策として次の記述があります。

錆びにくいとされる金属の代表であるアルミニウム。しかし、そのアルミニウムもある組合せで簡単に腐食します。金属の錆や腐食を防ぐには、相性、即ち金属同士の電位差についての知識も必要です。

a. 軟鋼とアルミニウムの場合

- ・ 軟鋼に亜鉛メッキまたはジンクロメート処理による絶縁を行う。
- ・ 塩化ビニール系のシーリング材を接合部にこて塗りすれば非常に効果がある。

b. ステンレスと網または銅合金の場合

- ・ 塩化ビニル材などの絶縁材で一方を被覆するか、間にはさむ、あるいは合わせ目の全周にわたってシーリング材で完全にシールする。

c. アルミニウムと銅の場合

- ・ 塩化ビニル系の塗料またはアスファルト系の塗料を塗布する。

2. 金属腐食が促進される環境

この接触腐食は、腐食する側の（電位が小さい）金属が単独でも腐食する条件にある時、腐食が促進される点に注意が必要です。

軽金属協会が2001年12月に発表した「ステンレス製網を用いたアルミニウム製網戸の腐食事例」では、白色の腐食生成物を調査したところ弱酸性（pH4.4）が示され、かつ、高濃度の塩化イオンが検出されたと報告されています。腐食が促進される環境として、海水飛沫がかかる海岸地帯の他、窒素酸化物や硫酸酸化物の浮遊が多いゴミ焼却場などの近辺、微粉末が浮遊し付着する環境下にある精米工場の近辺のような場所も挙げられます。このような場所においては、金属の防錆と共に、接触腐食対策についても十分な検討が必要です。

12 ステンレスが錆びるってほんと？

ステンレスは、錆びない金属の代名詞とされているようですが、本当にステンレスは錆びないのでしょうか？

1. ステンレス⇒『錆び』＋『少ない』

ステンレスは、鉄とクロムの合金で、Stain（しみ・よごれ→錆び）Less（少ない）を合わせた造語です。

スウェーデンのある鉱山から取れた鉱石から得られた鋼が錆びにくいことに気がつき、それを分析したところ、クロムを9%含んでいました。これがステンレスの発見です。

日本は世界一のステンレス生産国で、全世界の生産量の約1/4を占め、その量は過去30年で約5倍に拡大しています。

用途は家庭用が最大ですが、近年建築用・輸送用・電気用の用途が拡大しています。

ステンレスは金属の表面にクロムが非常に薄い（100万分の3mm）「不動態皮膜」を作っています。この不動態皮膜が内部を保護し、錆を防ぎます。

この膜は大変強く、たとえ壊れても周りに酸素があればすぐに再生します。

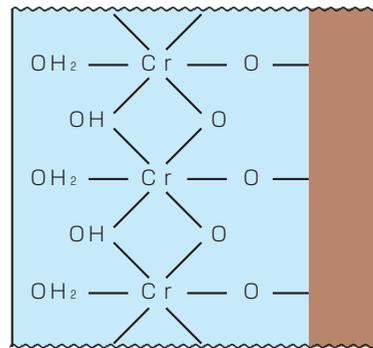


図1 ステンレスの不動態皮膜

2. ステンレスが錆びる環境

しかし塩化物イオンが大量に存在すると、ステンレスでも錆びるのです。これは塩素イオンと水により「不動態皮膜」が破壊され、局部電池が形成されるためです。腐食は素地の内部に向かって進行します（孔食）。

また、プレスや溶接により内部応力を受けると、錆を生じやすくなったり、異種金属と接触することによっても発錆します。

異種金属との接触による発錆には、絶縁材を設けることにより対処しますが、製作上発

錆びない金属として知られるステンレス。ステンレスはその名の通り、錆びが少ないはずなのです。しかし、塩素イオンが多い場所や、施工過程で生ずる部分変形等があると、ステンレスでも錆びてしまいます。

生ずる内部応力や外部環境による錆を防ぐことはできません。塗装等で表面を保護する必要があります。

ステンレスの組成を調整し、耐食性を向上させた SUS316 (18Cr-12Ni-2.5Mo) や Cr・Mo・Ni・N 等の含有量を増加させたスーパーステンレスも製造されています。(Cr や Mo には不動態皮膜を補修する機能があります)

ステンレスとして最もよく使われるのは SUS304 ですが、それ以外にも用途に合わせて数多くの鋼種が JIS で定められています。

表 1 ステンレスの系統別特性

鋼種 特性	磁性	加工硬化性	耐食性	溶接性
SUS304 18Cr-8Ni	なし	大	良	良好 (耐食性低下)
SUS430 18Cr	あり	冷間加工で 多少硬化あり	中 (内装用)	やや劣る
SUS410 13Cr	あり	軟鋼と同程度	低	悪い (余熱必要)

ちなみにSUSはSteel Use Stainless の略です。

13 小さな傷が命取りになる？

スナック菓子の袋には、ノッチ（切り欠き）が入っています。このノッチにより力の弱い人でも簡単に袋を開けることができます。ノッチがない菓子袋やノッチの奥に丸みがある場合は、袋が伸びてなかなか切れなかったりした経験をお持ちの方は多いと思います。

ノッチがあるとなぜ簡単に開けることができるのでしょうか？

1. 応力集中

図1のように表面にノッチがあったり、内部に欠損がある場合、穴や切り欠きの直近部は、応力が大きくなります。

応力は、穴底が深かったり、鋭角であればあるほど大きくなります。

この欠陥の直近部で応力が大きくなる現象を「応力集中」と呼びます。

この応力集中は建築材料でも発生します。たとえば、鉄骨の場合、あて傷、ガス切断によるノッチ、溶接欠陥（溶接割

れ・溶込み不良・アンダーカット・オーバーラップ、ピット、アークストライク、ショットビード等）があると、そこに局所的な高い応力集中を生み、破壊の起点となります。

2. 温度差に弱いガラス

ガラスの小口の傷は重要な外観検査の項目とされています。ガラス表面の温度差によってエッジ部に生じる熱応力でハマ欠け部に応力集中を生じ破壊の起点となることがあるからです。

防水材料の場合、応力集中に備えて、予め下地の隅・角、ドレン廻りなどの要所に補強のために増貼りを行っています。

大きな不具合の原因になる傷は、たとえ小さくても油断せず、入念に検査を行うなど、その発生の防止に努めましょう。

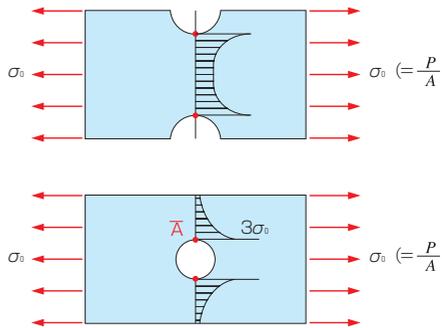


図1 応力集中の模式図

菓子袋にあるノッチ（切欠き）は、袋を簡単に破ることができるように工夫したものです。同じ理屈で、建築材料にも部分的な欠けや傷があると壊れやすくなります。

表1 検査項目・判定基準の例

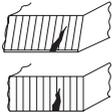
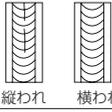
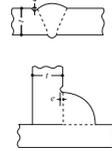
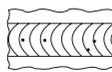
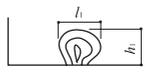
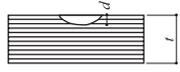
名称	図	管理許容差	限界許容差
表面疵・打ち疵 クランプ疵	—	著しいものは認めない	
切断面のノッチ 深さ d		開先内 d ≤ 0.5 mm 自由縁端 d ≤ 0.5 mm	開先内 d ≤ 1 mm 自由縁端 d ≤ 1 mm
割れ	 縦われ 横われ	あてはならない	
アンダーカット		完全溶込み溶接 e ≤ 0.3 mm 前面隅肉溶接 e ≤ 0.3 mm 側面隅肉溶接 e ≤ 0.5 mm ただし、上記数値を超え 0.7 mm 以下の場合 溶接長 30 cm 当り縦長さが 30 mm 以下かつ 1箇所 の長さが 3 mm 以下は許容できる	完全溶込み溶接 e ≤ 0.5 mm 前面隅肉溶接 e ≤ 0.5 mm 側面隅肉溶接 e ≤ 0.8 mm ただし、上記数値を超え 1 mm 以下の場合 溶接長 30 cm 当り縦長さが 30 mm 以下かつ 1箇所 の長さが 5 mm 以下は許容できる
オーバーラップ		著しいものは認めない	
ビット		溶接長 30 cm 当り 1 個以下。但し、ビットの大きさが 1 mm 以下のものは 3 個を 1 個として計算する。	溶接長 30 cm 当り 2 個以下。但し、ビットの大きさが 1 mm 以下のものは 3 個を 1 個として計算する。

表2 ガラス切断面の基準 (JASS17)

欠点	許容限度	備考
あて傷	ないこと	
ハマ欠け	l_1 : 10 mm 以下、かつ t 以下 h_1 : 10 mm 以下、かつ t 以下 d : 2 mm 以下	
切り口傾斜 (そげ)	h_2 : ≤ t/4	

14 網入りガラスはほんとに強い？

網入りガラスとは、ガラスの中に格子形やひし形、亀甲形などの金属製網を封入した板ガラスのことで、ガラスが破損しても内部の網がガラスを支え、破片が飛び散らないことから、火災時に延焼、類焼を防ぐのに有効であり、延焼の恐れのある開口部やトップライト屋根などに広く使われている。

1. 網入りガラスの弱点

丈夫そうに見える網入りガラスにも弱点はあります。ガラス切断の際に鉄網が邪魔をするため、小口に微細なクラックが生じ、エッジ強度が普通ガラスに比べ大きく低下しているのです。

また、露出した鉄網は錆びると膨張し割れの原因となります。そして網入りガラスは製法上網線周囲に微細な空隙ができて、網線に沿って連続しているため、毛細管現象により水を吸い上げ、網入りガラスの中央部にも網線に接した微細な鱗状の割れ（以下内部割れという）が発生することがあります。これは熱割れだけでなく、耐風圧強度にも影響があります。

これらのことに起因すると考えられる熱割れが発生する場合があります。その過程を図1に示します。

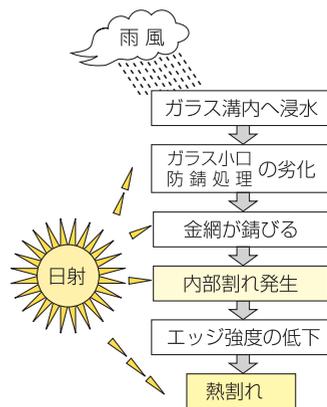


図1 熱割れの模式図

- ① ガasket工法の場合、ガラス溝内に雨水が浸入し滞留します。

これは、ガラス溝内の止水性をガasketの接触圧に頼っているため、損傷やゴミの挟まり等で雨水が浸入することがあります。さらに、連窓タイプのガasketは、ジョイントの接合不良や経年劣化が雨水浸入の要因となります。

また、ガasketは排水性が悪く、ガasketの下部には水が滞留しガラス下端が

ガラスの中に丈夫そうな網が入っているだけに、見た目には、強そうにみえる網入りガラス。実際はどうなのでしょう。

水に浸されていることが多いようです。

- ② ガラス溝内が高温多湿となり、小口の防錆処理が劣化します。

日射熱とトップライトの温室効果により、ガラス溝内に水があると、高温多湿となるため、ガラス小口の防錆処理材は短期間に劣化してしまいます。

- ③ 防錆処理の効果が低下すると網線が錆び、内部割れが発生します。内部割れの発生のメカニズムは完全には解明されていませんが、ガラス内部応力に錆膨張応力が加わり、割れが発生するものと考えられています。

- ④ 内部割れは大きな断面欠損であり、通常のエッジ強度よりはるかに小さい熱応力でも割れます。(熱割れ計算式では熱割れしないような小さな熱応力でも割れる)

2. ガラス割れの補修

網入りガラスが割れた場合、単にガラスを交換するだけだと、また割れが発生し、同じ補修の繰り返しになります。対策としては、網入りガラスの小口に未加硫ブチルゴムテープを張り、ローラー等で押え密着させます。さらにアルミテープを張り、ブチルゴムテープを保護するようにします。(旭硝子仕様による)

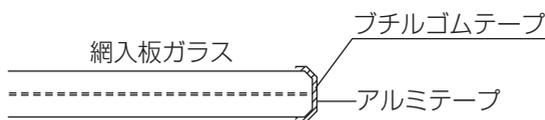


図2 比較的耐久性のある防錆処理（旭硝子の仕様例）

トップライトなどの場合、排水溝や排水孔を改善したガスケットに取り替えるなどの対応が必要です。新築の場合はガスケット工法ではなく不定形シーリング材による工法としてください。

15 火災が起きると建物はどうなるの？

建物火災はさまざまです。平成12年に改正された建築基準法は、火災時の避難や耐火に関して、それぞれ、避難安全検証法及び耐火性能検証法が定められ、建物及び建物の部位が持つべき火災に対する性能が示されました。これらの検証で想定される火源（設計火源）とはどのようなものでしょう。

1. 火災の区分

火災は「くん焼」「初期火災」「盛期火災」「減衰」の4つの期間に分けられます。

① くん焼火災

可燃物が部分的にくすぶっている状態。可燃物の燃焼が限られた範囲に止まり、可燃物の燃焼反応に十分な酸素量が供給されている。

② 初期火災

「くん焼」領域の温度が十分に上昇し、新鮮な空気が供給されると、炎を出して燃え始める（有炎燃焼）。近接する可燃物の間での燃え移りが生じたり、壁材や天井材などの可燃物表面に沿って火災が次第に拡大し、「フラッシュオーバー」に至る。

③ 盛期火災

燃焼が継続し、ある限度を超えると室内の可燃物が一斉に燃焼し始める（「フラッシュオーバー」）。火盛り期と呼ばれ、温度が急上昇し、火災室内の温度はほぼ一様となる。

2. 避難安全設計の概念

避難安全設計用の火源は、建築基準法施行令第129条の2「避難上の安全の検証を行う建築物の階に対する基準の適用」に規定されるように、「火災が発生した場合においても、当該階に存する者の全てが避難を終了するまでの間、避難上支障のある高さまで煙またはガスが降下しないこと」とされ、「初期火災」の部分のうち、特に「有炎着火」から「フラッシュオーバー」程度までの時間の火災の燃焼性状をモデル化したものとなっています。

火災には、くん焼⇒初期⇒盛期の各段階があり、初期火災がある段階を超えると室内の可燃物が一挙に燃えあがるフラッシュオーバー状態となります。くん焼からフラッシュオーバーまでの間に、どのようにして全ての人々を避難させるかが設計上の大切な要素となっているのです。

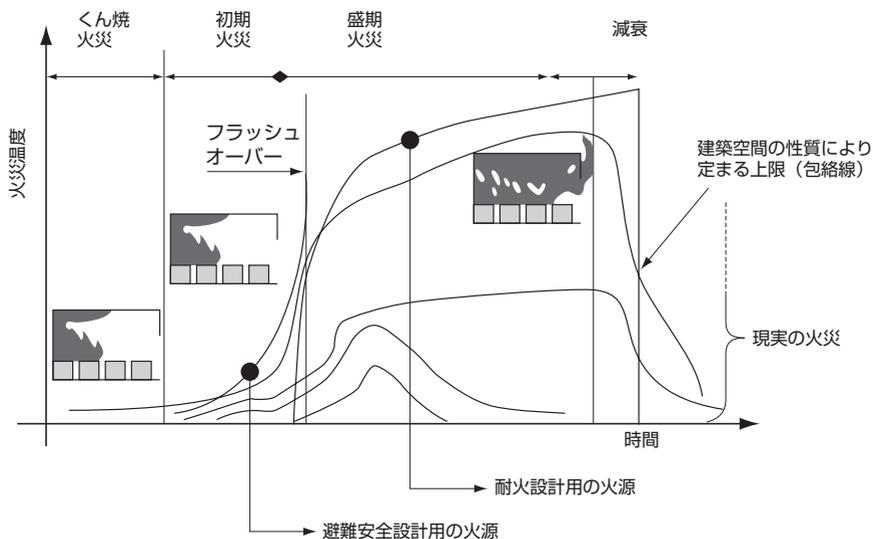


図 1 火災性状と設計火源

3. 耐火設計の概念

一方、耐火設計用の火源は、フラッシュオーバー以降の「盛期火災」を想定し、柱・梁などの耐力部材の非損傷性や、床、壁（防火区画）の遮熱性の検証を行うためのものです。

現在の火災に関する性能設計法では、部屋用途によって室内の発熱量が定められています。そのため、用途の変更は慎重に行う必要があります。発注者や建物の管理者には必ずこの要件を知らせ、適正な維持管理をお願いしておきましょう。

16 石ってどうやって板にするの？

ビルの外壁やエントランスを美しく、また豪華に飾る「石」。

大きな壁面に規則正しく割り付けられた石壁は、重厚感や高級感を醸し出します。

石材は国内でも採掘されていますが、そのほとんどが墓石や灯籠などの加工用です。建材用の石材はその大部分を輸入に頼っています。

1. 石材の産地

表1 石材の性質

	耐火性	耐風化	耐摩耗	耐薬品		高温100℃ 水蒸気圧下
				酸	アルカリ	
花崗岩	750℃を越えるとばらばらに崩壊する。	風化に強い	砂岩(硬)と同じく強い	強い、その内雲母が早く分解する	大変強い、硫黄が徐々に溶ける	比較的強い
班斫岩	花崗岩とほぼ同じ	風化に強い	強いが花崗岩より弱い	花崗岩よりやや弱い	花崗岩と同じ	比較的強い
大理石	800℃前後で石灰化、花崗岩のように崩壊せず	水に溶解消失する	弱い	大変弱い	強い	反応しやすい
蛇紋岩	大理石とほぼ同じ	大理石より強い	大理石より強い	マグネシウムが溶脱する	比較的強いが硫黄がとける	
砂岩	常温で生成しているから弱い	風化に強い	砂岩(硬)：花崗岩と同じ	大変強い	硫黄が徐々にとける	反応し難い
凝灰岩	1200℃程度温度に耐える	硬質のもの：強い 軟質のもの：弱い	蛇紋岩程度	強い	硫黄が徐々にとける	最も反応しやすい

石材の産地は、大理石がイタリア・ポルトガルなどのヨーロッパ南部とフィリピン・台湾等で、花崗岩は中国をはじめ北欧・北米・インド・ブラジル等世界各地に産地があります。石材の石種毎の性質を表1に示します。

2. 「みかげ石」

花崗岩をよく「みかげ石」と呼びますが、みかげ石という名称は神戸市東灘区の御影(みかげ)という地名に由来しています。

石造の建物は見た目も豪華で、費用さえ許せばだれでも石貼りの建物に住みたいと願うものかも知れません。建築に用いる石材の多くは輸入に頼っています。石材の産地と制作の工程を紹介します。

六甲山麓から切り出された良質の花崗岩が御影の浜から、全国に大量に出荷されていたため、出荷の最盛期は享保年間（1716年～1736年）、このころ尼崎藩領内だけで87隻の石船があり、そのうちの73隻までが御影村の所属だったといわれています。

3. 石材の製法

石材は石種により仕上げ方法が異なります。

その分類を表2に示します。

表2 石種毎の表面仕上の可否

	本磨仕上	艶消し仕上	バーナー仕上	ノミ仕上	サンブラスト仕上	野面仕上	チェーンソー仕上	洗い出し仕上
大理石(含蛇紋岩)	○	○		○	○			
花崗岩(含斑岩)	○	○	○	○	○	○		
砂岩		○		△	△	○		
凝灰岩				○	△	○	○	
テラゾー	○	○						
凝石			△	○	○			○

(注) 艶消し仕上げは別名水磨仕上またはF仕上げとも呼ばれる。
△印に付いては特別な場合の仕上げ方法で一般には行わない。

それでは、この石の製作工程を原石まで遡って説明しましょう。

採石場では黒色火薬やジェットバーナー、高圧水によって岩石を切断します。大理石の場合はワイヤーソーやチェーンソーで採掘されています。(図1)

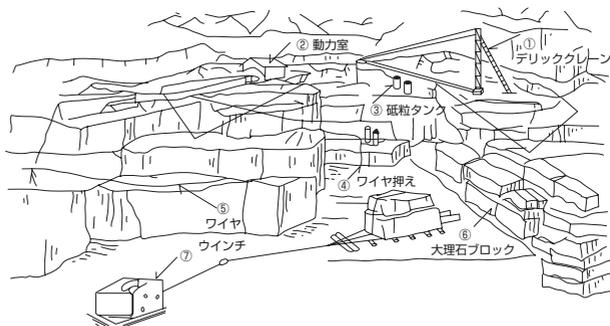


図1 ワイヤーソーによる大理石の採掘場

大割された原石はさらに整形され、必要な大きさ（2～5㎡・5～15 t）にして工場に運ばれます。

4. 石材加工の要～石取り

工場ではまず石取り作業を行います。これが石材を加工する上で最も重要で、原石に合わせた目地割りの決定及び色目のバラツキの範囲をどの程度にするか、原石担当者の勘と経験が問われる作業です。

石取りで決められた形状に加工するため、石材を切断します。

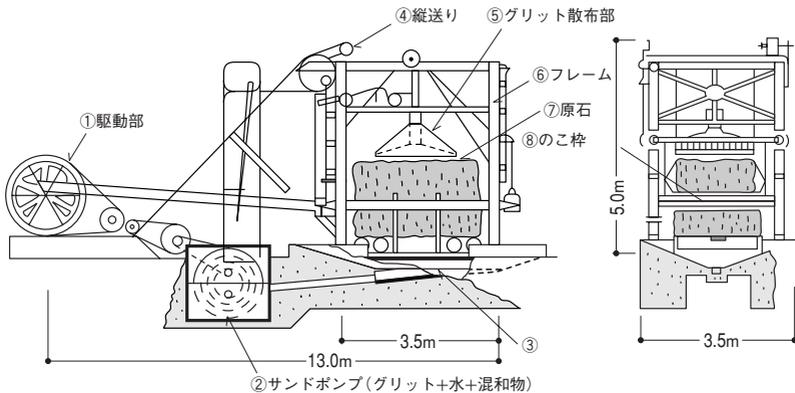


図2 みかげ用大鋸機（ GANGソー）

石の塊は「大鋸（GANGソー）」と呼ばれる鋸刃を数十枚並べた切断機でスライスされます。（図2）

大理石の鋸刃はダイヤモンドチップの付いたものが使われますが、花崗岩用は鋼鉄板（4～6mm幅 100mm）に水と鉄砂を用いて切断します。その切断速度は時間当たり10～20mmときわめて遅く、切り終わるまで7～10日を要します。

5. 仕上げ工程

スライスされた板石は、研磨やバーナー仕上げ等の加工を行います。研磨工程は多種で、仕上げに至るまでに大理石で6～8工程、花崗岩で12～16工程とされます。

バーナー仕上げは2,000℃前後の火炎を板石の表面に短時間吹き付けて石材の結晶を破壊させ、ラフな仕上げ面を作る仕上げ方法で、大理石等石灰岩質のものには使用できません。

このほかにウォータージェットやビシャン・ブラスト仕上げ等の仕上げ方法もあります。

表面加工された板石は、検査の上、割付図により墨出しを行います。このときの並べ方が模様を決定しますので、出来栄を左右する大変重要な作業です。(図3)

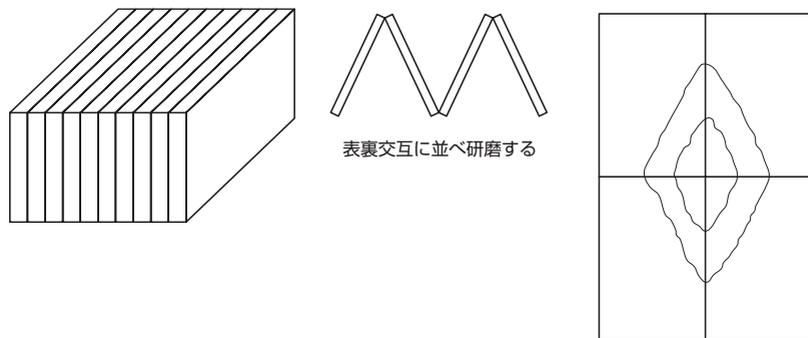


図3 大理石の墨出し

最後に墨出しに合わせて切断し、面取り、切欠き、穴あけ、小端面磨き等の加工を行い、検査の後、製品として出荷されます。

17

もしもあの機械がなかったら どうなる？

今は当たり前になったタワークレーンやコンクリートを打設するためのポンプ車などは昔からあったわけではありません。もしもそんな機械がなかったらどうすればよいのでしょうか。



写真1 建設が進む超高層ビル群

1. タワークレーン

タワークレーンは現在の高層建築では当たり前のように使用されています。昭和初期の頃の高層建築といえればせいぜい10階程度の物が主流でしたが、その頃からクレーンのようなものは存在していました。

実はクレーンの歴史は古く1563年に描かれたバベルの塔の建設風景図にクレーンらしき物が描かれています。

昭和初期のクレーンは、現在のタワークレーンの解体時に使う定置式ジブクレーンのようなもので、ワイヤー等で転倒防止を行い基礎や構造体に据え付けて建築資材を揚重していました。

建設を行うということは必ず材料を上を上



写真2 昭和28年頃のクレーン

建築現場に欠かせない重機のひとつ、タワークレーン。クレーンはいつ頃から使われ出したのでしょうか。意外とその歴史は古いようです。

にと揚重していく必要があり、古くからいろいろな方法でいかに少ない労力で荷を揚げるか工夫されてきたようです。



写真3 昭和初期の大型パネル吊り込み

2. コンクリート打ち

現在ではコンクリート打設といえばコンクリートポンプ車を使用するのが普通でしょう。超高層建築では新たに超高压ポンプ車が登場し新しい時代を築こうとしています。

実は昭和初期の頃からコンクリート打設もある程度、機械化されていました。現場に作られたコンクリートプラントでコンクリートを製造し、それらを垂直に立てたマストのホイストで荷揚げし、そこからシュートや配管によって重力式にコンクリートを流し込んでいました。それらができない場合や、配管・シュートが届かない場合は、人の手によって一輪車等で少しずつ運んで流し込んでいました。

