

タイトル	コンクリートの物理性状に及ぼす型枠剥離剤の影響に関する基礎的検討 (1.コンクリートの強度性状に及ぼす影響)
著者	杉山, 雅; SUGIYAMA, Masashi
引用	北海学園大学学園論集(148): 1-9
発行日	2011-06-18

# コンクリートの物理性状に及ぼす型枠剥離剤の影響に関する基礎的検討

## (I. コンクリートの強度性状に及ぼす影響)

杉 山 雅

### はじめに

一般にコンクリートの施工時に型枠に剥離剤を塗布している。この剥離剤は界面活性剤の一種である。しかし、最近の剥離剤がコンクリートの各種性状にどの程度の影響を及ぼすか、不明な場合が多い。本研究は、最近一般に使用されている剥離剤について、4シリーズを行った。本稿「I. コンクリートの強度性状に及ぼす影響」では、(その1)剥離剤がフレッシュコンクリートに練り込まれた時の影響、および、(その2)剥離剤がフレッシュコンクリートに含浸・浸透した時の影響、を報告する。次稿「II. 鉄筋の付着性能に及ぼす影響」では、(その3)剥離剤が(異形)鉄筋に付着した時の付着強度への影響、および、(その4)丸鋼と異形鉄筋における付着強度の比較、について報告する。

### その1. 剥離剤がフレッシュコンクリートに練り込まれた時の影響

#### 1. 目的

剥離剤(1種類)のコンクリートへの混入(量)が強度性状に及ぼす影響を検討した。

#### 2. 実験計画及び方法

実験計画を表1に、調配合を表2に示す。実験は、予め練り混ぜたコンクリート(生コン)から30ℓを(重量で)採取し、これに所定量の剥離剤を添加後、可傾式ミキサー(50ℓ容量)で1分間練りこみ、圧縮強度供試体(10φ20cm)を作製した。練混ぜの順序は添加量の少ないものから順に行った。

表1. 実験計画

No.	剥離剤(容積)混入率・養生	圧縮強度試験
2.1	2%・封緘	1日, 2日, 1週, 4週, 3ヶ月
2.2	1%・封緘	
2.3	0.75%・封緘	
2.4	0.5%・封緘	
2.5	0.25%・封緘	
2.6	0%・封緘	
2.7	0%無処理・水中	

表2. 調配合表

(kg/m<sup>3</sup>)

W/C	セメント	水	細①	細②	粗	混和剤
53.0%	316	167	398	400	1009	0.79

生コンクリートは、24-18-25 N であり、通常一般に使用されている強度のものを使用した。荷卸時のスランプは 17.0 cm，空気量は 4.0%，コンクリート温度は 26°C である。

使用した剥離剤は、強固な油膜の形成により離型力が強く、引火点 (162°C) と粘度 (9.7 40°C mm<sup>2</sup>/s) が高い潤滑油を基剤とした密度 0.86 (15°C) の褐色透明液体である。

養生は、剥離剤の (容積) 混入割合を比較する No.2.1~2.6 は実構造体を模擬して所定の材齢まで型枠内の封緘養生とし、No.2.7 は標準水中養生である。

### 3. 剥離剤混入率の根拠 (目安) について

縦 1 m×横 1 m×幅 30 cm の型枠を考える。型枠面への剥離剤の膜厚を 1 mm (0.1 cm) と仮定すると、剥離剤の (容積) 混入率は 0.667% と算出される。また、実際はこれより膜厚が薄いものと予想される。従って、剥離剤 (容積) 混入率は、0.75% を中心に、0% (最小) ~ 2% (最大) の範囲で割付けた。

## 4. 実験結果及び考察

### 1) 圧縮強度

材齢 1 日，2 日，1 週，4 週，3 ケ月までの圧縮強度の結果を図 1~2 に示す。

剥離剤なし 0% (No.2.6) と剥離剤混入多量の 2.0% (No.2.1) との強度差は、材齢 1 日から発生し、材齢 3 ケ月でも強度差が明瞭である。例えば、剥離剤なし 0% (No.2.6) を強度比 100% とすると、剥離剤混入多量の 2.0% (No.2.1) の材齢 1 日は 72%，材齢 2 日は 73%，材齢 1 週は 66%，材齢 4 週は 73%，材齢 3 ケ月は 67% であった。また剥離剤混入 1% (No.2.2) や剥離剤混入 0.75%

