

V—5 コンクリート表面の硬化不良現象について

北見工大 (正) 鮎田 耕一 (正) 林 正道
(正) 猪狩平三郎
水元建設(株) 水元 尚也 佐々木幸二

1. はじめに

北見管内の橋梁附帯コンクリート工事において、型枠（合板）を取り外したところ、せき板に接している面の一部に硬化不良箇所が発見された。軽くはづるだけでモルタル部が剥離し粗骨材粒が露出する状況であった（写真－1 参照）。シュミットハンマーによる材令28日の強度試験の結果では、健全な箇所と硬化不良箇所の圧縮強度は、それぞれ180、150 kgf/cm^2 であり硬化不良箇所の強度は健全な箇所の80%強にしか過ぎなかった。

本文では、この硬化不良現象の原因を明らかにするために行なった2、3の実験結果について報告する。

2. コンクリート供試体による実験

原因として考えられたことは、1) 型枠用合板の材質の不良 2) 剥離剤の品質の不良、もしくは不適切な使用方法 3) 寒中コンクリート（3月の工事で打ち込みから型枠取り外しまでの期間の平均気温－3.7℃）による低温の影響、等であった。そこで原因を探るために実験室でコンクリートを作製し硬化不良現象を再現することを試みた。用いたコンクリートの配合並びに使用材料を表－1に示す。いずれも工事に用いたものと同じである。供試体寸法は30×45×30cmとした。

せき板は工事に用いたのと同時に購入したものを使用した。材質の違いの影響をみるため肉眼で判断して赤味を帯びているものと、そうでないものの両者を用いた。また、長時間（例えば夏期1週間）直射日光に当たったせき板を用いた場合、セメントの水和反応を阻害することもある¹⁾ので、保管時に日光に当たっていたものも一部用いた。さらに比較のためにコンクリートに接する面がコーティングされた合板（市販品）も使用した。

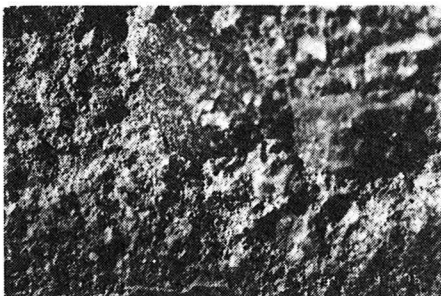
剥離剤は工事に使用したのと同品と、それとメーカーの異なるものの2種類を使用し、それらを原液のまま、及び1/5濃度、1/10

濃度（標準使用量）にして、はけ塗りを行なった。ただし、コーティング合板には剥離剤を使用しなかった。

以上まとめると次のようになる。

表－1 コンクリートの配合と使用材料

単 位 量 (kg/m^3)					W/C (%)	スランプ (cm)	空 気 量 (%)
C	W	S ₁	S ₂	G			
244	140	531	235	1173	57.5	8.0	4.5
使用材料	普通ポルトランドセメント（比重3.15，比表面積 3110 cm^2/g ） 細骨材（比重S ₁ =2.55 S ₂ =2.63，吸水率S ₁ =2.20% S ₂ =1.00%） 粗骨材（比重2.57 吸水率2.06% 最大寸法40mm）						



写真－1 コンクリートの状況



良合板 不良合板

写真－2 せき板の状況

せき板の種類

- 1) 赤味を帯びていないもので保管時に日陰にあったものと、日光が当たっていたもの
- 2) 赤味を帯びているもので、保管時に日陰にあったもの
- 3) コーティング合板

剥離剤の種類

- 1) 工事に使用したものと同一品
- 2) 別のメーカーのもの

剥離剤の濃度

- 1) 原液
- 2) 1/5 濃度
- 3) 1/10 濃度 (標準使用量)

剥離剤のはけ塗りの方法

- 1) 1 回塗り
- 2) 3 回塗り

低温による影響をみるために、剥離剤の塗布は -2°C の低温室で行ない、塗布後一昼夜 -10°C に保持した後、 0°C の室内でコンクリートを打ち込みそのまま静置し5日後に型枠を取り外した。

型枠を取り外した後にせき板に接する面を観察したところ、コーティングをしていない合板を用い、工事に使用したものと同一の剥離剤を原液で1回あるいは3回はけ塗りした場合に、コンクリートの表面が他の条件の供試体に比べてわずかに赤味を帯びていたが、工事現場で生じたような硬化不良を再現するには至らなかった。