当初からコンクリート打設は現場の最重要工事であり社員総出で取り組んでいました。



写真4 昭和初期のコンクリート打ち



写真5 昭和初期のコンクリート打ち

3. 掘削

掘削工事は今ではもちろんバックホーを使いますが、昭和初期の機械化が十分でない頃には人間の手によって掘られていました。人間だと1日1㎡程度掘るのが精一杯だったそうです。今なら0.5㎡も掘れないかもしれませんね。



写真6 昭和初期の人力による掘削

4. リベット接合

鉄骨工事の仕口などに使われるボルトは、現在ではハイテンションボルトが主流です。

機械で締め付けてそのピンテールが破断すれば緊結が完了してしまう優れたものです。

昭和初期の頃はもちろんこのようなボルトはなく、当時は熱せられた鉄でリベット接合していました。下で熱した鉄の塊を鉄骨上で締め付けを行っている人に、なんと放り投げで受け渡していたそうです。投げる側と受ける側との絶妙な呼吸が求められたようです。



写真7 昭和初期のリベット打ち

戦後、建築技術は進歩し続け、今となってはほとんどの作業の機械化が当たり前になりました。そんな機械化が当たり前の中にも施工計画立案時にいろいろと頭を悩ませることが多々あります。そんな時、機械化されるまでの方法や技術を振り返ることで、新しい発想や方法を見つけることができるかもしれません。



写真8 昭和初期のホイストクレーン

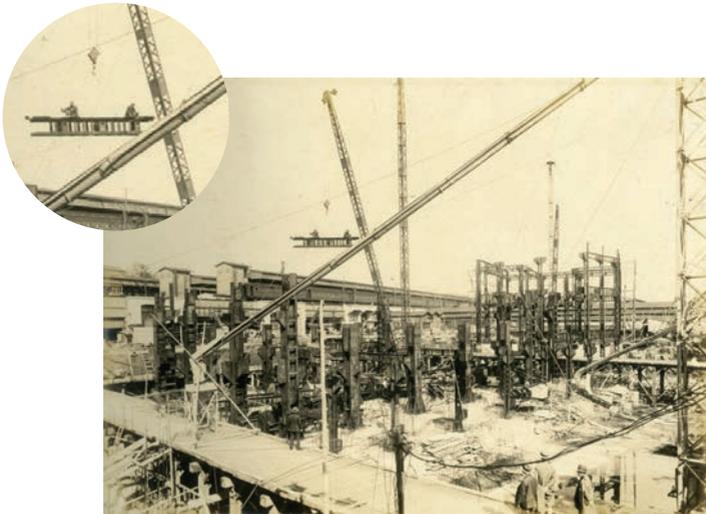


写真9 昭和初期の鉄骨建て方

おまけ

姫路城が23円50銭で売られたってほんと？

日本の名城と言えば大阪城、名古屋城、そして姫路城です。なかでも姫路城は、現存する築城当時の遺構を見ることができる、日本一の名城といっても過言ではないでしょう。1993年には世界遺産に登録されています。

1. 23円50銭で、今の価格だと…

実は、姫路城は明治の初め、政府の廃城令によって競売にかけられ、姫路城下に住む一般人に23円50銭で売却されています（現在の金額でおよそ470万円程度）。しかしながら解体費用が何倍もかかることからその話は自然消滅してしまいました。もしその時、解体されていれば、姫路城は今、存在していなかったのです。

2. 戦火を免れた名城 姫路城

国宝であり世界遺産でもある姫路城は、1336年に赤松貞範によって築城され、黒田重隆があとを引き継ぎ、中世城郭に仕立てました。

その後、羽柴秀吉が現在の近世城郭に改めた後、池田輝政が8年に及ぶ大改修の末、現在の形に築造しています。当時の大工の棟梁は桜井源兵衛で、延べ労働者数は4千万から5千万人だといわれています。

その後、長らく姫路城は戦火にさらされることはなかったのですが、築造当時の礎石が大天守の重みに耐え切れず、あわせて柱や梁の傷みも激しく、大天守は東に傾いていたといわれます。幕末と太平洋戦争時に、戦火によって焼失の危機にさらされますが、奇跡的に焼失は免れ築造当時のまま現在に至っています。



写真1 改修前の姫路城（南方より）

世界遺産にも登録されている名城、姫路城。創建当時の威容を誇る姫路城ですが、一時、解体の運命にさらされたこともあるのです。

3. 姫路城の修復

昭和31年（1956年）に大天守の修復が始まりました。大天守の修復は天守を覆うように素屋根を架け、一回解体したあとに部材を修復し組み立てなおすという手法がとられました。

その時軟弱であった礎石は当時の建築基準法に合致する鉄筋コンクリート造に改良されています。大天守を支える2本の心柱のうち西の心柱は腐って再利用ができないことが分かり、急遽25mの巨木探しが始まりました。

岐阜で見つけた檜が運搬中に折れてしまうなどのアクシデントに見舞われましたが、折れた2本の檜を継ぎ足してようやくの思いで、修復作業を終えたと聞いています。

新しい瓦は軽量化され、耐震補強として金具類が使用されています。そうして8年の歳月を経て1964年に昭和の大改修は終了します。

工事の改修費は5億3千万円（現在の金額では約10億円程度）といわれています。

23円50銭で一度は消滅しかけた名城が10億円で蘇ったのです。

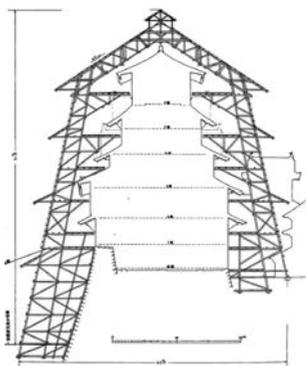


図1 大天守架檜図



写真2 瓦柱組立完了

第3章

コンクリートはなぜ固まるか

～意外と知らないほんとの理由～

1 なぜコンクリートは固まるのか

RC 造の構造物の基幹材であるコンクリートは、ポルトランド・セメントを主原料として造られています。

ポルトランドセメントの材料であるポルトランドセメントクリンカー（適量の石膏を加えて粉砕したものがポルトランドセメント）は基本的には CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 の4成分よりなり、この4成分で全体の96～98%を占めています。これに少量の MgO 、 Na_2O 、 K_2O 、 MnO 、 TiO_2 、 SO_3 などを加えてセメントは製造されます。

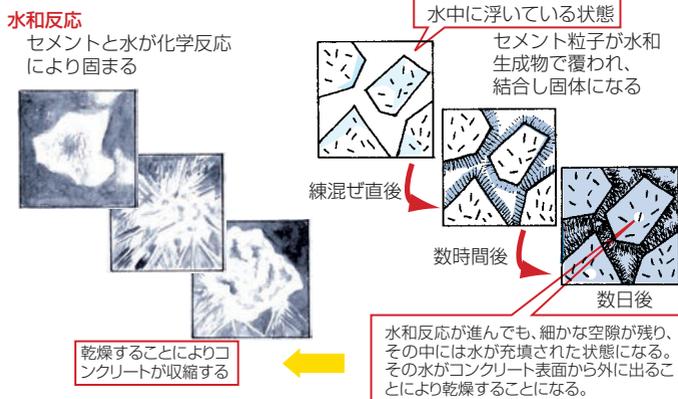
セメントの水和現象 ～何故、セメントは固まるのか～

ポルトランドセメントに水を加えて練り混ぜると化学変化を生じ、はじめは流動性を保っていますが、時間の経過に伴い、この練り混ぜられた糊状体はしだいに流動性を失って固まり始めます。この現象を「凝結」といいます。

水と化合することを「水和」、その生成物を「水和物」といいます。さらに時間が経過し水和作用がセメント粒子の内部に向かって進むと、ペーストは硬化し始め強度を発現するようになります。

セメントは数種の異なった鉱物からなり、その水和反応はそれぞれ異なりますし、相互に影響を及ぼし合っています。水和物はいずれも複雑な結晶性、低結晶性物質としてセメントを構成して

います。実のところ、セメントの水和現象（何故固まるのか？）は、よく分からないというのが本当のところなのです。



2

なぜコンクリートにはクラックが入るのか

ひび割れの原因にはたくさんの要素や要因があります。建築構造物で特に多いのは、コンクリートの乾燥収縮によるひび割れです。

ひび割れの原因と乾燥収縮ひび割れ

コンクリートは乾燥すると収縮します（乾燥収縮）。コンクリートが何の拘束も受けずに自由に収縮すれば乾燥収縮ひび割れは発生しません。

図1に示すように、部材が小さいほど、薄いほど乾燥収縮量が大きくなります。壁に発生する乾燥収縮ひび割れは、部材断面の大きい柱や梁などによって拘束される場合に引張り応力が発生し、この引張り応力が、コンクリートの引張強度を超えるとひび割れが発生します（図2参照）。

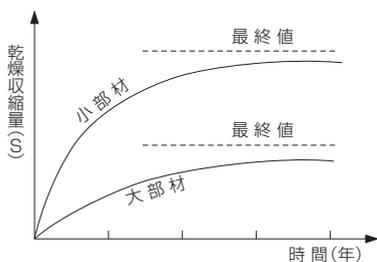


図1 大小部材と乾燥収縮量の時間経過

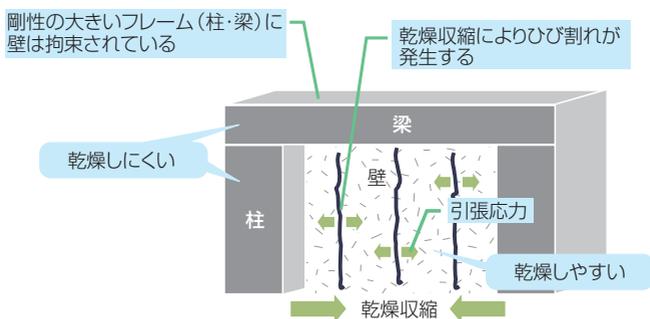


図2 壁の乾燥収縮発生イメージ

3

なぜこの建物にはその杭が使用されているのか？

杭は建物を支えるというたいへん大事な役目を担っている基礎構造物です。昔は「建設の槌音つちおと」といわれたように、既製コンクリート杭や鋼管杭をハンマーで打ち込んでいましたが、昭和40年代、騒音や振動が公害問題の一つになり、市街地ではこうした工事はできなくなりました。

そこで登場したのが、あらかじめ地盤に孔を掘ってから杭を建て込む「埋込み工法」です。プレボーリング工法や中掘り工法を中心にたいへん多くの種類の工法が開発されました。最近では、高支持力杭工法と呼ばれる、支持力が大きく取れる埋込み杭工法が競って開発されています。

1. 杭打ち工法の種類

地盤を掘削して生コンクリートを投入する「場所打ちコンクリート杭工法」は戦前から使われていましたが、騒音や振動が小さいため今でも拡底杭を中心に多くの工法が開発されています。さらに、

最近になって、鋼管杭を回転させながら地盤に貫入する「回転貫入工法」が数多く開発されて使われています。

図1に杭の打設方法における分類図を示します。



〔注〕 *1 ()内は代表的工法の例
*2 杭に使用する地中壁をいう。

図1 杭工法の分類

以前は大きな音を立てて杭を打ち込んでいました。今はそんなことは許されません。そこで登場したのが、あらかじめ地盤に孔をを掘って杭を建て込む埋込み工法です。杭の工法のいろいろを紹介します。

ここに示されているのは一般的な工法ですが、なかには杭メーカーや杭施工会社、建設会社などが開発し、指定性能評価機関で大臣認定の評定をとった工法も数多くあります。

2. 埋込み杭と場所打コンクリート杭

杭の工法は、大きくは埋込み杭と場所打コンクリート杭に分かれます。既製杭の内、打込み工法は、現在ほとんど用いられませんので、ここでは既製杭としては、埋込み工法を取り上げます。

3. 杭工法の選定と制約条件

杭工法の選定には、建物の形状に合わせた支持力が必要とされます。1本あたりの支持力を大きくしようとすると、大口径の可能な場所打杭の方が有利です。

各工法により、施工可能な杭径及び杭長が設定されており、その範囲を超えて施工することはできません。実際には、支持力だけでなく、杭の工法毎に様々な制約があります。

この制約は、主として地盤条件であり、支持層の深さと傾斜、中間層の厚さと堅さ、地下水等の条件がこれに当たります。特に、中間層に礫や転石、岩盤等がある場合や地中障害がある場合は、掘削工法として制約が発生します。

掘削機械の能力に負うところが大きいのですが、以前の地下構造物等の地中障害があることが分かっている場合等はオールケーシングの全旋回方式が一般的に用いられます。但し、その場合においても、被圧水位が高い場合は、ボーリングに対する注意が必要です。

また、中間層に緩い砂層等の孔壁の崩壊しやすい地盤がある場合は、安定液等で孔壁を保護する工法では、施工不可能な場合があります。その際は、中掘り工法や回転圧入工法、オールケーシング工法等が用いられます。

3. その他の選定条件

制約はこれだけでなく施工面・環境面・経済面等からの制約についても考慮する必要があります。現場への搬入経路・敷地条件・近隣の状況・残土・産廃泥土の処理・工期・コスト等様々な条件を考慮して、最適な工法を選択するのです。

4 いま、なぜPCa化？

PCaとは、「Precast Concrete（プレキャスト・コンクリート）」の略で、建物の基本となる部材を最新設備の整った工場で製造した後、現場へ持ち込み躯体を組み立てる工法のことです。

近年では土地の有効活用の観点から住宅の高層化が進み、他方で熟練作業員の不足から、工期の遅れや工事費の高騰等を招いているなか、PCa工法への流れが加速しています。



写真1 PCa施工状況

1. PCa工法の特徴

① 省力化と工期短縮 現場作業が省力化・単純化できる。

② 間取りの自由度が高くなる

「PS工法^{*}」などで

大スパン化が可能 became ため、プランの自由度が高い。

③ 安全性の高い構造的な性能
制震・免震構造の採用など……

④ 安定した品質
工場生産のため品質が安定する。

⑤ 環境に優しい
騒音低減や合板型枠をほとんど使用しないので森林資源保護に寄与する。

構造名	H1W（ハイウォール）構造	スーパープレースフラットスラブ	スーパーRCフレーム構造
構造	コアウォール構造	スーパーフレーム構造	スーパーフレーム構造
断面図			
概要	コア部分に連続耐震壁を集中配設し、壁柱間は柱スパン並みの開口部を設け、コア壁が心柱として動き、地震力を吸収。コア外周部に開口部を設け、居住空間を形成することができ、自由な住戸計画が可能。	L字型の周ウイングの先端同士を接合造スーパープレースで結び地震力を吸収。フラットスラブ構造の採用で、1.2m×1.2mの無梁空間を形成し、自由度の高い平面計画が可能。	コア壁（スーパーウォール）、柱筋のスーパービーム、コネクティング柱と製震装置（オイルダンパー）の耐震・制震効果。地震発生をスーパーワークで吸収するため、巻物の歪は不要で、床をフラットスラブで作ることが可能。
事例	ライオンズタワー月島	パークシティ大宮セントラルタワー	最強パークタワー
建築主	大東（株）	三井不動産（株）	三井不動産（株）
規模	地上32階 高さ109.1m	地上33階 高さ107.31m	地上33階 高さ100.34m

図2 超高層PCa積層工法

建築物は殆どが型枠を利用してコンクリートと鉄筋で建てられています。この工法は現場でたくさんの人手と養生期間が必要です。工期が短い時や（高層）マンション等、同じ部材を繰り返し使用するような建物には、あらかじめ工場で型を造ってコンクリートを流し込んだ構造部材が使われています。最近では超高層の建物にも使用されています。

【PCa 部材の結合方法】

鉄筋継手の進化により PCa 部材の結合方式も図 1 のように進化しています。

CASE (方式)	CASE-1 (乗せ掛け方式)	CASE-2 (串刺し方式)	CASE-3 (逆串刺し方式)	CASE-4 (水平串刺し方式)
立面図				
平面図				

図 1 プレキャスト柱・梁部材の結合方式

構法名	ツインウォール工法	デュアルフレックス超高層住宅システム	特許 Super Flex Tube (スーパーフレックス・チューブ)
構法	コアウォール構法	ダブルチューブ構法	ダブルチューブ構法
概観図			
概要	連節耐震壁と連結部材により地震エネルギーを吸収。ツインウォールの効果により変位や柱断面を低減し、自由度の高い平面計画が可能。	RCの二重チューブで剛性と耐震性能を發揮。プレストレスを導入したフラットな10次スラブで、見出しを自由に柱戸内を無柱、無梁空間にすることが可能。	バラレチューブ架構により剛性と耐震性能を發揮。チューブ架構内の床版を無梁床版とすることで、自由な住戸計画が可能。
事例	ニューレシデンス戸建	恵比寿ビュータワー	ルネッサンスタワー上野地之橋
建築主	三井不動産(株)	都市基盤整備公団	サンワッド、東急不動産、東洋建物(株)
規模	地上32階 高さ103.6m	地上32階 高さ101.9m	地上30階 高さ136.5m

2. 超高層 PCa 積層工法

住宅の高層化が進むなか、高強度鉄筋、高強度コンクリートの採用や、鉄筋継手の進化、制震・免震工法に対応した装置の開発などにより、様々な超高層集合住宅の構法の開発が進められています。現在では PCa 工法で地上 200m を超える建物も施工されています。

※ PS 工法 (プレストレス工法): プレキャスト鉄筋コンクリートを組み立てた後、プレストレスを導入することにより、剛接合とし建物を構築する工法

5 なぜナットは二重なのか

鉄骨を接合する方法には「溶接」と「ボルト接合」があります。

「ボルト接合」は「溶接接合」と比較して、施工が容易でありながら部材同士を緊結でき、かつ解体も可能な接合法です。

そのため、鉄骨工事や金属工事などでよく使用されます。しかし、この接合法ではボルトの締付の出来不出来が、建物の構造体性能に極めて大きな影響を与えます。にもかかわらず、簡単な用具で行える手軽さから、ボルト接合は安易に取り扱われることが多いようです。

1. 二重ナットが緩まない理由

ボルトの締付方法の中でも重要である、二重ナットの仕組みについて紹介します。

二重ナットはナットの緩み止めのため一般的に用いられていますが、二重ナットはダブルに締めるから緩まないのではなく、ナット間の逆方向の摩擦力を利用する仕組みであることは意外と知られていません。

建築工事でも「アンカーボルトの戻り止めは特記による。特記によらない場合は、コンクリートに埋め込まれる場合を除き、二重ナットを用いて戻り止めを行う」（「建築工事標準仕様書」JASS6 日本建築学会）とされています。

2. 二重ナットの仕組み

ここで、二重ナットの原理を見てみましょう。部材をナットで締め付けることによって、ボルトが被締付部材との間で張力（ボルトが部材とナットの間で引っ張られる）を受けます。その張力により、ボルトのねじ山下端とナットのねじ山上端が圧着して摩擦抵抗が生じます。だから緩みにくくなるのです。

ナットが一重だと熱応力や振動、その他外力を受けたときにボルト張力が減少して「緩み」が発生します。ナットを二重にして、締付の最後に下側のナットを適切に逆転させ、ロッキング力（部材の内部で終結する固定力）を加えることによって、上下のナット同士の間で締付力が保持されているため外力が作用しても緩まなくなるのです。

鉄骨を接合するには溶接とボルトを利用する方法があります。ボルト接合は容易で、解体も可能な接合法です。なかでもよく使われる二重ナットの仕組みを理解しましょう。

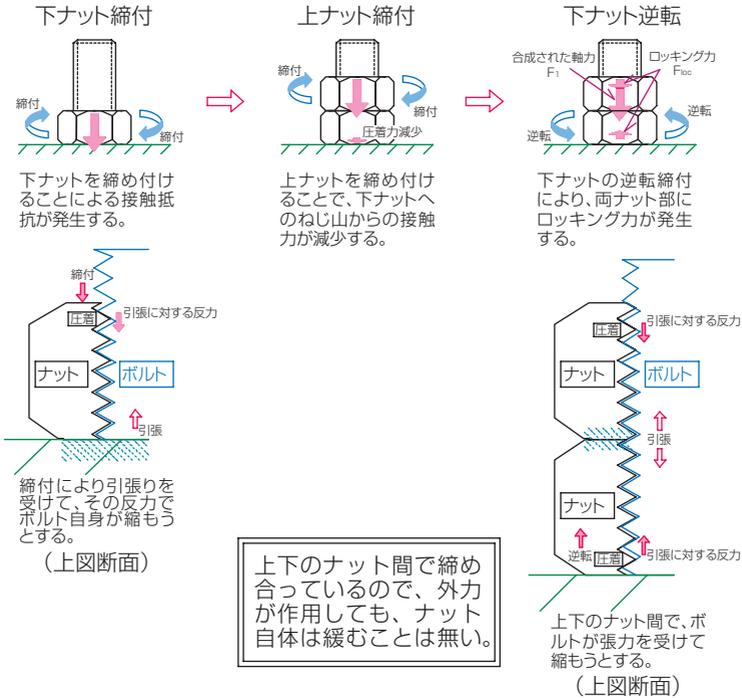


図 1 二重ナットに作用する力

3. ボルト接合の管理

「ボルト接合」を使用しない現場はないくらいです。ボルトの材料や仕組みについて理解を深めると、おろそかに取り扱ってはいけない事が分かってくるはず。日ごろの施工管理で、ボルトに対してより注意を払い、ボルト選定時や現地での設置時には締付必要長さや首下長さの確認を徹底してください。「締付必要長さ」＝被締付部材厚＋（座金厚×座金枚数）＋（ナット厚×ナット個数）＋余長（3山以上など）

◇参考文献：「ASANUMA 構造マガジン」 著者：荒木 朗

6 なぜ溶接は接合されるのか

溶接の定義は「材料に応じて接合部が連続性を持つように、熱や圧力を加え、さらに必要であれば適当な溶加材を加えて部材を接合する方法」であり、簡単に言えば字のごとく「溶かしてくっつける」ことです。溶接は図1のように分類されます。

1. 溶接と圧接

「融接」は母材の溶接する部分を加熱し、母材又は母材と溶加材（溶接棒など）とを接合させて「熔融金属」を作ってこれを凝固させます。

「圧接」は接合部へ機械的圧力を加える接合法です。

「ろう接」は母材を溶融することなく、母材よりも低い融点を持った金属の溶加材（ろう）を溶融させて、毛细管現象を利用して接合面の隙間に行き渡らせて接合する方法です。

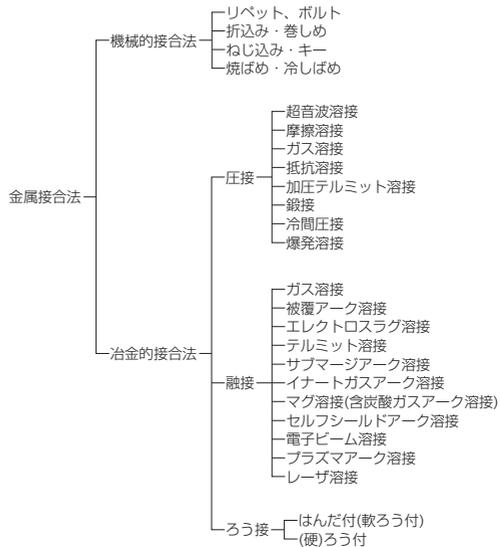


図1 金属接合法の分類

2. 溶接の歴史

溶接技術に属する金属接合法の歴史で最も古いものとしては、紀元前 3000 年頃の「鍛接の跡」が見つかっています。古代エジプトの王、ツタンカーメンの金の棺の中からも、明らかに鍛接したと見られる鉄製の装飾品が発見されています。

近代に入ると、1800 年にイタリアの物理学者ボルタが電池を発明し、電極間に火花が散る現象が認識されました。この発光現象を研究したイギリスのデービーにより電池を電源とし、水銀に浸した木炭を電極として用いる放電現象が確認されました。これが「エレクトリック・アーク」と名づけられ、1865 年にイギリスのウエルデがその原理を利用したアーク溶接の特許を取得しています。

現場で当たり前のように見られる溶接工事。なぜ、鉄と鉄を溶接で接合することができるのか。その原理を知っている人は少ないようです。ここでは溶接の仕組みをご紹介します。

3. 溶接の原理

なぜ、溶接棒に電流を流すとアークが出て、溶接棒が溶け、母材に接合するのでしょうか。電気には陰極（-極）と陽極（+極）があり、陰極からは負に帯電した陰イオン（電子 $-e$ ）、陽極からは正に帯電した陽イオン（陽子 $+e$ ）が発生し、それぞれ相手に向かいます。この両極の間に流れるイオンの弧を「アーク」といいます。電子のエネルギーは陽子に比べて非常に強く、陰極から発生した電子は陽極側の陽子にもものすごい勢いでぶつかります。その際に発生する高熱で、陽極側はほとんど溶かされてしまいます。反対に弱いエネルギーでぶつかる陽子は、陰極側を少ししか溶かしません。（図2）この原理を利用したのが「アーク溶接」です。

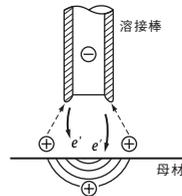


図2 溶接の原理

4. アーク溶接

図3に示すように、心線に被覆剤を塗装した溶接棒と母材の間に電圧をかけ、アークを発生させると、約5000℃のアーク熱により溶接棒は溶滴となり溶融池に移行します。この時にアーク熱で溶かされた母材の一部と融合して凝固し、溶接金属となって接合すべき隙間（開先）を充填する仕組みがアーク溶接です。

