

東海地区コンクリート圧送有限責任事業組合

# ポンプに使われるやさしいコンクリートの知識

---

---

日本大学工学部 建築学科  
教授 中田善久

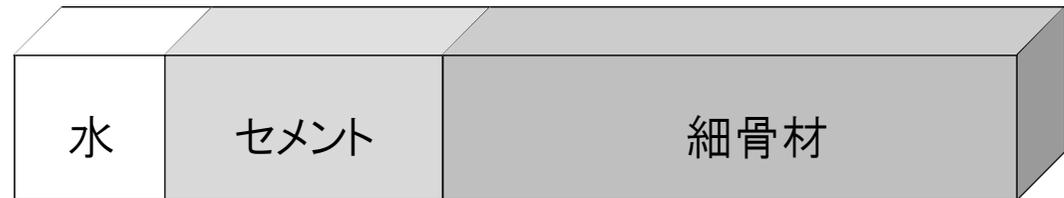
コンクリートは、セメント、水、細骨材、粗骨材、混和剤などの材料を混ぜ合わせて固めたものである。

セメントペーストはセメントの水和反応によって時間とともに強度が増大して骨材どうしを接着させる役目があり、それによってコンクリートは最終的に岩石のように強固な硬化体となる。

セメントペースト



モルタル



コンクリート



注：割合は質量比で、おおよその目安。空気は除外

コンクリートの要求性能は、

所要のワーカビリティ、強度、ヤング係数、乾燥収縮率、耐久性

コンクリートに要求される品質は大きく分類すると、フレッシュコンクリートにおける「施工性」、硬化コンクリートにおける「力学的性質」と「耐久性」

状態	要求される品質の概念
フレッシュ コンクリート	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 運搬, 打込み, 締固めおよび表面仕上げの各段階において作業性が良いこと</li><li>2. 施工時およびその前後において, 均質性を保ち, 品質の変化が少ないこと</li><li>3. 打込み後は正常な速さで凝結・硬化に至ること</li><li>4. 空気量, 塩化物含有量およびコンクリート温度が適切な範囲にあること</li><li>5. 要求があった場合には単位容積質量や発熱量などが指定範囲にあること</li></ol>
硬化 コンクリート	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 定められた材齢において所要の強度・力学的性質を有すること</li><li>2. 収縮量が許容範囲にあること</li><li>3. 中性化, 塩化物イオンの浸透, 凍結融解の繰返し作用, アルカリシリカ反応などについて, それぞれに対する抵抗性が十分であること</li><li>4. 要求があった場合には気乾単位容積質量, 水密性, 化学的侵食に対する抵抗性, 熱的性質などが指定範囲にあること</li></ol>

# コンクリートの使用材料 ①セメント

表 セメントの種類と性質

種類	記号	性質	主な用途
普通ポルトランドセメント	N	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最も一般的に用いられる汎用セメント</li> <li>・総生産量の約76%を占める</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般コンクリート工事</li> </ul>
早強ポルトランドセメント	H	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期強度の発現に優れ、長期強度も大きい</li> <li>・水和熱が大きい</li> <li>・粉末度が高くコンクリートの単位水量がやや大</li> <li>・粘性が高く圧送性に注意</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PSコンクリート</li> <li>・緊急工事</li> <li>・寒中工事</li> </ul>
中庸熱ポルトランドセメント	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水和熱が小さい</li> <li>・初期強度は低いが、長期強度はNを用いた場合と同程度</li> <li>・Nに比べて、同じスランプを得るのに必要な混和剤添加量が少なく、圧送性がよい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マスコンクリート</li> <li>・ダムコンクリート</li> <li>・高強度コンクリート</li> <li>・高流動コンクリート</li> </ul>
低熱ポルトランドセメント	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Mより更に水和熱が小さい</li> <li>・初期強度は低いが、28日以降の強度増進が大</li> <li>・長期強度はNを用いた場合と同程度以上</li> <li>・粘性が小さく、圧送性がよい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マスコンクリート</li> <li>・高強度コンクリート</li> <li>・高流動コンクリート</li> </ul>
高炉セメントB種	BB	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潜在水硬性を有する</li> <li>・長期強度、化学抵抗性、水密性が大</li> <li>・アルカリシリカ反応を抑制(BB、BC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海洋構造物、ダムコンクリート</li> <li>・トンネル用コンクリート</li> </ul>
フライアッシュセメントB種	FB	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポゾラン反応性を有する</li> <li>・流動性が良い(単位水量を少なくできる)</li> <li>・長期強度、化学抵抗性、水密性が大</li> <li>・アルカリシリカ反応を抑制(FB、FC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダムコンクリート</li> <li>・港湾コンクリート</li> <li>・プレキャストコンクリート</li> </ul>

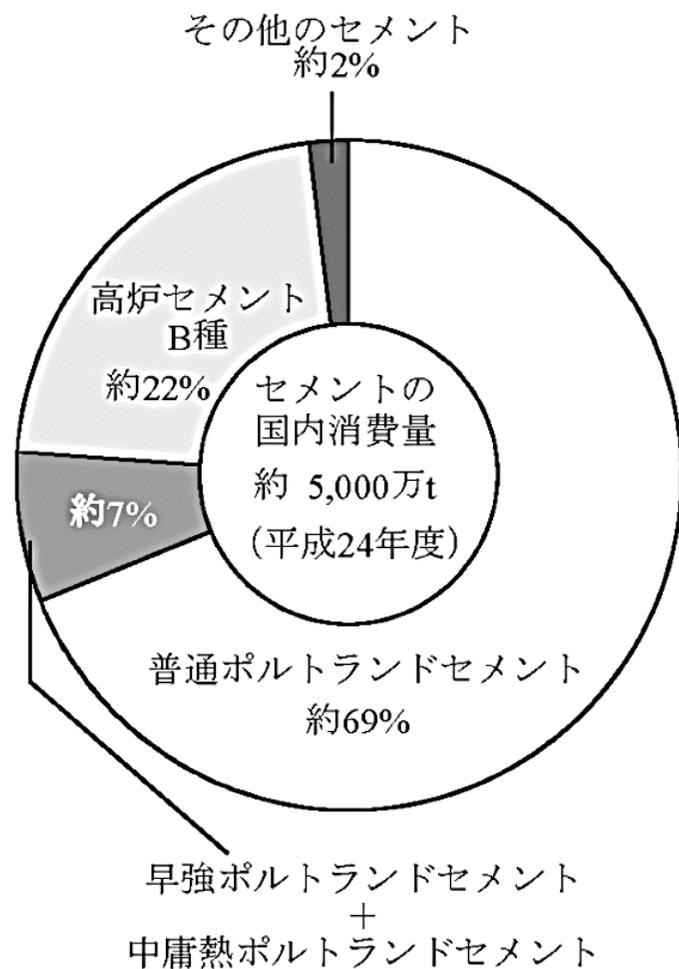


図 セメントの国内消費量

クリンカ鉱物の主成分は、下記の4種類であり、それぞれに性質が異なっているため、原材料の調合による組成と粉末度を変化させてポルトランドセメントの性質を調整している

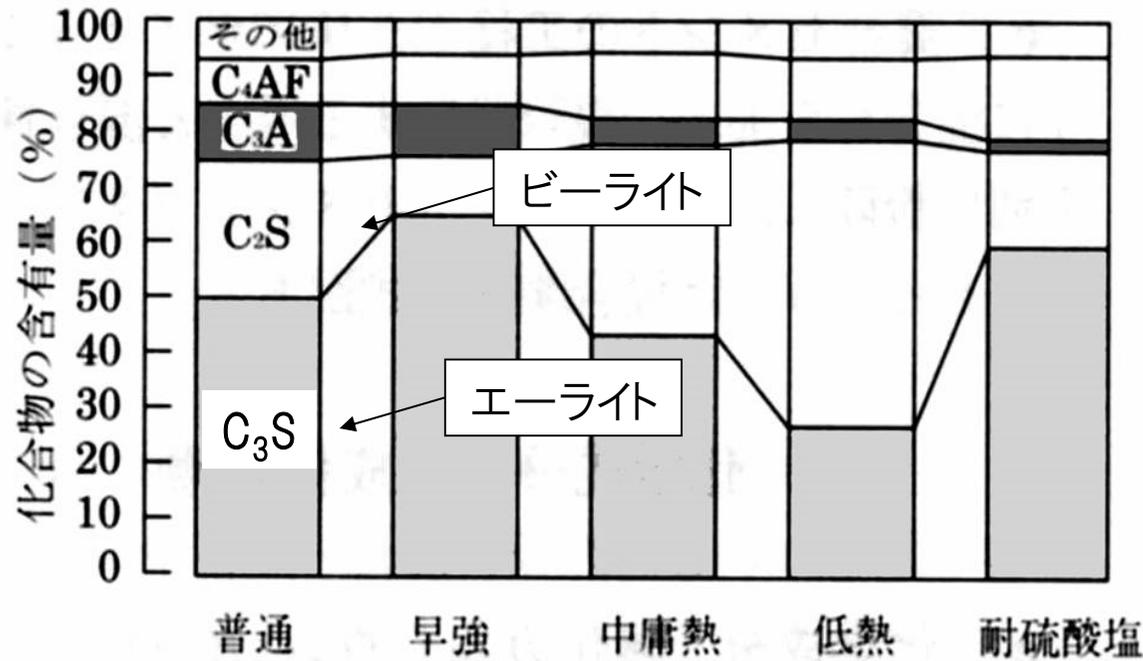
表 クリンカ鉱物の性質

クリンカ鉱物		性 質				
名称	略記	強度特性			水和熱	化学抵抗性
		短期強度	長期強度	おもな強度発現時期		
エーライト	C <sub>3</sub> S	大	大	3～28日	中	中
ビーライト	C <sub>2</sub> S	小	大	28日～	小	大
アルミネート相	C <sub>3</sub> A	大	小	～1日	大	小
フェライト相	C <sub>4</sub> AF	小	小	—	小	中

早強ポルトランドセメントは、エーライトの含有量が多い

低熱ポルトランドセメントは、エーライト・アルミネート相の含有量が少ない

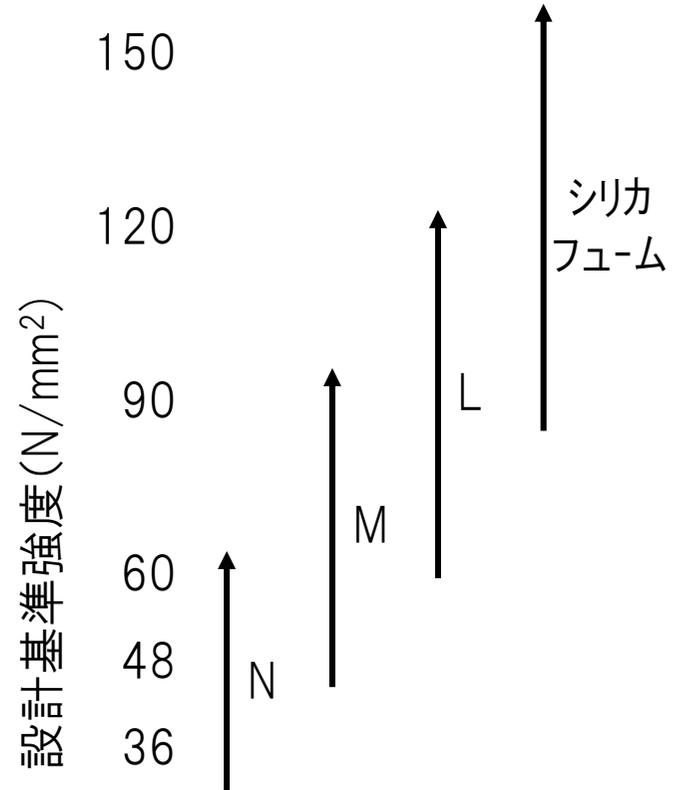
# コンクリートの使用材料 ①セメント



$C_3S \leq 50\%$ 、 $C_3A \leq 8\%$

$C_3S \leq 40\%$ 、 $C_3A \leq 6\%$

$C_3A \leq 4\%$



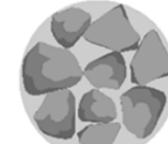
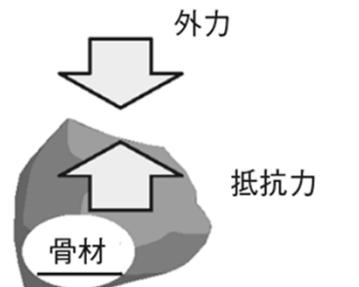
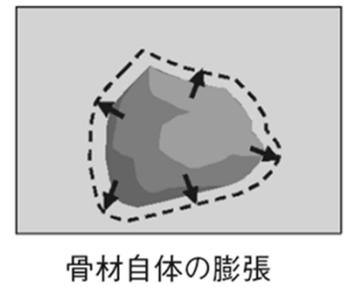
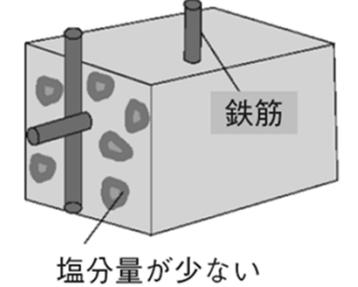
各種セメントの使用範囲

# コンクリートの使用材料 ②骨材

一般的なコンクリートにおいて、骨材はその**体積の約7割**、**質量の約8割**を占めており、最も大量に使用する材料である

このため、骨材の品質がコンクリートの諸性質に及ぼす影響は大きく、高品質なコンクリートを製造するためには良質な骨材を使用することが必要である

良い骨材の条件

単位水量を 少なくする	形状		粒度分布		微粒分量		吸水率	
	骨材の表面積が小さいほど良い		粒度は空隙が小さくなる（良く詰まる）ように分布していると良い		微粒分の量は少ない方が良い		吸水率は小さい方が良い	
	球状に近い	角張っている	適度な分布 (良く詰まる)	不適切な分布 (空隙が大)	微粒分量少	微粒分量多	吸水率小	吸水率大
	○	△	○	×	○	△	○	×
								
強度や耐久性を 確保する	所要のコンクリート強度を容易に得られる				コンクリートのひび割れを抑制する			
	骨材自身の強度が高い		ペーストとの付着力に優れる		骨材自体が異常膨張しない		鉄筋の腐食を促進させない	
	外力  骨材 抵抗力	セメントペースト  骨材	 骨材自体の膨張	 鉄筋 塩分量が少ない				

