

# 佐陀川堆積土石の有効利用 に関する調査研究

公益財団法人 鳥取県建設技術センター

松永 和彦

# 内容

1. 調査研究の背景・目的
2. 堆積土石について
3. 路盤材等への適用
4. コンクリート用骨材への適用
5. 有効活用策

# 1. 調査研究の背景・目的

- ・ 平成23年9月2日から4日にかけて鳥取県を縦断した台風12号に伴う豪雨により、佐陀川河道内に約10万 $m^3$ の流出土石が大量に堆積した。（以下「堆積土石」）
- ・ 鳥取県は撤去する堆積土石の搬出先に苦慮。
- ・ 鳥取県から当センターに盛土材以外の活用策について検討を依頼された。
- ・ 建設材料として、利用方策を検討した。
  - 路盤材等の品質確認
  - コンクリート用骨材への利用の可能性を鳥取大学と共同調査研究。

# 調査地点～上流側の堆積状況

調査地点より上流側のスリットダムに堆積した土石



調査地点付近の堆積した土石





# 流出した土石の堆積状況



調査地点付近の氾濫した濁流。



上流側両岸斜面が侵食。



調査地点付近の河道内外に堆積した土石。



河道内外に堆積した土石。

# 佐陀川について





## 2. 堆積土石について

～ 現地踏査結果より～

- ・ 成因 **大山火山の噴出物** (火砕流堆積物)
- ・ 分類 全体 (**凝灰角礫岩**)、個々 (**安山岩**)
- ・ 特徴 **軽い** (**弱い**)、**丸み**をおびている、

層状に堆積し連続粒度で均質、**泥分が少ない**

**建設資材に使えるそう**

堆積した  
断面状況

侵食され  
た斜面



# 堆積土石の外観

堆積土石  
の外観



微粒分



色調 = 灰青色 ~ 赤褐色

下流 ~ 上流に行くほど、30cm大の巨礫が表面に増える。

5mm以下の粒子が地表面に堆積した箇所

表土の泥分・腐葉土等は少なく、石質の粒子からなる。乾燥固化しない。



# 特定有害物質8種類の重金属の確認

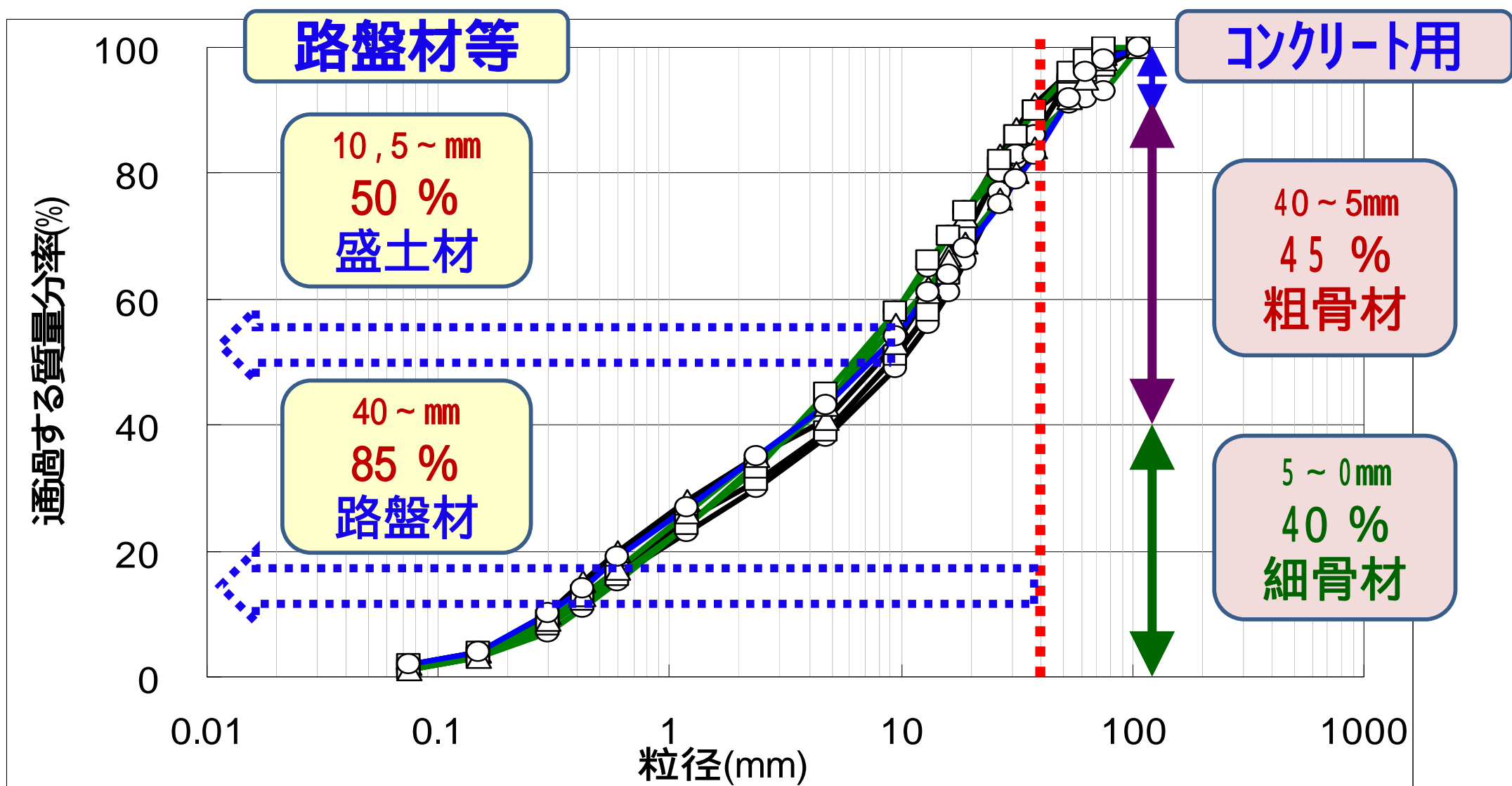
## (環境影響要因の試験)