現在では、その他にも超音波やレーザーなど様々なエネルギーを用いた溶接法も開発されています。

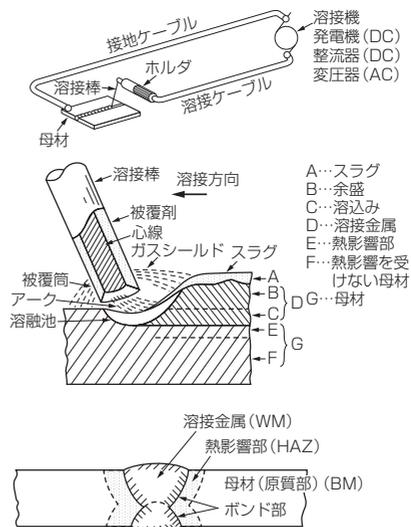


図3 アーク溶接の概要

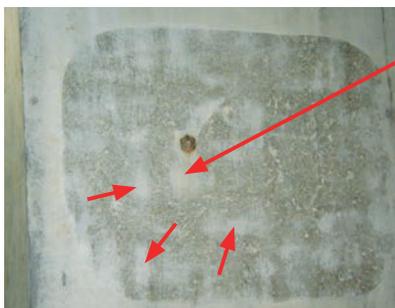
7 なぜタイル貼り前にサンダー掛けしないといけないのか

通常、タイル貼り工事の前に、下地コンクリート面にサンダー掛けをします。なぜ、サンダー掛けをするのでしょうか。

それは、タイルと下地を馴染ませるためです。ではその理由は？と聞かされると知らない人も多いようです。

型枠を脱型したコンクリート面は通常、塗装合板の剥離剤が付着し、ツルツルしていたり、打設時のパイプレタ掛けによってレイタンス層が表層に集まり脆弱層を形成してたりしています。この剥離剤や脆弱層の除去を目的としてサンダー掛け水洗いを行っているのです。

昨今では、上記の理由に加えて、コンクリート表層を目荒しすることで、面内方向の挙動に対する抵抗性を付与することにも着目され、見直されています。



このような部分を
できるだけ少なく！
(研磨砥石ではどうしても
もでてしまう)

写真1 研磨砥石掛け処理面



写真2 ダイヤモンドカップ掛け処理面

8 接着と融着の違い

「接着」と「融着」の違いを説明する時、よくゴムシート防水と塩ビシート防水のシート相互の接着例が用いられます。

一般にゴムシート防水は、EPDM（エチレン-プロピレン-ジエンゴム）とⅡR（ブチルゴム）をブレンドしたものに、加硫剤を添加しシート状に成型した加硫ゴムシートが使われます。シート相互の接着は、接着剤と粘着テープによるので、アスファルトや塩ビのように溶融一体化しません。これに対し塩ビシート防水は、熱溶着や溶剤溶着によって、接合しようとするシートの界面を融（溶）かしてシート相互間を一体化します。

接着：主に投錨効果（アンカー効果）と化学結合（分子間力や被着体表面との化学反応）によるものが同時に起こることによるといわれています。

ex. モルタル、加硫ゴムシート防水のシート相互の接着

溶融着：融（溶）け合って一体化することによる接合で、上記「接着」に比して、接合部の信頼性が高い。

ex. 溶接、塩ビシート防水のシート相互の溶融着（写真1）

特に溶接に代表される「融着」は、同種材料接合の最も理想的な接合手段とされます。

ちなみにポリ塩化ビニル*¹（PVC：polyvinyl chloride）やポリプロピレン*²（PP）

の表面を強熱して軟化させた同材同士を押し付けると容易に融着します。しかし、ポリエチレン（PE）*³ 同士だと融着しません。それは、PEの表面に薄い皮のようなものができ、融着を阻害しているのだそうです。そういえば、経験的に誰でも行っていることですが、シーリングを打ち継ぐ際にはカッターで新しい面を出してプライマーを塗りますよね。



写真1 塩ビシート防水相互の溶融着

ポリ塩化ビニル*¹：塩ビ防水のシート材料

ポリプロピレン*²：お弁当を詰めるタッパーや洗面器等あらゆる日用品に使われています。

ポリエチレン*³：防水ゴムシートの裏面に貼り付けてある2～3mmの白っぽいスポンジのようなシートがポリエチレンです。

その他、内装床材で、コンクリート床直貼用フローリング裏面に貼ってある緩衝用シートもこの材料です。

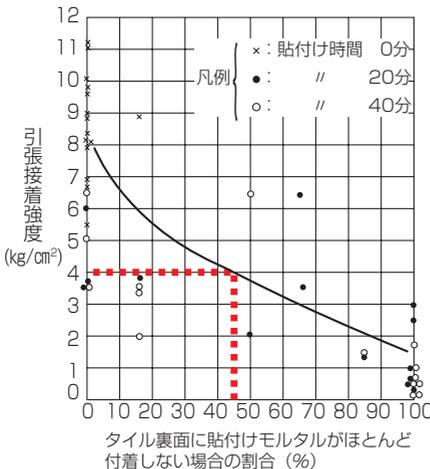
9 なぜ外壁タイルの引張り強度は『4kgf/cm²』なのか？

下地と貼付けモルタルの接着状況を調べる際、『引張り強度 4kgf/cm²』という数値を用いるのが一般的です。ここではこの基準が持つ意味を考えてみます。

1. 引張り強度4kgf/cm²の意味

引張り強度 4kgf/cm²という基準が作られたのは、昭和 48 年の旧建設省仕様からです。背景には昭和 39 年の東京オリンピック以降の「圧着工法」による外装タイル貼りの普及に伴って、昭和 40 年代前半にタイルの剥落事故が多発したことがあります。

タイルの剥離は全て「タイルと貼付けモルタルの界面」で生じていることから、この界面における剥離防止の研究が進められました。そして『4kgf/cm²』の接着強度があれば、タイルが剥離することはないであろうという研究成果^{*1}が報告され、それを受けてこの基準がつけられたようです。



*1 研究報告の要旨

様々な震足形状の小口タイル（磁器乾式 8 種、同湿式 6 種、珧器湿式 1 種）を貼付け時間別に各 6 枚ずつ引張試験し、タイル裏面に貼付けモルタルがほとんど付着しなかった場合の割合（6 枚中何枚であったかを%表示したもの）と引張接着強度との関係をプロットしたものを。

（4 週間以上実験室に放置した 10mm 厚の現場調合 1 : 3 モルタル下地に 4 週圧縮強度 250 kgf 程度の現場調合 1 : 2 モルタルにて貼付け）

6 枚全て貼付けモルタルが完全に付着した状態で剥がれたタイル（左表中 0% の縦軸にプロットされた点）での最小値（3.8 kgf/cm²程度）と 6 枚全て貼付けモルタルがタイル裏面にほとんど付着しない状態（左表中 100% の縦軸にプロットされた点）で剥がれたタイルの最大値（3 kgf/cm²）を比較し、適正な接着強度を 4 kgf/cm²とした。この数値はプロットされた点の近似曲線からタイル裏面にほとんど貼付けモルタルが付着しない状態の割合が 50% 以下と予想される。また、理想的な裏足はアリ足形状で、裏足高さは 1.5 ~ 2.0 mm 程度が良い。

図 1 圧着貼りにおける付着面積と接着強度の関係

下地と貼付けモルタルの接着度を確認する際、『引張り強度 4 kgf/cm²』という数値をひとつの目安にしています。その数値がでてきた根拠は何でしょうか。それを知らずにタイル工事の管理をすることは実は危険なことなのです。

2. 前提条件が変わったのに……

基準がつけられた前提は「剥離するのはタイルと貼付けモルタルの界面」というものでした。この前提そのものが現状とそぐわなくなってきており、実用的な検査基準とはいえなくなってきています。

現在、通常 45 角や 45 二丁掛けタイルでも裏足高さは 1.5 mm 程度です。そしてアリ足形状に改良されていますので『4 kgf/cm²』程度の引張り強度はたやすく出ます。

これに加えて「マスク張り工法」では、貼付け時間が「0」なのでタイルと貼付けモルタルの界面が剥離することは考えられません。

現在、問題となっていることは、貼付けモルタルと下地モルタルの界面、あるいはコンクリートとの界面で剥離することなのです。

3. 母材破断率 70% 以上が目安

「マスク貼り」の事故例は多く、現在では官庁工事以外ではほとんど採用されていません。施工手間がかかることの他に、貼付けモルタルの下地への接着性が圧着貼り（モザイクタイル貼り）よりも弱いことから、「マスク貼り」の採用は見送られるようになっています。

引張り試験における母材破断率が少なくとも 70% 以上であることを検査基準としているところもあります。引張り強度の数値ばかりに目が行きがちですが、本当はこちらの方が重要なのです。

* 1 昭和 46 年 9 月清水建設研究所研究報告 「接着工法における建築仕上げ材料の剥離防止に関する研究」
主任研究員工学博士丸一俊雄 3 章 3.2.2 陶磁器質タイルの裏面形状および吸水率と張付け時間の関係

10 なぜ ALC には断熱が不要なのか？

ある時、インターネットで検索していると、ある掲示板に「ALC100 mmには断熱材は不要？」という問い合わせを見受けました。建売住宅の掲示板だったのですが、回答は『断熱材を施さないのは最低水準以下』という手厳しいものでした。

1. ALC に断熱材は必要か

本当に断熱材は必要なのでしょうか？

ALC は、オートクレーブ養生により製造されることもあって、内部に不連続の空気を保有するため、断熱性能はコンクリートの約 10 倍の性能を持っています。

表 1 建築材料の熱伝導率

材 料 名	熱伝導率 W/(m.K)	グラスウール10K、100mmと同じ断熱性能にするために必要な厚み (mm)
コンクリート	1.8	3,200
レンガ・土	0.62	1,240
水	0.58	1,180
ALC	0.17	340
木材 (中間値)	0.15	300
断熱材・グラスウール10K	0.05	100
断熱材・ポリスチレンフォーム (中間値)	0.097	74
断熱材・硬質ウレタンフォーム (中間値)	0.026	50
空 気	0.026	—

グラスウール10K、100mmと同じ断熱性能にするために必要な厚みは、それぞれの材料の熱伝導率÷グラスウールの熱伝導率0.05で求められる。

しかし、これはコンクリートと比較した場合であって、硬質ウレタンフォームやポリスチレンフォームと比べた場合、その断熱性能は、それぞれ4分の1と7分の1程度しかありません。

RCの壁厚150mmの外壁に硬質ウレタンフォーム厚25mmを吹き付けた場合、外壁100mmのALCを上記の表によりグラスウールに換算すると、RC複合壁が約55mm、ALCが30mmとなり、RC複合壁の断熱性能の方が1.6倍程度高くなります。ただ、ALCが150mmの場合は、ほぼ同程度の性能となります。

2. 断熱効果はRC造より上

実際には、開口部の条件や熱橋（ヒートブリッジ）部分の断熱補強等を含めて考える必要があり、壁単体の性能だけでは比較できません。特に熱橋（ヒートブリッジ）について考えると、ALCは外壁パネルとその他の部材との縁を切り、その間をロックウール等を

ALCはその製造方法により、コンクリートに比して約10倍の断熱性能を有しています。部材の使用部位や方法によって、断熱工事を省くことも可能です。しかし、そのためには、外部からの水の浸入、特に雨仕舞いが大切です。

充填することにより熱を遮断することができますので、RCよりも有利といえます。

なお、ALCの問題として吸水率が高いことを考慮しなければなりません。ALCの高い断熱性は、ALC内部の不連続な空気に向うところが大きいので、結露等で空気の穴が水分で満たされてしまうと、急激に断熱性能が低下します。

断熱性能を確保するためには、きちんとした断熱設計を行い、外部からの水分の浸入や表面結露・内部結露を防がなければなりません。

3. 効果的だが高い外断熱

対策としては、外断熱が最も効果的なのですが、部分的な対応が困難であったり、費用が高額であったりします。

部屋の用途や室内環境に応じた断熱設計をすることが大切です。

防露計算書

計算条件 室内：20℃、RH60%
外気：4.7℃、RH53%（地域：東京）

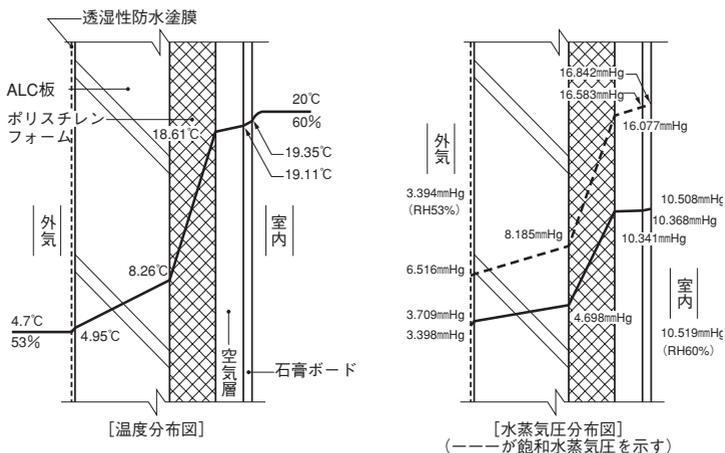


図1 断熱設計例

11

なぜ熱線吸収ガラスは熱割れしやすいのか？

冷たいコップに熱湯を入れるとどうなるか……

ご承知のようにコップは割れます。熱割れの現象はこれと全く同じです。

1. 熱割れ現象

「冷えたコップと熱湯では温度差があるのは分かる。でも、自然界でその温度差はありえないんじゃないか……」

コップは透明で、エッジ部分など全体的にきれいに磨かれているため、強い強度があります。一方、板ガラスのエッジ部分は、綺麗に切つてあるとはいえ、顕微鏡大で見た場合キズだらけで、強度的には劣ります。ガラス以外の物質が入っている網入ガラスは、ガラスの切断時にもエッジ部分がキズつきやすいため、通常の板ガラスに比べ約 1/2 程度の強度しかありません。小さな温度差でも破損するおそれがあるのです。

2. ガラス面の温度差

日光の直射を受けた窓ガラスの照射部分は吸熱のため高温となり膨張します。一方周辺のサッシにのみこまれた部分や、影の部分の温度はあまり上昇せず低温のままです。この

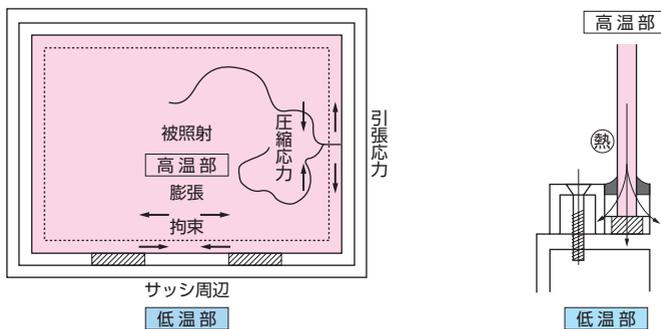


図1 温度差により熱割れするガラス

一見すると、熱線吸収ガラスには網入りのものが多く、普通のガラスより丈夫そうにみえます。しかし、熱線吸収ガラスはエッジ部に弱点を持っています。その点を理解して施工しないと、後日のトラブルを招きかねません。

低温部は、高温部の熱膨張を拘束し、結果として周辺部に引張応力が発生します。この熱応力により発生した引張応力がガラスのエッジ強度を超えると熱割れします。

実際フロートガラスで 45℃、網入ガラスで 25℃程度の温度差で破損するおそれがあります。

冬場、外気が 0℃になった場合、サッシ内部のガラスの温度は約 5℃になります（東京・大阪地区）。太陽が昇ると、ガラス表面は急激に暖められ、引張応力が発生します。ガラス表面に熱を吸収しやすいフィルムなどを貼ったり、断熱するものを設置すること（ケイカル板を貼る、ガラス前面に物を置くなど）は、熱が拡散せず、温度上昇の要因となるため、避けるべきでしょう。

3. エッジが弱いガラス

一般に熱割れはガラスエッジを始点とし、まず、エッジ辺に直角に走り、それから蛇行する点が特徴です。

ガラスの許容熱応力は、12 mm までのフロートガラスで 18MPa、15・19 mm で 15MPa、網入ガラスだと 9.8MPa になります。

また日射熱量の吸収率は、フロートガラスの 6 mm と 12 mm で約 2 倍、同じ 6 mm のフロートガラスと熱線吸収ガラスでは約 2.5 倍～3.7 倍になります。熱線吸収ガラスが割れやすいのはこのためです。

大きなサイズのガラスを使用する際は、ガラス種別やカーテン等の種類と取付位置、サッシ・ガラスの固定方法等に注意を払う必要があります。ガラスメーカーに依頼するとガラスの熱割れ計算を実施してくれます。危ないなと思う時は、メーカーに相談することも大切です。

12 なぜ不燃認定品が必要なのか

建物に求められる性能として「快適で、機能的で、美しい」という面もありますが、「地震や火災から人命を守る—安全な建物」であるということの方が大切です。

そのため、建築基準法等の法規では最低必要な性能、構造が定められています。また、火災に対して、耐火構造と内装制限が基準法で定められています。

1. 耐火構造

耐火構造は、地域・用途・規模等によってその対象の建築物が定められています。

耐火建築物に求められるのは、以下の3項目です。

1. 非損傷性：主要構造部が火災時の火熱によって定められた時間に、変形・溶融・破壊等を生じない性能
2. 遮熱性：壁と床について、火熱によって裏側の温度が平均 160℃、最高 200℃以上上昇しない性能
3. 遮炎性：外壁と屋根について、屋内の炎が噴出しない性能

2. 内装制限

もう一つの内装制限について

も、建築物の用途・規模・構造などによって、使用する内装材が制限されています。

具体的には劇場や百貨店等の公共性の高い建築物、大規模・高層の建物や地下街、無窓の居室や火気を使用する居室等です。

火災が発生すると、木造の場合 5～10 分で室内温度は、500℃に達します。

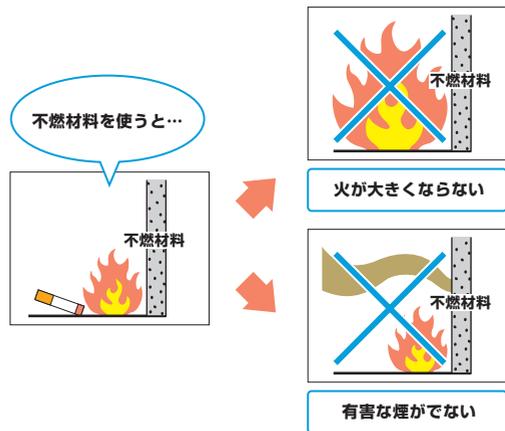


図1 不燃材料を使用する理由

燃えない建築材料は存在しません。しかし、いざ火災が発生した時、すぐに燃えあがるような材料だと非常に危険です。特に、公共性の高い建物には火災の際のフラッシュオーバーを遅らせたり、温度上昇を抑えるように、内装材を不燃材料にするという、厳しい使用制限が課せられています。

更に火災により発生した可燃性ガスによる「フラッシュオーバー」が発生すると、瞬間に室内温度は1,000℃にまで達します。

内装制限では、火災の際のフラッシュオーバーを遅らせたり、温度上昇を抑えるように、内装材を不燃材料にすることを定めています。

3. 不燃材料

建築基準法第2条第9号には、不燃材料として、「建築材料のうち、不燃性能（通常の火災時における火熱により燃焼しないことその他政令で定める性能をいう）に関して政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めたもの又は国土交通大臣の認定を受けたもの」とされています。

実際に国土交通大臣の認定の手続きは、(財)日本建築センター（BCJ）や(財)日本建築総合試験所のような指定性能評価機関が行っています。

ちなみに両機関共、不燃材料の評価費用は42万円、評価にかかる期間は約1ヶ月だそうです。

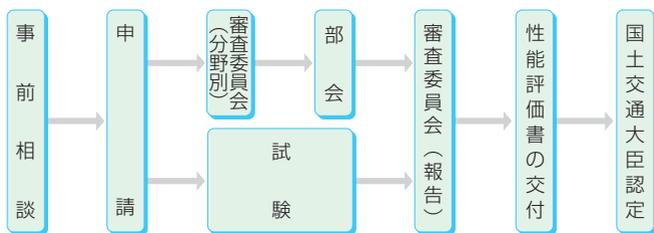


図2 標準的な不燃性能認定手続きの流れ

13

シーリング材の所要寸法はどうして決まるの？

建物の外壁目地やパネルのジョイント部など、シーリング材は建築材料として欠かせません。

しかし、その目地幅や深さが、要求される性能に対して必要な寸法を確保できているのでしょうか？

1. シーリング目地と部材の動き

シーリング材の目地を検討する際、まず考えないといけないことはシーリングする部材がどのような動きをするのかということです(図1)。

部材に動きがある場合の目地を「ワーキングジョイント」と呼びます。この場合は部材に追随させるため2面接着とします。

動きがない物を「ノンワーキングジョイント」と呼びます。

この部位では、雨水の浸入時にシーリングの裏面が水が走るのを防ぐため3面接着とします(図2)。

目地の動き	動きの種類	主な目的	目地の納まり
有	温度変化 ⇒部材の伸縮	☆金属間目地 ☆PCパネル目地 ☆ガラス回り目地	2面接着
	地震 ⇒層間変位	☆PCパネル目地 ☆ガラス回り目地	
	風圧 ⇒部材のたわみ	☆ガラス回り目地	
	含有水分の変化 ⇒部材の伸縮	☆セメント系ボード目地	
無～微小	—	☆RC壁各種目地	3面接着

目地計算要

目地計算不要

図1 目地の動きと主な目地

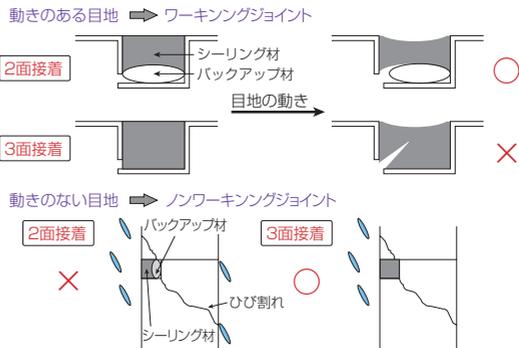


図2 2面接着と3面接着

シーリング材の目地幅や深さを検討する際、シーリングする部材がどのような動きをするのかを知ることが大切です。動きは温度や長さ、部材の性質などさまざまです。特に、線膨張係数の大きいアルミニウムなどを使用する時には、注意が必要です。

3. シーリング目地の設計

目地の設計をする場合は図3のフローによります。

ここでのムーブメントには温度変化による「温度ムーブメント」と、層間変位による「層間変位ムーブメント」の2つがあります。

「温度ムーブメント」は、部材の温度変化による伸び縮みによりシーリングが受ける動きのことで、長い部材や、線膨張係数の大きい材料（アルミニウム等）を使用する時に特に注意が必要です。

ムーブメントを小さくするためには、目地間隔を狭くしたり、鉄やコンクリートなどの線膨張係数の小さい材料に変更したりします。また、熱を吸収しにくい色（白・シルバー等）を選ぶ方法もあります。

「層間変位ムーブメント」については、地震に対して外壁に要求される性能を確認する必要があります。建物の「層間変形角」が設計時にどのように設定されているか、どの程度までシーリングの性能を保持するのかを確認した上で目地の設計を行います。

また、当然のことながら、外装材をスライド方式にするのかロッキング方式にするのかも目地幅は変わってきます。

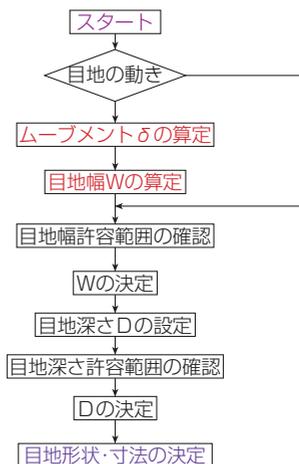


図3 目地設計のフロー図

14

なぜその納まりなのか

ここでは ALC 外壁タイルのサッシ納まりを説明します。

1. シーリングの設計と施工管理

- ① 適正なシーリング寸法が確保できるように計画すること。
- ② しっかり接着するよう、シーリングの施工管理をキチンと行う。共用廊下、バルコニーなどの底類が全くない建物は特に注意すること。

サッシ上枠の雨仕舞い、即ち ①「サッシ納まり」と ②「しっかりしたシーリング施工」が重要です。

2. サッシ納まり (サッシ形状、寸法等)

まず、図1の納まりが実現できるサッシ枠寸法、形状を選びます。または水切り枠を別途取り付けます。

- ① 上枠形状、寸法

塗装仕上げの納まり例を図2に示します。

図2では上枠の面(つら)からシーリング用立上りまで30mm(図中の雲マーク)ですが、この寸法ではタイル貼りの場合はシーリング奥行きが十分とれません。(図1の寸法では35mmとしていますが、出入り誤差を考慮するとそれでも充分とはいえません。

- ② サッシ高さ

ALC 下端とサッシ上枠のシーリングの厚みは最低25mm必要です。漏水する現場は、この「シーリング代」が狭すぎて、満足なシーリングが施工されていません。

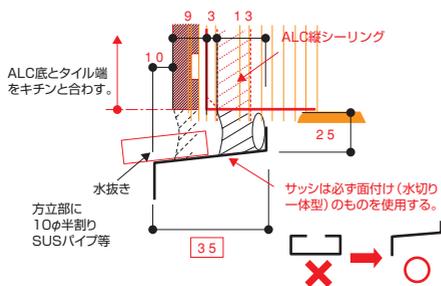


図1 ALC タイル張り (45 二丁掛等) とサッシ上端納まり例

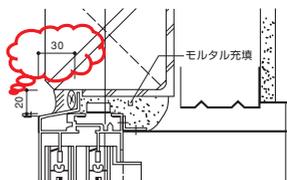


図2 ALC 塗装仕上げとサッシ上端納まり例

サッシの雨仕舞いには誰もが注意を払っていることでしょう。しかし、それでも、サッシに関わるトラブルは減りません。ここでは、ALC 外壁タイルとサッシの納まりについて取り上げます。

3. シーリング施工（ALC 小口シーリング）

ALC 面はシーリング接着がしづらいため、接着面をきれいに清掃し、プライマーをしっかりと塗布する必要があります。そのため通常2度塗りしますが、塗り過ぎると、塗布材の収縮による母材の表層破断につながりますので、注意が必要です。

ALC タイル外壁で庇無しと同面サッシ建物では、サッシ上端シーリングは全箇所を指で押して、厚みが薄い、接着不良等の怪しい箇所は抜取り検査で接着具合を確認するくらいの気持ちが必要です。なお、タイル外壁以外の ALC 仕上げでは、モルタルで ALC 板間のシーリングを隠蔽してはいけません。