## 粒度

粒度は、骨材の大小粒の混合状態のことを指す

特に、細骨材の粒度は、コンクリートの空気量やブリーディング，ワーカビリティなどに及ぼす影響が大きい

細骨材・・・5mmのふるいに85%以上通るもの  
粗骨材・・・5mmのふるいに85%以上とどまるもの

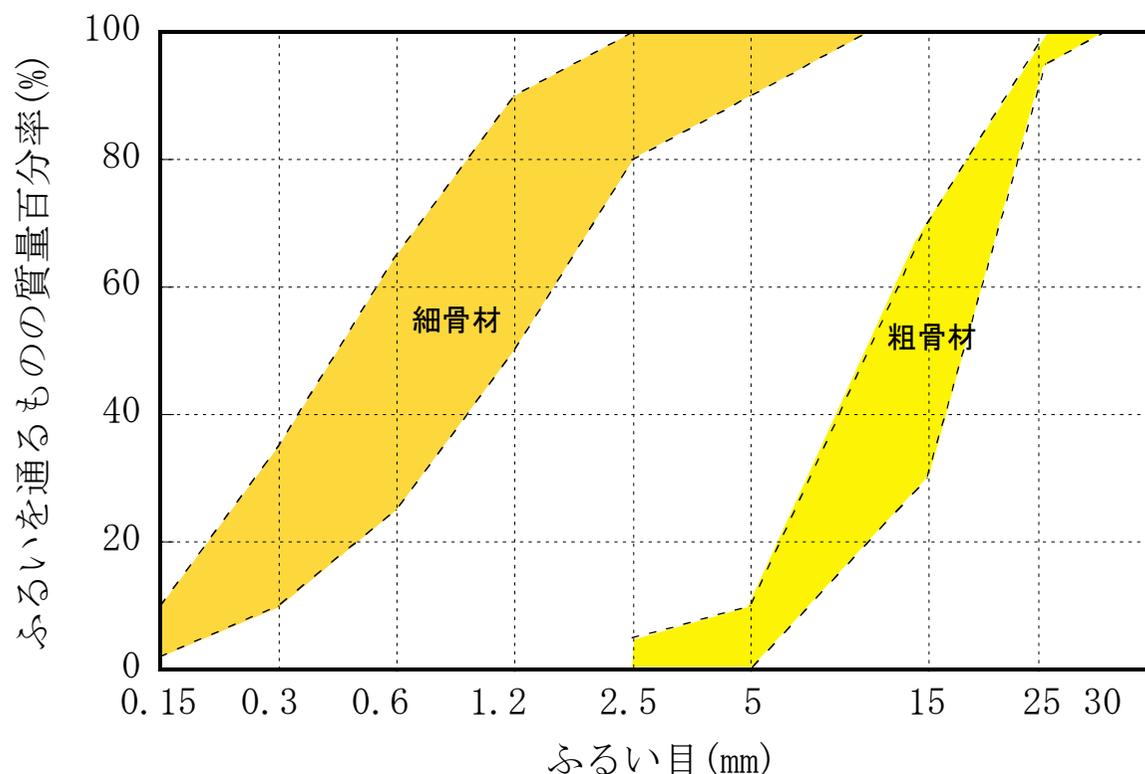


図 細骨材および粗骨材の標準粒度の範囲

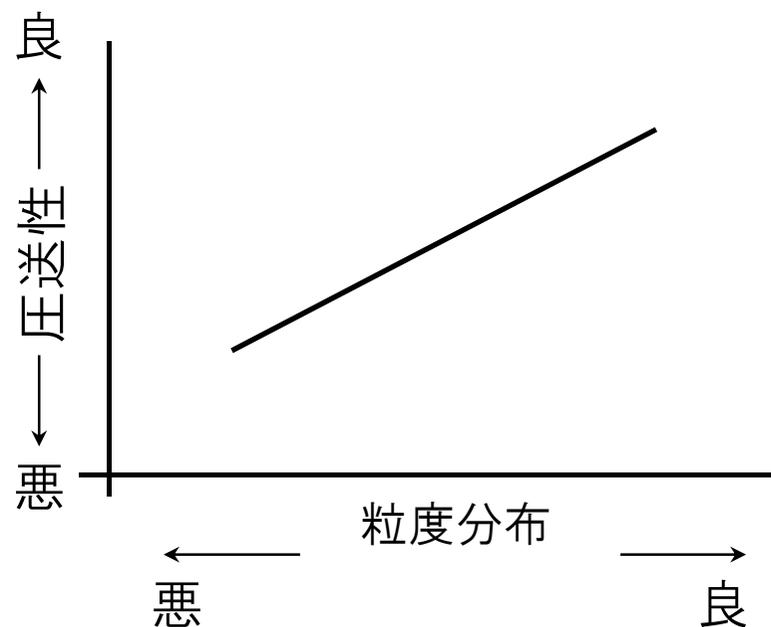
## 粒度

表 JIS A 5005 コンクリート用砕石および砕砂

区分	各ふるいを通過する質量分率 %						
	40	25	20	15	10	5	2.5
砕石2505	100	95~100	-	30~70	-	0~10	0~10
砕石2005	-	100	90~100	-	20~55	0~10	0~5
区分	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
砕砂	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15

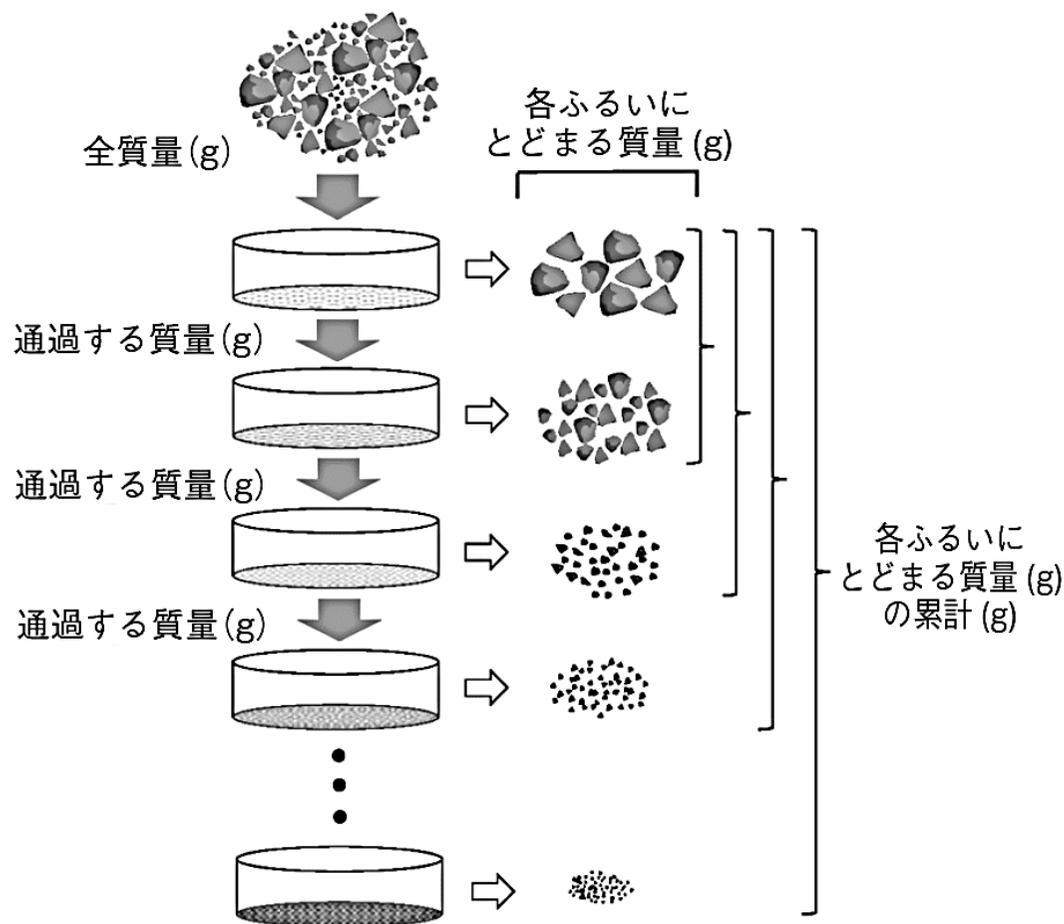
圧送性は粒度分布がよく、粒形が良好で、吸水率が小さいものほど圧送性が良好となる

0.3mm以下の微粒分が少なくとも15%以上ないと圧送性が悪くなる

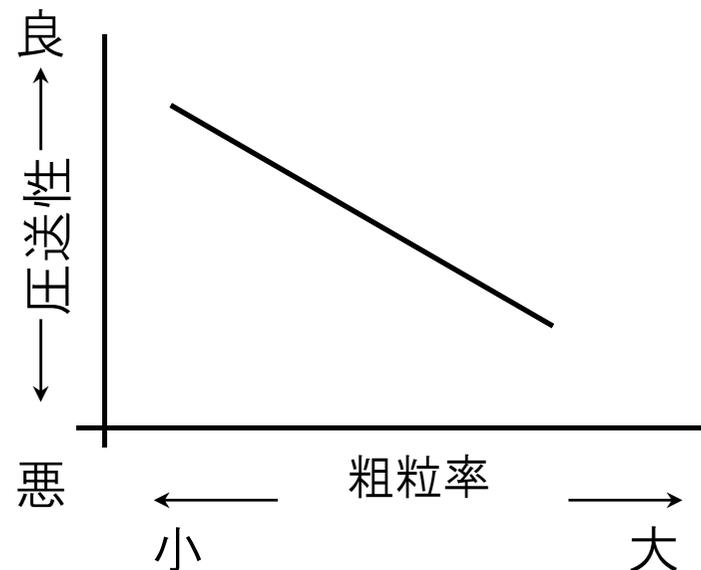


## 粗粒率(F.M)

粗粒率は骨材の粒子の大きさを表わす値で必ずしも粒度分布を定量化したものであるが、簡便なうえに骨材の粒度を判定する目安として有効



細骨材の粒度が粗いと(3.0以上)コンクリートに分離傾向が生じる



## 粗粒率(F.M)の計算方法

80, 40, 20, 10, 5, 2.5, 1.2, 0.6, 0.3 および0.15 mmの各ふるいに留まる質量百分率の和を100 で除した値

ふるい分け試験結果の例

ふるいの呼び寸法 (mm)	粗粒率の計算に用いるもの (*)	粗骨材の試験結果例				細骨材の試験結果例			
		各ふるいに留まる質量 (g)	各ふるいに留まる質量の計 (g)	各ふるいに留まる質量の百分率 (%)	通過率 (%)	各ふるいに留まる質量 (g)	各ふるいに留まる質量の計 (g)	各ふるいに留まる質量の百分率 (%)	通過率 (%)
40	*	0	0	0	100	0.0	0.0	0	100
30		0	0	0	100	0.0	0.0	0	100
25		0	0	0	100	0.0	0.0	0	100
20	*	410	410	8	92	0.0	0.0	0	100
15		1447	1857	36	64	0.0	0.0	0	100
10	*	1895	3752	73	27	0.0	0.0	0	100
5	*	1018	4770	93	7	8.5	8.5	2	98
2.5	*	260	5030	98	2	27.0	35.5	7	93
1.2	*	101	5131	100	0	95.9	131.4	26	74
0.6	*	0	5131	100	0	140.6	272.0	54	46
0.3	*	0	5131	100	0	125.5	397.5	79	21
0.15	*	0	5131	100	0	84.8	482.3	96	4
受皿		0	5131	100	0	22.1	504.4	100	0
合計		5131	-	672	-	504.4	-	264	-
粗粒率				6.72				2.64	

$$\text{粗骨材の粗粒率 (F.M.)} = \frac{(0 + 8 + 73 + 93 + 98 + 100 \times 4)}{100} = 6.72$$

$$\text{細骨材の粗粒率 (F.M.)} = \frac{(0 + 0 + 0 + 2 + 7 + 26 + 54 + 79 + 96)}{100} = 2.64$$

## 粗骨材の最大寸法

粗骨材の最大寸法とは、質量で少なくとも90%以上が通る最小寸法のふるいの寸法

コンクリートにとって、耐久性・経済性の面から見れば、一般に最大寸法の大きい粗骨材を用いる方が良いが、施工する構造物の部材寸法，鉄筋の最小のあき，かぶり厚さに対して、打ち込んだコンクリートが鉄筋の間や鉄筋と型わくとの間を容易に通じ、密実に充てんされるように粗骨材の最大寸法が定められている

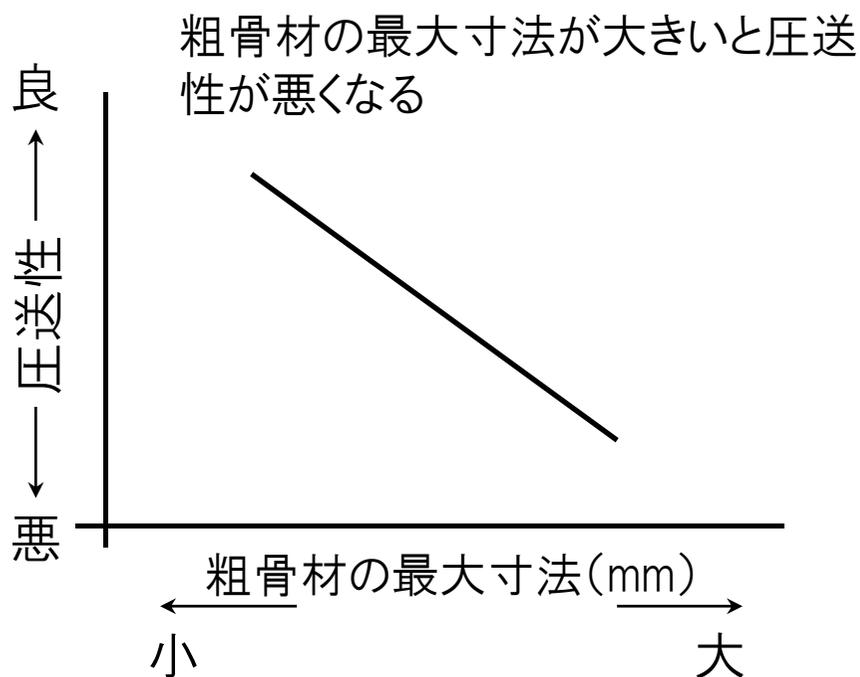


表 粗骨材の最大寸法に対する輸送管の寸法

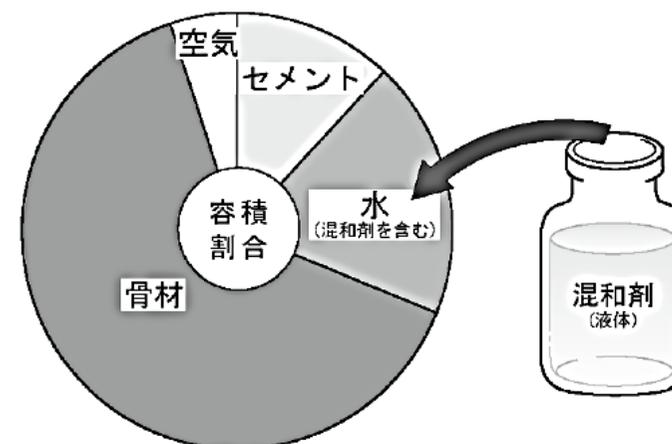
粗骨材の種類	粗骨材の最大寸法	呼び寸法
人工軽量骨材	15mm	125A以上
普通骨材	20mm	100A以上
	25mm	
	40mm	125A以上