項目	基準値	測定結果	判定
総水銀	0.0005 mg/L 以下	0.0005 mg/L 以下	合格
カドミウム	0.01 mg/L 以下	0.001 mg/L 以下	合格
鉛	0.01 mg/L 以下	0.001 mg/L 以下	合格
六価クロム	0.05 mg/L 以下	0.005 mg/L 以下	合格
砒素	0.01 mg/L 以下	0.001 mg/L 以下	合格
セレン	0.01 mg/L 以下	0.001 mg/L 以下	合格
ふっ素	0.8 mg/L 以下	0.08 mg/L 以下	合格
ほう素	1 mg/L 以下	0.1 mg/L 以下	合格

国土交通省「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)」に第二種特定有害物質(重金属等)(土壌汚染対策法に基づく分類)の含有量を調べた結果、基準を満足 建設工事に使用可能

# 採取状態の粒度(100mm以下)と利用策

できる限り少ない労力で分級、粒度調整できること  
40mm以下の堆積土石の利用方策を検討した。



# 3 . 路盤材等への適用

## (1) 盛土材の性能確認

物理・力学的性質

土粒子の密度、塑性  
指数、透水係数、締  
め固め、設計C B R



## (2) 路盤材の適否 (JIS規格)

粒度曲線

物理・力学的性質

塑性指数、締め固め、  
修正C B R、すりへり





(1) 盛土材の性能確認

# 物理・力学的性質

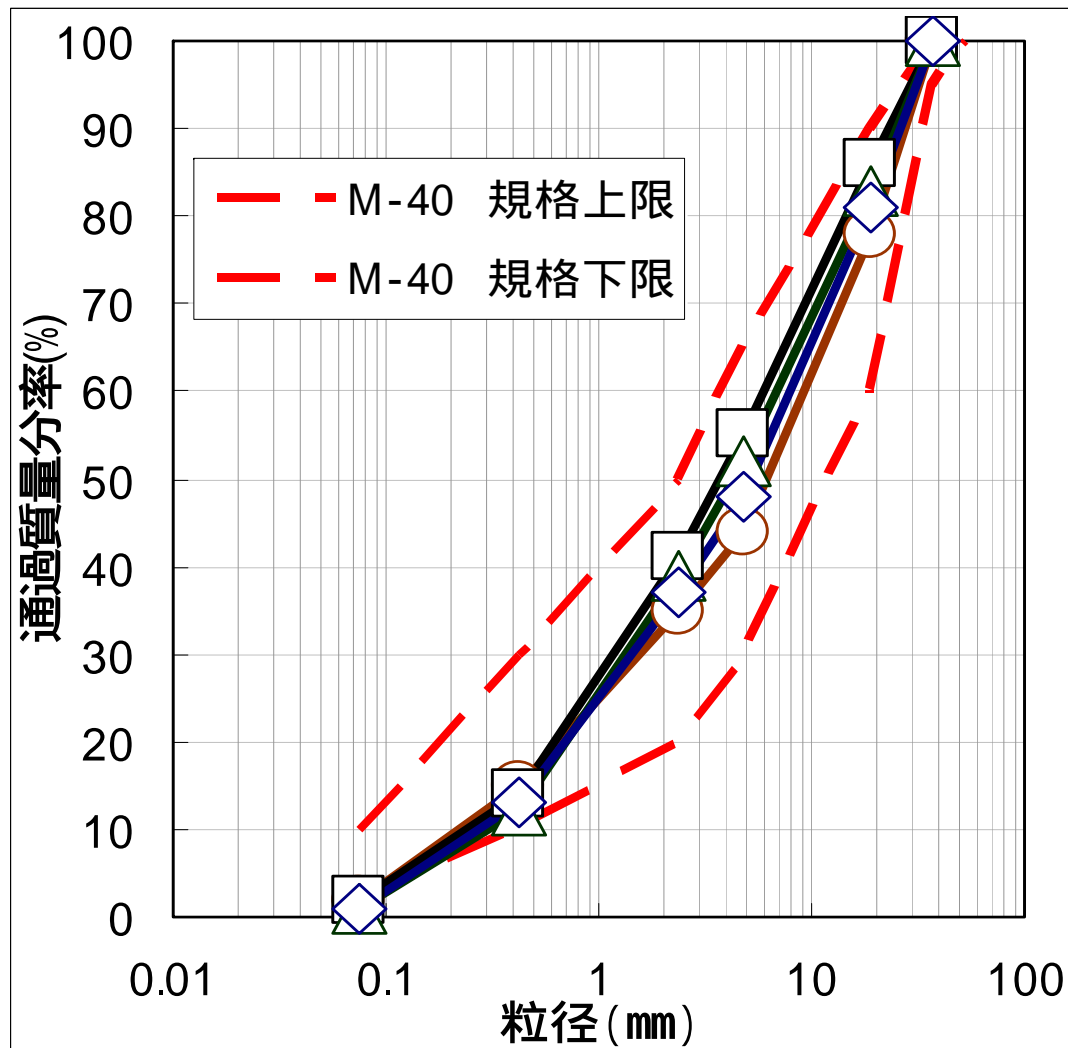
試験項目 種類	物理的性質			力学的性質			
	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	塑性指数	透水係数 (m/s)	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	膨張比 (%)	設計CBR (%)
10-0	2.664	N P	$1.48 \times 10^{-5}$	10.8	1.866	-0.024	43.1
5-0	2.666	N P	$1.59 \times 10^{-5}$	9.6	1.770	-0.024	32.6
真砂土 (県内産)	2.613	N P	$2.56 \times 10^{-8}$	9.5	2.005	0.040	69.7