下記に ALC のシーリング施工の注意点を列挙します。

① プライマー塗布

- a. 被着面の清掃・乾燥後に塗布する。
- b. 吸い込みが著しい場合は2度塗りする。
- c. 当日にシーリング材を充填する範囲を塗布する。

前日塗布した部分は再塗布する。

- d. シーリング材メーカーの指定するものを用いる。

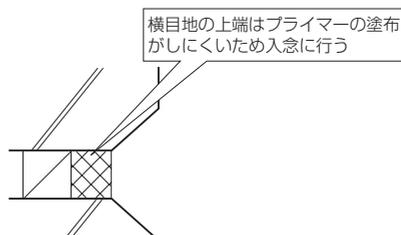
② シーリング材充填

- a. プライマーの乾燥後に充填する。
- b. シーリング材種

タイル貼りの場合、ALC 同士のシーリングはポリウレタンとする。

サッシ ALC 取合いは変性シリコーンとする。ポリウレタンシーリングを先打ちし、打継ぎ面は溶剤洗浄を行うか、カットして新しい面を出し、後打ち材のプライマーを打継ぎ面に塗布する。

タイルの伸縮目地及びタイルーサッシ取合いには、シーリング表面のタック（べたつき）がなく、汚れにくいポリサルファイドが一般的でしたが、現在では経年硬化がほとんどない変成シリコーンも使われています。



横目地の上端はプライマーの塗布がしにくいため入念に行う

図3 ALC 縦張りの水平目地断面

おまけ こんなに違う世界の建築現場

就職して初めて現場に着任したころのことを覚えている方は多いと思います。

それは工事現場があまりに一般の世界と違っていたからでしょう。

足場やタワークレーン、作業員の人々やその言葉……。

驚くことばかりの毎日でした。そんな私たちですが次第にそれらが当たり前になり、今では驚くことも少なくなってきました。

しかし世界に目を向けるとまだまだ驚くことはたくさんあります。

その国にはその国なりの常識があり、今なお私たちを驚かせてくれます。

1. 香港竹足場

香港ではよほどの高層建築でなければ未だに竹を外部足場に使用しています。30m 級くらいでは平気で竹足場です。しかも驚くことにその足場を組み立てている真下を、何の保護もない状態で一般の人々が通り過ぎて行きます。組み立てている様はまさに香港映画さながらで、いとも簡単に竹をロープで吊り上げたかと思うと、ビニールロープのようなものでくりつけ、さらに上に上がっていくという感じです。到底日本人にまねはできません。

2. マレーシアのアンチなし外部足場

マレーシアも負けていません。なんと鳥居枠の外部足場にアンチが全く入っていません。何故か



写真1 香港の竹足場



写真2 マレーシアの外部足場

わが国の建築技術は世界有数の水準にあります。特に、わが国に多い軟弱な地盤の上に安全な建築物を構築する技術は最高峰であるとされています。しかし、世界に目を転じてみると、昭和初期のわが国の建設工事を彷彿とさせる風景が垣間見られ、驚かされることが少なくありません。

と理由を聞くと『お金がないから』だそうです。アンチを全部敷き詰めるよりも、必要な人が必要な時にそこへ持って行って作業する方が安く上がるということのようです。これも日本では考えられないことです。

3. 中国のとある建築現場

壁式レンガ造とでもいうのでしょうか。壁が純粋なレンガ積みで、その上にPCでできたスラブを載せます。そして次の階の壁をレンガで積んでいきます。驚くのはそのレンガをクレーンとかの機械を使わず、手でひょいひょいと投げてあげていくやり方です。中国人は本当に器用です。



写真3 中国の竹布足場

4. シンガポールのブルーシートと害虫消毒

『しましま』です。これってブルーシートって呼ばないですよね。

シンガポールではなんと週に1回専門業者による殺虫剤散布が義務付けられています。シンガポールでは深刻な問題であるデング熱の発生防止のためですが、その原因となる蚊（ボウフラ）を常に駆除しておく必要があり、外国人労働者の多い工事現場は真っ先に駆除対象となるそうです。場合によって、



写真4 シンガポールの『しましま』シート



写真5 殺虫剤の散布

作業停止を命じられることもあり、そのような現場は自主的にボウフラ退治人が現場に殺虫剤を散布していたりするそうです。

5. ミャンマーのコンクリート打ち

ミャンマーの田舎ではポンプ車や一輪車の代わりに、女性が頭の上にかごを載せ、その上に手で練ったコンクリートを入れて運びます。村中の女性が集まるため、現場は女性ばかりになるそうです。



写真6 ミャンマーのコンクリート打ち

6. タイの話

ある時現場で停電が起こった原因を調べていてびっくり。なんと近くの送電線の鉄塔が倒されていたのです。その原因は周辺の住民がその鉄塔の部品を勝手に取り外し、スクラップとして換金してしまったため倒壊してしまったのだそうです。そんなのんびりとした国タイでは、耐震構造計算はしないそうです。地震もなければ雪も降らず、風圧も考えないそうです。

工場の現場などでは近隣住居や施設までの距離が遠いため、近隣対策なんてものはなく、

杭打ちなどは思いっきり打撃ハンマーでがんと打ち込んでいきます。これも日本ではもう考えられないことです。

7. インドネシアのヘルメット

少し前の話ですが、インドネシアで「ヘルメットをかぶりましょう」と指導し始めた頃の写真です。服装など全く気にしないため作業服なんてものもなく、もちろん安全靴なんてものもありません。



写真7 インドネシアの作業員

8. 夢の国・ドバイ

今ドバイではたくさん（数千棟）の超高層ビルが建設中です。現在、世界のクレーンの半数がドバイにあるともいわれています。1000 mを超えるビルも今後登場するという事です。今後の動向が本当に楽しみな「夢の国・ドバイ」です。



写真8 高層ビルが林立するドバイ

第4章

トラブル防止の指差喚呼

～トラブルのときの^{とっさ}の咄嗟の一言～

1 掘削前の事前確認を怠るな

『地中はお化け』。地下工事において、地中から何が出てくるか分からないことから、こういう言葉をよく耳にします。地中には残置基礎、埋設配管等、色々なものが残っています。既に閉塞・遮断している（「死んでいる」）ものであれば、大きなトラブルにはなりません。が、「生きている」ものを引っ掛けてしまえば大変です。停電、断水、近接建物の営業・操業停止などその被害は甚大です。

1. 土地の履歴の確認

不幸にしてというべきか、「ここには、何も埋まっていない」という言葉が交わされる時ほど、何か出てくるものです。

以前の建物が事務所なのか病院なのか、そしてその頃の給水等の引込み位置が何処なのかをまず確認することです。工場などでは、縦横に配管が埋設されていることがあります。元々事業計画のなかった敷地でも経営計画が変更され、事業に着工する場合があります。近接する建家の用途は何か、その室に外部から送られるものがあり得るか、敷地内にマンホール・ハンドホールがないか、敷地外周の側溝に配管の口が見えてないか、事前調査の際に慎重に調査する必要があります。状況に応じて発注者側の担当者の立会いをお願いしたり、試掘を行います。施工能率は多少落ちるでしょうが、後日の重大トラブルよりはましです。

次に、地盤・地下水の調査では、既往の文献、地盤調査資料、現地での試掘、ボーリング調査、土質試験、地下水調査等を実施し、地層構成、土質性状、地下水の状態を把握しておきましょう。

2. 敷地周辺に対する調査

工事に伴い周辺の環境に影響を及ぼす恐れのある場合には、周辺の構造物や埋設物の状態、揚水に伴う地盤の変状、地下水の利用状況、水質、振動、騒音、車両通行の影響等環境保全のための調査を行います。

次に事前調査の内容を記載します。

「ここには、何も埋まっていない」という言葉を信じたばかりに、後で大怪我をした経験をお持ちという先輩も多いことでしょう。文中にもありますように、『地中はお化け』なのです。何が出てきても不思議ではありません。

表 1 事前調査の内容

調査項目	備	考	調査結果の記録・表示
埋設物	上下水道、ガス管、電信・電話ケーブル、電線などで、掘削により影響を受けることが考えられるときは、その対策を検討する。マンホールや共同溝の上を入退場の車両が通る場合、保護が必要ことがある。		埋設物調査図 埋設物・移設・養生計画図 緊急時処理対応図
道路上工作物、樹木など	公衆電話・消火栓・地下鉄換気孔などの工作物や樹木のあるところに出入口を設けることはできない。		地上物件現状図
近隣構造物の位置・形状・基礎型式	近隣構造物の重量が側圧に影響したり、掘削が近隣構造物に影響を及ぼすことがある。また、あまり接近していると山留壁の施工が難しくなる。塔状建物の場合特に注意を要する。		近隣構造物相互位置図 近隣構造物調査図 (構造体・仕上状況図・状況記録写真・スケッチ)
道路状況	場内への資機材の搬出入、残土の搬出計画には、場内への交通経路、土捨場への交通経路などについて、道路幅員、交通量、高さ制限などの諸制限を調査しておく。		運送経路図・搬出入道路調査図 道路借用・使用計画図
近隣河川	地質によっては、近隣河川の影響を受けることもあるので、距離・水位などを調査する。		
電力・用水の供給施設・排水経路	電力・用水の供給計画・排水計画のために調査が必要。		工事用水・電力引込図・排水経路図
近隣補償	井戸の枯渇などの近隣補償問題の発生の危険性の調査、近くで行われた工事で発生したトラブルの調査、および近隣構造物の実態調査、住民の生活環境などの調査。		関係者の立合い確認記録

また、掘削により道路や鉄道などの公共施設に何らかの影響が予測されるところで、掘削や山留工事を行う場合は、着工前にそれぞれの管理者との協議が必要です。いずれにしても、「まず確認」という意識をもって工事を進めることが大切です。

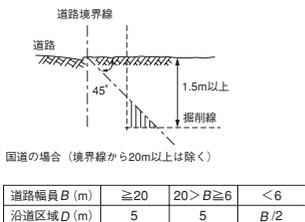


図 1 沿道掘削範囲

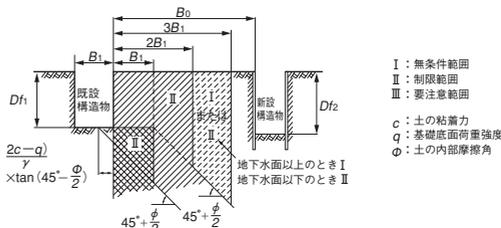


図 2 JR の掘削近接範囲
(既設構造物が直接基礎の場合)

2 型枠存置期間を守ろう

せき板は何時取り外せばよいのでしょうか。

せき板の解体時期は、せき板の存置期間と湿潤養生期間の両方から定められています。

1. せき板の存置期間

基礎・梁側・柱及び壁のせき板の最小存置期間は、せき板存置期間中の平均気温とセメントの種類に応じて、または、コンクリートの圧縮強度が5N/mm²以上に達することが確認されるまでと定められています（表1）。

これは、若材齢のコンクリートが初期凍害を受けないよう、また容易に傷つけられることがないようにするためです。

表1 せき板の最小存置期間

存置期間中の平均気温	施工箇所	基礎、梁側、柱、壁		
	セメントの種類	早強ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント、混合セメントのA種	高炉セメントB種
コンクリートの材齢による場合(日)	15℃以上	2	3	5
	5℃以上	3	5	7
	0℃以上	5	8	10
コンクリートの圧縮強度による場合	—	圧縮強度が5N/mm ² 以上となるまで		

2. 湿潤養生の期間

打込み後のコンクリートは、散水・噴霧・養生マット・水密シート、またはせき板による被覆などで湿潤養生を行います。一般的にその期間は表2の通りです。

早強ポルトランドセメントまたは普通ポルトランドセメントを用いる厚さ18cm以上のコンクリート部材においては、表2の湿潤養生期間の完了以前であっても、コンクリートの圧縮強度が10N/mm²以上になることを確認すれば、以降の湿潤養生を打ち切ることができます。

型枠のせき板は何時取り外せばよいのでしょうか。長ければ長いほど乾燥収縮ひび割れの発生が少なくなるように考えがちですが、本当でしょうか。

これは、脱型時強度が 10 N/mm^2 以上であれば、以降の湿潤養生を行わなくても所要の品質を確保できることが、各種の実験的研究によって確認されているからです。

所要の品質とは以下のことをいいます。

- ① 中性化速度が耐久性の基準を満足する値以下となる。
- ② 脱型後も強度が伸び、所要の強度を確保できる。

表2 湿潤養生期間

セメントの種類	日数管理の場合	圧縮強度管理の場合※
早強ポルトランドセメント	3日間以上	10 N/mm^2 以上
普通ポルトランドセメント	5日間以上	10 N/mm^2 以上
その他のセメント	7日間以上	—

※ 部材厚さが18cm以上の場合に適用できる。

3. 湿潤養生期間（型枠の存置期間）と乾燥収縮ひび割れ

以上の通り、せき板の存置期間の 5 N/mm^2 と湿潤養生期間の 10 N/mm^2 は各々異なる目的より定められています。よって圧縮強度 10 N/mm^2 未満でせき板を脱型する場合は、 10 N/mm^2 に達するまで湿潤養生を続ける必要があります。

特別な事情があって、せき板脱型及び湿潤養生打切りを材齢で管理しない場合には、圧縮強度試験を行い、せき板の存置期間が短かったために、中性化の進行が速くなったというクレームにつながらないように記録として残しておきましょう。

湿潤養生期間（型枠の存置期間）が長ければ長いほど乾燥収縮ひび割れの発生も少なくなるように考えている向きもありますが、それはあくまで「個人的感覚」であって、調査や実験に裏付けられたものではありません。

3

雨の中では本締め作業をしてはいけません

鉄骨部材の接合は高力ボルト摩擦接合が主流であり、特にトルシア型高力ボルト（写真1）がよく使われます。

1. トルシア型高力ボルトの検査

トルシア型高力ボルトの締付け検査では、一次締めの際につけたマーキングのずれを確認する管理手法を取っています。「ピンテール破断」を確認しているから問題はないはずなのに、マーキングのずれ確認にはどういった意味があるのでしょうか？

2. 軸力を利用し摩擦力で接合

高力ボルトによる鋼材同士の接合は、鋼材同士の摩擦力を利用していません。摩擦力で接合させるために相当な力でお互いを押し合わなければなりません。その押し付け力に高力ボルトの軸力を利用します。高力ボルトに軸力を発生させるためには高力ボルトを引き伸ばさなければなりません。

そのためナットを回転させるのですが、要点は『ナットを使っていかに“効率よく”ボルトを伸ばすか』ということです。

3. 潤滑剤の役割

この“効率よく”のためになされている工夫が潤滑剤です。ナットを回転させるにはトルクが必要です。高力ボルトは小さなトルクで効率よく軸力を入れることができるように、



写真1 トルシア型高力ボルト

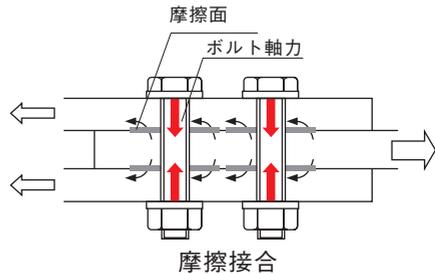


図1 トルシア型高力ボルト

高力ボルトを締め付ける際、ねじ山に傷みや泥の付着、油ぬれ、水ぬれや錆などがあると締め付ける力が大幅に低下することがあります。ピンテールの破断だけで判断することは危険です。

ねじ部や座金表面、ナット座面に潤滑剤が塗布され、所定のトルクで所定の軸力が入るようになっています。所定のトルクをピンテールの破断でコントロールしたのが「トルシア形高力ボルト」です。

4. 締め付け管理の判定

しかし「ナットが所定のトルクで締まっている＝高力ボルトに所定の軸力が発生している」とはいえません。式で説明します。トルク値 T とボルトの軸力 N はボルトの呼び径 d ごとに比例するものでありその比例定数を k とすると次式が成り立ちます。

$$T = k d N$$

比例定数 k をトルク係数値といい、図 1 に示すネジ間の摩擦力和ナットと座金の摩擦力によって決まるものです。

高力ボルトは、図 2 に示す部分の摩擦係数が一定であるように造られています。この部分の摩擦係数が現場施工の過程で変化すると所定の軸力が入らないうちにピンテールが切れることがあります（軸回り状態）。原因として、ボルトのねじ山の傷みや泥の付着、油ぬれ、水ぬれ、発錆などがあります。

軸回り状態で締め付けた場合には、締め付力が 80%程度に低下することが実験的に認められています。ピンテールが破断したからといって、締め付力を確保したと判断するのは早計です。

トルシア形高力ボルトの合否判定基準はピンテールの破断以外にはありません。このため締め付け管理では、一次締め付けとマーキングが欠かせないものとなっているのです。

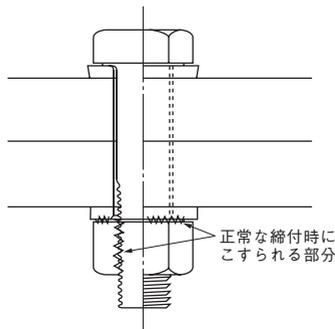


図 2 ナットを回すとき摩擦する部分

◇参考文献：「ASANUMA 構造マガジン」 著者：佐藤 尚隆

4 厚み管理の重要性

1. 厚みのバラツキ管理

その性能を発揮させるために、所定の厚みが必要な部材はたくさんあります。しかし、その厚みについてどの程度の施工上のバラツキが許容されるかについての議論は不十分です。全数を効果的に把握する検査方法も確立されていません。そのため、施工後のトラブルを招くことがあります。

2. 現場施工の発泡ウレタンの施工事例

たとえば、現場施工の発泡ウレタンの場合を考えてみましょう。

発泡ウレタンは2つの液を混合させて発泡させます。発泡量は温度や湿度により異なり、熟練した作業員でも均一な仕上がりとするのは難しく、施工厚みにはある程度のバラツキが発生します。

一般的に、設計図書に「現場発泡ウレタン吹付け t20 mm」と記載があった時、石膏ボードの仕上げ代を30 mm（ボード9.5 mm 接着代20.5 mm）として、躯体から50 mmで仕上がるように計画します。

一方、コンクリート部材の位置及び断面寸法には許容差が認められています。「公共建築工事標準仕様書」（平成16年版）では位置については±20 mm、壁の断面寸法につい

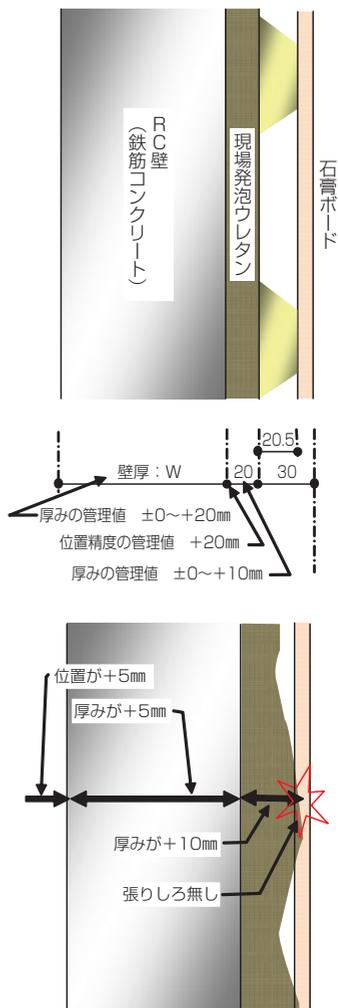


図1 発泡ウレタン吹付け厚などの違いによる不具合

建築工事は屋外で行うにも関わらず、厳しい施工精度を要求されます。また、その性能を発揮させるために厚みが重要な意味を持つ部材は少なくありません。そのため、施工誤差を考慮した施工管理が重要です。

ては $\pm 0 \sim + 20 \text{ mm}$ とされています。また、吹付け厚さの管理値（許容誤差）は「建築工事監理指針」（平成16年版（社）公共建築協会）では、 $\pm 0 \sim + 10 \text{ mm}$ とされています。

たとえば、躯体が5mm内部に移動して5mm大きく打設され、発泡ウレタンが10mm厚くなると、それぞれの管理値は満足していてもボードの貼り代はなくなり^{しう}ます。

3. 吹付け厚みのバラツキ管理

また、20mmの厚みでその許容差が $\pm 0 \sim + 10 \text{ mm}$ とされる発泡ウレタンの吹付け厚みの目標値は25mmとする必要があります。平均して25mmでバラツキが $\pm 5 \text{ mm}$ で納まるならば $\pm 0 \sim + 10 \text{ mm}$ の管理値を満足することができます。抜取りにより最小値を管理することも重要ですが、施工の妥当性を把握するためには、このバラツキと目標値をどう管理するかが大切です。

発泡ウレタンの場合は、施工後に厚さ確認ピンで所定の厚さがあるかどうかを確認します。しかしその面は凸凹面であり、凸部にピンを刺すのと凹部にピンを刺すのでは当然数値は異なってきます。所定の長さのピンを凹部に刺してこそ意味があるのです。

このように厚みの許容差や試験方法について詳細に検討していくと、現在一般的とされている納まりを変えるほうが良いものもあるかもしれません。鉄筋のかぶり厚さや塗膜防水、塗膜厚、吹付け耐火被覆の厚さなどは、特に注意したいものです。

5 なかなか合わない色合せ

建築材料のうち、外部の目に触れる仕上げ材は、工場で大量に製造されるものにも関わらず、納期年度や部材のロット毎に微妙に色が異なるものがあります。音と同様、色についての感覚には個人差が大きく、許容値も定まっていないため、部材の色管理はやっかいな作業のひとつでもあります。

1. アルミニウム

アルミニウムの色むらの原因は、合金に含まれるマグネシウムやシリコンの影響によるものや、押し出し時の筋（ダイスマーク）、熱処理過程の状態、電解処理時の硫酸溶液の濃度や時間、電流密度など多岐にわたります。

メーカーは各工程でこれらを厳しく管理することで色むらの発生を極力抑えているのです。



写真1 アルミの色むら

2. PCa コンクリート

壁 PCa にクリア塗装（撥水処理）を採用する場合は色むらに細心の注意が必要です。壁 PCa には軽量1種コンクリートを採用する 경우가多いが、軽量1種コンクリートは普通コンクリートに比べ打設時のバイブレーターのかけ方で色の違いが出やすくなります。それでも未塗装であればともかく、クリア塗装の場合は一層その色むらが目立ちます。

3. 塗装

塗装材料は種類も多く、色合わせは実に困難です。下地の仕様や塗料の材質が違えばまず色は合いません。同じ下地で同じ塗料であってもメタリック塗装の



写真2 PCa コンクリートの色むら

芸術作品と呼ばれる陶磁器には同じ色や形をしたものはありません。しかし、同じく粘土を釜で焼成するタイルには厳しい色管理が要求されます。仕上げ用タイルをはじめ、同じ色彩や色調を求められる建築部材は少なくありません。工場で確認した色と、現場で施工した後に受ける印象が違っていることも少なくありません。現場監督の頭を悩ませる大きなテーマのひとつです。

色合せは困難を極めます。メタリック塗装はソリッド色の層の上にアルミ顔料等を混ぜ込んだメタリック層を塗り重ねることで光って見えるのです。このアルミ顔料が均一に塗布されないと色は違って見えます。同じネタを使っても職人さんが変われば色は合わないばかりか、同じ職人さんでも、足場の状態等（施工条件）で色むらが発生する場合もある程です。

4. 石

石は天然の材料なのでもともと色合せは難しい材料です。花崗岩は大理石に比べ色は合わせやすいといわれますが、面積が大きくなると色の違いが目立ちます。原石のロット管理以外にも、水磨き仕上げなどは研磨機による渦巻状の研磨跡が色むらのように見える場合もあり、注意が必要です。

5. ガラス

ガラス面に特殊金属膜をコーティングしているガラスは、微妙な色の違いが出るおそれがあります。トラブルの防止のため、事前に関係者で確認をしておくことが大切です。



写真3 塗料むら



写真4 石の色むら



写真5 ガラスの色むら

6 天井下地の振れ止めと耐震補強の違い

平成17年8月16日に発生した宮城県沖地震での屋内プールの天井崩落災害は、みなさんの記憶にまだ新しいと思います。

では、平成15年9月26日に発生した十勝沖地震での空港ターミナルビルの天井崩落事故を覚えていますでしょうか。

大きな地震の度にこのような災害が発生していますが、すべての建物で発生しているわけではありません。

では、何が原因なのでしょう？



写真1 屋内プールの天井落下事故調査報告より

1. 大規模空間の天井落下事故

この2件の災害のどちらも、その後国土交通省による調査報告書が公開されています。（「独立行政法人 建築研究所」のホームページで閲覧できます）

この調査報告書によると、どちらの天井も地震により天井が大きく変位して周囲の壁と衝突し、局所的な力により「野縁受け」と「野縁」との間のクリップで破壊が生じたとされています。

天井落下がひとたび発生すると、クリップが支えている荷重が増大し、動的な力も作用するので、ちょうどシーリングを剥がすように連鎖的なクリップ破壊を起こし、天井が落下したのです。

宮城県沖地震での屋内プールの天井崩落事故のような大きな天井の崩落事故を防ぐには、大規模空間を確保するための十分な耐震構造設計はもちろんのこと、補強の方法、クリアランスの確保等についての注意も欠かせません。