# コンクリートの使用材料 ③混和材料

混和材料とは、コンクリートの性質を改良するために使用する、コンクリートの基本的な材料であるセメント，水および骨材以外の材料のこと

## 「混和剤(化学混和剤)」

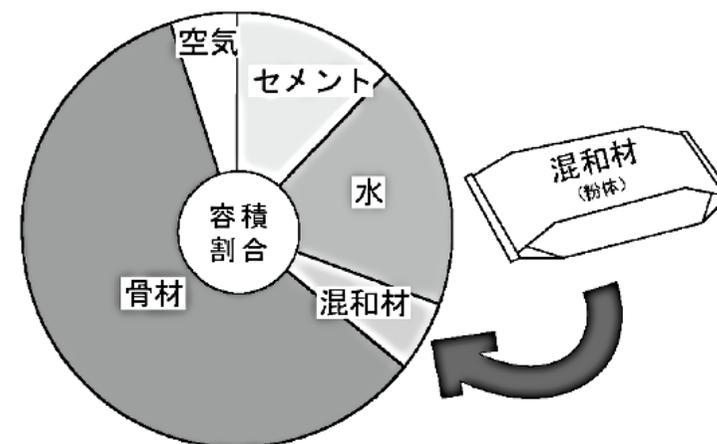
一般に液体で、薬剤のように少量を使用するものであり、コンクリート製造時の材料計量においては水の一部として扱われることが多い



混和剤はコンクリートの容積に算入しない。

## 「混和材」

一般に粉体であり、混和剤と比較すると比較的多くの量を使用するため、その容積をコンクリートの容積に算入する



混和材はコンクリートの容積に算入する。

## 1. 混和剤(化学混和剤)

混和剤の種類	作用	効果および用途
AE剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微細な独立した気泡(エントレインドエア)をコンクリート中に混入する。(3~6%)</li> <li>このエアがボールベアリングの役割をする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①単位水量の減少(プレーンコンクリートのWを約8%低減)</li> <li>②ワーカビリティの改善やブリーディングの低減</li> <li>③凍結融解作用に対する抵抗性の向上</li> </ul>
AE減水剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AE剤の作用に加えて、セメント粒子へ静電気を帯電させ、その反発作用でセメントを細かく分散させる。</li> <li>・添加量に限度があり、入れすぎるとセメントの凝結が遅れたり、固まらないことがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①単位水量の減少(プレーンコンクリートのWを約13%低減)</li> <li>②ワーカビリティの改善やブリーディングの低減</li> <li>③単位セメント量の減少(同一強度を得る場合)</li> </ul>
高性能AE減水剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AE減水剤の作用に加えて、セメント粒子を分散させる。</li> <li>・添加量を多くしてもセメントの凝結を著しく阻害しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①大きな減水効果とワーカビリティの改善(プレーンコンクリートのWを約18%以上低減)</li> <li>②強度・耐久性の改善</li> <li>③高強度コンクリート・高流動コンクリートへの適用</li> </ul>
流動化剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セメント粒子を分散させる。</li> <li>・添加量を多くしてもセメントの凝結を著しく阻害しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①流動性、ワーカビリティの改善</li> <li>②単位セメント量の増大防止</li> <li>③乾燥収縮によるひび割れ発生量の減少</li> </ul>

## 2. 混和材

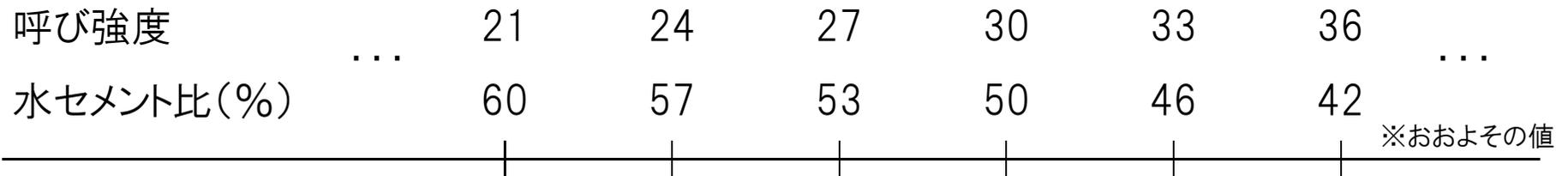
混和材の種類	生成方法	作用
フライアッシュ	石炭火力発電所において微粉炭を燃焼する際、溶融した灰分が冷却されて球状となったものを電気集塵器等で捕集した副産物	可溶性の二酸化珪素がセメントの水和の際に生成される水酸化カルシウムと常温で徐々に化合して、不溶性の安定な珪酸カルシウム水和物等を生成する( <b>ポゾラン反応</b> ) フライアッシュの粒子の大部分は、表面が滑らかな球状を呈しており、コンクリートに混和したときのワーカビリティが改善され、所要のコンシステンシーを得るために必要な単位水量を少なくすることができる
シリカフェーム	フェロシリコンやフェロシリコン合金を製造する際、中間生成物としてのSiO <sub>2</sub> がガス化して、排気ダクトの中で酸化され、SiO <sub>2</sub> として集塵機で回収された副産物	高性能AE減水剤と併用することにより所要の流動性が得られ、しかもブリーディングや材料分離の小さいものが得られる コンクリートの圧縮強度として120N/mm <sup>2</sup> 以上が得られる
高炉スラグ微粉末	高炉から排出された溶融状態のスラグを高速の水や空気を多量に吹き付けて急冷粒状体とし、これを微粉碎し調整したもの	カルシウムシリケート水和物およびカルシウムアルミネート水和物を生成して硬化する( <b>潜在水硬性</b> )
膨張材		水和反応によってエトリンガイトあるいは水酸化カルシウムの結晶を生成して、その結晶成長あるいは生成量の増大により膨張させる

# コンクリートの調合

コンクリートの各材料の構成を単体量(コンクリート1m<sup>3</sup>中に占める各材料の質量で、一般に整数で表わす。単位は「kg/m<sup>3</sup>」)によって表わしたものを「調合」という

表 コンクリートの調合表 (例:呼び強度30, 高性能AE減水剤)

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単体量(kg/m <sup>3</sup> )				混和材 (C×%)
				W	C	S	G	
49.5	43.9	18	4.5	170	344	769	1027	3.78



AE減水剤

高性能AE減水剤

## スランプが同一の場合

表 AE減水剤コンクリートの調合例(スランプ18cm)

呼び強度	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和材 (C×%)	空気量 (%)
			W	C	S	G		
21	61.5	46.3 大	179 小	291	821 大	995	0.78	4.5
24	57.5	45.5	179	312	798	1000	0.83	4.5
27	53.0	44.6	181	342	769	1000	0.91	4.5
30	49.6	43.9	183	370	746	995	0.99	4.5
33	46.0	43.2 小	186 大	405	717 小	986	1.08	4.5

表 高性能AE減水剤コンクリートの調合例(スランプ18cm)

混和剤で調整

呼び強度	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和材 (C×%)	空気量 (%)
			W	C	S	G		
27	53.0	44.6	170	321	790 大	1024	3.37	4.5
30	49.5	43.9	170	344	769	1027	3.78	4.5
33	46.0	43.2	170	370	749	1027	4.07	4.5
36	43.5	42.7	170	391	730 小	1027	4.30	4.5

一定

## 呼び強度が同一の場合

表 AE減水剤コンクリートの調合例(呼び強度21)

スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和材 (C×%)	空気量 (%)
			W	C	S	G		
8	61.5	45.9	156 小	254	855	1054	0.68 小	4.5
12	61.5	45.3	162	264	831	1051	0.71	4.5
15	61.5	45.1	167	272	821	1043	0.73	4.5
18	61.5	46.3	179	291	821	995	0.78	4.5
21	61.5	47.4	188 大	306	824	954	0.82 大	4.5

一定 表 高性能AE減水剤コンクリートの調合例(呼び強度30) 混和剤で調整

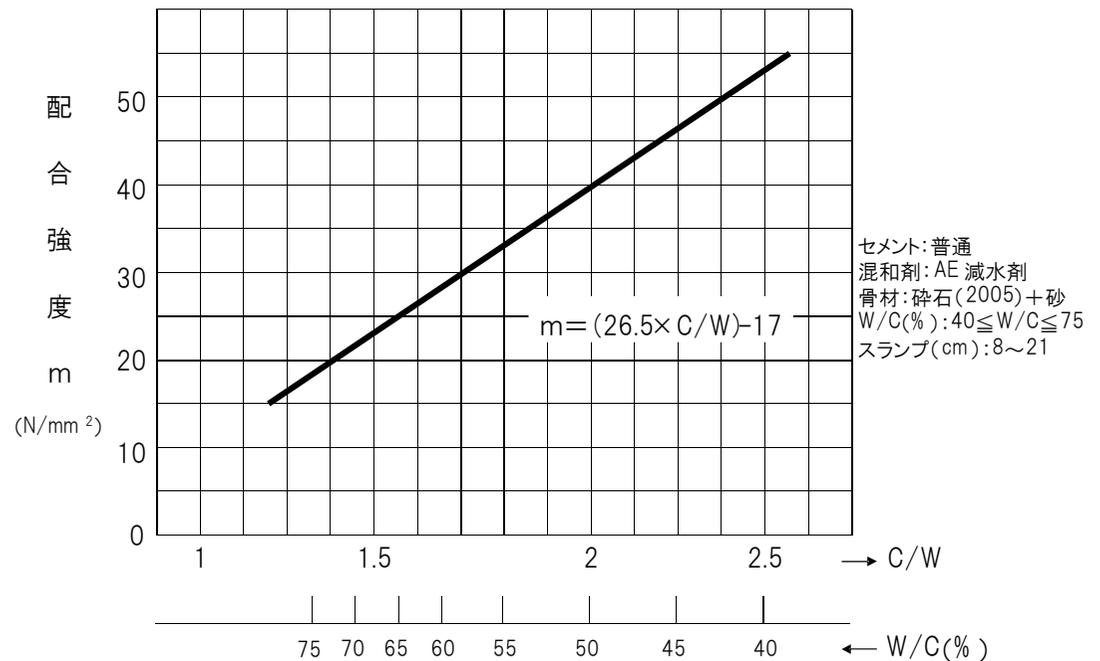
スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				混和材 (C×%)	空気量 (%)
			W	C	S	G		
8	49.5	43.5	152 小	307	795	1081 大	3.22 小	4.5
12	49.5	42.9	160	324	769	1070	3.40	4.5
15	49.5	42.7	165	334	756	1062	3.51	4.5
18	49.5	43.9	170	344	769	1027	3.78	4.5
21	49.5	45.0	175 大	354	780	995 小	4.25 大	4.5