- ・ 真砂土と同様に使用可能、膨張性はなし
- ・ 小さい透水性が要求される場合は注意

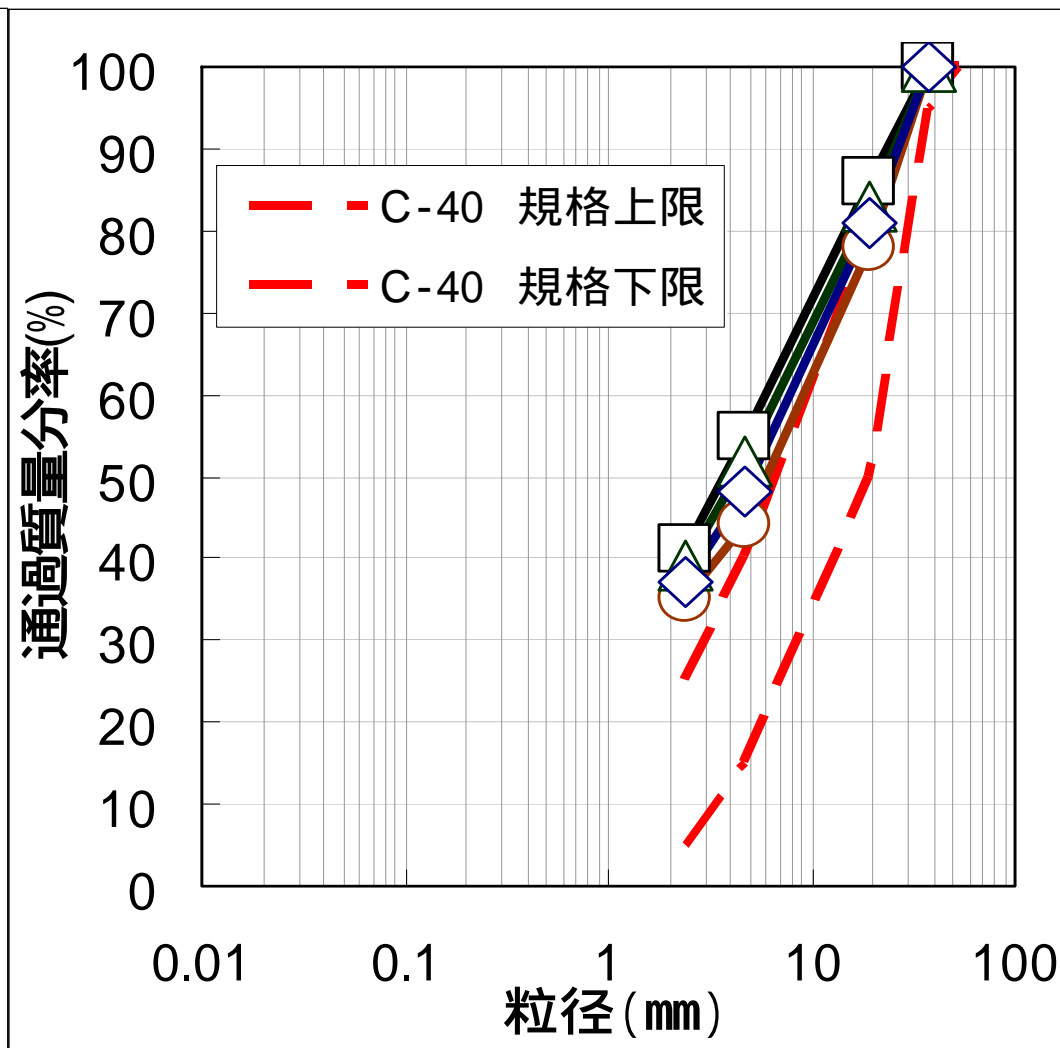
(2) 路盤材の適否 (JIS規格)