材令28日の圧縮強度(シュミットハンマー)は表面に赤味を帯びた供試体で 180 kgf/cm^2 であり他の供試体とはほとんど同じ値であった。

工事現場と同じ剥離剤を用いその使用方法及び温度条件が工事現場よりも厳しいにもかかわらず硬化不良現象が再現されなかったことから、硬化不良はせき板の材質に起因するのではないかと考えられた。すなわち、同時に購入し同一ロットと思われる型枠用合板であっても材質は必ずしも同じではなく、その違いが硬化不良を生じさせたり、させなかったりするのではないかと考えられた。

3. 硬化不良が生じた箇所のせき板の状況

その後、別の工事現場(下水道工事)で再び硬化不良が生じた。せき板は先の工事現場で使用したのと同時に購入したものであるが、剥離剤は別のメーカーのものを使用していた。更に、6月の工事で低温による悪影響は考えられなかった。

硬化不良が生じた箇所と生じなかった箇所のせき板が別々に保存されていたので、比較することが可能であった。その結果、明らかになったせき板の状況は次の通りである。

- 1) 硬化不良箇所に接していた面にはペーストが多く付着している。
- 2) コンクリートに接していない部分に漏れて付着したペースト液の跡が不良箇所に用いた合板では茶褐色に変色しているのに対し、正常な箇所では灰色のままである(写真-2参照)。

4. セメントペースト硬化体による実験

以上の実験及び現場の状況から硬化不良の原因は型枠用合板の材質に起因するものと確信されるに至ったので、実際に硬化不良を生じさせた合板を用いてセメントペースト硬化体を作製し、曲げ強さと硬化不良部分の深さ、細孔構造を求めた。さらに、合板に簡易処理を施すことによって、硬化不良を抑制することが可能かどうかを検討した。

セメントペースト($W/C = 0.30$)には普通ポルトランドセメントを使用し型詰め後 20°C 90% RHの恒温恒湿室に置き1週間後に型枠を取り外した。供試体寸法は約 $4 \times 4 \times 16\text{ cm}$ である。

(1) せき板

工事現場で硬化不良が生じた箇所に用いたせき板(以下不良合板)と生じなかった箇所に用いたせき板(良合

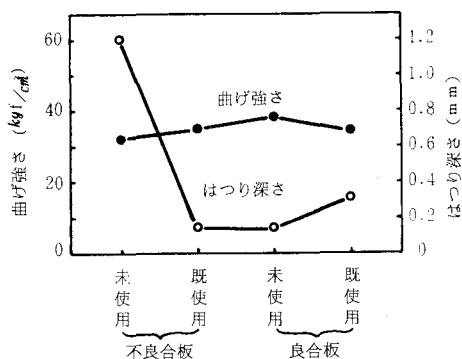


図-1 曲げ強さとはつきり深さ

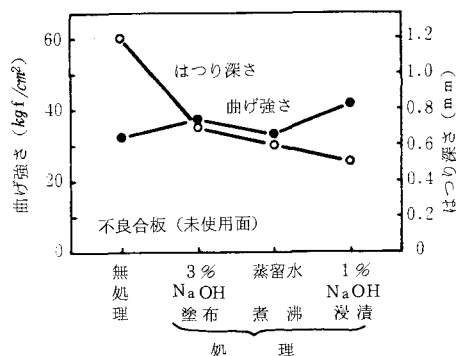


図-2 曲げ強さとのはつきり深さ

板)のそれぞれ一度工事現場で使用した面(既使用面)と未使用面を用いた。

さらに、1) 無処理 のほかに 2) 3% NaOH 溶液を塗布し48時間後に水洗い 3) 24時間蒸留水中で煮沸 4) 1% NaOH 溶液中に24時間浸漬後水洗い、の処理を施したせき板も用いて比較した。

(2) 曲げ強さと硬化不良部分の深さ

型枠取り外し直後(材令7日)にミハエリス試験機によって曲げ強さを、また、硬化不良部分の深さの目安としてはつきり深さを求めた。はつきり深さは供試体表面を釘頭で軽くはつきり、その深さをデプスゲージで測定して求めた。

1) 無処理の場合

曲げ強さとのはつきり深さの測定結果を図-1に示す。

この結果から明らかなように、未使用の不良合板を用いた場合には、はつきり深さが1mmを越す値で測定され、良合板あるいは一度使用した不良合板とは際立った違いが生じている。しかし、曲げ強さは良合板に比べてやや小さいものの大きな相違はないことから、この硬化不良現象は表面部分だけにとどまっているものと考えられる。