## 水セメント比

水セメント比は、水とセメントの割合を指し、コンクリートの強度はセメントペーストの水セメント比によって支配される

$$\text{水セメント比(\%)} = \frac{\text{単位水量}}{\text{単位セメント量}} \times 100$$

水セメント比は、強度とセメント水比(水セメント比の逆数)の関係から決定する



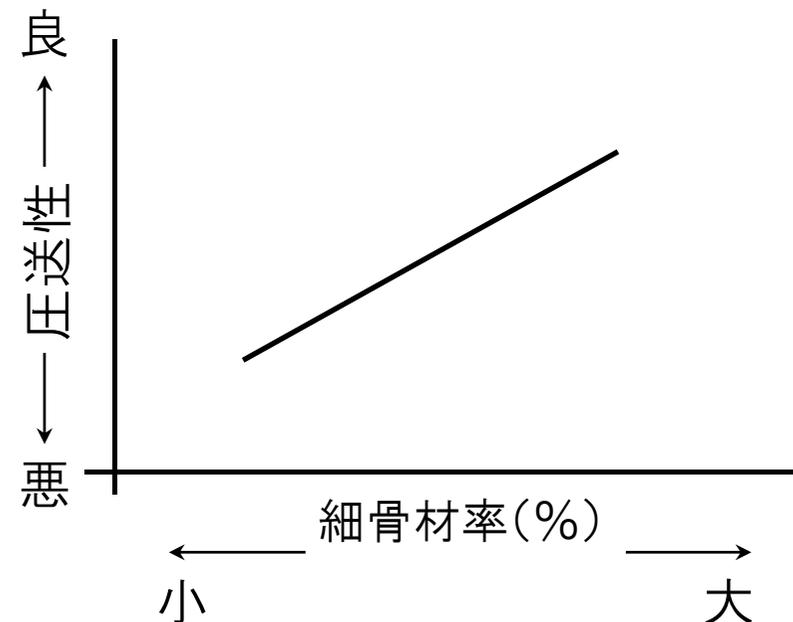
## 細骨材率

水セメント比は、水とセメントの割合を指し、コンクリートの強度はセメントペーストの水セメント比によって支配される

$$\text{細骨材率(\%)} = \frac{\text{細骨材の容積}}{\text{全骨材の容積}} \times 100$$

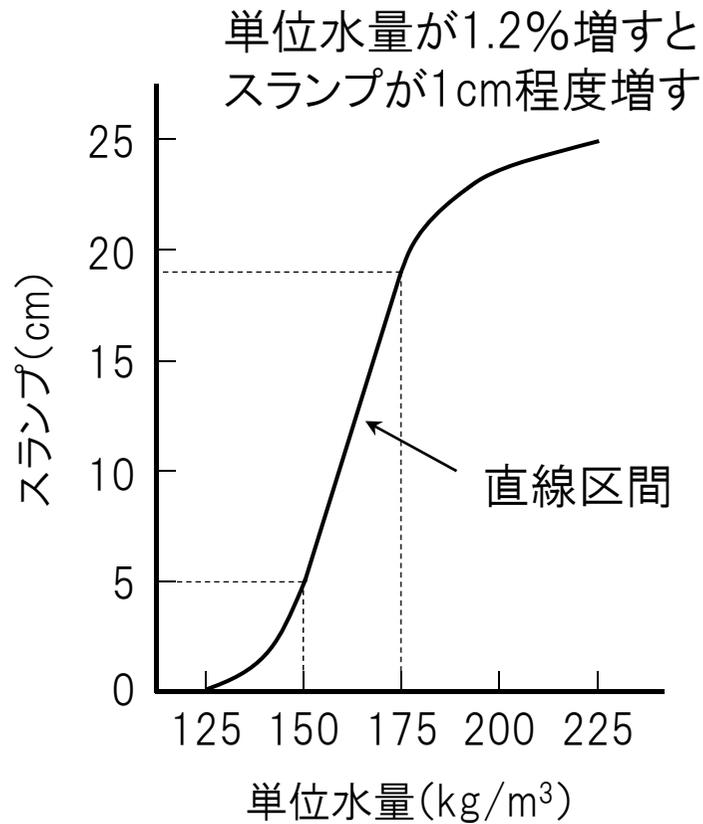
細骨材率が大きいと圧送性は良好となり、小さいと分離現象が生じ、圧送性が悪くなる

一般に、細骨材率が40%以下になると圧送性は悪くなる



## 単位水量

単位水量は、作業を行える範囲内で、すなわち所要のスランプを得ることができる範囲でできるだけ小さくなるよう試験を行って定める



単位水量は、スランプに影響するが、大きくなり過ぎるとコンクリートに分離現象が起こり圧送性が悪くなる

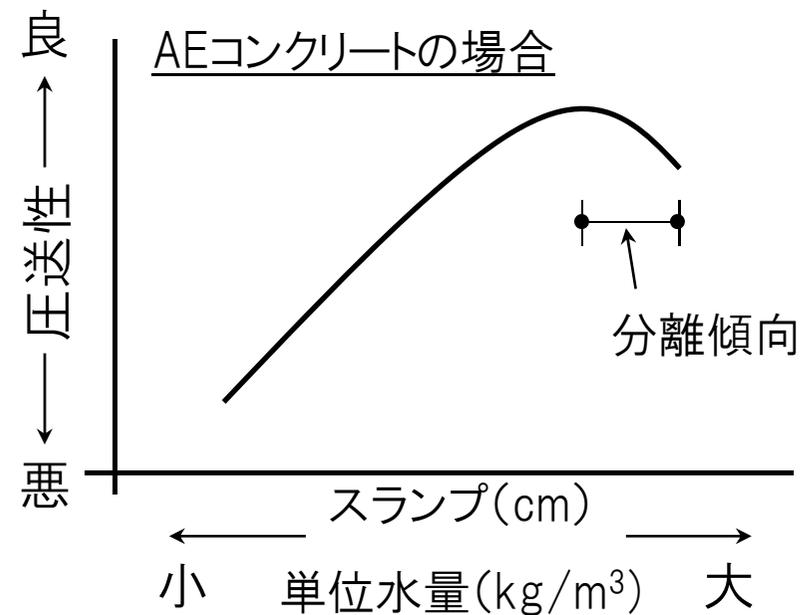


図 単位水量とスランプの間の傾向

## 単位セメント量

単位セメント量は、微粒分としてコンクリートの流動性や材料分離抵抗性に寄与する

単位セメント量が少ないと、ペースト分の不足により管内摩擦抵抗が大きくなり、コンクリートに分離傾向が生じ、圧送性が悪くなる  
 反面、その量が多すぎると粘性が増大し、圧送抵抗は大きくなる

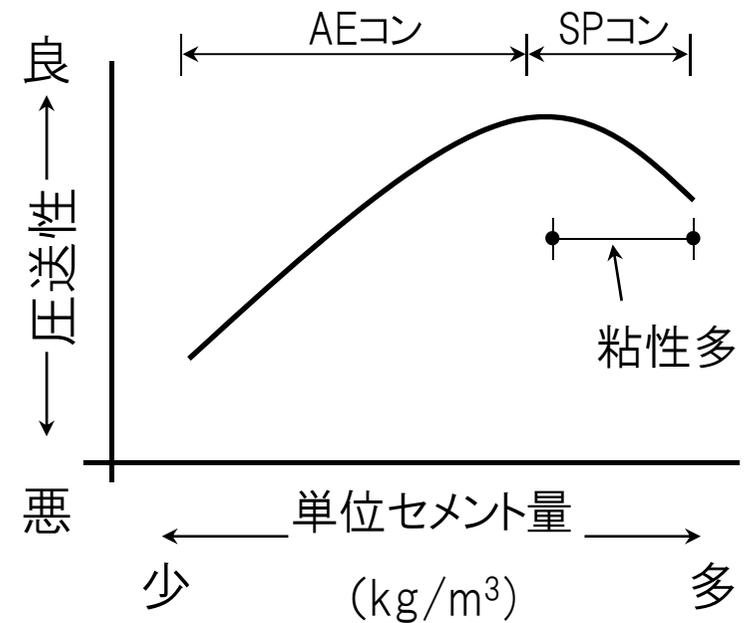


表 単位セメント量の最小値 (ポンプ指針,1992年)

コンクリートの種類	輸送管の寸法			水平換算長さ(m)			
	100A (4B)	125A (5B)	150A (6B)	60未満	60以上 150未満	150以上 300未満	300以上
普通コンクリート	300	290	280	280	290	300	300
軽量コンクリート	340	320	300	300	300	320	340

単位セメント量が少ないと、圧送不可になる可能性が高い

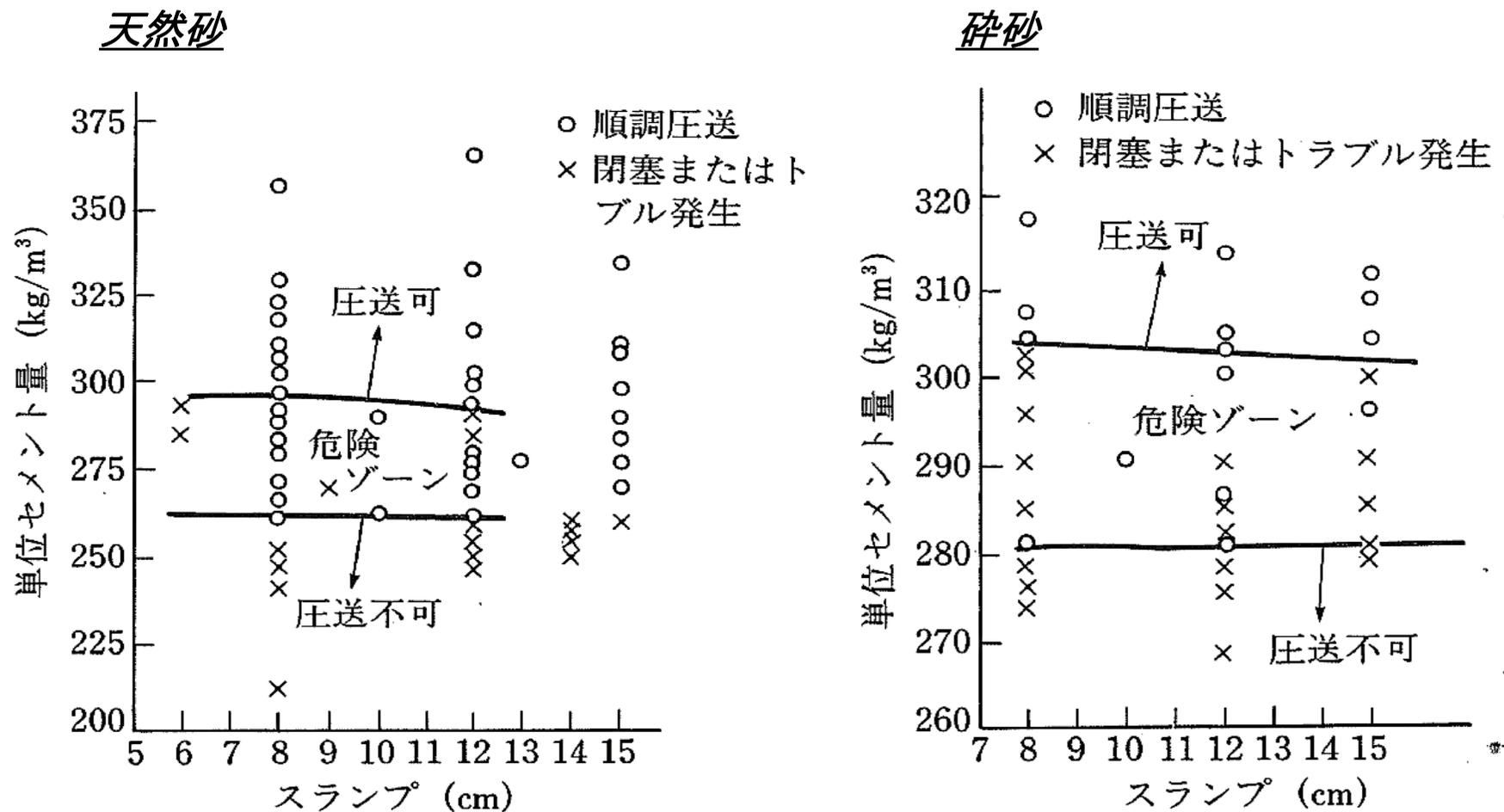


図 スランプと単位セメント量の関係(コンクリート圧送工法ガイドライン2009)

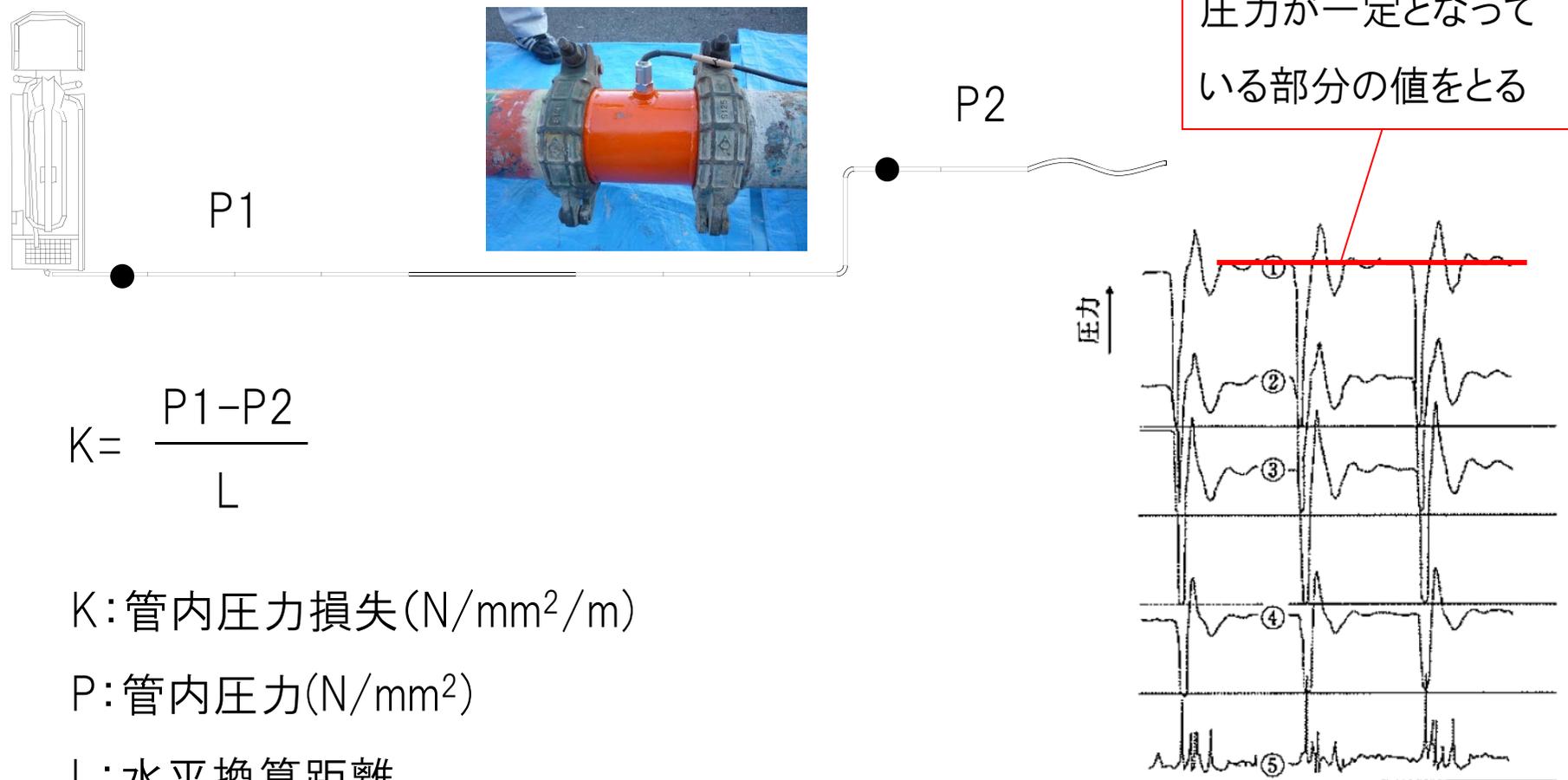
コンクリートの種類	圧送性
軽量コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・骨材の事前吸水が十分でないと圧送に伴う加圧によって閉塞の危険あり</li><li>・低スランプや単位セメント量が少ない場合、圧送抵抗が大きいので注意</li><li>・スランプが大きすぎると管内で材料分離を起こし閉塞の危険あり</li></ul>
重量コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・使用材料の単位容積質量の差が大きいため分離しやすい</li></ul>
富配合コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・単位セメント量が多いために粘性が大きく、抵抗が大きい</li><li>・細骨材の粗粒率と細骨材率に注意</li></ul>
貧配合コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・単位セメント量が少ないために材料分離によって閉塞しやすい</li><li>・骨材の粒径，粗粒率，細骨材率に注意</li></ul>
流動化コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・スランプロスが生じやすいため、流動化後はすみやかな圧送，打込みが必要</li></ul>
高強度コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・水セメント比が小さく、単位セメント量が多くなるため、粘性が高く、圧送抵抗が大きい</li><li>・試験圧送による機種を選定が望ましい</li></ul>
高流動コンクリート	<ul style="list-style-type: none"><li>・増粘剤や無機系粉体によって分離抵抗性を確保しているため、粘性が高く、圧送抵抗が大きい</li><li>・圧送距離，吐出量，輸送管径等を考慮する必要がある</li></ul>

# 管内圧力損失

管内圧力損失...