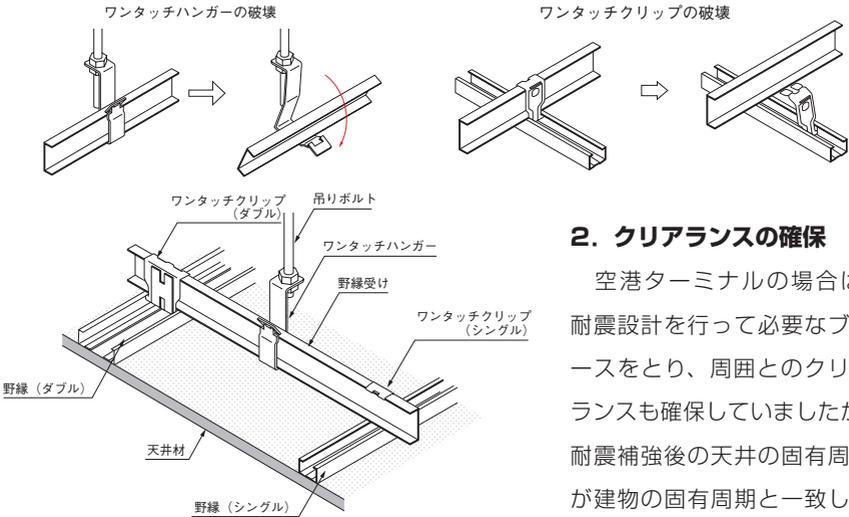


図1 一般的な天井下地構成

2. クリアランスの確保

空港ターミナルの場合は、耐震設計を行って必要なブレースをとり、周囲とのクリアランスも確保していましたが、耐震補強後の天井の固有周期が建物の固有周期と一致してしまったことにより共振現象

を生じ、揺れが大きくなり、柱に衝突したことが原因とされています。

屋内プールについては、施工計画書に記載のあったブレースや段差補強も実施されていませんでした。50mmのクリアランスは取ってありましたが、これでは間に合わず、周囲と衝突してしまいました。

3. 補強と耐震設計

このことから分かるように、大規模空間の天井については、建物の構造設計を踏まえた耐震設計を行い、事前に補強の方法、クリアランスの確保等についての検討を行う必要があります。

「公共建築標準仕様書」の軽量鉄骨天井下地の項に記載されている、天井ふところが1.5m 以上の場合に水平に取り付ける振止め部材では、耐震補強の効果は期待できません。

下地メーカー等からも耐震金物が商品化されています。耐震設計と併せて検討するように心がけましょう。

◇資料提供：株式会社オクジュー

7

鉄面塗装の錆を防ぐ

1. 錆の発生

錆の発生は、製品の外観のみならず、製品の精度を害し商品価値を損なうことになりま
す。また、構造材料の腐食は、人命に危害を及ぼすおそれがあります。錆を防ぐことは、
製品の耐用期間を延ばし構造物を守る意味でも重要な意味を持っています。

2. なぜ錆が発生するのか

金属がそのおかれた環境条件と反応して化合物に変わることによって消耗していき現象を腐食といいます。金属の多くは鉱石として安定な状態で存在していたものを外に取り出した不安定なものです。腐食によって元の状態に戻ろうとすることは、自然な現象であるともいえます。

腐食現象は、金属の表面上で起こる現象で、表面に付着した水分で局部電池ができて金属が溶け、酸化される事を一般的に「錆びる」といいます。

鉄が錆びることで問題となるのは、水分のあるところで起こる「湿食」であり、600℃以上の高温状態の水分のないところで起こる「乾食」は通常、起こりません。錆びるのは水分のある場合と考えて良いでしょう。

防錆対策としては、腐食要因である「水分」と「酸素」をまず遮断することです。

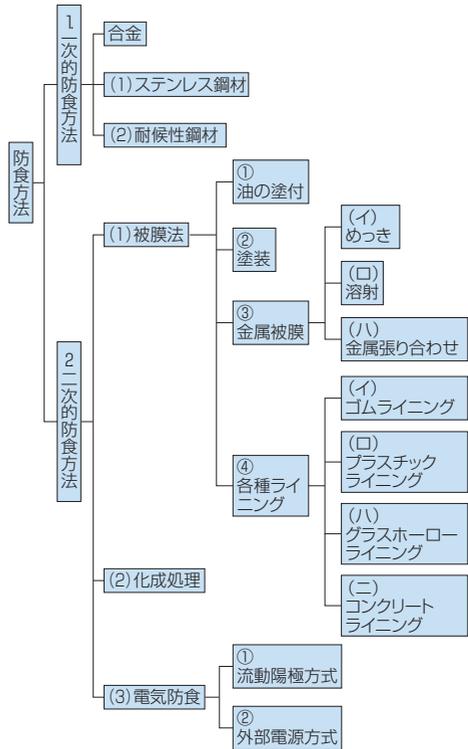


図1 各種防食方法

金属の錆は使用する側にとってはやっかいな代物です。しかし、もともと金属は安定している鉱石を不安定な状態にして取り出したものです。腐食によって元の状態に戻ろうとすることは、ごく当たり前の自然現象なのです。そう考えると錆にも親しみが湧いてきませんか。

3. 錆を防ぐ

腐食を防ぐ（以下、防食）方法には、図1に示すように様々な方法があります。

大きく分けて、錆びにくい状態の金属をあらかじめ作っておく「一次的防食法」と、出来上がった金属の表面を被膜する「二次的防食方法」があります。

ここでは、「二次的防食法」に分類される防食方法のうちの「塗装」について述べたいと思います。

塗装は他の方法に比べて比較的容易で、金属の形状を問わず防食被膜を作ることができ、また、塗替えによって更新できるなど実用的な方法です。

塗装に使用する塗料の付着力と耐久性は、下地処理の程度や良否、また環境条件によって大きく変わります。表1に示すように、下地処理としての素地調整の精度をあげることが、塗料の持つ能力を最大限に発揮させることに大きく貢献します。

表1 各要因が塗膜寿命に及ぼす影響

要 因	寄与率 (%)
素地調整（1種ケレンと2種ケレンの差）	50
塗り回数（1回塗りと2回塗りの差）	20
塗料の種類	5
その他の要因	25

4. 耐火被覆の効果

コンクリートに埋め込まれる鉄筋や鉄骨には、特別な場合を除いて、錆止め処理を行うことはありません。コンクリートのアルカリ成分が錆の進行を防ぐからです。

では、耐火被覆が吹付けされた鉄骨は、錆の心配はないのでしょうか？

◇参考文献：－最新－ わかりやすい塗装のはなし 塗る
関西鋼構造物塗装研究会編

第4章 トラブル防止の指差喚呼 ～トラブルのときの咄嗟の一言～

吹付耐火被覆はセメントを硬化材としているためアルカリ性を呈しますが、空隙が多いため中性化が早く、長期的には錆止め効果は期待できません。

また、耐火被覆を行うまでに発生した錆が雨で流れて下階の仕上材を汚すこともあります。少なくとも建物外周部の鉄骨は錆止め塗装を行うのが良いでしょう。気がかりは塗料と耐火被覆の付着です。鉛丹錆止めならば問題はありませんが、一般用錆止めやシアナミド鉛錆止めなどは付着性に問題が残るため、錆止め塗料の選択を誤らないことが肝要です。

8 シーリングは切れる？

シーリング材は、その用途や使用条件に合わせた選定・設計を行わないと、破断したり、劣化によりその機能を果たしません。

1. シーリングが切れる原因

プライマーが使われている状態で、何らかの外的要因によって破断現象が生じた場合、その現象は次のどれかに該当します。

- ① 被着体の凝集破壊
- ② 被着体－プライマー間の界面破壊
- ③ プライマーの凝集破壊
- ④ プライマー－シーリング間の破壊
- ⑤ シーリング材の凝集破壊

このうち、接着性からみて望ましいのは、①の被着体の凝集破壊と、⑤のシーリング材の凝集破壊です。

第3章で、シーリング材の所要寸法の設計方法について触れていますので、ここでは

1. シーリングの硬化の仕組み
2. シーリング選定の必要性
3. プライマーの重要性

についてそれぞれ説明してみたいと思います。

2. シーリング材の硬化パターン

シーリング材は、施工時は不定形なペースト状態をしています。時間の経過と共に硬化し、最終的に弾性を有したゴム状態になります。ペースト状態であるのは、狭い目地に確実に充填させるためでもあるのです。

シーリング材は施工現場で基剤と硬化剤を混合する2成分形シーリング材と、混合を必要としない1成分形シーリング材に分類されます。

図1にシーリング材の硬化のパターンを示します。

1成分形シーリング材は、硬化初期段階に不定形状態とゴム状態が共存するため、目地

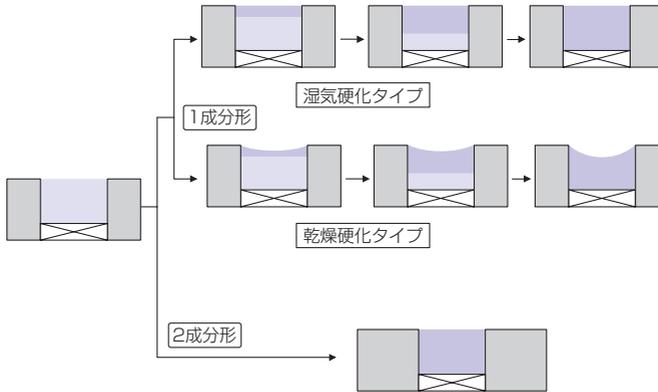


図1 シーリング材の硬化パターン

に大きな動きが発生する部位ではシーリング材が変形する場合があります。

また2成分形シーリング材には大きく分けて二つの反応形態があります。図2に反応のパターンを示します。

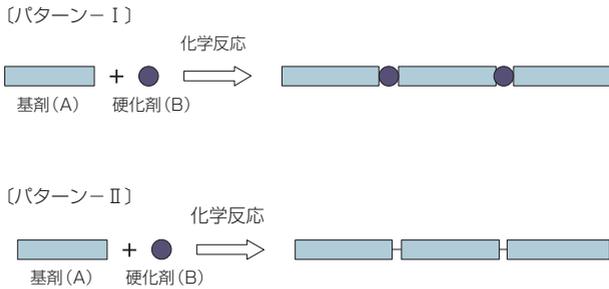


図2 2成分形シーリング材の反応のパターン

「シーリングはいずれ切れる」ことを前提に作業管理を進めましょう。そしてその前に、シーリングが何故ペースト状をしているのか、またどういう理由で固まるのかの基本パターンについても理解しておきたいものです。

パターンⅠの場合は、基剤（A）と硬化剤（B）が混合により交互に化学反応を起こしゴム状態になります。AとBとを確実に反応させるためには十分な混合が必要です。代表的なシーリング材として2成分形ポリサルファイド系や2成分形ポリウレタン系があります。

パターンⅡは同じように基剤（A）と硬化剤（B）が化学反応によりゴム状態になりますが、Bは反応の仲立ちをするだけでゴムの成分にはなりません。そのため、パターンⅠ程の混合精度は必要としません。代表的なシーリング材としては、2成分形変成シリコーン系や2成分形ポリイソブチレン系があります。

3. シーリング材の使い分け

シーリング材を用いて建物の雨漏りを防ぐ目地は多岐にわたります。建物の構造・使用外壁部材・取付方法・外壁の仕上げ方法・立地環境などにより、シーリング材に要求される性能は異なります。

たとえばRC造の打継目地の場合、目地はほとんど動きませんので、シーリング材自体に追従性は必要あり

ません。しかし、外壁を仕上げ材で化粧することが多いため、目地上の仕上げ材の汚染などの塗装適性は必要です。

また、金属パネルを使用したカーテンウォール工法では、目地に温度変化による熱伸縮が常時発生し、さらに

表1 シーリング材適用部位に求められる性能

適用部位	仕様	耐候性	動的耐久性	耐光接着性	塗料適性	意匠性
ガラス回り目地	露出	◎	○	◎		○
カーテンウォール目地	露出	◎	◎			◎
各種ボード類目地	露出	◎	○			○
	塗装		○		◎	
コンクリート壁各種目地	露出	◎				○
	塗装				◎	

◎：不可欠，○：必要

◇資料提供：サンスター技研株式会社

シーリング材が露出状態で使用されるため、シーリング材には目地の動きに対する追従性や紫外線などに対する耐候性が必要となります。

表1に建築用の代表的な目地の種類と、それらの目地に必要とされるシーリング材の性能を示します。

すべての性能を満足するシーリング材が存在すれば問題はないのですが、現状はそれぞれ一長一短があるため、適用部位に最適なシーリング材を選定する必要があります。

4. シーリング材の適材適所

この考え方により制定されたのが「適材適所表」で、日本建築学会の「建築工事標準仕様書・同解説（JASS8 防水工事）」や、国土交通省の「建築工事監理指針」などに掲載されています。

また、日本シーリング工業会が発行している「建築用シーリング材ハンドブック」には、シーリング材の性質や特徴、選定の方法等の詳しい記載があります。

5. 雨の日の施工は危険

シーリング材は色々な建築部材に確実に接着し、また目地の動きに追従することにより、建物内部への雨水の浸入を防ぐ役目をします。従って、シーリング材の接着を確保するため、事前処理としてシーリング材の施工前にプライマーを塗布します。

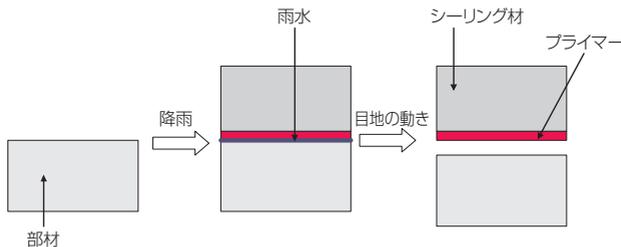


図3 降雨時の剥離の状況

プライマーには各種部材と十分接着するため各種の反応性材料が配合されており、化学反応などにより各種部材とシーリング材の接着の仲立ちを担います。

しかし降雨後など、部材表面に水が存在する状態でプライマーを塗布すると十分に接着せず、目地に動きが発生すると界面剥離（シーリング材と部材間の剥がれ）が発生します（図3）。これは塗料や屋上防水材なども同様です。

目で見てハッキリ濡れている状態であれば、判断を間違えることはないでしょうが、コンクリート面のように、降雨後、表面は乾いていても内部はまだ含水状態であるケースもあります。

簡易な判定方法を紹介します。

まず、シーリング材を施工する目地表面にマスキングテープを貼り付けて、自重で落ちなければ問題は無いでしょう。しかし、直ぐに剥がれて落下するようであれば、まだ含水状態です。もう少し乾燥させる必要があります。

9 地下からの漏水を防ごう

コンクリートは水密性が高く、水を通しにくい事が知られています。

しかし、地下水の多い場所では鉄筋コンクリート外壁に漏水が発生することがあります。水を通しにくいコンクリートによって囲まれた地下外壁になぜ漏水が発生するのでしょうか。

1. 地下外壁からの漏水

コンクリートは乾燥収縮や温度変化によりひび割れが発生することがあります。また、コンクリート打設時に、充填不足となる部分（ジャンカ）ができることがあります。さらにコンクリートの打継部や、配管、型枠セパレータなど、コンクリートを貫通している部分もあります。地下外壁には、このように水路（水が通る路）となり得る箇所があり、この水路を伝って地下水が地下室内に出てきます。

2. 地下の防水

地下水が多い場所では地下外壁への防水対策が取られますが、地下外壁からの漏水に関して完全なものではありません。なぜ、完全なものではないのでしょうか？

地下工事をするとき一般に、地下外壁と地下掘削時の土を支える仮設の山留め壁の隙間を小さくして、できるだけ土を掘らないように施工します。そのため、地下外壁のコンクリート硬化後、山留め壁と地下外壁の間に人が入って防水を施工することができる「後やり防水工法」が取れなくなっています。そこで、山留め壁に防水を施工し、その後、鉄筋を組み型枠を施工してコンクリートを打設する「先やり防水工法」やコンクリート壁の内



写真1 地下外壁からの漏水事例1



写真2 地下外壁からの漏水事例2

わが国の都心は、以前、海であったところが発達したものが大半です。そのため、都市の下には縦横無尽に川が流れていますし、場合によっては大きな貯留池であることも考えられます。地下鉄はそのもの自体が水の中に浮いているといった極端な表現をする人もいるくらいです。わが国の都市での地下工事はまさに水との戦いといえるのです。

側に防水をする「内防水工法」が採用されることが多くなっています。

また、先に述べた水路からの漏水に対して部分的に防水材料を施工する部分防水工法も実施されています。

3. 地下防水の難しさ

これらの防水の中で、防水層の背面から水圧を受ける内防水は、条件が過酷であるため、珪酸質系塗布防水や一部の特殊シート防水に限られています。珪酸質系塗布防水は、コンクリート中の成分と反応してコンクリートの水密性を高めますが、コンクリートの乾燥収縮や温度変化に対する動きに追従することが困難なため、漏水量を少なくすることを期待できても、完全に漏水を止めることは困難です。

また、地下外壁の外側に施工する防水は工事竣工後はメンテナンスが困難です。建物の寿命がくるまで、長年にわたり防水機能が維持できる耐久性のある材料の開発が待たれるところです。

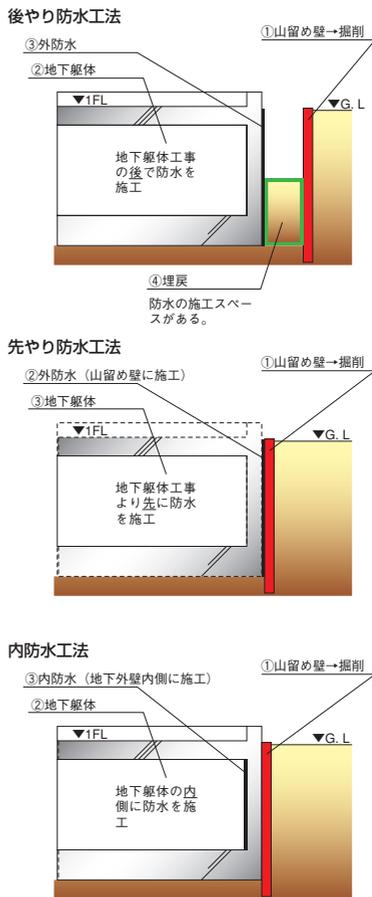


図 1 地下防水工法の種類

4. 防水層の選定

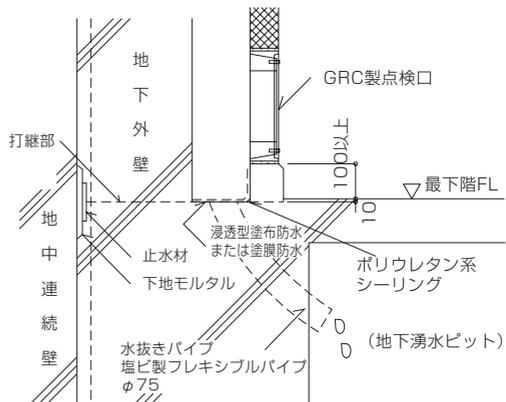
地下外壁の防水層には、埋戻中の土砂落下や、建屋外部の埋設配管施工時の影響、経年に渡る地盤沈下などの外力に対して損傷しないような材料が望まれます。また、コンクリートとの強い密着性、土中バクテリアに対する耐性、土中化学物質に対する耐性なども要求されます。JASS8では、これに施工性を考慮して、地下外壁外部側の防水に適用されている防水層の種類は、改質アスファルトシート防水またはゴムアスファルト塗膜防水とされています。

この他にもさまざまな防水が開発され使われていますが、①耐損傷性、②コンクリートとの密着性、③耐バクテリア性、④耐薬品性を考慮し、選定する必要があります。

5. 地下からの漏水防止対策

以上のことから、地下外壁を防水することによって、漏水を経年に渡り防止することは困難です。そこで、地下外壁の内側に壁を設置して漏水が発生しても実質的な影響を与えないようにすることが、地下の基本であると考えられています（図2）。

地下の施工に当たっては、まず何より密実なコンクリートを打設できるように納まりや工区割、山留め支保工を計画・管理し、打設に当たっては、ジャンカや豆板を作らない施工管理が重要です。



コンクリートのひび割れ幅が0.3 mm以上になると二酸化炭素が侵入し、ひび割れに沿って中性化が進行しやすくなります。

1. 補修を要するひび割れ

構造設計上、必要な箇所の構造耐力強度を低下させるようなひび割れ（「腰抜けスラブ、耐力壁せん断ひび」等）は構造上補修を行う必要があります。よく見受けられる乾燥収縮ひび割れなどはそれとは違い、耐久性上、補修する必要があるわけです。

漏水は幅0.04 mmで生ずるとの研究もありますが、実際の漏水防止目的でのひび割れ補修では実際に漏水しているかどうかで判断すれば良いでしょう。

2. 誤りやすいひび割れ補修

塗装外壁における下地モルタル層のひび割れ補修において注意したいのは、浮きが生じている場合やモルタル裏面に水が廻っている場合です。まず浮きを撤去して、コンクリート面でのひび割れを補修し、止水注入する必要があります。

特にパラペット外壁部分の下地モルタル層のひび割れは裏面に水が回りやすいので、浮きの有無、屋上からの漏水の有無を確認して補修します。安易にUカットシール補修してしまうと、層内に浸入した雨水を閉じ込めてしまうことになり、不具合を生じさせる可能性が高くなります（図1参照）。

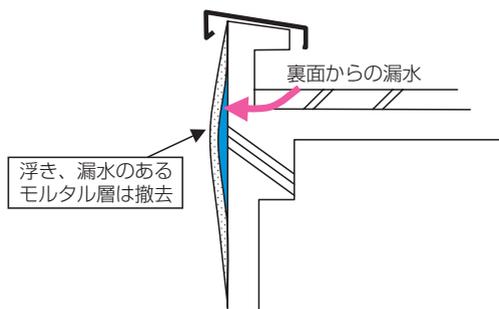


図1 裏面からの漏水

11

夏型結露のクレーム対策

普通、「結露」は冬に発生します。外気に冷やされた外壁や窓に室内の高温多湿な空気が接触し、冷やされた空気が露点温度以下になり「結露」が発生します。

一方、気温が高い夏でも、地下室や倉庫の床などで大量の結露が発生することがあります。これを冬型に対して「夏型結露」と呼びます。実はこの「夏型結露」の対策は大変に難しいのです。なぜでしょう？

1. 結露発生メカニズム

まず、結露発生メカニズムを復習しておきましょう。

空気中には水蒸気（湯気ではありません。水蒸気は気体なので目には見えません）が含まれています。気温によって空気に含まれる水蒸気量は違います。空気がもうこれ以上水蒸気を保てない温度を「露点温度（相対湿度 100%）」といい、その状態を「飽和状態」といいます。

水蒸気を含む空気のある入れ物（バケツ）として見たとき、気温によりバケツの大きさが変わります。空気を冷やすとバケツは小さくなります。即ち、空気が保つことができる水蒸気の全体量は少なくなり、ついには、内部の水が溢れ出してしまいます。この状態が「飽和」であり、溢れた水が「結露」なのです。

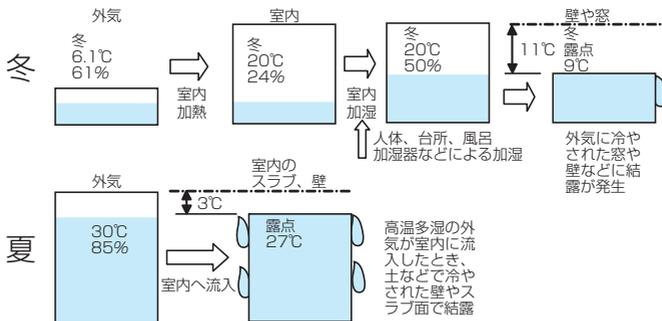


図1 冬型と夏型結露の発生の違い

普通「結露」は冬に起こる現象です。しかし、地下室や倉庫などでは、夏にも「結露」が発生します。この夏型の結露対策は実はやっかいです。その理由を一緒に考えてみましょう。

2. 結露発生と温度差

室温と「露点温度」の差が小さいほど、部屋内の壁面に結露は発生しやすくなります。冬の室温が20℃、露点温度が9℃の場合だと、結露が発生する露点温度にするためには、壁を11度も冷やさなければなりません。それに対して、夏場だと室温と露点温度の差は数度しかありません。簡単に「結露」が発生するのです。

露点温度と気温との差が小さい夏場に、「結露」しない温度にまで断熱しようとする、膨大な厚さの断熱材が必要です。

3. 結露の防止策

「結露」を防止するには二つの方法があります。

一つは「空気を冷やさないこと（バケツを小さくしない）」であり、もう一つは「水蒸気の量を減らす（バケツの中の水を減らす）」ことです。

夏にバケツを小さくしないようにする（断熱する）方法で効果を出すことが難しいことは説明した通りです。従って、「バケツの中の水を減らす」対策が必要となりますが、湿度を低くするには機械的に除湿するしか方法がありません。

夏の空気は、多量の水蒸気を含んでおり、通常、室内の空気よりも水蒸気量が多いのです。外気と換気すると、「バケツの中の水を減らす」どころか増やしかねません。これが、夏場の結露対策が難しい理由です。

結露対策に換気が効果的なのは、「冬型結露」に対してであって、高温多湿の夏に発生する「夏型結露」には逆効果となるおそれがあるのです。

12 集合住宅の音問題

近年、集合住宅にはより快適な住環境が要求されています。その住環境の中で音に関するものは、最も重要視される要素の一つです。集合住宅で起こる音の問題といえば、外部からの騒音、隣戸及び上階からの騒音、そして共用部からの騒音に加え、自己住居内の一部が発生音因となる騒音などがあります。これらの騒音は「空気伝播音」による騒音と「固体伝播音」による騒音（図1）に分けることができます。

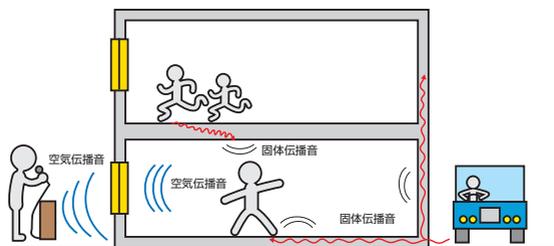


図1 空気伝播音と固体伝播音

1. 空気伝播音

「空気伝播音」による騒音は、仕上げ材の種類、開口の位置・大きさ及びサッシの種類を吟味することによってほぼ予測どおりに制御することができます。しかし、「固体伝播音」による騒音対策は難しいものがあります。理由は何なのでしょう。

仕上げ材及びサッシは製品単体としてのスペックや遮音性能は公表されていますが、あくまでそれは実験室レベルでの性能であって、実際に建築物に取り付けた時、計画通りの性能は期待できません。それは、実際の建物の構造躯体が物件によってすべて異なるからなのです。