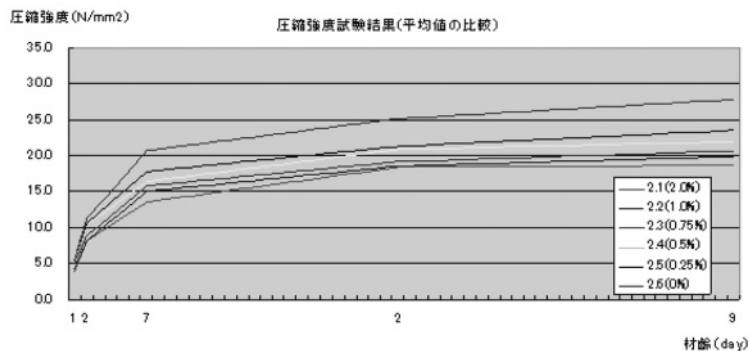


図1. 剥離剤が混入したコンクリートの圧縮強度

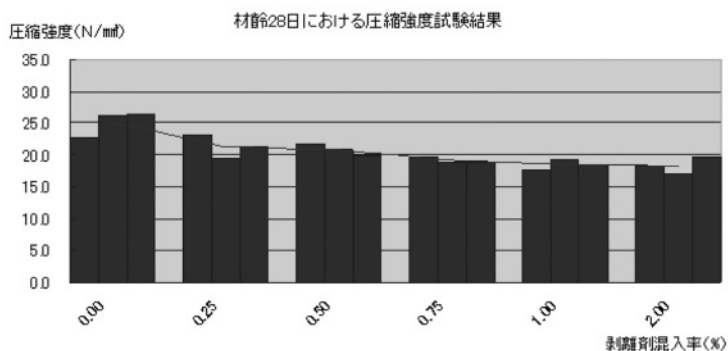


図2. 剥離剤が混入したコンクリートの圧縮強度

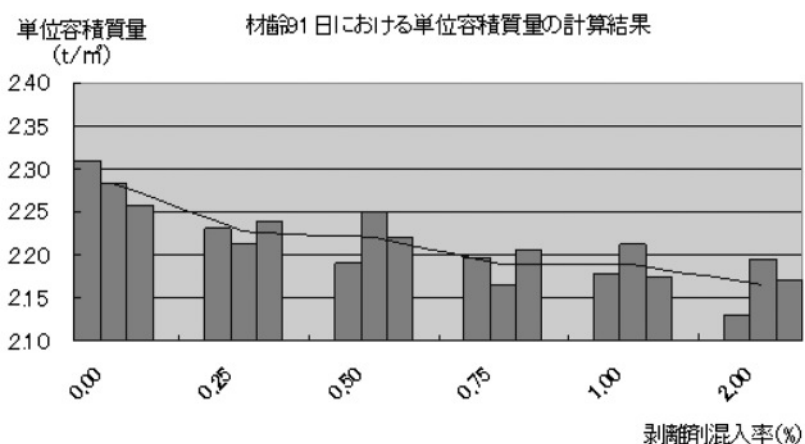


図3. 剥離剤が混入したコンクリートの単位容積質量

(No.2.3) や剥離剤混入 0.50% (No.2.4) や剥離剤混入 0.25% (No.2.5) も、上記両者の中間に位置した。

剥離剤少量混入の 0.25% (No.2.5) について、材齢ごとの強度比を剥離剤なし 0% (No.2.6) と比較すると、材齢 1 日は 101%、材齢 2 日は 94%、材齢 1 週は 86%、材齢 4 週は 84%、材齢 3 ヶ月は 85% であり、少量の混入でも強度が下がることが明らかになった。このように、コンクリートに剥離剤が練りこまれる場合、強度が低下することが分かった。

## 2) 単位容積質量

単位容積質量の結果を図 3 に示す。

剥離剤なし 0% (No.2.6) と剥離剤混入多量の 2.0% (No.2.1) との単位容積質量 (t/m³) の差は、材齢 1 日から発生し、材齢 3 ヶ月でも差が明瞭である。例えば、剥離剤なし 0% (No.2.6) と剥離剤混入多量の 2.0% (No.2.1) を比較すると、剥離剤なし 0% (No.2.6) の材齢 1 日単位