コンクリートが管内を流動するときの輸送管単位長さあたりの圧送抵抗のこと

使用材料、調合、圧送速度、輸送管径などにより影響される



$$K = \frac{P1 - P2}{L}$$

K: 管内圧力損失 (N/mm<sup>2</sup>/m)

P: 管内圧力 (N/mm<sup>2</sup>)

L: 水平換算距離

## 普通コンクリート

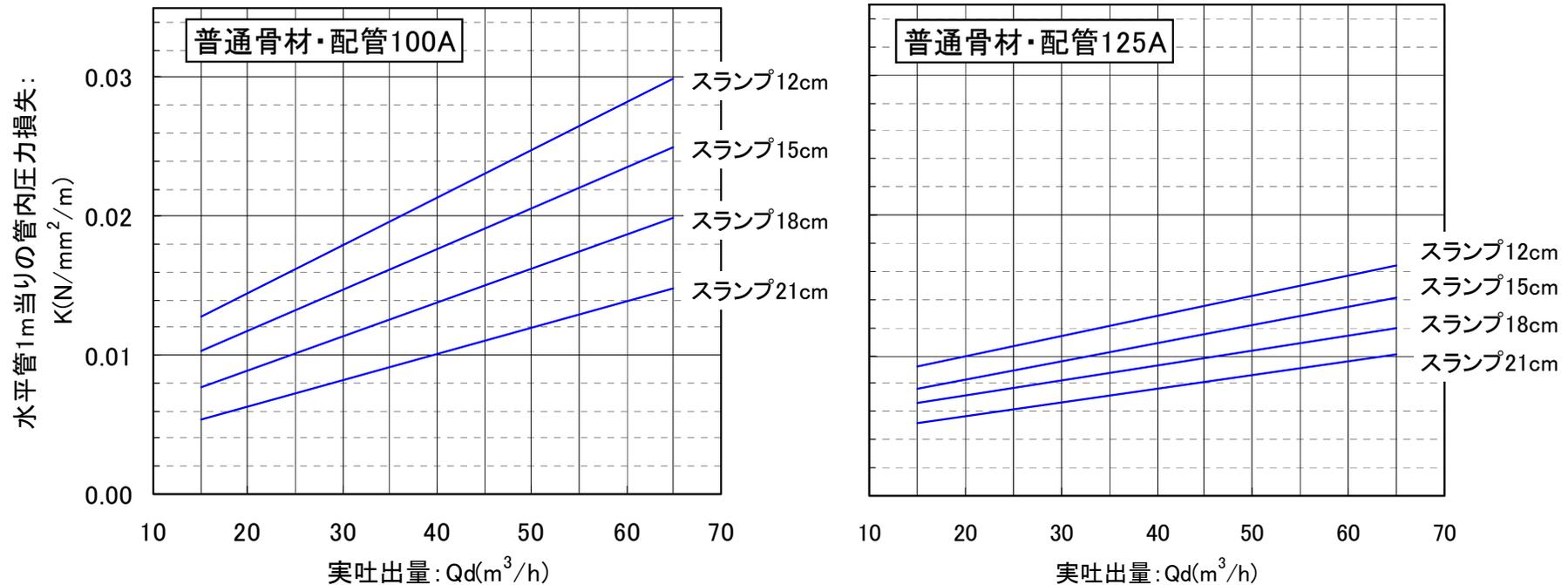


図 実吐出量と管内圧力損失の関係

単位セメント量が少ないと、ペースト分の不足により管内摩擦抵抗が大きくなり、コンクリートに分離傾向が生じ、圧送性が悪くなる

反面、その量が多すぎると粘性が増大し、圧送抵抗は大きくなる

圧送性は、コンクリートの性質であるコンシステンシー・プラスチシティー・ワーカビリティが総合的に影響する

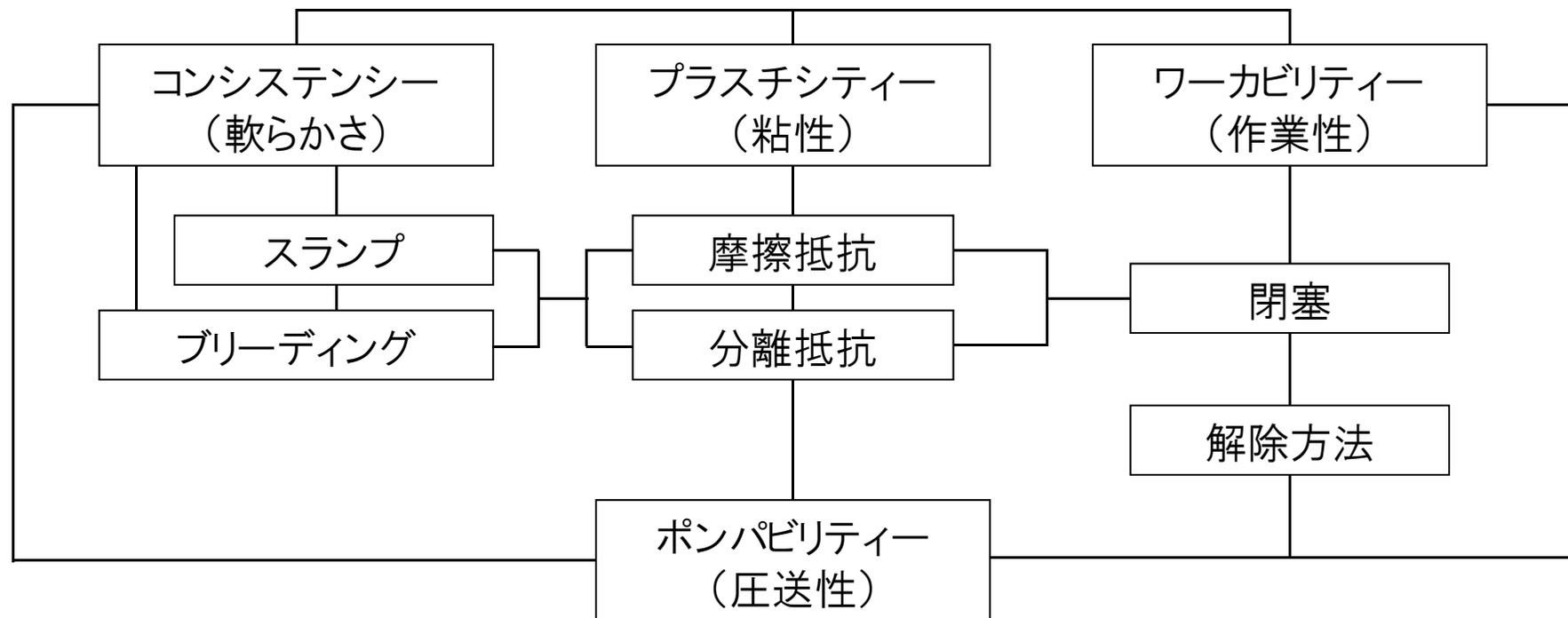
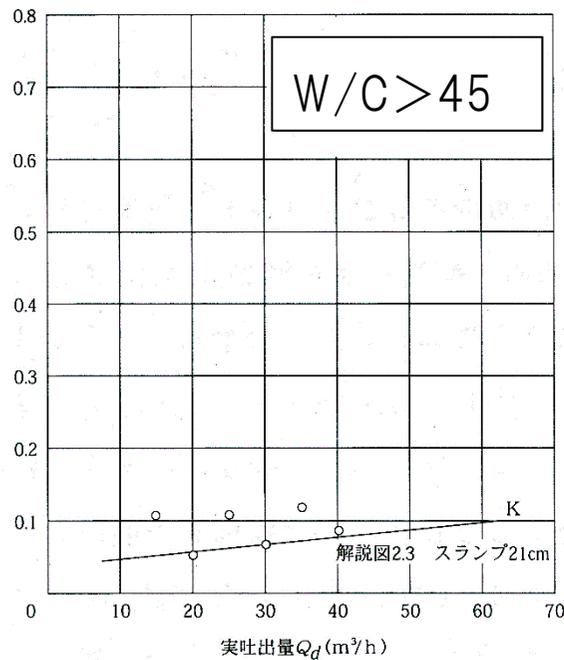
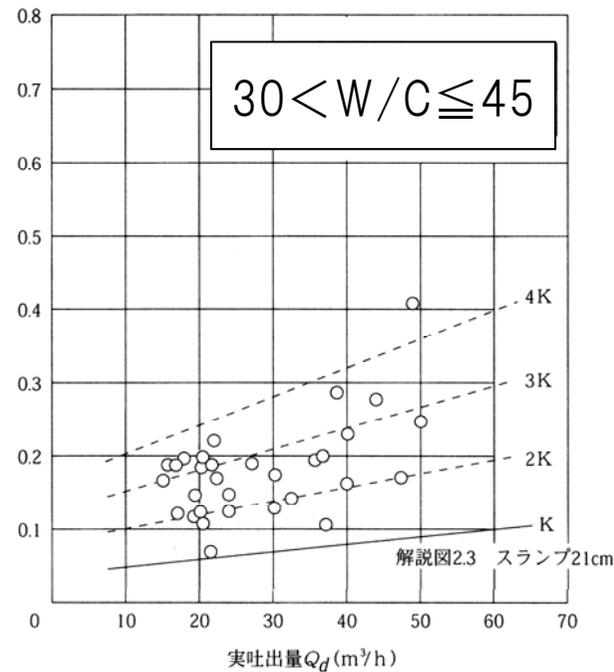