# 分級後の粒度曲線

## M - 40 粒度曲線



## C - 40 粒度曲線



採取状態でJIS規格を満たす

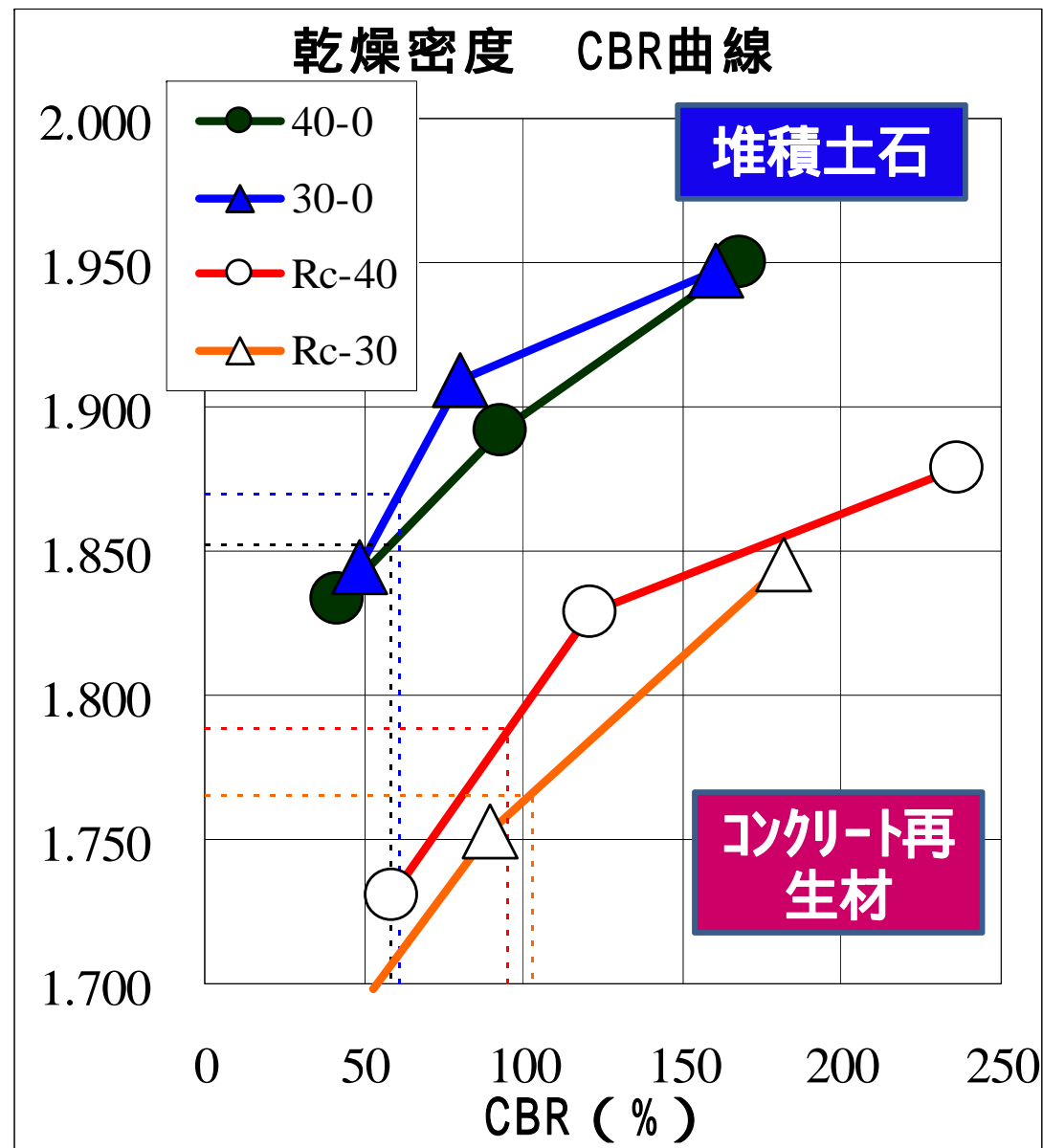
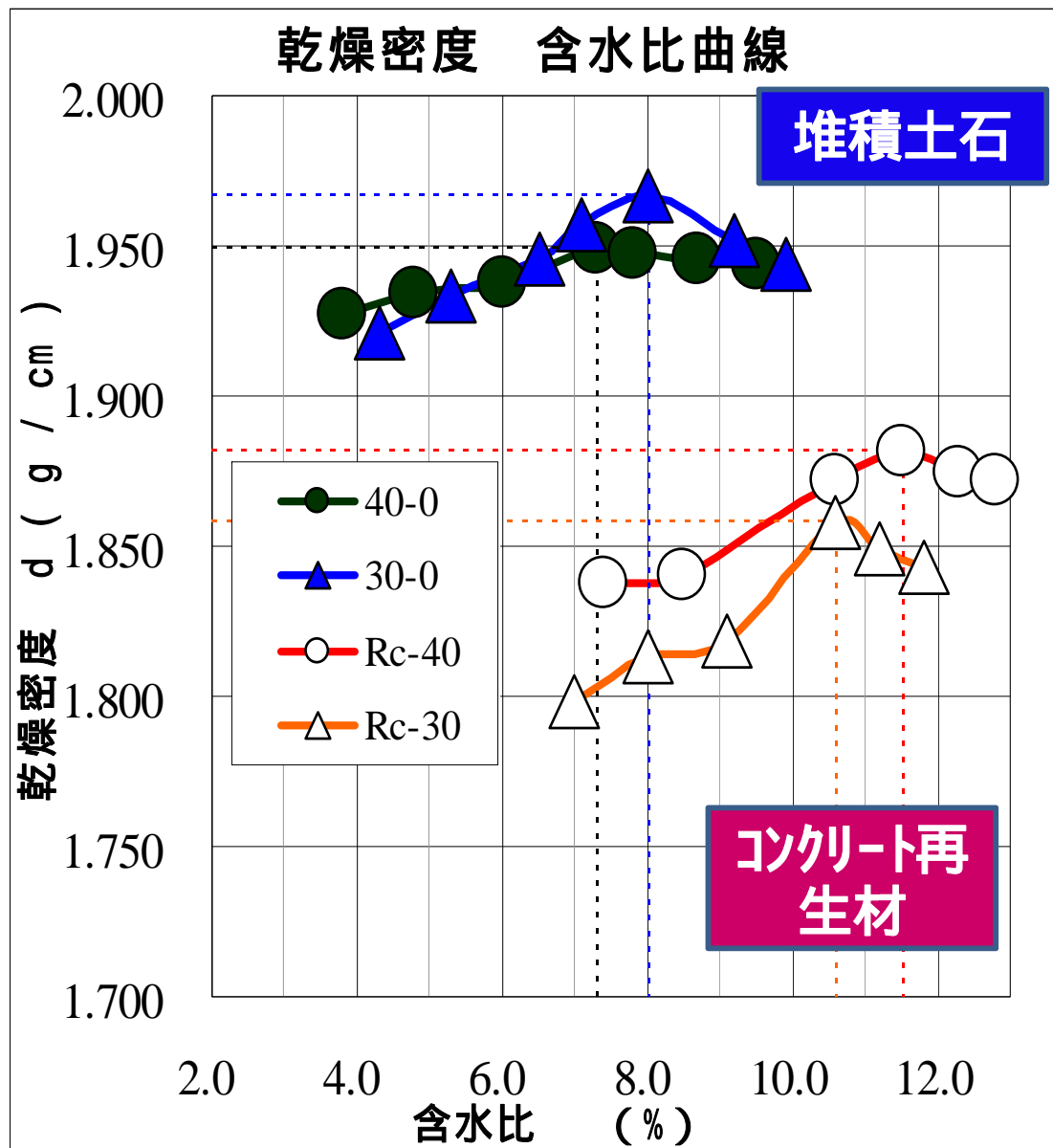
粒度調整が必要