2. 固体伝播音

「空気伝播音」は目に見える空間を通過して伝わりますが、「固体伝播音」による騒音は構造躯体という隠れた部分を介して伝播していきます。ですから構造躯体の違いによっ

都市部のマンション生活はごく当たり前になっています。そして、その集合住宅でのトラブルの多くは音に関するものです。音の発生要因はさまざまです。そのため対策にもこれといった決定的な決め手がありません。

てその伝播状況も異なっている上に、建物が完成した後では仕上げ材により構造躯体が隠蔽されているため、余計に不可解なものとなっています。

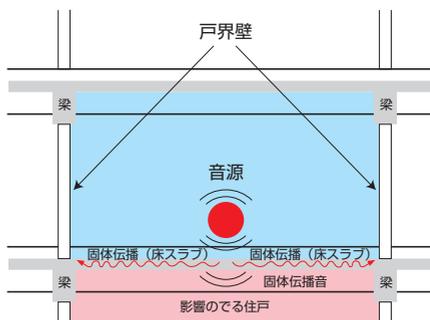
3. 予測が難しい固体伝播音

間取りの自由度を高めたいという要求が強い住戸計画と構造計画との整合性がとれず、床スラブの「固体伝播音」が直下の住戸以外の居室にも影響を及ぼす例を図2に示します。

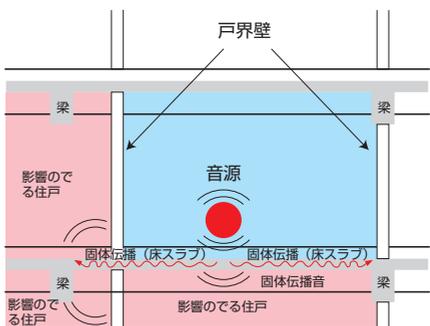
住戸内の音源から生じた振動は「固体伝播」により同一床スラブ全体に伝わります。しかし、梁などの剛性の高い部材がある場合は、梁で隔たれた隣の床スラブへの振動は大幅に軽減されます。

ケース①では悪くとも直下の住戸への影響だけですみますが、ケース②のように隣戸との戸界壁が床スラブ内にあれば「固体伝播音」による騒音が複数の住戸で発生します。これは一例にすぎませんが、建物の構造躯体が集合住宅の音環境を左右する要素になっていることがお分かり頂けたことと思います。

住戸の音環境といえば、仕上げ材、サッシ等に関わる遮音性能が目が行きがちですが、建物の構造躯体をも考慮した上で、音環境の計画を行う事が大切なのです。



ケース① 整合性がとれている



ケース② 整合性がとれていない

図2 固体伝播音の影響

◇参考文献：「ASANUMA 構造マガジン」 著者：佐藤 尚隆

おまけ

超高層マンションでの優雅な暮らし

最近、都市部に増えた超高層マンションを見て、『あんなマンションの最上階に住んでみたい』と誰しも一度は思ったことがあるでしょう。

毎日のように眺めることができる夜景や風景は素晴らしいものですし、周囲からの羨望のまなざしも期待できそうです。

しかし超高層マンションもいいことばかりではありません。

1. 超高層マンションは揺れる

東海地震が起きた場合、震源地に近い場所の高層ビルでは3秒から5秒の揺れが10分近く続くおそれがあります（長周期地震動）。

高さの100分の1揺れたとすると、250mの高さのビルであれば片側に2.5m揺れることになり、周期5秒程度で左右に5m揺れることになります。

揺れによって家具などは動きますし、内装材も挙動についていけなくなり、きしみ音やひび割れなどを発生させることでしょう。

エレベータは止まり、場合によっては復旧まで数日かかるかもしれません。そんな場合、階段での昇り降りを数日間、強いられることになります。

2. 風も強い

3階程度の風圧力を1とした場合、100mクラスでは2.1倍程度、200mクラスでは2.6倍程度になります。当然、風圧でビルはゆっくりと揺れますし、窓を開けたとき

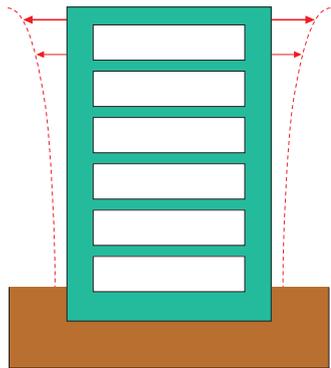


図1 建物が揺れる様子

超高層マンションは夢とアコガレ。しかし、現実生活は良いことばかりではありません。エレベータひとつ取り上げても、それが止まってしまった時には、丈夫な足腰が必要です。こればかりはコンビニでお買い求め頂くわけにもいかないのです。

の突風や風切り音は時によってはすごいものになります。

3. 火事のと き

不幸にして火災が発生すると、当然、はしご車は届きません。スプリンクラーなどの消防設備は設置されていますが、いざ避難となると階段をひたすら走り降りるか、屋上のヘリポートからの救出を待つしかありません。

4. 居住環境

殆どの場合、高層部では携帯電話がつながりません。(機種によっては対応していますが……。)

ゴミ出しや移動がエレベータで制約されるため、混雑時など時間がかかる場合があります。



写真1 超高層住宅からのみごと眺望

超高層マンションには、不便な事柄があるのは事実ですが、いいこともたくさんあります。すばらしい眺望や最新構造技術に裏づけされた安全性、そしてそのステータス性。今後都心の住居スタイルとして定着していくのは間違いないでしょう。

『高層マンションに住んでみたい』だれもが抱く夢なのかも知れません。

第5章

知識の安全帯

～知っていて得する知識集～

1 土の感触を確かめる

土の堅さを表す単位に N 値があります。ボーリングデータで示される N 値により土の堅さが判断できるとされています。

では、N 値が 10 の土は、堅いのでしょうか、柔らかいのでしょうか？結論からいいますと、N 値 10 の土は、「砂なら緩い締め固まっていない砂」といえ、「粘土ならば堅い土」になります。砂の相対密度と粘土の「コンシステンシー」と N 値の関係を下表に示します。

表 1 砂の N 値と相対密度の関係

砂のN値と相対密度の関係

N値	相対密度	現場判別法
0～4	非常に緩い	D13の鉄筋が容易に手で貫入する。
4～10	緩い	シャベル(スコップ)で掘削できる。
10～30	中位の	D13の鉄筋を5ポンドのハンマで容易に打ち込める。
30～50	密な	同上で30cmくらい打ち込める。
>50	非常に密な	同上でも5～6cmくらいしか打ち込めない。掘削に つるはしを要し、打ち込むとき金属音を発する。

粘土のコンシステンシーとN値の関係

N値	コンシステンシー	現場判別法
<2	非常に柔らかい	こぶしが容易に10数センチ入る。
2～4	柔らかい	親指が容易に10数センチ入る。
4～8	中くらい	努力すれば親指が容易に10数センチ入る。
8～15	堅い	親指で凹ませられるが、つっこむことは大変である。
15～30	非常に堅い	つめでしるしをつけられる。
>30	大変堅い	つめでしるしをつけるのが難しい。

※コンシステンシー：含水状態の違いで変わる外力に対する土の抵抗性

1. 土の種類を判断する

では、土を前にしたとき、その土が砂なのか粘土なのかをどうやって判断すればよいのでしょうか。

土は粒度（どの大きさの粒子を持つ土がどのような割合で含有されているか）によって図 1 のように分類されます。

土の堅さはボーリング調査をして得られるN値で示されます。では、N値10の土は堅いのでしょうか。それとも柔らかいのでしょうか。N値はどちらとも表現できる不思議な数値なのです。

ふるい試験によって得られた粒径加積曲線によりどのような土であるかが分かります。

たとえば下の粒径加積曲線の試料Aは粗粒分が多い土（砂礫）であり、B（砂）は含まれている土粒子の粒径範囲が広く、試料Cは細粒分が多い土（シルト）であることが分かります。

2. 感触やにおい、五感を働かせて土を判断

現場では往々にして、「その土がどのような土で、どう対処するか」を緊急に判断する場面に遭遇します。その時に、いちいちふるい試験をする

時間がない場合もあります。また、ボーリングデータで得られた結果から、山留めに作用する側圧を決める時、その土をイメージして、各種、土質常数を定め計算しますが、実際に掘削した土が自分が想定した土と同じか、あるいは違っているのかを確認する必要があります。

自分が相手にしているのはどのような土かを常に把握するために

は、土の感触やにおい、見た目など五感を働かせて、どのような土なのかを感じ、それを記憶しておくようにしたいものです。

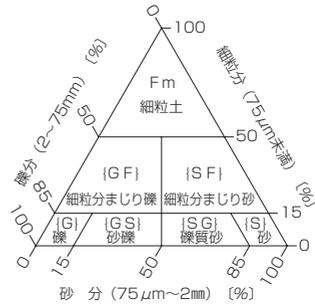


図1 土の分類

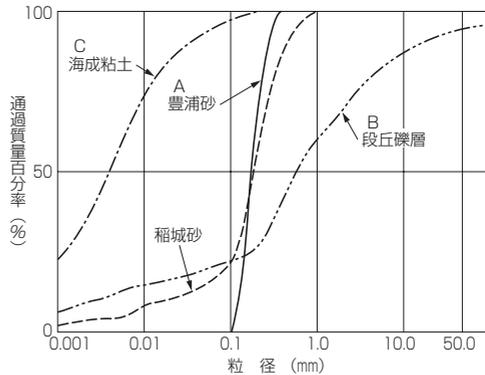


図2 いろいろな土や粘土の粒径加積曲線

2 高強度コンクリートの大臣認定

高強度コンクリートとは、JASS5 に示されるように設計基準強度 (F_c) が $36\text{N}/\text{mm}^2$ を超える普通コンクリートと定義されています。

1. 普通強度コンクリートとの違い

高強度コンクリートを柱などの断面の大きな部材に打ち込んだ場合、単位セメント量が多いため硬化初期に高温履歴を受けます。普通強度のコンクリート ($F_c = 36\text{N}/\text{mm}^2$ 以下) は、現場水中養生供試体の圧縮強度で構造体コンクリートの強度を推定することができますが、高強度コンクリートではできません。そこで、構造体モデルから採取したコア供試体 (図1 参照)

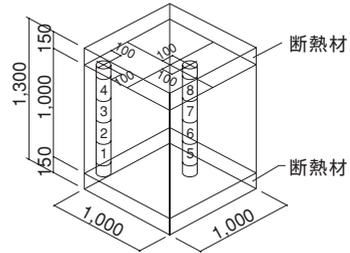


図1 構造体モデル (模擬柱部材) の例

や、構造体とほぼ同じ「温度履歴」を与えた供試体 (簡易断熱養生、図2 参照) の圧縮強度を推定値とし、標準養生供試体の圧縮強度との差として定義されるコンクリート強度の補正值 (m_{Sn}) を、試験または信頼できる資料を用いて事前に決めておき、調合強度を算定する必要があります。

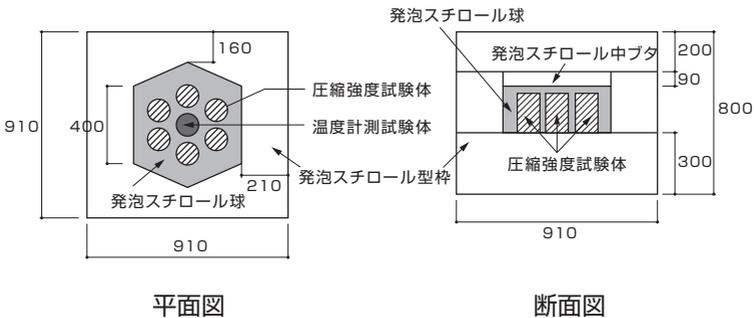


図2 簡易断熱養生の例

高強度コンクリートは、硬化初期に「高温履歴」を受けるため、その強度を通常の現場水中養生供試体で推定することはできません。そこで構造体モデルからコア供試体をくり抜いたり、構造体とほぼ同じ温度履歴を受けた供試体を用いて、強度を推定しています。

2. 建築基準法第 37 条の運用について

2000 年 6 月に法改正された建築基準法第 37 条が施行され、建築物の主要構造部や基礎には JISA5308（レディーミクストコンクリート、『生コン』の JIS）に規定するコンクリートを使用すること、及びそれ以外のものを使用する場合には大臣認定の取得が必要とされました。

JISA5308-2003 の改訂で、コンクリートの種類として高強度コンクリートを新たに規定し、呼び強度の強度値で 50、55 及び 60、スランプフロー 50 及び 60 cm の組合せとなっています。しかし、高強度コンクリートの JIS を取得している工場はほとんどありません。

3

生コン受け入れ時の 単位水量の管理

平成 15 年 10 月 2 日及び平成 15 年 11 月 10 日に、国土交通省の直轄工事に関して、それぞれ土木及び建築に関わるコンクリート構造物の品質確保について同省より通知された「レディーミクストコンクリート（生コン）の品質確保について」の中で、単位水量検査が示されました。また、各地方公共団体や各公団等でも、仕様書の中に単位水量の管理が採用されるようになってきました。

1. 単位水量管理の必要性

通常、生コンは、図 1 のような調合で、生コン工場で製造されます。生コン製造時の砂や砂利等には表面に水分（表面水）が含まれており、その表面水を差し引いて水の計量を行います。しかし、表面水の測定はほとんどサンプリング試験です。特に、細骨材の表面水の変動は大きく、生コンの単位水量にバラツキを与えます。例えば、細骨材の表面水が 2% 小さく設定されたとすると、水は約 $16\text{kg}/\text{m}^3$ ($185 + 16 = 201\text{kg}/\text{m}^3$) 多くなります。計画調合では水セメント比 = 47% ($185/394 \times 100 = 47$) の場合、上記のように $16\text{kg}/\text{m}^3$ 練り混ぜ水が多くなると、水セメント比 = 51% ($201/394 \times 100 = 51$) となり、圧縮強度低下にもつながります。

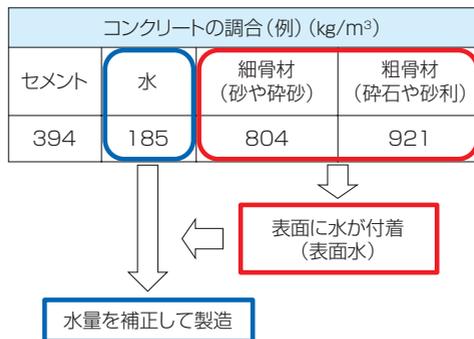


図 1 生コンの調合例

生コンクリートの発注時の管理方法として一般的に呼び強度が採用されています。しかし、厳密には生コンプラントや時期によって、生コンクリートの水セメント比に大きな違いがみられます。それは、構造体の品質にも関わる程、大きな問題を秘めているのです。

2. 単位水量の実態

生コン受入れ時の単位水量の実態を図2に示します。

図2に示す例は、単位水量の設定値 180 kg/m^3 となっていますが、ほとんどの生コン工場の単位水量は 180 kg/m^3 を超える値を示しています。単位水量が多くなると乾燥収縮が大きくなるため、ひび割れ発生の確率が高くなり、耐久性上、好ましくありません。

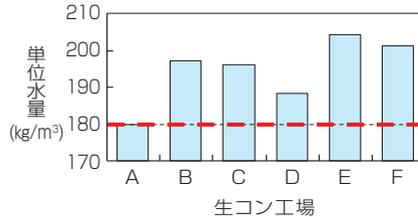


図2 単位水量の実態

3. 測定方法

単位水量の測定には、多くの方法が提案されていますが、JIS等で規格化された測定方法はありません。表1に代表的な単位水量の測定方法を示します。

表1 代表的な単位水量測定方法

名称	高周波加熱乾燥法 (電子レンジ法)	連続式RI法 (ラジオアイソトープ法)	エアメータ法 (土研法)
測定原理	コンクリートからふるい分けたモルタル分を、電子レンジで加熱乾燥させ、質量の減少量とコンクリートの単位水量と相関性が高いことを利用し、コンクリートの単位水量を測定する。サンプリング式。	コンクリート中の水素原子(主に水として存在)と照射する中性子との衝突によって減衰する中性子の割合から単位水量を推定する。生コン全量の単位水量を連続的に測定することができる。	単位水量が増加するとコンクリートの単位容積質量が小さくなる。この性質を利用し、単位容積質量の違いから単位水量を推定する。サンプリング式。

「高周波加熱乾燥法」の測定概要を図3に、「連続式RI法」の測定概要を図4に示します。

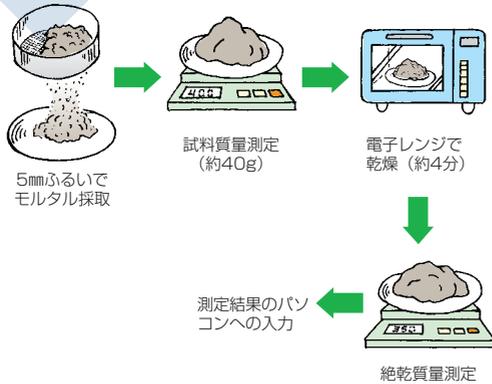


図3 「高周波加熱乾燥法」の測定概要

4. 単位水量測定のパラツキと効果

「高周波加熱乾燥法」を用いた単位水量の管理結果の例を図5に、まとめを表2に示します。平均標準偏差 (σ) は 5 kg/m^3 程度で、変動幅

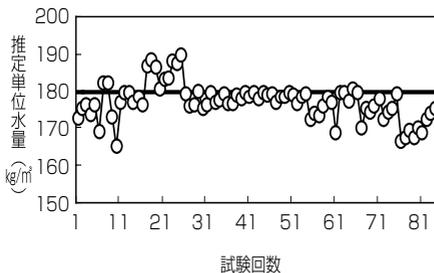


図5 高周波加熱乾燥法を用いた単位水量測定 (例)

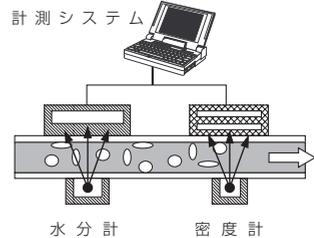


図4 「連続式RI法」の測定概要

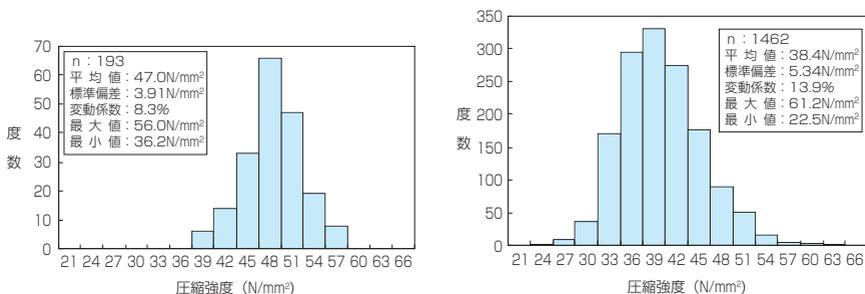
n	84
平均	177.1 kg/m^3
標準偏差	4.8 kg/m^3
変動係数	2.7%
最大	189.7 kg/m^3
最小	165.0 kg/m^3

を3σと考えると、設定値に対して±15 kg/m³程度で単位水量の管理が可能であると考えられます。

表2 単位水量管理結果のまとめ

設定単位水量 (kg/m ³)	180		185
セメントの種類	N	BB	N
プロジェクト数	11	7	25
生コン工場数	27	18	70
データ総数	2,484	432	1,908
平均推定単位水量 (kg/m ³)	177.9	178.2	182.2
平均標準偏差 (kg/m ³)	5.5	5.0	5.1
平均変動係数 (%)	3.1	2.8	2.8

通常の呼び強度で発注した場合と、単位水量を管理して発注した場合の圧縮強度の試験結果の比較を示します。図6に示すように、単位水量を管理した場合の方が、平均圧縮強度が高く、変動幅も小さくなっています。



(a) 単位水量管理ありの場合（呼び強度33、W/C=47%）

(b) 単位水量管理なしの場合（呼び強度33、W/C=47%）

図6 圧縮強度試験結果の比較

4 粘り強い建物を造るために

1995年の兵庫県南部地震では、多くの建物に被害が発生しました。この地震では、1981年(昭和56年)に施行された新耐震設計法で設計されていない建物は割合として害が多く、同設計法の考え方が正しいことが実証されたと考えられています。では、その考

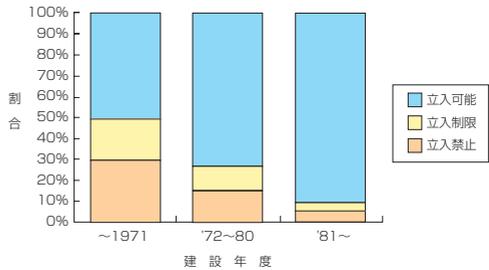


図1 兵庫県南部地震における建設年度別被害状況

え方とはどういうものなのでしょう

うか? また、地震時に容易に壊れない建物を造るために、施工者はどうすべきなのでしょうか?

1. 塑性変形と耐震設計

バネを伸ばしていくと、ある長さを超えると元に戻らなくなります。さらに伸ばすと切れてしまいます。元に戻る間が「弾性変形(弾性範囲)」、元に戻らなくなって切れるまでを「塑性変形(塑性範囲)」と呼んでいます。

現在の「新耐震設計法」では、中程度の地震は弾性変形の範囲で設計し、数百年に1程度発生する大地震については、塑性変形を許容し、一部が壊れても全体が崩壊や倒壊

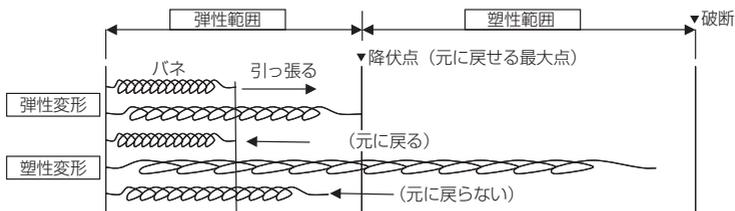


図2 弾性変形と塑性変形

兵庫県南部地震では、新耐震設計法で設計された建物の被害は少なく、同設計法の有効性が認められました。同設計法の考え方は、数百年に一度発生する地震にも壊れない建物を設計することではなく、たとえ建物が損壊しても、人的被害を少なくすることにあります。設計の主旨を良く理解して、地震に強い建物を建てるには何が大切なのか考えましょう。

せずに、人的あるいは物的被害を少なくする設計が許容されています。これは、どんなに大きな地震が発生してもびくともしない頑丈な建物を造ることに、経済的な合理性が認められないからです。

2. 不塑性繊維変形を許容した設計理念

では、塑性変形を許容して、一部が壊れても全体が崩壊や倒壊しないとはどういうことでしょうか？

このことを理解するには、塑性ヒンジを理解する必要があります。通常のラーメン構造の場合は、柱梁の接合部は剛接合です。塑性ヒンジとは、剛接合の部材が壊れて、回転に対する抵抗を失い変形のみが進む状態になることです。

たとえば、剛接合の柱頂部に大きな水平力を受けた時、柱頂部及び柱脚部はモーメント（回転力）を受けます。そして、荷重が大きくなるにつれ、部材の外部から降伏し、最終的に全断面が塑性化し、外力が一定にもかかわらず、回転量のみが増大する状態になります。この状態が、塑性ヒンジです。

一方、柱が受けた水平力に対して柱は剪断力を受けます。この剪断力が柱の剪断耐力を上回ると、柱は剪断破壊を起こします。剪断破壊が発生した柱は、鉛直加重を負担できないため、想定される水平力に対して



写真1 柱が塑性変型した例

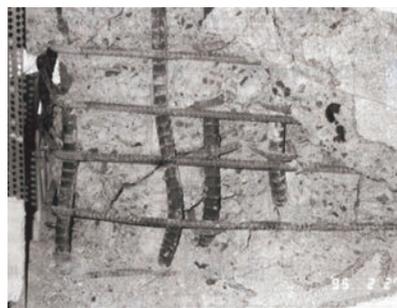


写真2 柱の塑性ヒンジ

剪断破壊よりも先に塑性ヒンジができるように設計されています。粘り強い建物は容易に倒壊、崩壊しない建物であり、そのためにはバランスが重要です。やみくもに強い部材を作ればよいというものではないのです。

設計で想定された変形性能が実現されていなければ、設計通りに荷重が負担されず、弱い部材に大きな荷重がかかります。

施工者は、建物全体やその部分に対して、設計者の意図を理解し、設計で想定される変形性能が実現できる部材などを作る必要があります。

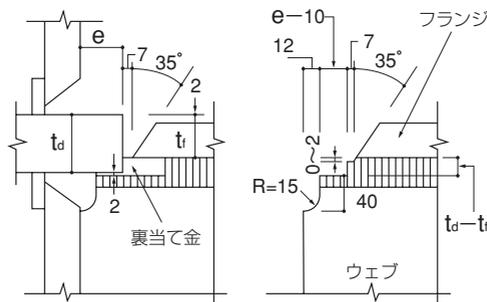
3. 新工法、新建築鋼材の開発

阪神大震災で鉄骨造の梁端部溶接部の脆性破壊や大型断面部材の脆性破断が発生したことを受けて、接合部のディテール（ノンスカラップ工法の開発など）や建築構造用鋼材（SN材）が開発されました。

また、RC 構造については、「構造スリット」の必要性が大きく認識されました。

4. 梁崩壊型の構造設計

建物の全体的な構造計画に関しても、柱崩壊型の設計はなるべく避け、梁崩壊型とすることが望ましいとされています。



ロールH梁、先組BH梁

図3 ノンスカラップ工法

柱崩壊型は崩壊に至るまでの塑性ヒンジの数が少ないと、一つの塑性ヒンジ当りのエネルギー吸収量が大きくなります。つまり、塑性ヒンジを形成する部材に大きな全塑性モーメントあるいは大きな塑性変形能力が要求されることとなります。柱崩壊型は、短期崩壊となり人命などに与える影響が大きいため、梁崩壊型が望ましいのです。

また、建物の剛心位置と重心位置は、できるだけ合わせることが望ましいとされています。建物を平面的に見たとき、地震力は重心位置に作用しますが、それに対して、剛心を中心に抵抗することから、剛性の低い部分が大きく変形したり、剛性の高い部分に想定以上の大きな水平力が作用することにより、部材が破壊されることがあります。そのために、剛心と重心はできるだけ合わせる必要があるのです。