図 フレッシュコンクリートの性質と圧送性

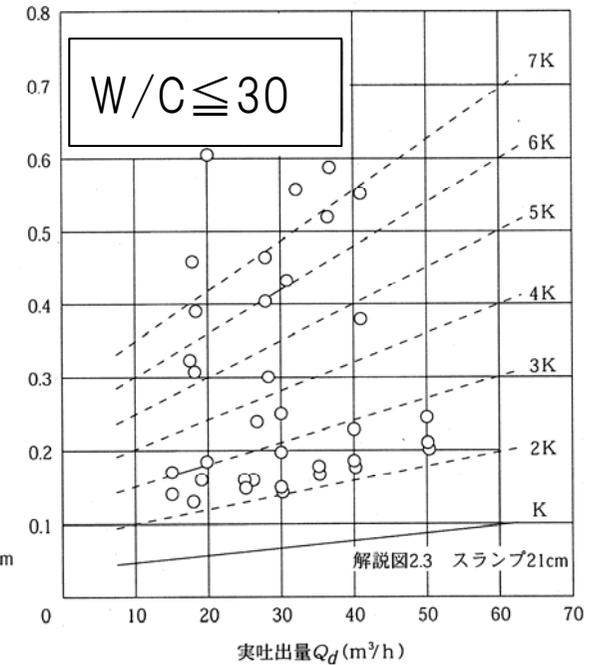
普通コンクリート



高強度コンクリート



超高強度コンクリート



水セメント比が45%より大きいコンクリートは、従来から使用されてきたK値の標準値をほぼそのまま使用できる

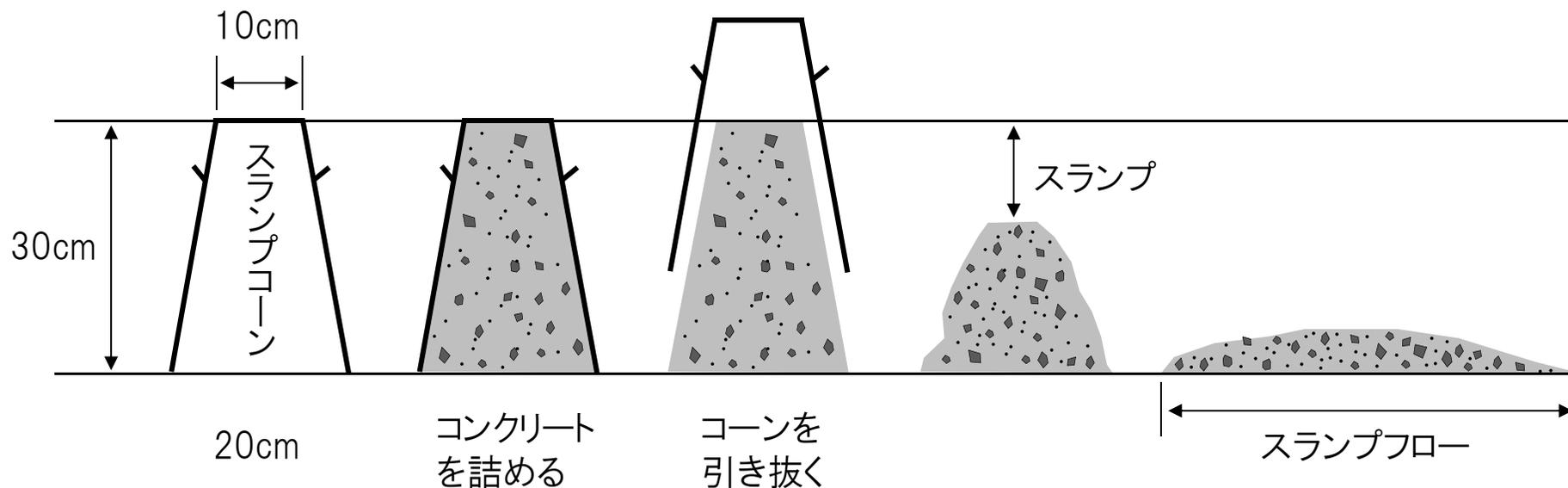
水セメント比が45%より小さくなると標準値から外れる例が多くなる

## コンクリートの受入検査

- スランプ
- 空気量
- フレッシュコンクリートの温度
- 塩化物イオン量
- 圧縮強度



## スランプ試験



スランプ試験は、コンクリートのワーカビリティ，コンシステンシー，材料分離抵抗性などを評価できる

## スランプ



スランプ8cm



スランプ15cm



スランプ21cm



スランプフロー  
60cm

表 スランプの許容差

スランプ (cm)	スランプの許容差 (cm)
2.5	± 1
5および6.5	± 1.5
8以上 18以下	± 2.5
21	± 1.5*

\* 呼び強度 27 以上で、高性能 AE 減水剤を使用する場合は ± 2 とする

## 空気量

空気量はエンラップトエアとエンレインドエアの合計で、空気量は4.5%程度以上とすることが望ましい



### (1)エンラップトエア

エンラップトエアは、比較的粗大な空気泡で、練混ぜや攪拌などによりコンクリート中に容積で0.2 ~ 2.0%が巻き込まれる

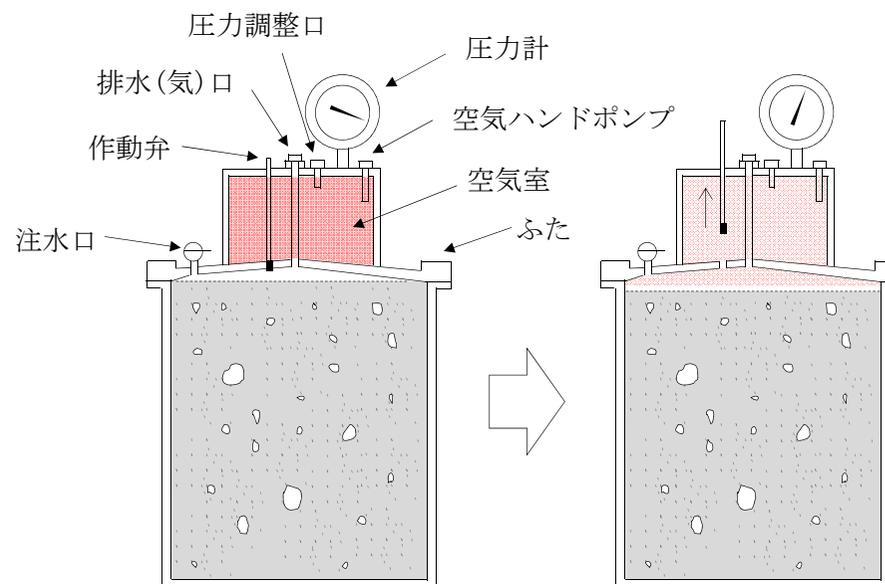
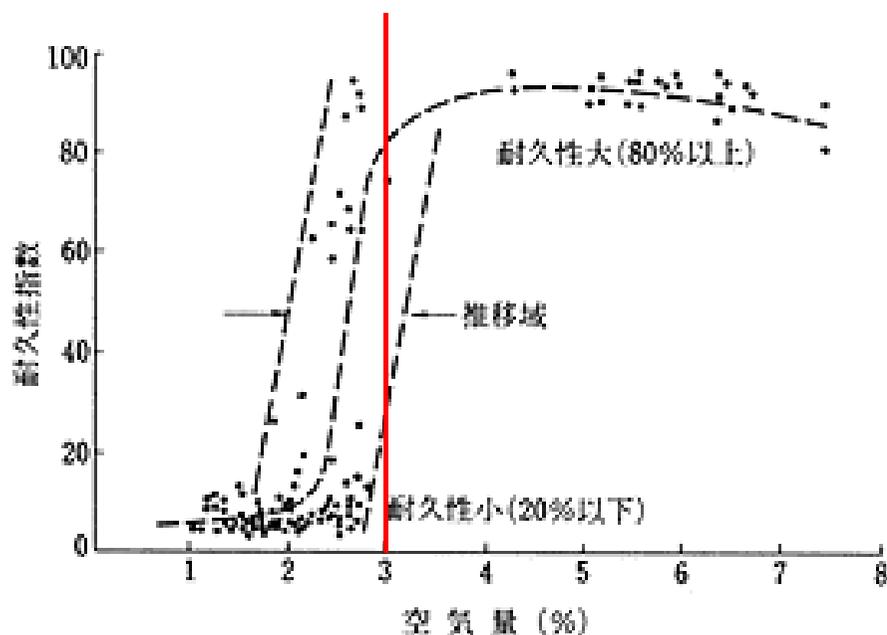
### (2)エンレインドエア

エンレインドエアは、AE剤やAE減水剤、高性能AE減水剤の効果によってコンクリート中に導入される微細な独立した空気泡で、フレッシュコンクリート中ではボールベアリングのような働きをして流動性を改善する  
また、コンクリート中の水分が凍結するときの膨張による圧力を緩和するため、凍結融解の繰り返し作用(凍害)に対するコンクリートの抵抗性を著しく向上させ、劣化を予防することができる

## 空気量

凍結融解作用を受けるコンクリートの空気量の下限値は3%以上の値とする必要がある

また、空気量6%程度以上になると、それ以上空気量を増してもフレッシュコンクリートの品質はそれほど改善されなくなり、逆に硬化後の圧縮強度の低下および乾燥収縮率の増加をもたらすようになる



## 空気量

空気量が目標とする値と異なるときは、細骨材率および単位水量を補正する

表 コンクリートの調合設計における補正值

区 分	細骨材率の補正	単位水量の補正
砂の粗粒率が0.1大きい	0.5%大きくする	補正しない
スランプが1cm大きい	補正しない	1.2%大きくする
空気量が1%大きい	0.5～1.0%小さくする	3%小さくする
水セメント比が5%大きい	1%大きくする	補正しない
細骨材率が1%大きい	-	1.5kg大きくする
川砂利を用いる	3～6%小さくする	9～15kg大きくする

## 塩化物含有量

塩化物が一定以上存在すると、塩化物イオンの作用によって、不動態被膜が破壊され鉄筋が腐食する

建築物の構造耐力上主要な部分に用いられるコンクリートに含まれる塩化物量は、原則として $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ 以下とする



試験紙法

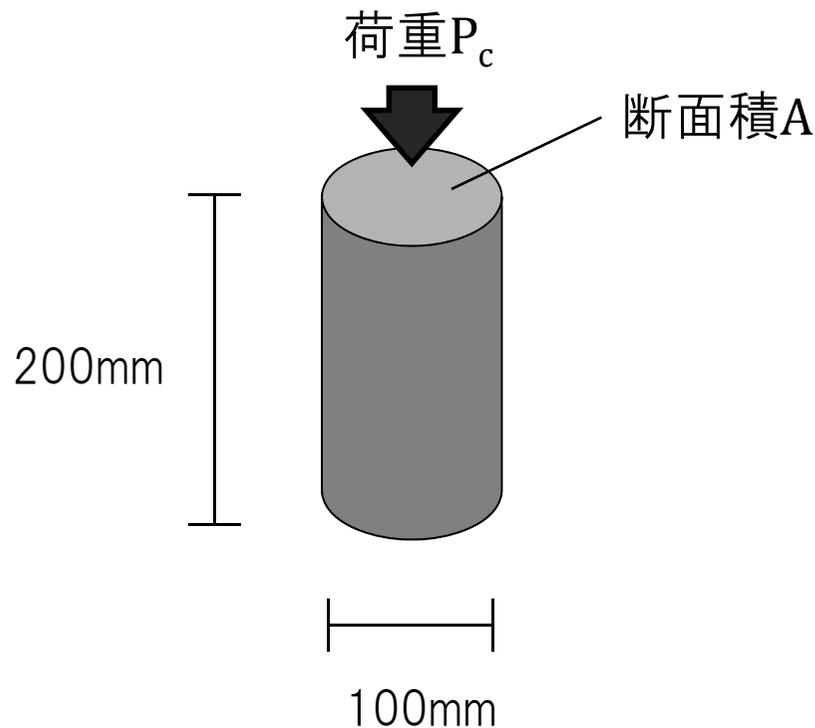


電極法

## 圧縮強度

コンクリートの圧縮強度は、コンクリートの力学特性を代表する特性値として重視される

試験は、標準養生を行った供試体を用いて材齢28日で行う



$$F_c = \frac{P_c}{A}$$

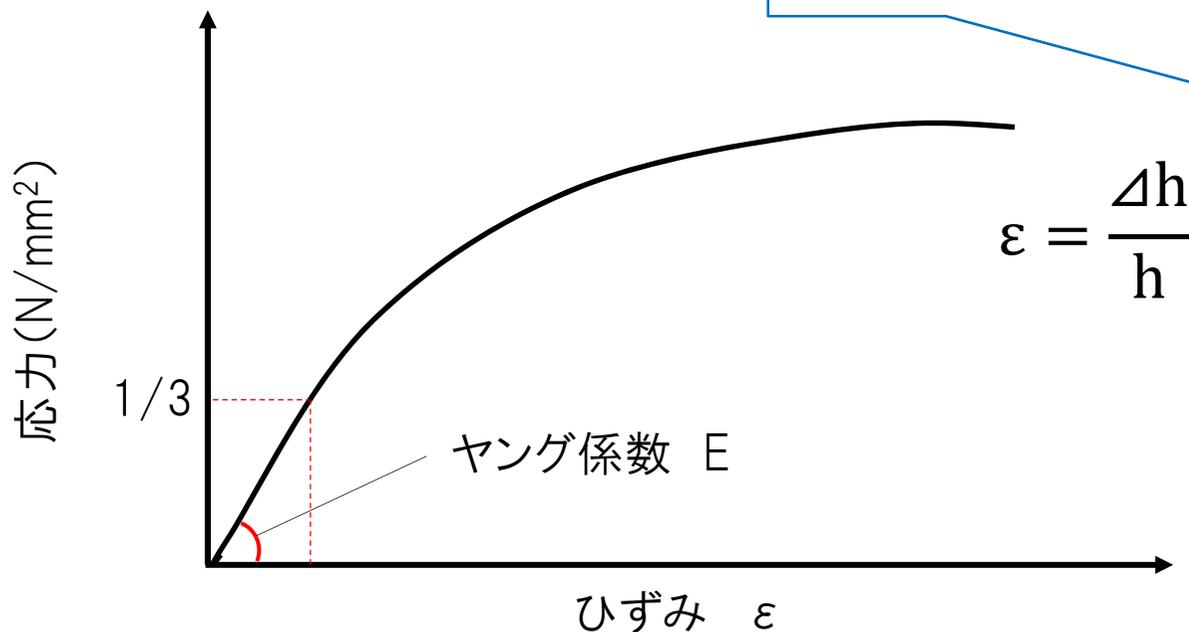
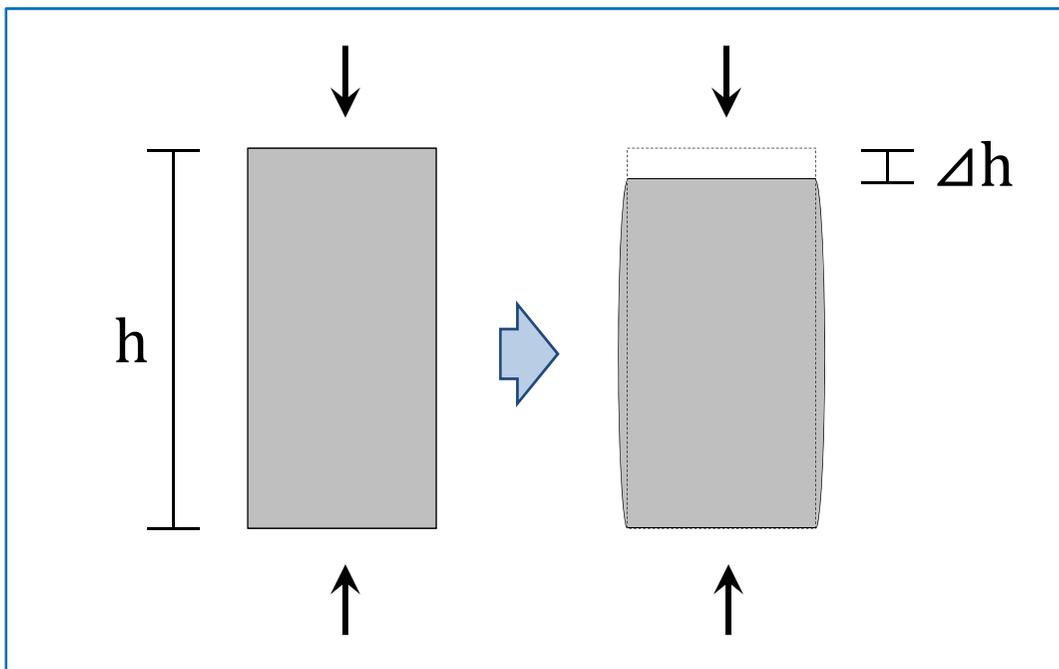
$F_c$ : 圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$P_c$ : 荷重(kN)

$A$ : 断面積(mm<sup>2</sup>)

## ヤング係数

強度の1/3に相当する応力  
点と原点とを結ぶ線の勾配  
のこと



## 乾燥収縮

コンクリートは、コンクリート中の水分が逸散することによって収縮する  
一般的な建築物においては、乾燥収縮率 $800 \times 10^{-6}$ 以下とすることによって  
有害なひび割れが発生しないレベルにほぼ制御できる