容積質量は2.31に対し、剝離剤混入多量の2.0%(No.2.1)の材齢1日は2.21と軽くなっており、同様に材齢2日は2.27に対し2.20, 材齢1週は2.27に対し2.19, 材齢4週は2.27に対し2.17, 材齢3ヶ月は2.28に対し2.17と軽くなった。また剝離剤混入1%(No.2.2)や剝離剤混入0.75%(No.2.3)や剝離剤混入0.50%(No.2.4)や剝離剤混入0.25%(No.2.5)も、上記両者の中間に位置した。

剝離剤少量混入の0.25%(No.2.5)について、材齢ごとの単位容積質量を剝離剤なし0%(No.2.6)と比較すると、材齢1日は2.31に対し2.30, 材齢2日は2.27に対し2.23, 材齢1週は2.27に対し2.27, 材齢4週は2.27に対し2.26, 材齢3ヶ月は2.28に対し2.23であった。このように、剝離剤は少量の混入でも空気が連行されることが明らかになった。

### 3) 硬化コンクリートの空気量

硬化コンクリートの空気量について、コンクリートの重量方法(JIA A 1116)に準じて圧縮強度供試体の質量と調合から算出した材齢4週と3ヶ月の空気量算出結果を表3に示す。

剝離剤混入コンクリートの材齢4週と3ヶ月の平均空気量は、剝離剤0%混入の場合と比較すると、剝離剤0.25%混入が空気量+1.3%, 剝離剤0.5%混入が空気量+2.7%, 剝離剤0.75%混入が空気量+3.8%, 剝離剤1%混入が空気量+3.8%, 剝離剤2%混入が空気量+4.6%, であった。

このように剝離剤は、界面活性作用により、硬化コンクリートの空気量に影響を及ぼすことがわかった。

## 5. まとめ

今回の実験でコンクリートに剝離剤が練りこまれる条件では、強度と同様に単位容積質量が低

表3. 硬化コンクリートの単位容積質量から空気量の推定

No.	剝離剤混入率	材齢4週 の単容質	推定空 気量%	材齢3ヶ月 の単容質	推定空 気量%	平均空気量% (差%)
2.1	2%	2.17 t/m <sup>3</sup>	5.2%	2.17 t/m <sup>3</sup>	5.2%	5.2% (+4.6%)
2.2	1%	2.19	4.4%	2.19	4.4%	4.4% (+3.8%)
2.3	0.75%	2.19	4.4%	2.19	4.4%	4.4% (+3.8%)
2.4	0.5%	2.21	3.5%	2.22	3.1%	3.3% (+2.7%)
2.5	0.25%	2.26	1.3%	2.23	2.6%	1.9% (+1.3%)
2.6	0%	2.27	0.9%	2.28	0.4%	0.6% (±0%)

下すること、また、剥離剤の界面活性作用により硬化コンクリートの空気特性に影響を及ぼすことが分かった。

## その2. 剥離剤がフレッシュコンクリートに含浸・浸透した時の影響

### 1. 目的

剥離剤を塗布した型枠から、打込んだコンクリートの表面に浸み込んだ（付着した）場合の強度への影響を検討する。

### 2. 実験計画及び方法

実験計画を表1に、生コンクリートの調配合を表2に示す。

予め剥離剤を浸み込ませた「ろ紙」をコンクリート型枠（直径10 cm、高さ20 cm）の内側面に設置し、これにコンクリートを打込み、所定の材齢に圧縮強度を試験した。

ろ紙は内側面に貼り付ける割合を変えて4パターン of 供試体を作製した。これらの圧縮強度及び単位容積質量について、通常（無処理）のコンクリートと比較を行った。

供試体の作製は、所定の大きさに切断したろ紙を予め剥離剤をトレイに浸し、これをコンクリート打込み直前にコンクリート型枠の内側面（高さ20 cm×周長（幅）31.4 cm）に設置し、直ちにコンクリートを充填した。表3に、剥離剤含浸ろ紙の大きさ及び設置枚数を示す。

生コンクリートは24-18-25 Nであり、その1と同一の生コンを使用した。（荷卸時スランプ：17.0 cm、空気量：4.0%、コンクリート温度：26°C。）

使用した剥離剤はその1と同一のものであり、潤滑油を基剤とする液体である（密度0.86(15°C)、褐色透明）。養生は、所定の圧縮強度試験材齢まで型枠内における封緘養生とした。