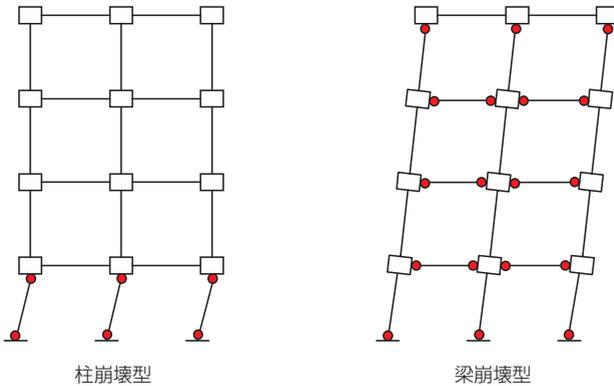


図4 柱崩壊型と梁崩壊型

5 スラブは守備的 MF

人間が利用する建物には必ず床スラブがついています。

しかし構造的にはスラブは柱・梁と比較して地味な存在といえます。当のスラブ本人(?)は、本業(物を支え、空間を作り出すこと)だけ頑張っているつもりなのですが、実は本人の意思に関わらず副業もこなしているのです。

1. スラブのもう一つの役割～協力幅

図1にスラブの付かない梁と二種類のスラブのついた梁を示します。スラブのついた梁の図には「協力幅」と書いてあります。これはスラブが梁に協力できる範囲を示すものです。この範囲のスラブは梁の強度、剛性の向上に協力しています。

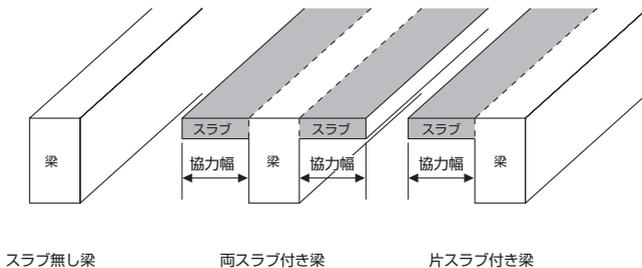


図1 スラブの梁に対する協力

2. 剛床仮定の考え方

図2にスラブの効果を示します。A図は柱と梁だけからなるラーメン架構(2×1スパン)で、B図は柱、梁及びスラブからなるラーメン架構です。それぞれ同じように中央の通りの柱頭部に水平力を作用させると、この架構の水平変位はどうなるでしょう。

スラブのない場合、水平力の加わった通りのみ水平変位が大きくなります。スラブのある場合には、水平力が中央の通りに作用するものの、水平変位はどの通りでもほぼ等しくなります。

スラブの持つもう一つの大切な役割。それが梁への協力です。建物自体への強度にも大きく影響します。

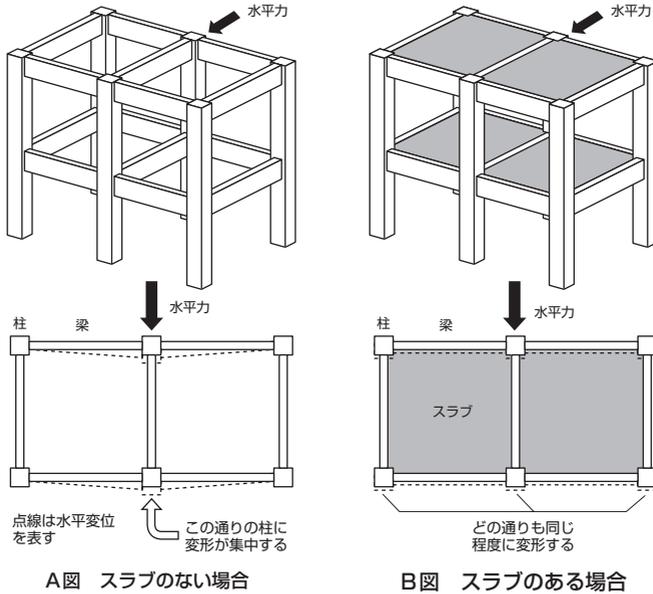


図2 スラブの効果

これはスラブが柱、梁同士をしっかりと結びつけたため変形が集中しないで、建物全体がまんべんなく変形したからです。まさしくスラブによって建物の一体化が図られ、地震などの外力に対しても建物全体で抵抗できるため、より堅固になります。

構造設計においては、このようなスラブがあることによって水平構面が剛になっていると仮定できることを『剛床仮定』といい、設計する上で重要な要素の一つとされています。

3. スラブは守備的 MF

建物の構造体の世界ではスラブは、柱、梁のように何かと話題に上る華やかな部材ではありませんが、スラブは梁に余力を与え、建物全体の構造性能の向上に貢献していますので。いわば建物構造の要といえます。サッカーでいえば「守備的 MF」ボランチなのです。

◇参考文献：「ASANUMA 構造マガジン」 著者：佐藤 尚隆

6

しご 扱き塗り下地にタイル 貼りは可能か？

しご
扱き塗りとは、コテ圧をかけ、下地にすり込むように塗り付ける作業のことで、左官の一連の作業で、最初に行う工程です。

1. 外壁下地のしご 扱き塗り

「外壁コンクリートをフィラーで扱いて、タイル貼りしようとしているのですが、ダメですか？通常どこの現場でもやっているように思いますが…」という質問を、若手の主任から受けたことがあります。

結論からいいますと、塗装と異なり、ある程度の重みがあるタイル貼り仕上げでは、下地モルタル層は3～5mm程度の厚みが付く程度の骨材を使います。フィラーは薄皮なので、タイルの自重や面内伸縮に対する抵抗性が高くありません。

また、極端に薄過ぎるモルタル層やフィラー層だと、硬化前に水分が下地に吸収され、ドライアウト状態になったり、日射の厳しい夏場には蒸発したりして弱い部分ができやすくなります。極端に薄い下地が好ましくない理由です。



写真1 フィラー材の使用

『外壁コンクリートをフィラーで扱しごいて、タイル貼りしてもよいでしょうか?』と尋ねられた時、あなたならどう回答しますか。

2. 目違いの不陸調整

最近、タイル直貼りにおいて型枠目違いなどの部分的な不陸調整材などに、ゼロ接点で仕上げるべく、厚みのほとんどない塗装下地調整のフィラー材が使用されています。前述の通り、タイル下地としては向きません。目違い補修は極力行わないようにしましょう。

タイル面精度の見栄え上、やむを得ない場合は JIS A 6916 (建築用下地調整塗材) の CM-2 認定品または同等品を使い、最低 3 mm 程度の塗り厚を確保するのが望ましいでしょう (表 1 参照)。

なお、厳しい面精度を要求される、表面がフラットで光沢があるタイルやラスタータイルなどの直貼りは避けた方が良いでしょう。

3. タイル下地の処理

薄塗りモルタル表面が平滑な場合は、貼付けモルタルの界面から剥がれる危険性があります。仕上げ表面を押さえすぎて平滑にならないようにします。通風がある場合や施工面に日射がある場合などはドライアウトしやすくなるので、日除け養生などの対策を施すようにします。翌日に散水養生を行うと、ドライアウト部分の強度回復も期待できます。

表 1 下地調整塗材の分類 (JIS A6916)

① セメント系下地調整塗材 (1 種 0.5 ~ 1mm、2 種 1 ~ 3 mm程度) 「塗装」下地用
1 種 C-1 : 複層塗材 RS エポキシ系のような硬化収縮応力の大きいものは対象としない
2 種 C-2 : いわゆるセメントフィラー 全ての仕上げ塗材が対象
② セメント系下地調整厚塗り材 (3 ~ 10 mm厚程度)
1 種 CM-1 : C-1 に同じ
2 種 CM-2 : C-2 に同じ

7 めっき・電解着色の仕組み

「めっき」とは、金属表面を覆って地金（じがね）を保護し、また表面を美しく見せるために施す表面処理の総称です。

1. 名前の由来

「めっき」の名前の由来は、その文字「鍍金」の語源である「減金」からきています。

その昔、仏像などを装飾する目的で、金を水銀に溶かし（溶かしたものを「アマルガム」という）、その中に漬け込むか塗り付けた上で、松明であぶり出し金の層を析出しました。金が溶け出して「金が減する」→「減金」→「めっき」となったそうです。

めっきの種類は多く、工業用のものから装飾用のものまで様々です。ここでは建築の外部鉄部に用いられる「亜鉛めっき」とアルミニウム製品の「電解着色」について取り上げます。

2. 亜鉛めっきの種類

亜鉛めっきの方法として、電気エネルギーを利用した「電気めっき」と、溶融した金属の中に漬け込む「溶融めっき（「どぶ漬めっき」ともいう）」が一般的です。電気めっきと溶融めっきの比較を表1に示します。

表1 溶融亜鉛めっきと電気亜鉛めっきの特性比較

性 質	溶融亜鉛めっき	電気亜鉛めっき
亜鉛純度	99.80%	99.99%
平均膜厚	約100 μ m(100~600g/m ²)	5 μ m
めっき時間	数秒~数分	10~50分
めっき温度	420~480℃	室温40℃
前処理	比較的ラフ	精密前処理必要
電源	不 要	必要
熱源	必 要	浴の加温程度
被処理物	鋼板、大物建築材など	プレス物、小物類
クロメート処理	一般にしない	する
公害性	比較的小	大
めっき後加工性	割れやすい	加工性良好
耐食性	同一膜厚なら劣る	同一膜厚なら良好
耐キズ性	良 い	悪 い
めっき膜厚管理	困 難	容 易
めっき後品物の変形	あ り	な し

金属の錆を防いでくれる「めっき」は、実にありがたいものです。しかし、「めっき」は万能ではありません。使う場所や条件によっては、予想外に脆いものなのです。「めっき」と「電解着色」の仕組みを理解して、正しい使用法をマスターしましょう。

3. 亜鉛めっきの防錆機能と製造工程

亜鉛めっきは、表面にできる酸化皮膜による保護皮膜作用と、キズにより鉄が露出した場合、鉄より先に亜鉛が溶け出す犠牲防食作用により、鉄が錆びるのを防ぎます。

めっき可能な製品のサイズは、工場のめっき槽のサイズと設備により決まります。

また、溶融亜鉛めっきは、部材に密閉部分があると、内圧が高くなり危険です。

また溶けた亜鉛がスムーズに流れないと、「不めっき」や「亜鉛たまり」、「やけ」の原因となります。湯流れ（流出入）がスムーズになるように、図1のように、空気抜きや亜鉛流出入孔、穴あけが必要です。

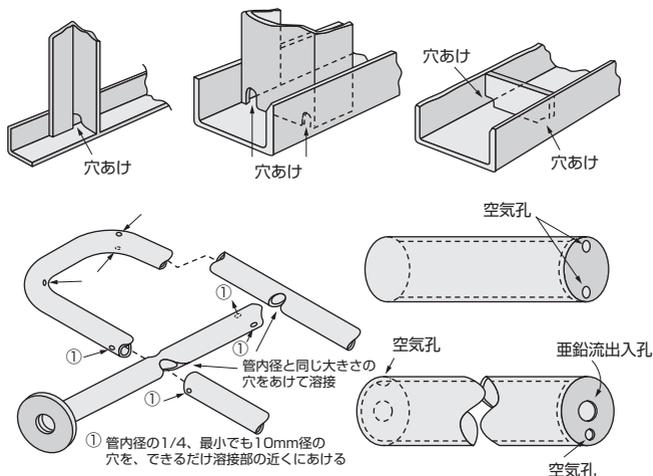


図1 亜鉛めっきされる部材と空気穴の例

4. アルミニウムの電解着色

アルミニウムの表面処理として、最も一般的なものとして陽極酸化皮膜があります。電気めっきは、地金を陰極に設置し、溶液中の金属を析出させます。陽極酸化は、アルミニウムを陽極に設置し、溶けたアルミニウムが電気分解によって発生した酸素と化合して再びアルミニウム表面に析出するものです。

溶解した分だけアルミニウム素地が減り、その2倍の酸化皮膜ができます。ちなみに「アルマイト」という名称は理化学研究所の登録商標です。

陽極酸化皮膜の処理の内、染料や金属塩を用いず、アルミニウム合金の材質及び電解条件の組み合わせにより発色させる方法を「電解発色」といいます。色調はゴールド、アンバー、ブロンズ、グレーなどがあります。

これに対して、金属塩を含む電解浴中で二次的に電解し、電解孔（図2：酸化皮膜の構造参照）の最深部に金属を析出させて着色する方法を「電解着色」といいます。電解発色より幅広い色、濃淡に対応できます。

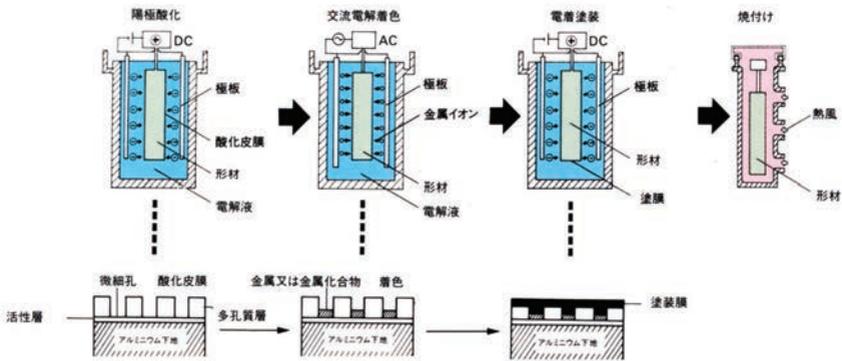


図2 アルミニウムの電解着色のフロー図

5. 封孔処理

陽極酸化皮膜の最終工程として、電解孔をふさぐ封孔処理を行います。これは酸化皮膜の表面の電解孔を高温の水蒸気を当てることによって膜の分子を膨張させて塞ぐもので、皮膜を穴のない強固なものとしません。

ただし、建築材料としては陽極酸化皮膜だけの処理は少なく、その多くが陽極酸化塗装複合皮膜となっています。

これは、陽極酸化皮膜形成後に、電着塗装（電解液中で被塗物を正極として電圧をかけることにより、酸化皮膜上にアニオン樹脂を付着させる）により塗膜を形成するもので、この場合は封孔処理を行わず、微細孔中にも塗料を食い込ませることにより密着性を向上させます。その後、「焼付け」を行い塗膜を形成させます。



写真1 電解着色の表面処理

8 焼付け塗装の仕組み

焼付け塗装は、大きく以下の二つに分類されます。

① 熱硬化する塗材を使った塗装方法

通常 230～240℃付近で焼き付ける「高温焼付け形フッ素樹脂塗料」、170℃付近で焼き付けられる「中温焼付け形フッ素樹脂塗料」及び「焼付け形1液ウレタン樹脂塗料」、「焼付け形アクリル樹脂塗料」などがあります。

② 常温硬化する塗材に熱を加えて反応を促進する方法

120℃付近で焼き付けられる「低温焼付け形2液フッ素樹脂塗料」の他、アルミカーテンウォール複合皮膜に使用される「表面クリア」もこれに該当します。

1. 焼き付け塗装の種類

上記①の「中温焼付けフッ素」や「1液ウレタン」塗材には硬化剤である「イソシアネート」という成分がカプセルのような中に入っており（「ブロックイソシアネート」という）、焼付け温度付近でそのカプセルが融け、塗材中に混ざって硬化が起こり塗膜となる仕組みです。

低温焼付けフッ素は硬化剤であるイソシアネートがこのカプセル内に入っておらず、塗装時に2液を混合させ塗膜硬化させる仕組みになっています。常温でも塗膜を形成しますが、高温にすることによって短時間に反応を完了させ、また溶剤中の揮発成分も残らないので、常温で塗装するよりも品質の良い塗膜が施工できます。

高温焼付けフッ素や焼付け形アクリル塗材にはこのような硬化剤は入っておらず、樹脂そのものが熱によって架橋硬化する性質をもっています（「熱硬化型樹脂」という）。ちょうどゆで卵が熱を受けて固まるようなものです。

2. 焼付け塗装皮膜の厚み

アルミカーテンウォールではアルミニウム素地を化成皮膜処理した下地に着色塗装される「着色塗装タイプ」の塗材が上記①に該当し、その膜厚は40 μm 程度です（図3 1 μm = 1/1000 mm）。

これに対して陽極酸化皮膜表面をクリア塗装でコーティングする「複合皮膜タイプ」の

塗装のなかでも、焼付け塗装は丈夫で長持ちする力持ちです。焼付け塗装の仕組みについて紹介します。

クリア塗材は上記②に該当します。このクリア塗膜の膜厚は $7\mu\text{m}$ 程度です（図2）。

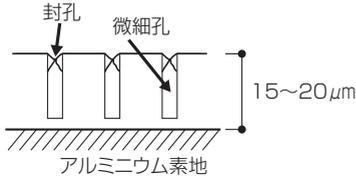


図1 陽極酸化皮膜 断面構成例

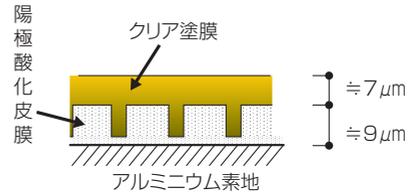


図2 複合皮膜（陽極酸化皮膜＋クリア塗装）断面構成例

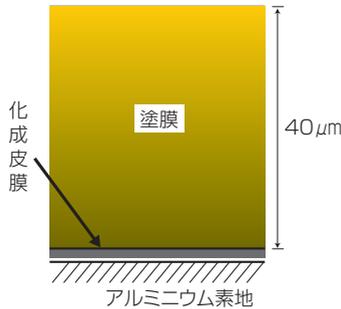


図3 着色塗装（化成皮膜＋エナメル塗装）断面構成例

アルミカーテンウォールの表面処理

9 仕上げ材の変形性能

地震が発生したとき、建物各部には慣性力が働きます。慣性力とは、その場所に留まろうとする力であり、対象となる物が支持されている土台などが動くときに生じる加速度（ a ）に対象となる物の質量（ m ）を掛け合わせて与えられます（ ma ）。

建物各部に加わる力を考えた時、この慣性力を各部位に作用させても、得られる応力は変わらないため、便宜上その部分に慣性力を作用させて耐力などを検討しています（図1）。

1. 仕上げ材の変形

図2の串団子を躯体と見做してこの外部に壁を取り付ける場合を考えてみましょう。壁を床面と頂部に強固に取り付けた場合、躯体よりもこの壁が丈夫で壊れない耐力壁の場合は、壁が頑張って躯体の変形を防止し、外力を地面に伝えます。しかし、仕上げ材は躯体の変形を防止できるほど丈夫ではないため、躯体に併せて変形できなければ壊れてしまいます。仕上げ材は躯体の変形に応じてなめらかに変形できることが望ましいのです。

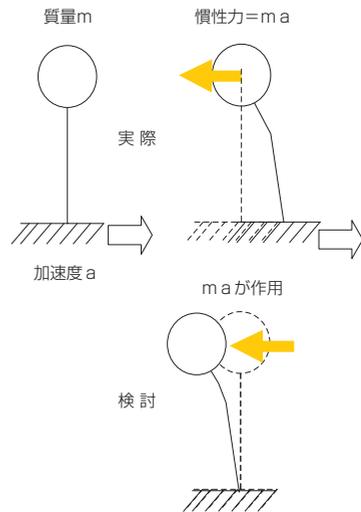


図1 耐力の検討模式図

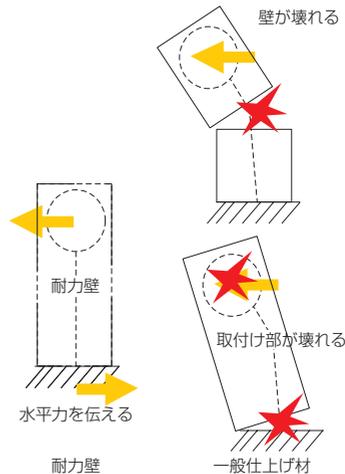


図2 仕上げ材の変形模式図

建物の躯体に外部から大きな力が働いた時、躯体は変形しようとしています。その時、躯体に取り付けられた仕上げ材もその大きな変形力を受け、通常、躯体よりも早く壊れてしまいます。単に壊れるだけでなく、剥がれて地面に落下すると大きな事故に繋がります。どの部位に破碎されにくい仕上げ材を採用するかを考えておくことも大切です。

2. 動きに追随する仕上げ材

なめらかに変形できるとはどういうことでしょうか？

外壁 PC 版を考えると分かりやすいと思います。縦長の版と横長の版を比べると、横長の版は縦長の版に比べてロッキングしにくいのです。取り付けた材料の動きを考えると、金物や支持機構を論ずる前に、その部材が、重心位置に慣性力が加わったときにどのように動きやすいのかをまず考えるべきでしょう。

非構造部材の耐震安全性の目標は以下の通りです。

(1) 大地震時（再現期間 500 年）

- ① 非構造部材の破壊や変形が直接あるいは間接に人命に危険を及ぼさないこと（壊れて落下しない）。
- ② 社会的に重要な機能を持つ建物にあってはその機能を確保すること。

(2) 中地震時（再現期間 100 年）

- ① 非構造部材が破損したり、過大な変形が生じることがないこと。
- ② 非構造部材の挙動が直接あるいは間接に建築物の居住性を損なうことなく、また財産が保護されること。

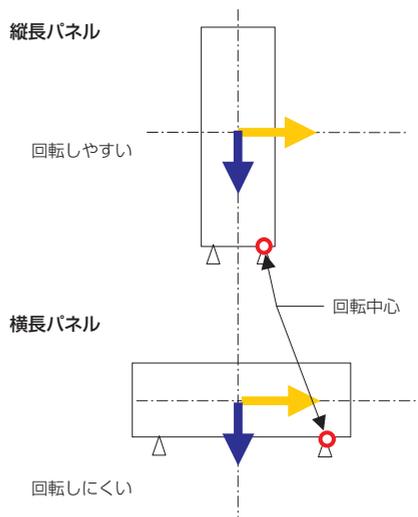


図 3 重心が低いと動きに追随しにくい

◇参考：「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施」

10 熱・乾湿による寸法変化

外壁のタイル仕上げが剥離することがあります。なぜ、剥離するのでしょうか？

タイル貼りの外壁は、躯体コンクリートから、下地モルタル、タイル貼付けモルタル、タイル、目地モルタル、シーリングなどから成り立っています。

その建物の外壁には、いろいろな要因が作用します。日光や外気温度・湿度の変化、雨、雪、凍結、潮風、上部荷重、風、地震、鉄筋腐食による割れなどです。



写真1 タイル剥落例

1. 温度や乾湿による寸法変化

材料により、温度変化や乾湿の変化による寸法変化に違いがあります。この材料の性質の違いによる動きの違いを「ディファレンシャル・ムーブメント」と呼んでいます。

材料同士が接着した状態にある時、両者の動きは同一になります。しかし、寸法変化が大きな材料は、より変化しようとして、それらの材料間の界面に剥離させようとする剪断応力を発生させます。この剪断応力が大きくなり、接着面が耐えきれなくなった時、剥離します。

では、竣工後数年を経て外壁タイル面が剥離してしまうのはなぜでしょうか？

「ディファレンシャル・ムーブメント」は、繰り返し発生することから、接着界面の接着力が徐々に疲労して弱まり、ついには剥離してしまうのです。

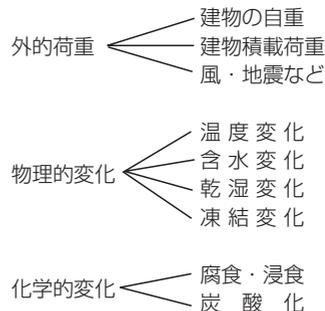


図1 ムーブメントの分類

建築部材は、熱や乾湿により膨張したり収縮したりします。その寸法変化は部材により異なります。その違いが、タイルの剥離・剥落やコンクリートの乾燥収縮ひび割れ、反りなどの原因となっています。

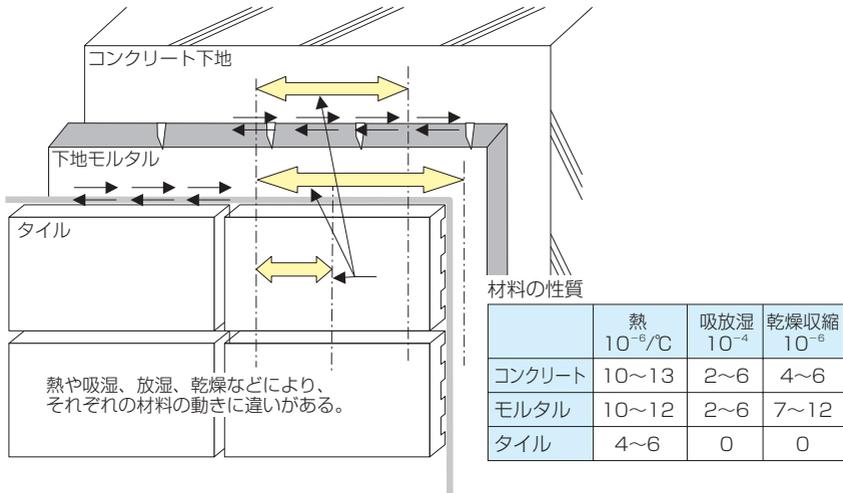


図2 ディファレンシャル・ムーブメント

2. 乾燥収縮によるひび割れ

材料間相互の動きの違いを「ディファレンシャル・ムーブメント」と呼びましたが、同じ材料でも大きさや形により、動きが違います。

たとえば、鉄筋コンクリート造の柱梁に囲まれた壁に、乾燥収縮によるひび割れが発生することがあります。大きな断面で鉄筋量の多い柱や梁に比べて、壁は薄く鉄筋量も少ないため、乾燥収縮のスピードや乾燥収縮量が大きいのです。柱や梁に比べて壁がより大きく収縮するため、ひび割れが発生します。但し、どの方向にも一様に自由に収縮する場合は、ひび割れの発生はありません。