乾燥収縮率 $800 \times 10^{-6}$ とは、  
100mの建築物の場合、8cm収縮する

乾燥収縮によるひび割れは、  
左写真のように等分布に発生する



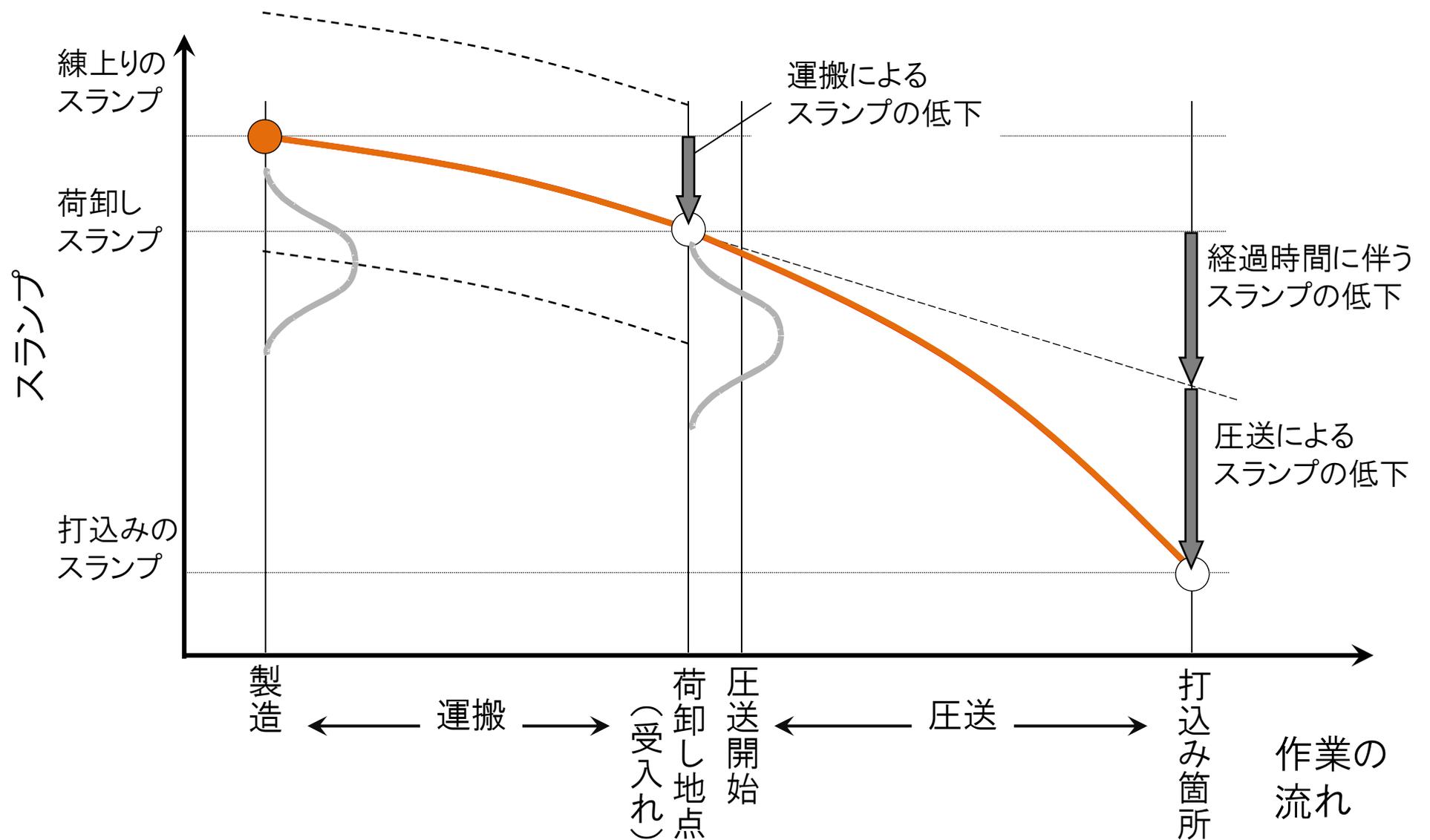


図 作業の流れとスランプの変化の概念

## AE減水剤コンクリートの品質変化

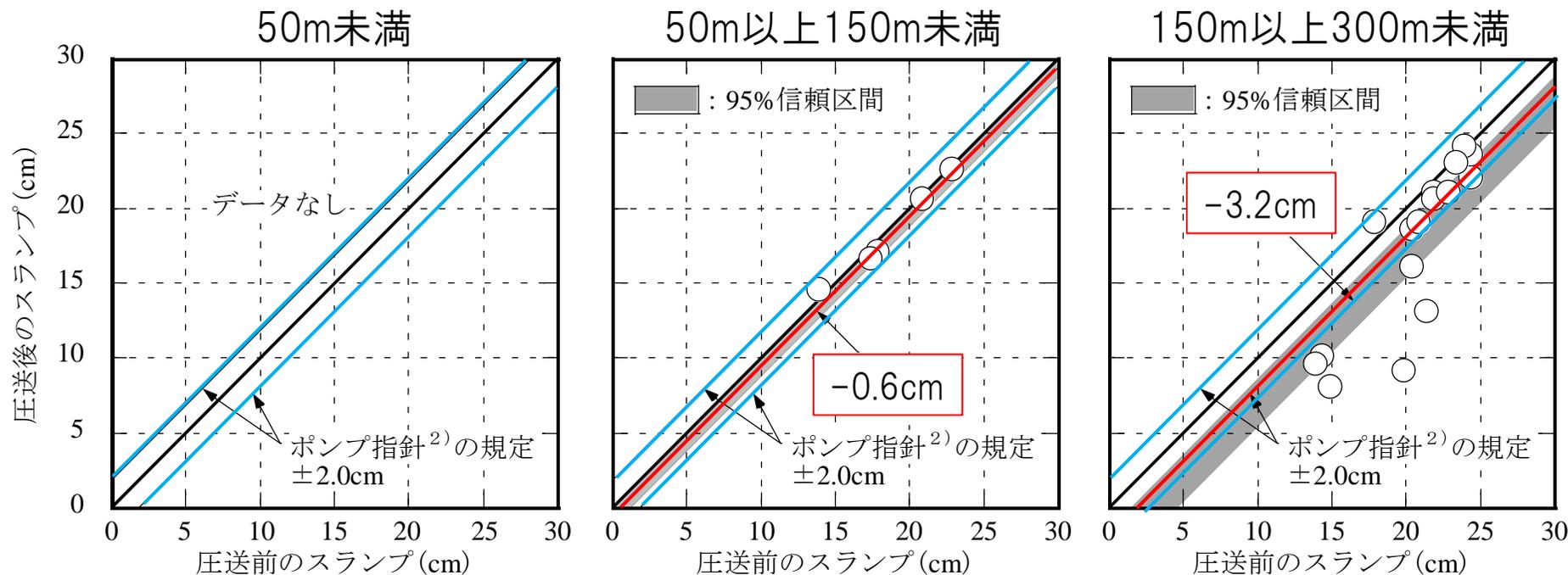


図 文献調査によるAE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプの変化

AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプの変化は、低下する傾向を示す  
水平換算距離が長くなると低下量が大きくなる傾向を示す

## AE減水剤コンクリートの品質変化

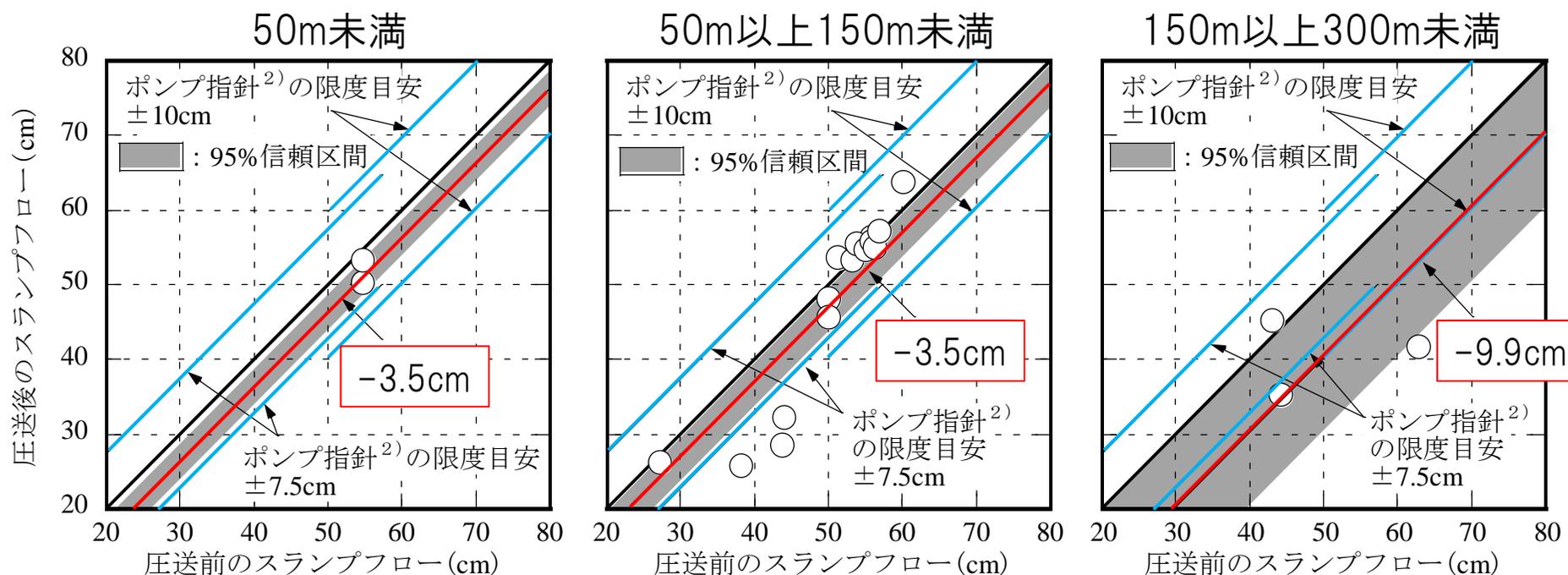


図 文献調査によるAE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプフローの変化

AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプフローの変化は、低下する傾向を示す  
水平換算距離が長くなると低下量が大きくなる傾向を示す

## AE減水剤コンクリートの品質変化

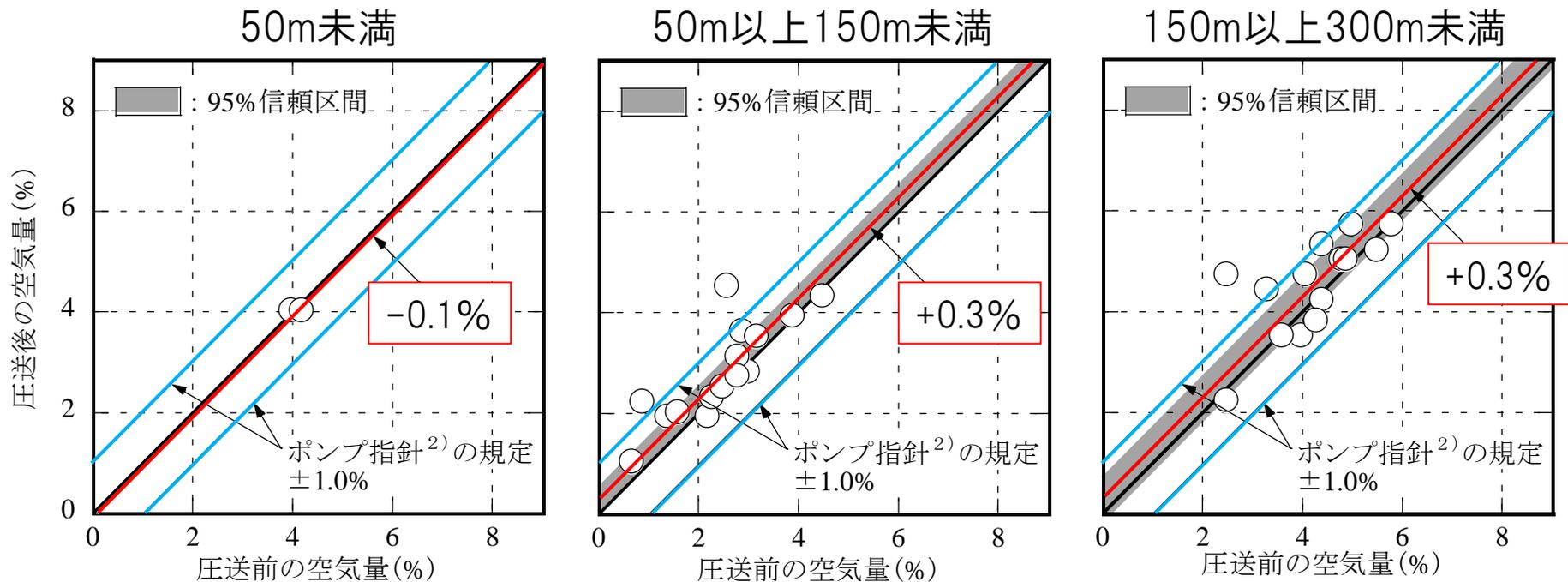


図 文献調査によるAE減水剤コンクリートの圧送前後の空気量の変化

AE減水剤コンクリートの圧送前後の空気量の変化は、僅かに増加する傾向を示す

→ ポンプ指針の傾向と異なる傾向

水平換算距離の影響は小さい

## 高性能AE減水剤コンクリートの品質変化

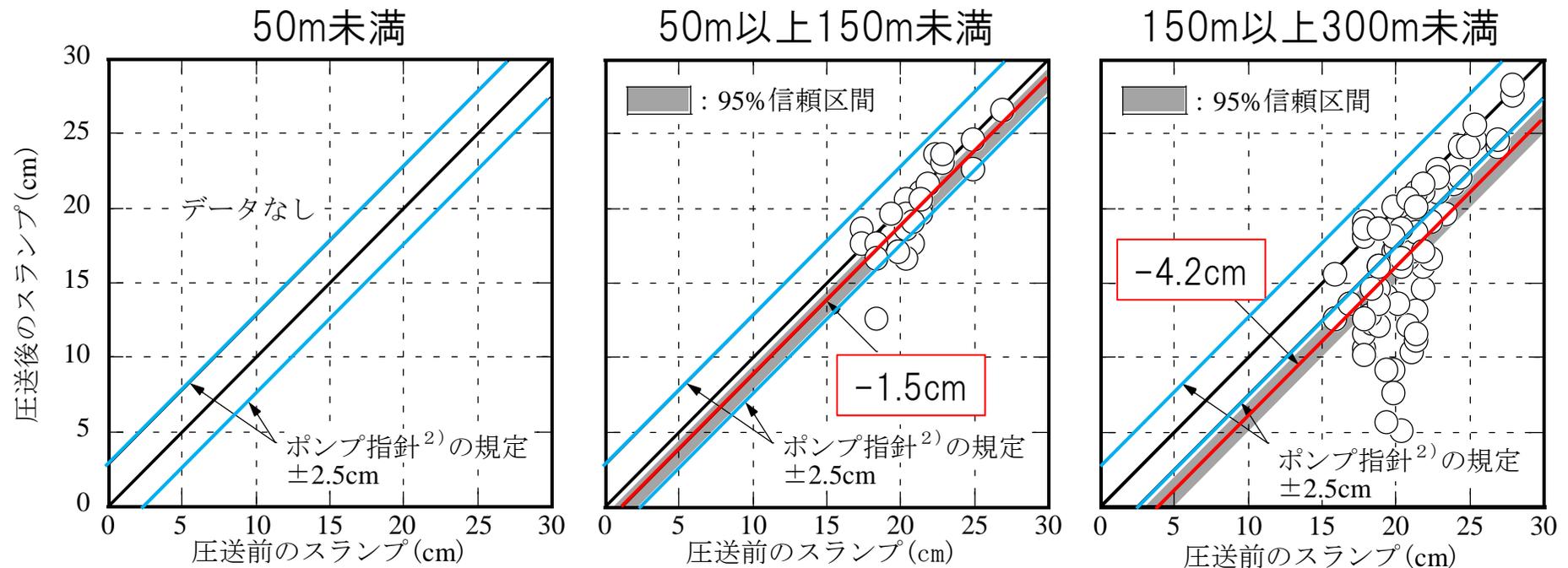


図 文献調査による高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプの変化

高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプの変化は、低下する傾向を示す  
圧送前のスランプが小さいほど、スランプの変化量が大きくなる傾向を示す  
水平換算距離が長くなると低下量が大きくなる傾向を示す