# - 1 物理・力学的性質

試験項目 路盤材の種類		塑性 指数	最適 含水比 (%)	最大 乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	修正CBR (%)	すりへり 減量 (%)
		JIS 規格	粒度調整砕 石	4	-	-
クラッシュラ ン砕石	6		-	-	20%	-
粒 径	40 - 0 (40mm通過)	NP	7.3	1.949	58	39.8
	30 - 0 (30mm通過)	NP	8.0	1.967	61	39.9



# - 2 締め固め・修正CBR試験



# まとめ (路盤材等への適否)

: 利用可能、 × : 利用不可、 : 改良して利用可能

種類 粒径の区分	盛土材	上層路盤材 (粒度調整 碎石)	下層路盤材(ク ラッシャ ラン碎石)	備 考
5 - 0 (5mm通過)		-	-	透水性が小さいこと が必要な場への使用 には留意
10 - 0 (10mm通過)		-	-	
30 - 0 (30mm通過)	-	×		上層路盤材 粒度 CBR ×
40 - 0 (40mm通過)	-	×		下層路盤材 粒度 × CBR

# 4. コンクリート用骨材への適用

## (1) コンクリート用骨材の適否 (JIS規格)

粒度曲線

物理的性質      密度・吸水率、微粒分量、  
すりへり、安定性、軟石量

化学的性質      アルカリシリカ反応性

その他            BS破砕値、岩の圧縮強度

## (2) コンクリートの評価

配合設計

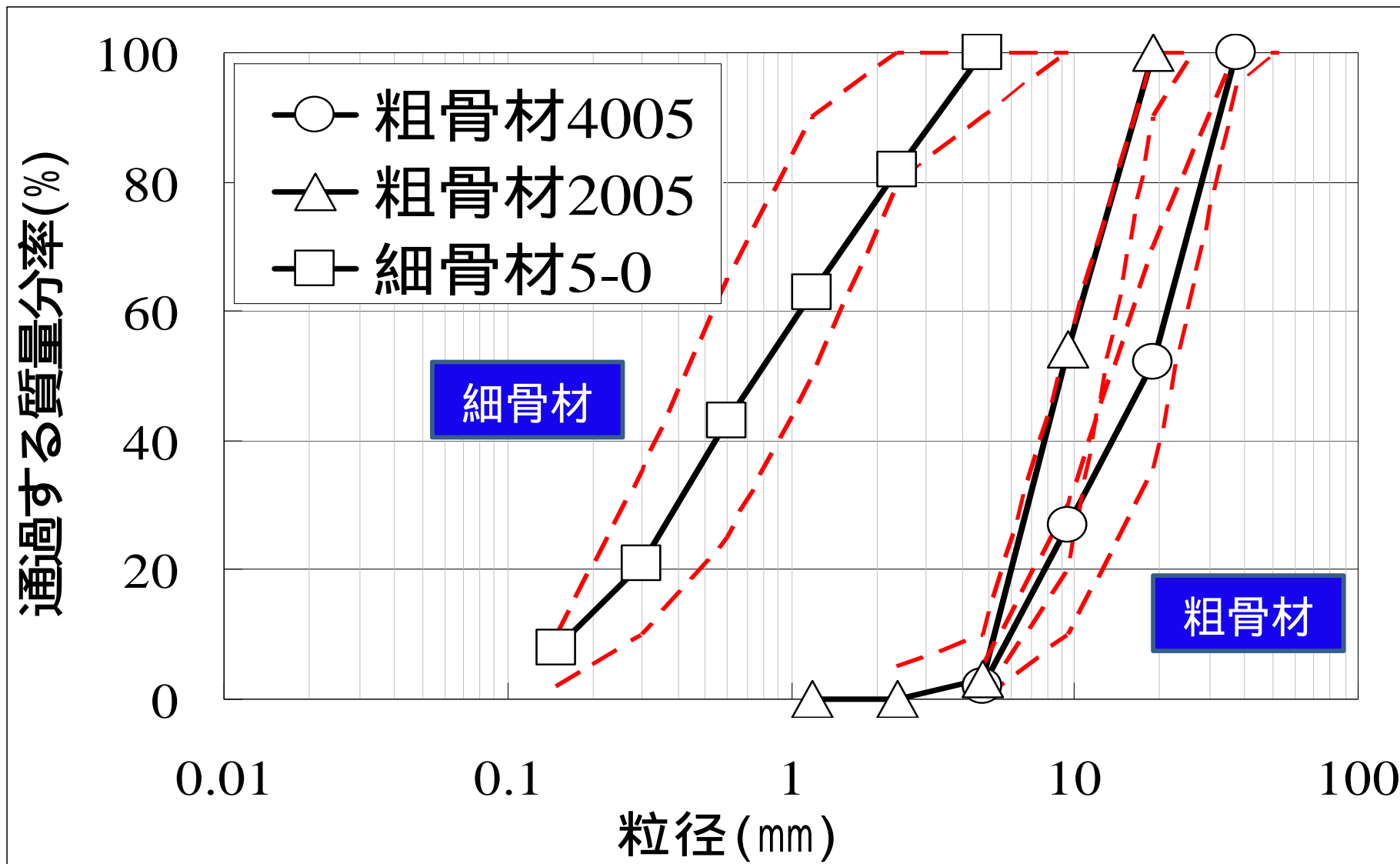