よく、「コンクリートは乾燥収縮するからひび割れが発生する」という説明を聞きます

が、厳密には、「コンクリートの乾燥収縮などによるひずみを拘束するためにひび割れが発生する」と説明すべきでしょう（図3）。

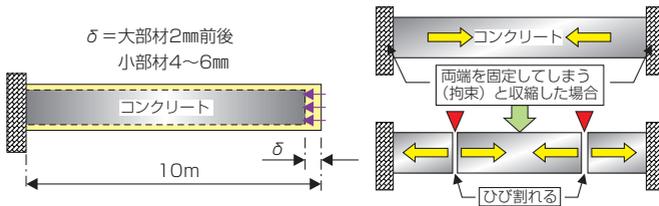


図3 ひび割れ発生メカニズム

3. コンクリートが反る

また、外壁のPC版や床板、床暖房上の嵩上げコンクリートなどが反ることがあります。なぜ、反るのでしょうか？

外壁では内部と外部の温湿度状態が違います。床暖房上の嵩上げコンクリートでも、表面側は乾燥状態にあり、裏面側は湿潤状態にあると思われます。床暖房をすると内部の温

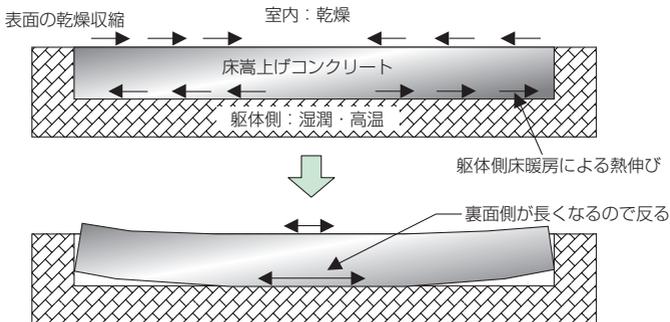


図4 そりのメカニズム

度が高くなるのに対して、表面側は室内空気に冷やされて内部よりも温度が低くなります。表面が収縮しようとするのに対して、裏面側が膨張しようとするため、端部があがる（反る）状況になります。

このように、さまざまな現象には、材料間あるいは部材間、部位間のさまざまな「ディファレンシャル・ムーブメント」が作用しています。仕様や施工方法を検討する場合、「ディファレンシャル・ムーブメント」により、どことどこがどのように動こうとするのかだけでなく、どこにどのように拘束され、そのことが建物の使用上、何に影響するのかについて検討する必要があります。

11

遮音性能が50dB違うとエネルギーは10万倍

集合住宅などの乾式間仕切り壁に取り付けられたコンセントボックスや、RC壁の断熱補強部におけるGL工法（石膏ボード直貼り工法）が、壁の遮音性能（空間音圧レベル差：D値）に大きく影響を与えることはよく知られています。

乾式間仕切り壁と他部材（柱、梁、スラブ）との隙間や建具の調整不足による微妙な隙間なども、同様に遮音性能に大きな影響を与えます。このように全体の面積からすると割合として小さな隙間などが、なぜ、遮音性能に大きな影響を与えるのでしょうか？

1. 音の感覚

音の強さ（W/m²）、音圧レベル（dB）と人間の感覚には、表1のような関係があります。音圧レベルが50dB違うということは、音の強さにすると10⁵ = 100,000倍違うことになるのです。

たとえば、音響透過損失 $TL_1 = 50\text{dB}$ の壁 $Sw_1 \{= 10\text{m}^2 \text{ (幅5m 高さ2m)}\}$ を透過する音のエネルギーと同等なエネルギーを、音響透過損失 $TL_2 = 0\text{dB}$ の隙間から透過させるには、 $Sw_2 = 1\text{cm}^2 \text{ (100mm}^2\text{)}$ あればよく、1mmの

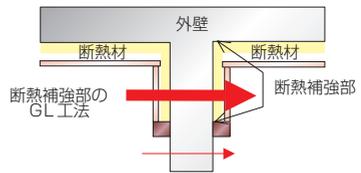
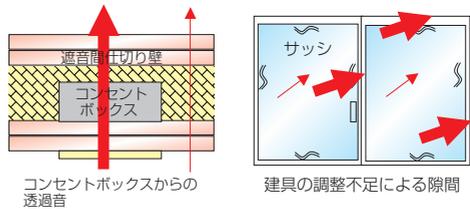


図1 建築部材から漏れ出るさまざまな透過音

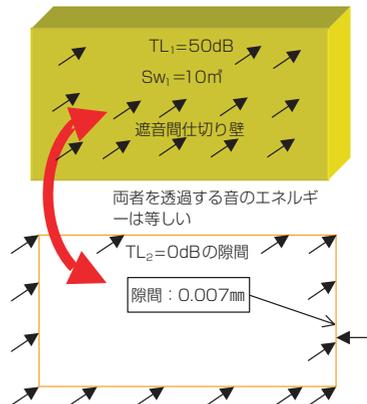


図2 音の持つエネルギー

普通、部材の寸法の長さが2倍になると、その部材の持つほとんどの諸元は2倍となります。では音を表す単位である dB はどうなのでしょう。

隙間なら 10 cm、0.1 mmの隙間なら 1m の長さでよく、四周すべてに隙間があるとすれば $100\text{mm}^3 / 14,000^* \text{mm} = 0.007 \text{mm}$ の隙間で同等となるのです。 $* 14,000 = (5 \times 2 + 2 \times 2) \times 1,000$

2. 音圧レベル

音圧レベルとは、表 1 のように知覚される音の強さの対数 $1 \sim 10^{-12}$ (W/m²) で表わされます。感覚的に扱いやすくしたのですが、そのために物理量が分かりにくくなっています。

物理量として考える時、10 違えば 10 倍、20 なら 100 倍、30 なら 1,000 倍、40 違えば 10,000 倍と 10 の階乗のエネルギー量として捉える方が分かりやすいでしょう。

表 1 音の強さ、音圧レベルと人間の感覚

音の強さ (W/m ²)	音圧レベル (dB)	人間の感覚
10^{-12}	0	可聴限界
10^{-9}	30	非常に静かな感じ
10^{-8}	40	特に気にならない
10^{-7}	50	騒音を感じる
10^{-6}	60	騒音が無視できない
10^{-4}	80	
10^{-2}	100	
1	120	聴覚の限界

音の強さと音圧レベルの関係を式に表すと、①式のように示されます。音源の強さが2倍になれば②式のように音圧レベルは3dBあがり、4倍になれば6dB、8倍になれば9dBあがります。

また、点音源の場合は、距離が2倍になれば音の強さは1/4になるため音圧レベルは6dB低下します。これらも知っておきたい知識です。

$$L = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots \text{①}$$

L : 音の強さのレベル (dB)

I : ある音の強さ (W/m²)

I_0 : 最小可聴音の強さ = 10^{-12} (W/m²)

音源の強さが2倍 → $I = 2I$ を①式に代入すると

$$\begin{aligned} L' &= 10 \log_{10} \frac{2I}{I_0} \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} + 10 \log_{10} 2 \\ &= L + 3 \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots \text{②} \end{aligned}$$

12 全国の地震発生確率

地震国日本では、構造物の耐震基準は年々厳しくなっています。

では、その根源となる地震の発生する確率はどのくらいなのでしょう。

1. 地震発生の確率

地震が起こる確率は、過去の地震活動のパターンと最新の活動期からの経過年数などから算出されます。海側と陸側とのプレート（岩盤）の境目で起こる海溝型地震は比較的発生間隔が短いので確率は高くなります。宮城県沖地震の30年以内の確率は99%とされています。

例えば、南海地震の30年以内の確率は2001年1月時点では40%だったのが、2004年9月時点には50%に上がっています。これは、「条件付き確率」と呼ぶもので、ロシアンルーレットのように時系列と共に確率は上がっていきます。

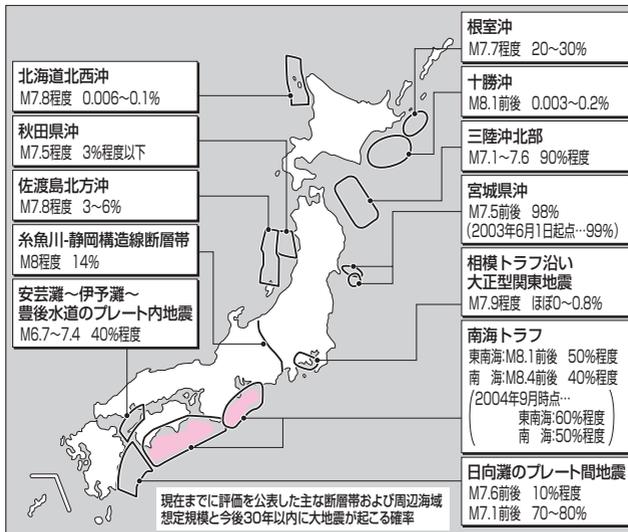


図1 主な地震の発生確率（地震調査委による）

実感とは懸け離れたことですが、地域によっては地震に遭う確率は、交通事故に遭うよりも高いのです。常日頃から地震への備えが叫ばれる所以でもあります。

2. 地震に遭遇する確率

「確率」の例として、消防白書等を引用して30年間の確率で見ると、火災で罹災する確率は約2%です。道路交通事故で死者や負傷者になる確率は約20%になります。単純に比較はできないのですが、子供が外出する際に『車に気を付けて』と注意をしますが、確率的には地震の方がリスクが高い地域もあるのです。

3. 海洋型地震への備え

また、地震には活断層の滑動によって発生する直下型地震（兵庫県南部地震など）とプレート滑動によって発生する海洋型地震（南海地震など）があります。直下型地震は短周期波が、海洋型地震は長周期波が主に発生します。兵庫県南部地震では高層建物が少なかったため、直下型地震（短周期波）にはある程度強いことが証明されました。しかし、南海地震のような海洋型地震（長周期波）に見舞われたら、想定以上の被害が出る可能性があります。

高層マンションの建設が増えています。免震・制震建物は安全であると思われていますが、実はその効果はまだ実証されていません。

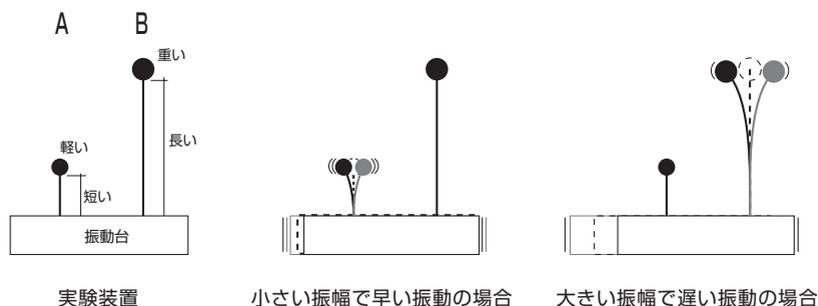


図2 建物は周期波に共震する

◇参考文献：「長期的な地震発生確率の評価手法について」 東京大学地震研究所 島崎 邦彦著
：「ASANUMA 構造マガジン」 著者：佐藤 尚隆

13 IAQ 問題とは

人体が外部から摂取する物質の中で、建物の室内空気が全体の57%を占めることを知っていますか？

BSE問題や鳥インフルエンザ、牛乳食中毒事件、その他公害、土壌汚染など我々は、口にする食物や飲み物に対して、神経質になり、日頃から無農薬野菜を摂取するなど注意している人も多いと思います。しかし、もっとも多く外部から摂取しているのは、建物内部の「空気」なのです。

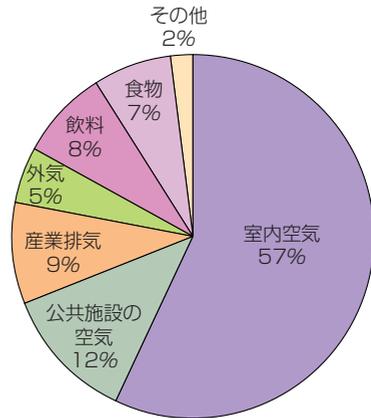


図1 人体の物質摂取量（重量）

1. IAQ 問題

「シックハウス問題」「アスベスト問題」、かび、臭いなど、建物内部の空気に起因する問題に、高い認識をもって取り組むべきなのです。

これらを総称してIAQ問題（indoor air quality 問題）と呼んでいます。

代表的な「シックハウス問題」については、断熱気密化と建材の工業化が進むヨーロッパの方が先行しており、1960年代にすでに「シックビル症候群」として報告されています。1983年にはWHOにより「シックハウス症候群」の定義が定められ、2000年には「健康な室内空気に対する権利」の宣言がWHOから出されています。

国内においては、1996年に有識者による「健康住宅研究会」が、2000年からは国民共同の研究組織である「室内空気対策研究会」が発足し、この問題に関する研究が進められてきました。その研究成果を受けて、2003年に建築基準法やビル管法が改正され、法的に建材や換気が規制されるようになりました。

人体が外部から摂取する最も多い物質はと聞かれると、食べ物や飲み物を思い浮かべます。しかし、実は建物の室内空気が最も多いのです。近年、新しい建築材料や接着剤、塗料等が開発され、それらを使用した室内空気に起因する症例も深刻となってきました。それらを総称して IAQ 問題と呼んでいます。

2. シックハウス対策

では、これらの法的な規制により、「シックハウス」はなくなったのでしょうか？結論からいいますと、法規制により、メーカーの意識が変わり、規制をクリアした建材が急速に増えたことや、機械換気が義務化されたことによって、マスコミ報道は少なくなってきています。

現在、厚生労働省が発表している「空気汚染に係わるガイドライン」の中で、シックハウスの原因とされている物質は 13 種あります。そのなかで、法的な規制の対象となっているのは、危険性が高く、濃度超過の恐れがもっとも高い「ホルムアルデヒド」と「クロルピリホス」の 2 物質でしかありません。「トルエン」や「キシレン」などの溶剤については、危険性は認識されているものの、建材における放散スピードに関するデータもなく、使用上の面積制限などありません。単に、24 時間換気設備の義務化と自主的に問題のありそうな物質を使用しないように努めているにすぎません。

3. アスベスト問題

一方、「アスベスト問題」は大きな社会問題として取り上げられ、2006 年の建築基準法の改正につながりました。

「アスベスト」は、国内ではごく一部を除きもう使用されていません。これからは、これまで使われたアスベストをどのように除去していくかについて考えていく段階にあります。

ものづくりに携わる建築業の社会的な責任は大きいものがあります。もっと人の健康に係わる問題に目を向け、「アスベスト問題」、「シックハウス問題」以外の「環境ホルモン」や臭い、かびなどに関しても、引き続き対策を講じて行く責任があります。

14

$\Delta F = 3\text{N}/\text{mm}^2$ とは

実構造物のコンクリートの圧縮強度は、一般には構造物あるいは部材から切り取った「コア供試体」の圧縮強度で表すことができると考えられています。

しかし、実際の工事において、構造体コンクリートの圧縮強度をコア供試体で試験することは困難なことです。そこで、通常は工事現場で打ち込まれるコンクリートの荷卸し時に採取した供試体（テストピース）を、構造体コンクリートと同じ強度発現すると考えられる方法（現場水中養生や現場封かん養生等）で養生した供試体（テストピース）の圧縮強度で推定する方法が取られています。

1. ΔF の誕生

こうして採取したテストピースとコア供試体の圧縮強度を比較した場合、テストピースの圧縮強度がコア供試体より $3\text{N}/\text{mm}^2$ 程度高くなるのが解ってきました（図1参照）。

即ち、抜き取ったコアより、テストピースの方が強度が高くなるのです。そこで、建築学会では、生コンの発注において、 $\Delta F = 3\text{N}/\text{mm}^2$ を加えることを標準として、構造体コンクリートの圧縮強度を判定することとしています。

2. 発注時には ΔF を確認

ΔF は生コンの発注呼び強度に関係するものなので、指定されているかどうかを確認する必要があります。 ΔF は各種仕様書に示されているものの、建築基準法には示されていません。

3. 主要部分への対応

生コンの調合計画は地域により事情が異なっており、既に十分な調合強度上の余裕が考慮されている地域もあります。生コン工場及び作業所の実施における圧縮強度の管理実績等により、 $\Delta F (= 3\text{N}/\text{mm}^2)$ 程度の調合強度上の余裕があることを確認できた場合には、 F_c に ΔF を加えない呼び強度で発注することを設計者に提案することも可能です。この場合でも、構造体コンクリートの圧縮強度の判定基準は $(F_c + \Delta F)$ 以上とすることが一般的です。ただし、特定行政庁の指導等によってこのような発注・管理手法が認められない場合もあります。事前に特定行政庁あるいは指定確認検査機関に確認することが必要です。

コンクリートの強度は、構造体からある部分をくり抜いて、それを試験すれば確実です。しかし、この方法だと構造体そのものに傷を付けることとなります。そこで、同条件を想定した供試体を作成し、その強度で推定しています。その結果、両者の間に強度差があることが分かってきました。

4. 杭を含む水中コンクリートへの対応

水中コンクリートとしての仕様となる泥水中等での杭体においては、コンクリート打設により構造体コンクリート強度が、上部構造体よりも低下する傾向にあります。一方、水中コンクリートは、養生条件がよいことから長期材齢におけるコンクリート強度の増加が期待できるという長所もあります。

以上を踏まえて、 ΔF を考慮しなくてもよいと考えている仕様書があります。但し、東京都などでは杭体コンクリートには温度補正を考慮していないことなどを理由に、水中コンクリートにも調査計画上の余裕を見込むため ΔF を考慮することを求めています。

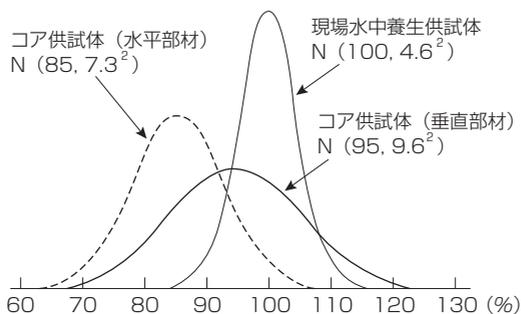


図1 コア供試体強度の現場水中養生供試体強度に対する比 (材齢 28 日)

5. 大阪兵庫生コンクリート工業組合の標準配合

大阪・兵庫地区においては、生コンの販売は共販体制が整えられており、同一呼び強度であれば、全ての生コン工場の水セメント比は同一の水セメント比を採用しています。そのため、最も強度の出にくい生コン工場に合わせた、セメント水比と圧縮強度の関係式を採用しています。

◇参考文献：JASS5 (2003年版)

その結果、図2に示すように、強度発現性の良い材料を用いている工場では、呼び強度の倍近くの圧縮強度が得られることがあります。

また、近年はコンクリートの設計基準強度が高強度化する傾向にあり、高性能A E減水剤の使用が不可欠となってきています。高強度になればなるほど、生コン工場が示す呼び強度と実際に発現する圧縮強度の差が大きくなり、同時に生コン工場間の格差も大きくなる傾向が強まっています。一般にコンクリートはセメント量が多く、強度が高くなるほど粘性が増大し、施工性及び充填性が悪化します。これは躯体コンクリートの品質確保のためには好ましくない事です。

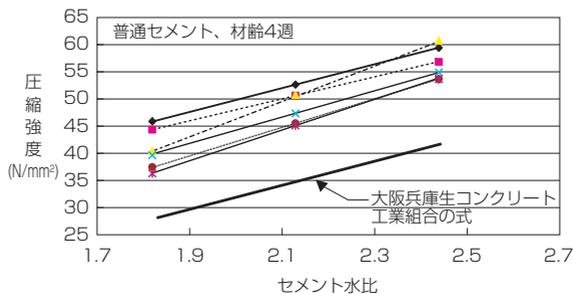


図2 室内試し練りにおけるセメント水比と圧縮強度の関係

JASS5では、 $\Delta F = 3N/mm^2$ と定めています。しかし、現段階における大阪府並びに兵庫県の行政指導では、建設省告示1102号に基づいて、設計基準強度 F_c を満足することが優先されていることから、 ΔF の採用について強制していません。なお、 ΔF を採用する場合においても、温度補正値 T が $3N/mm^2$ 以上となる時は、生コン工場の圧縮強度発現性状等のデータを基に工事監理者と T の採否について協議し、温度補正値 T を発注呼び強度から除く等の対策を提案することで、生コンの施工性や品質等を向上できると考えられています。

おまけ

工期無限大？『サグラダファミリア』っていつ完成するの？

1882年に建設が始まり、今もなお建設中である『サグラダファミリア』。

一体いつ完成するのでしょうか。既存部分の修復も含め、今後100年～200年はかかるといわれています。因みに、最近の予測では2026年前後ともいわれていますが…。

どうしてそんなに工期がかかってしまったのでしょうか。

1. サグラダファミリア教会

サグラダファミリア教会は、1882年にカトリック団体が教会として建設を計画した後、翌年からアントニ・ガウディが設計を練り直す形で建築を行うことになり、ガウディの没後の現在もまだ建設が続いています。

もともとガウディはこの建物の設計図を作っておらず、大型模型や紐と錘を用いた実験道具を使って、構造を検討したとされています。そのことだけでも気の遠くなるほど困難な作業でした。さらにその模型やそれを元に弟子たちが作成した資料がスペイン内乱で焼失してしまったのです。もはや忠実にガウディの構想を復元することは不可



写真1 サグラダファミリア教会

能に近く、そのような建築物の建造を続けるべきなのか、という議論も出ましたが、職人による伝承や大まかな外観のデッサンなど、残されたわずかな資料を元に、その時代の建築家がガウディの設計構想を推測するといった形で、現在も寄付金等によって建設が続行されています。

2. 建設の歩み

- ① 1887年 地下礼拝堂の建設終了
- ② 1888～1889年 第1期、建設中断

アントニ・ガウディの代表作とされるサグラダファミリア教会。しかし、まだ教会は完成していません。建設途中です。西洋にはこのように気が遠くなる程の長い年月をかけて建設される建物が少なくありません。日本人には考えられないことです。

- ③ 1899年 階段塔、翼廊北壁完成
- ④ 1901年 「ロザリオ・マリアの扉口」完成
- ⑤ 1903～1906年 第2期、建設中断
- ⑥ 1912～1917年 第3期、建設中断
- ⑦ 1920年頃 建設再開
- ⑧ 1925年 鐘塔 サン・ベルナベーの塔完成
- ⑨ 1926年 ガウディ他界
助手のドメニック・スグラニーが3代目の建築家として後継
- ⑩ 1927年 2本目の鐘塔 サン・マティアスの塔完成
- ⑪ 1930年 サン・シモンの塔完成
- ⑫ 1935年 御生誕の正面完成、一部彫像は未完
- ⑬ 1936～1939年 内戦により建設中断、多くの被害を受ける
- ⑭ 内戦後、ガウディの助手であった4代目建築家、フランシスコ・キンターナにより修復工事が始められる。
- ⑮ 1954年 御受難正面工事着工
- ⑯ 1966～1983年 イシドロ・プッチ・ポアーダとルイス・ボネット・ガリが5・6代目建築家として御受難の正面の4鐘塔を完成（同正面は未完のまま中断）
現在は7代目の建築家 F.P. カルドネールにより身廊部側壁の建設が進められています。

1989年高度な設計用ソフトの登場により大幅な工事のスピードアップが可能となり、直線が存在しない建物＝サグラダファミリアは2026年の完成を目指しています。

編 集 後 記

建築工事の現場では施工図の作成に代表されるように業務の外注化が進んでいます。そして、建築基準法の改正、関連法規の改正に見られるように現場技術者の業務の中身も求められる能力も変容してきていると思われます。

さらに会社ではリストラが進み、年功序列や終身雇用制度が崩壊していく中で、社内教育による技術者育成は時間的にもコスト的にも成立しにくくなってきています。

しかし一方では、現場の実態として、現場技術者の人員が削減され、若手技術者への技術の伝承がなされず、技術の低下が危惧されています。

このような現状を踏まえ、若手・中堅技術者を対象とした『施工・構造などの本質』をまとめて、建築施工の品質確保、施工管理能力の向上へつなげたいと思ったのが、この冊子の作成意図です。

経験豊富な現場所長が若手に語るように、施工の手順のありよう、判断基準、数ある管理基準の中でどこを重点的に管理すべきか、工事共通仕様書・JASSの基準を守るための知恵と工夫を伝承できればと考えてテーマ別に纏めました。

『すてこん学』とは基礎下にある大事なもの……これをしっかりとつくらなくてはその上にまともな物につくれない……という意味で名付けました。また、読んでもらうことを重点に置き、教科書的な解説とせず読み物としました。

限られた時間の中で作成したものであり、テーマも偏ってしまった感もありますが、建築に携わっている方々にこの冊子を読んでもらうことができ、施工品質の原点を“なるほど！”と感じ取って、施工管理に役立てていただければ幸いです。

平成 19 年 3 月

技 術 専 門 委 員 会	委 員 長	山 内 博 記	(株) 淺 沼 組
	副 委 員 長	釧 吉 敬	(株) 大 林 組
建 築 基 礎 知 識 研 究 部 会	座 長	鍋 島 幹 大	(清 水 建 設 (株))
		林 勝 也	(株) 淺 沼 組
		福 田 一 夫	(株) 大 林 組
		中 山 秀 樹	(株) 奥 村 組
		垣 井 生 也	(鹿 島 建 設 (株))
		三 木 宏 一	(株) 鴻 池 組
		斎 藤 武 文	(株) 錢 高 組
		池 田 貴 紀	(大 成 建 設 (株))
		滝 口 博	(株) 竹 中 工 務 店
	イラスト	川 崎 一 雄	

『現場のすてこん学』

= 基礎より大事な捨てコン的知識集 =

平成 19 年 5 月

印刷・発行 **社団法人 建築業協会 関西支部**

〒540-0031 大阪市中央区北浜東 1-30

TEL 06-6941-4788 FAX 06-6946-8301

URL <http://www.bcs-kansaisibu.com/>

現場のすてこん学

基礎より大事な捨てコン的知識集

(社) 建築業協会 関西支部

〒540-0031 大阪市中央区北浜東 1-30 大阪建設会館 3F

TEL.06-6941-4788 FAX.06-6946-8301

<http://www.bcs-kansaisibu.com>