表1. 実験計画

No.	剥離剤面積 (型枠側面における剥離剤含浸ろ紙の割合)	養生条件	圧縮強度 試験材齢
1	内側面 100%	封緘	1日
2	内側面 75%		2日
3	内側面 50%		7日
4	内側面 25%		28日
5	内側面 0%		91日
6	無処理	水中	

表2. 調配合表 (kg/m<sup>3</sup>)

W/C	セメント	水	細①	細②	粗	混和剤
53.0%	316	167	398	400	1009	0.79

但し、No.6は標準水中養生である。試験体はそれぞれ3本作製した。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3-1 剝離剤のろ紙への含浸量に関する予備検討

##### 1) 目的

ろ紙に含浸する剝離剤量を定量的に把握するために予備実験を行った。

##### 2) 方法

以下の手順にて剝離剤含浸量を求めた。

- ① 10 cm×10 cmのサイズにカットしたろ紙単体の重さを計量する。
- ② 剝離剤の入ったトレイにろ紙を入れる。ろ紙に剝離剤を十分に含浸させた後ピンセットでつまみ、剝離剤がたれない程度(30秒)まで待つ。
- ③ 剝離剤を含浸させたろ紙の重さを計量し、含浸前との差を含浸量として求める。

##### 3) 結果

表4に10 cm×10 cmのろ紙への含浸量測定結果を示す。ろ紙への剝離剤含浸量は概ね

表3. 剝離剤含浸ろ紙の寸法及び設置枚数

No.	型枠側面でのろ紙の割合	ろ紙の幅寸法合計 (cm)	ろ紙1枚の幅寸法 (cm)	ろ紙枚数
1	100%	周長 31.4 ×100%=31.4	31.4	1
2	75%	周長 31.4 ×75%=23.6	5.9	4
3	50%	周長 31.4 ×50%=15.7	3.9	4
4	25%	周長 31.4 ×25%=7.85	1.9	4
5	0%	無し	—	—

表4. 剝離剤のろ紙(10 cm×10 cm)への含浸量

No.	ろ紙の重さ (g)	剝離剤含浸後の重さ (g)	剝離剤の含浸量 (g)
1	1.242	3.259	2.017
2	1.201	3.286	2.085
3	1.269	3.467	2.198
4	1.243	3.238	1.995
5	1.252	3.244	1.992
平均	1.241	3.299	2.057
標準偏差	0.022	0.086	0.078
剝離剤平均含浸量 $2.0 \text{ (g)} / (10 \times 10 \text{ (cm}^2)) = 0.02 \text{ (g/cm}^2)$			

表 5. コンクリート供試体への剥離剤含浸率 (容積)<sup>(注2)</sup>

型枠側面でのろ紙の割合 (%)	ろ紙面積 (cm <sup>2</sup> )	ろ紙の剥離剤含浸量 (g)	コンクリート容積に対する比率 (%)
100	628	12.56	0.80
75	472	9.44	0.60
50	314	6.28	0.40
25	157	3.14	0.20
0	0	0.00	0.00

(注)：コンクリート容積に対する剥離剤の比率 (%)

= (剥離剤量/剥離剤密度)/コンクリート容積\*

\*コンクリート容積：直径 10 cm, 高さ 20 cm

0.02 (g/cm<sup>2</sup>) であることが確認できた。これより求められたコンクリート容積に対する剥離剤の比率を型枠側面に貼り付けられたろ紙の割合別に表 5 に示す。

### 3-2 圧縮強度

材齢 1 日, 2 日, 7 日, 28 日, 91 日の圧縮強度の結果を図 1 に示す。

剥離剤がコンクリートの打込み時に付着浸透した時の強度性状への影響を検討した結果, 剥離剤なし 0% (No.5) と剥離剤全面 100% (No.1) との強度差は少なく, 剥離剤なしを強度比 100% とすると, 剥離剤 100% (No.1) の材齢 1 日は 97%, 材齢 2 日は 107%, 材齢 7 日は 102%, 材齢 28 日は 99%, 材齢 91 日は 96% であった。