フレッシュコンクリート      スランプ、空気量、凝結時間、  
ブリーディング率

硬化コンクリート              圧縮強度、引張強度、弾性係数、  
乾燥収縮



(1) コンクリート用骨材の適否 (JIS規格)

# 分級後の粒度 (粒度曲線)



採取状態でJIS規格を満たす

# 物理的性質

骨材の種類	表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/L)	実積率 (%)	微粒分量 (%)	すりへり (%)	安定性 (%)	軟石量 (%)
堆積土石 粗骨材4005	2.44	2.35	3.63	1.56	66.4	0.5	43.9	3.6	1.4
堆積土石 粗骨材2005	2.45	2.35	4.44	1.52	64.7	0.3	38.4	0.5	0.2
碎石2005 (鳥取県内)	2.68	2.66	0.78	-	-	0.7	9.7	2.8	0.0
土石流 長崎県雲仙普賢岳	2.31	-	3.35	1.40	62.2	-	-	-	-
砂利 JIS A 5308附属書A	-	2.50	3.0	-	-	1.0	35	12	5.0
堆積土石 細骨材5-0	2.53	2.43	3.75	1.71	70.1	4.1	-	0.6	-
加工砂 (鳥取県内)	2.58	2.54	1.26	1.58	62.2	0.9	-	0.9	-
土石流 長崎県雲仙普賢岳	2.48	-	3.15	-	-	-	-	-	-
土石流土砂 鹿児島県桜島	2.56	-	2.07	1.68	66.8	8.8	-	-	-
砂 JIS A 5308附属書A	-	2.50	3.5	-	-	3.0	-	10	-