2) 処理の効果

未使用の不良合板を処理した場合の曲げ強さとのはつきり深さの測定結果を図-2に示す。

この結果から、3種類の処理方法とも硬化不良の深さを軽減することに効果が認められる。なかでもせき板を1% NaOH 溶液中に24時間浸漬後水洗い処理した場合には最も効果が大きい。しかし、この場合でもはつきり深さが0.5mmあり、まだやや硬化不良を生じている状態といえよう。曲げ強さは無処理の場合と大きな違いがないが、1% NaOH 溶液に浸漬したせき板を用いた場合の曲げ強さは良合板を用いた場合の曲げ強さ(図-1)と同程度の値となっていて、処理の効果が表れている。

(3) 細孔構造

はつきりとした部分の細孔構造(細孔半径 $37\text{Å} \sim 7.5\text{ }\mu\text{m}$)を水銀圧入式ポロシメーターで測定した結果を図-3、4に示す。

図-3は細孔半径の分布を示したものであるが、せき板を無処理のまま使用した場合、処理を施したせき板を用いた場合に比べて $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の半径の細孔が卓越している。図-4は、総細孔容積を示したものであるが、無処理のせき板を用いた場合にはセメント硬化体中に細孔が多く存在し水が停滞していることを示しているとともに、せき板を処理することによって硬化体中の細孔が少なくなり組織が緻密化することが認められる。

5. 木材中の硬化不良発現成分

前述のセメントペースト硬化体による実験から1% NaOH 溶液中に浸漬した場合には不良合板でも硬化不

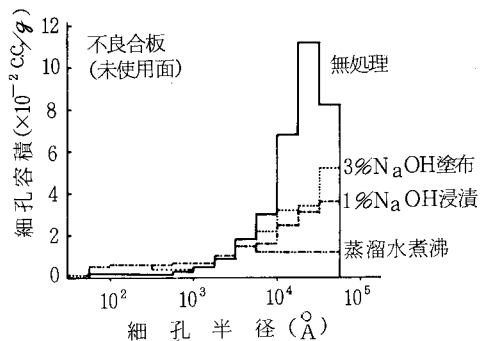


図-3 細孔半径の分布

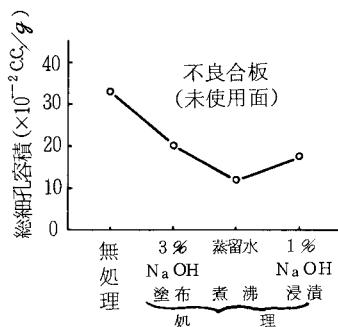


図-4 総細孔容積

良はかなり抑制されること、及び一度使用した不良合板を再使用した場合には硬化不良現象が軽減されることが明らかになった。つまり、1%NaOH 溶液中に浸漬することによって、あるいはセメントペーストに接することによって抽出される木材中の成分が硬化不良を生じさせていると考えられる。

表-2 木材の成分(%)

	セルロース	ヘミセルロース ()内はペントザン	リグニン
良合板	47.0	25.5 (12.7)	27.5
不良合板	46.8	24.3 (14.8)	28.8

木材の化学的な組成は炭水化物とリグニンに大別され、炭水化物はさらにセルロースとヘミセルロースに大別されるが1%NaOH 溶液で抽出される成分は大部分がヘミセルロースである。そこで実験に用いたせき板の成分分析を行なった結果、表-2が得られた。

この結果によれば不良合板は良合板に比べてヘミセルロースの量は少ないがヘミセルロース中のペントザンが多い。既往の研究²⁾によればペントザン中の物質(アラビノーズ)が硬化不良と関連があるとの報告もあり、この実験で生じた硬化不良も主にペントザンの作用によるものと思われる。

6. まとめ

コンクリート表面の硬化不良現象に関して行なった実験の結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) せき板(合板)に用いている木材の材質によってはセメントの水和反応を阻害するものがある。
- (2) 硬化不良を生じさせるせき板を外見から判別することは困難であるが、セメントペースト液を塗ればその跡が灰色でなく茶褐色になり、また、ペーストが付着しやすい。
- (3) 硬化不良を生じたセメント硬化体の細孔は半径が1 μ m以上のものが多く組織がルーズになっているが、硬化不良箇所の深さは1mm程度であり、部材の耐荷力に影響を及ぼすには至らない。
- (4) 木材成分中のどの物質が硬化不良を生じさせているかの結論を得るには至らなかったが、1%NaOH 溶液中に浸漬することによってそのほとんどが抽出される成分であり、主にペントザンではないかと考えられる。

本実験の遂行に当たり木材の化学成分については北見工業大学工学部環境制御工学講座の鈴木勉助教授に御教示を賜り、また成分分析は北海道大学工学部応用化学第四講座によるものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会編：コンクリート便覧 技報堂
- 2) 南享二：木材とセメントの相互作用について、コンクリートジャーナル Vol.4, No.5, May 1966