また剥離面積 75% (No.2) や剥離面積 50% (No.3) や剥離面積 25% (No.4) も同様の傾

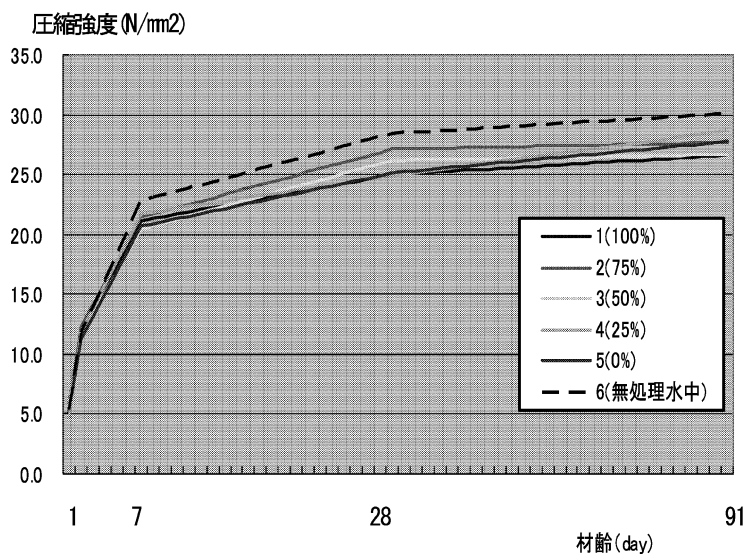


図 1. 圧縮試験結果 (平均値の比較)



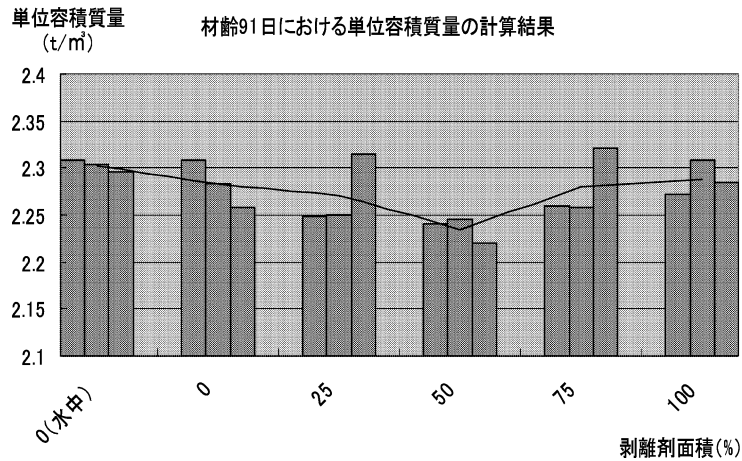


図2. 材齢91日における単位容積質量の計算結果

向であった。

以上の事から、剥離剤の面積の違いによる圧縮強度において有意差は見られず、打込み時のコンクリートに剥離剤が含浸することによる強度への影響はないと言える。

### 3-3 単位容積質量

材齢91日における単位容積質量の結果を図2に示す。剥離剤がコンクリートの打込み時に付着浸透した時の単位容積質量への影響を検討した結果、型枠表面から含浸したコンクリートと剥離剤を含浸させないコンクリートの単位容積質量の差が少ないことが分かった。

剥離剤なし0% (No.5) と剥離剤100% (No.1) の材齢1日の単位容積質量は2.31と2.31 (t/m<sup>3</sup>)、材齢2日は2.27と2.28 (t/m<sup>3</sup>)、材齢7日は2.27と2.30 (t/m<sup>3</sup>)、材齢28日は2.27と2.26 (t/m<sup>3</sup>)、材齢91日は2.28と2.29 (t/m<sup>3</sup>)であった。

また剥離剤面積75% (No.2) や剥離剤面積50% (No.3)、剥離剤面積25% (No.4) も同様の傾向であった。

以上の事から、剥離剤の面積の違いによる単位容積質量において有意差は見られず、コンクリートに剥離剤が含浸することによる単位容積質量への影響はないといえる。

## 4. まとめ

今回の実験で剥離剤が打込んだコンクリートの表面に付着し、そこから浸透した条件では、圧縮強度及び単位容積質量に対する影響はないことが分かった。

〔参考文献〕

- 1) 杉山雅，他 2：コンクリートの強度特性に及ぼす剥離剤の影響に関する基礎的研究（その 1．剥離剤が混入したコンクリートの強度性状に関する実験），2008 日本建築学会学術講演梗概集
- 2) 杉山雅，他 2：コンクリートの強度特性に及ぼす剥離剤の影響に関する基礎的研究（その 2．剥離剤が付着したコンクリートの強度性状に関する実験），2008 日本建築学会学術講演梗概集