## 高性能AE減水剤コンクリートの品質変化

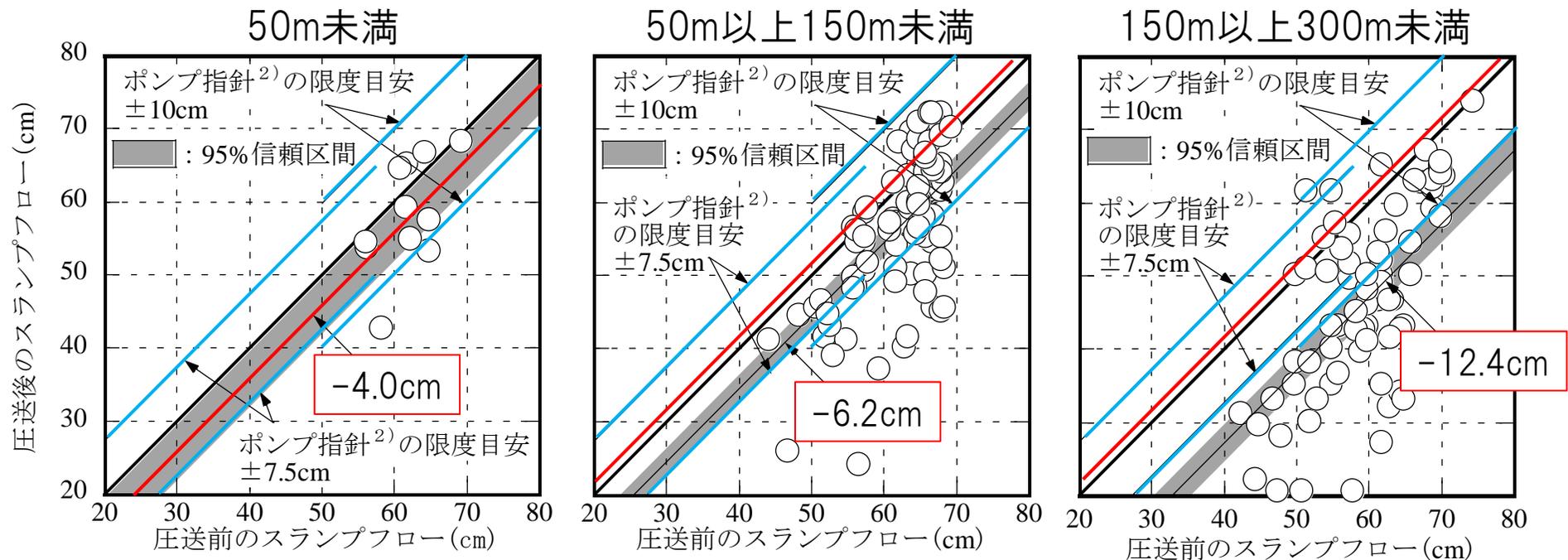


図 文献調査による高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプフローの変化

高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプフローの変化は、低下する傾向

圧送前のスランプが小さいほど、スランプの変化量が大きくなる傾向を示す

水平換算距離が長くなると低下量が大きくなる傾向を示す

## 高性能AE減水剤コンクリートの品質変化

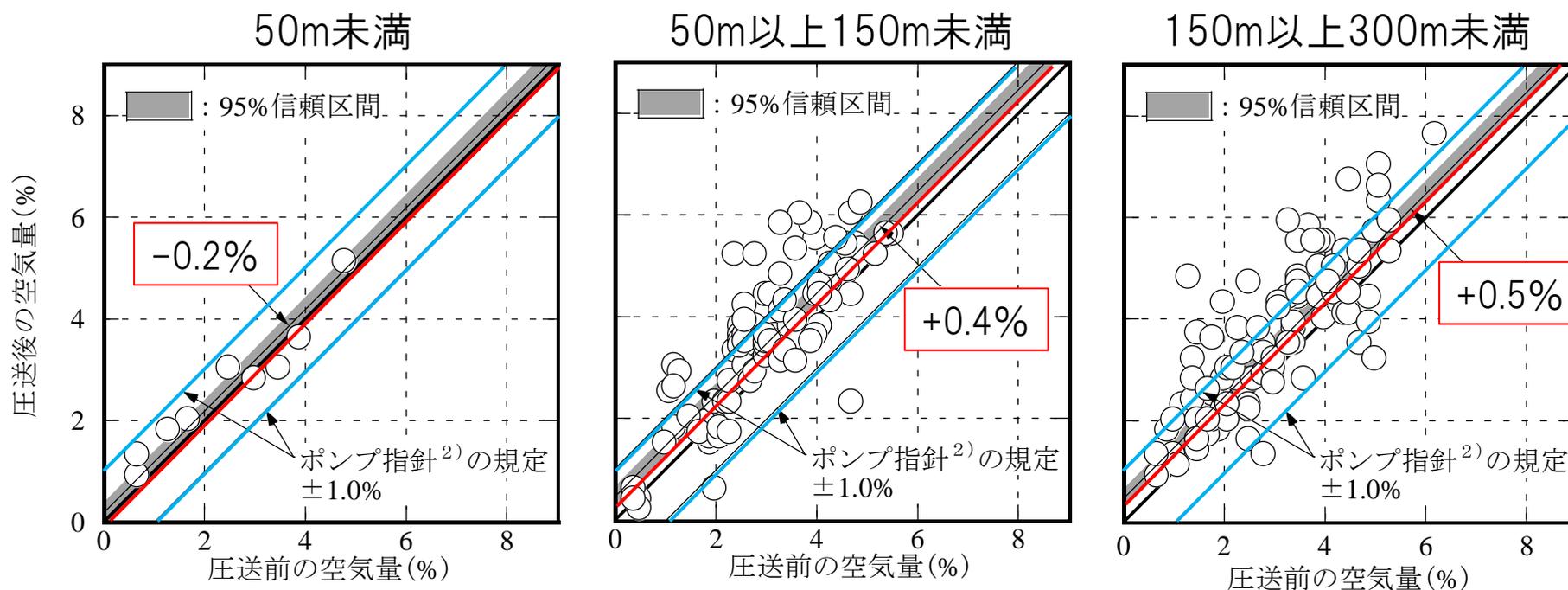


図 文献調査による高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後の空気量の変化

高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後の空気量の変化は、僅かに増加する傾向  
AE減水剤コンクリートよりも大きい傾向を示す

## AE減水剤コンクリートの品質変化

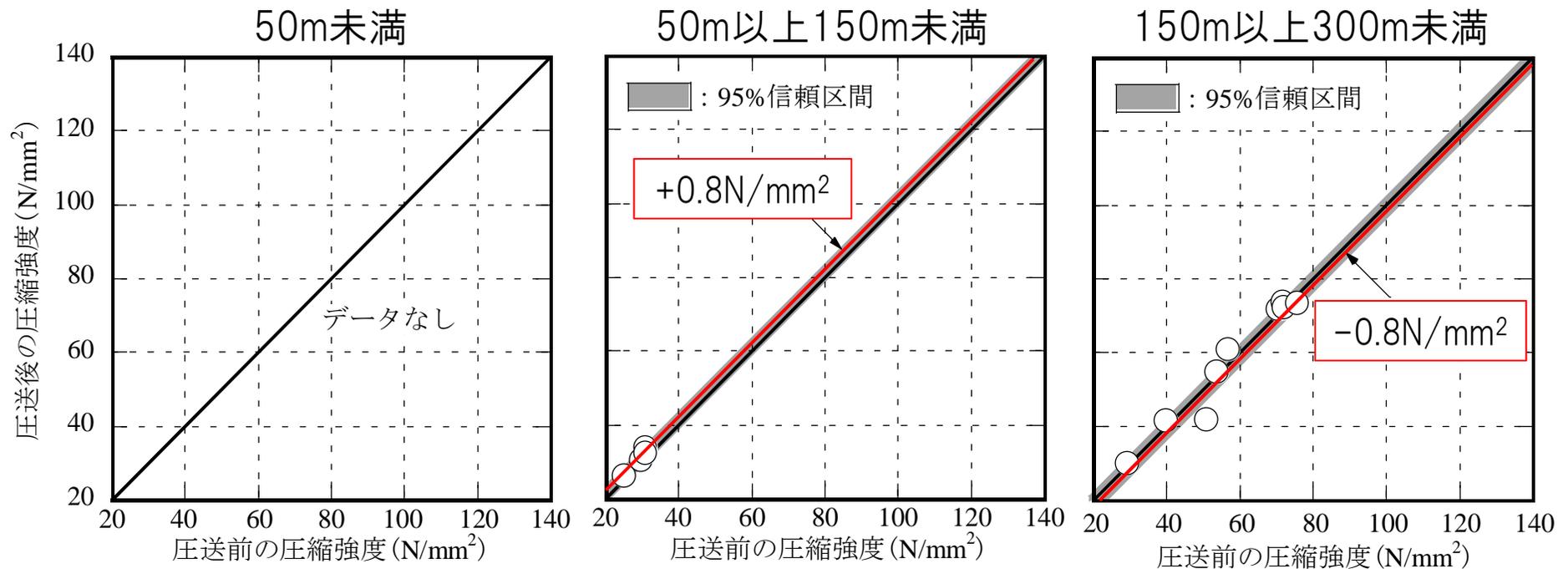


図 文献調査によるAE減水剤コンクリートの圧送前後の圧縮強度の変化

AE減水剤コンクリートの圧送前後の圧縮強度の変化は、水平換算距離にかかわらずほぼ同等の傾向を示す

圧送による空気量の増加の影響は小さい

## 高性能AE減水剤コンクリートの品質変化

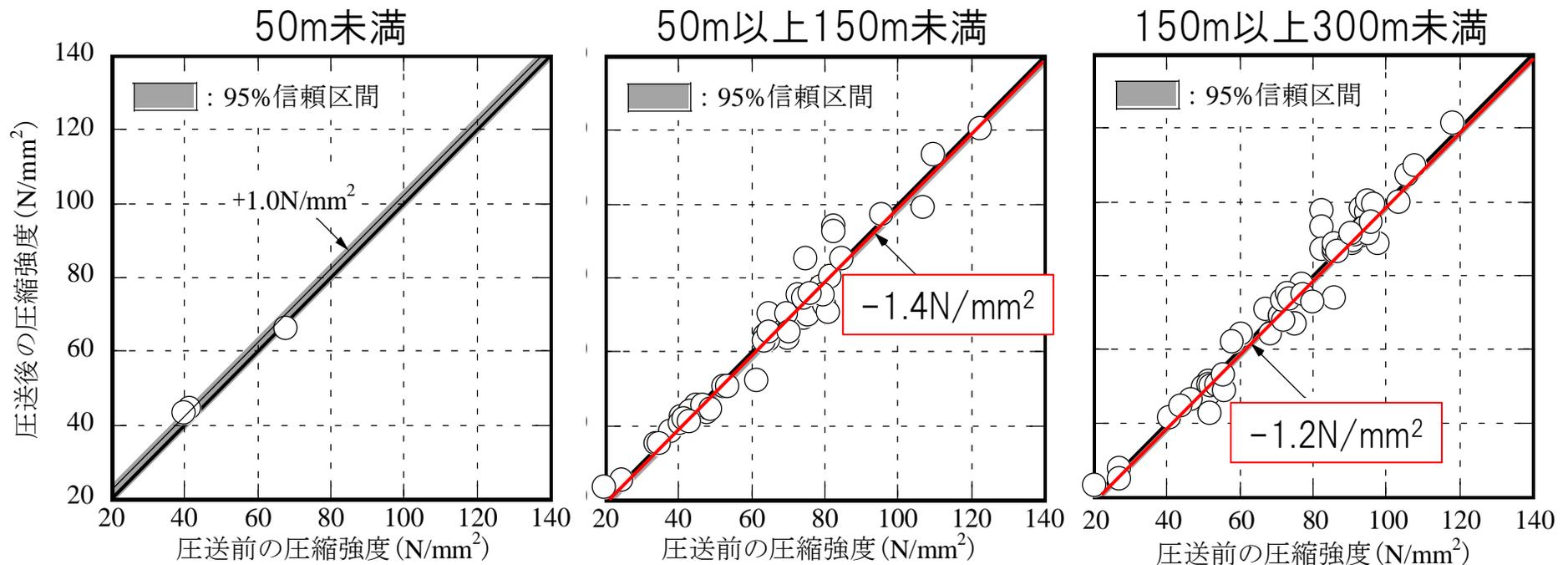


図 文献調査による高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後の圧縮強度の変化

高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後の圧縮強度の変化は、水平換算距離にかかわらずほぼ同等の傾向を示す

圧送による空気量の増加の影響は小さい

表 文献調査によるコンクリートの圧送前後の品質変化の傾向

種類	水平換算距離の区分	スランプ	スランプフロー	空気量	材齢28日における圧縮強度
AE減水剤 コンクリート	50m未満	-	-3.5cm	-0.1%	-
	50m以上150m未満	-0.8cm	-2.9cm	0.1%	0.3N/mm <sup>2</sup>
	150m以上300m未満	-3.8cm	-4.0cm	0.1%	-1.0N/mm <sup>2</sup>
高性能AE減水剤 コンクリート	50m未満	-	-4.0cm	0.2%	1.0N/mm <sup>2</sup>
	50m以上150m未満	-1.7cm	-6.4cm	0.4%	-1.4N/mm <sup>2</sup>
	150m以上300m未満	-4.8cm	-12.9cm	0.5%	-1.1N/mm <sup>2</sup>

スランプおよびスランプフローは水平換算距離が長くなると僅かに増加する傾向

空気量は水平換算距離が長くなると僅かに増加する傾向

高性能AE減水剤コンクリートの品質変化の方が大きい傾向