# - 1 アルカリシリカ反応が生じる可能性の確認

## アルカリシリカ反応とは

骨材とセメントが反応して、コンクリートにひび割れ等が生じる現象。構造物の劣化につながる。

骨材の反応性の有無をアルカリシリカ反応性試験(化学法・モルタルバー法)で確認。

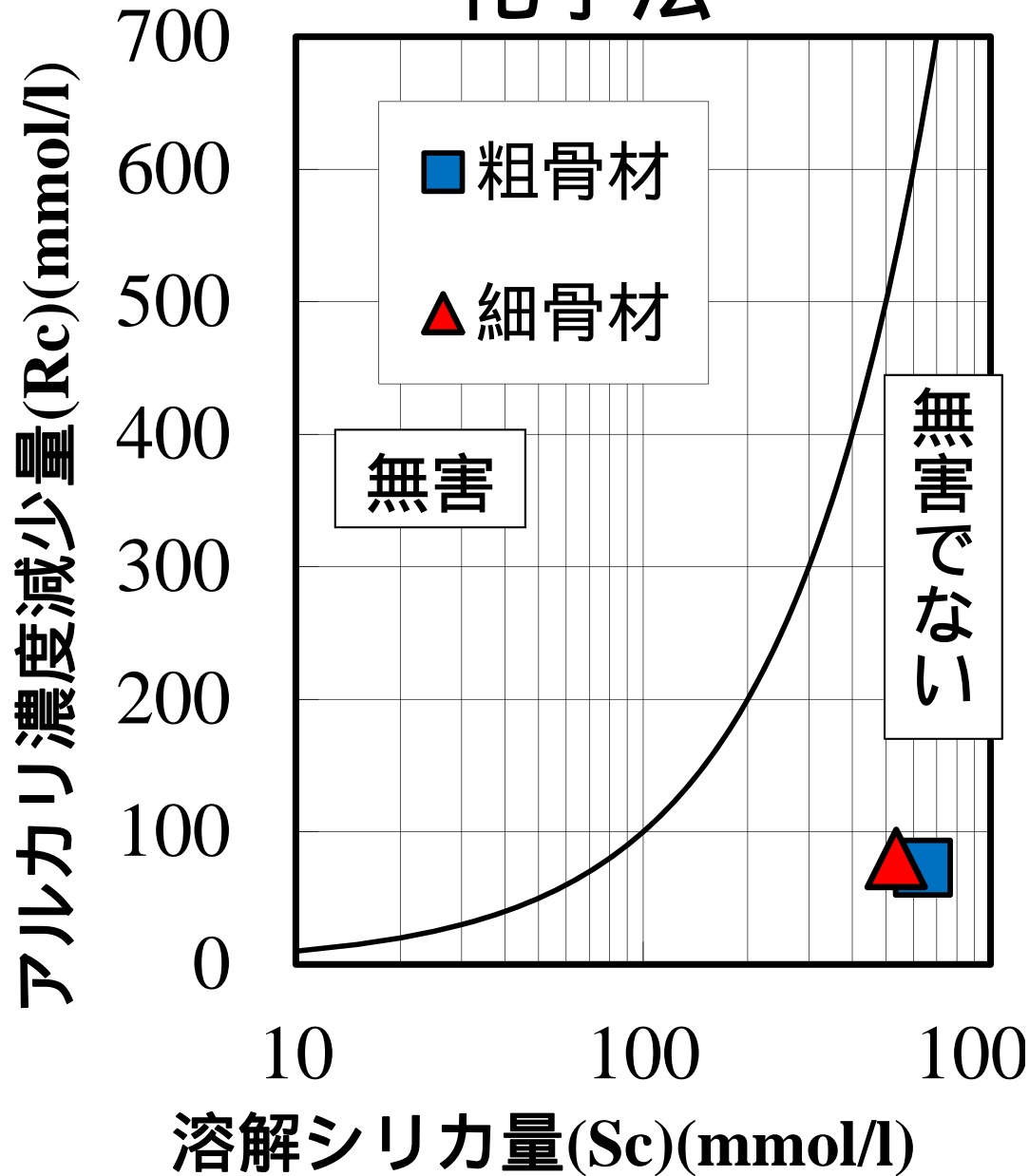
## アルカリシリカ反応を起こした構造物



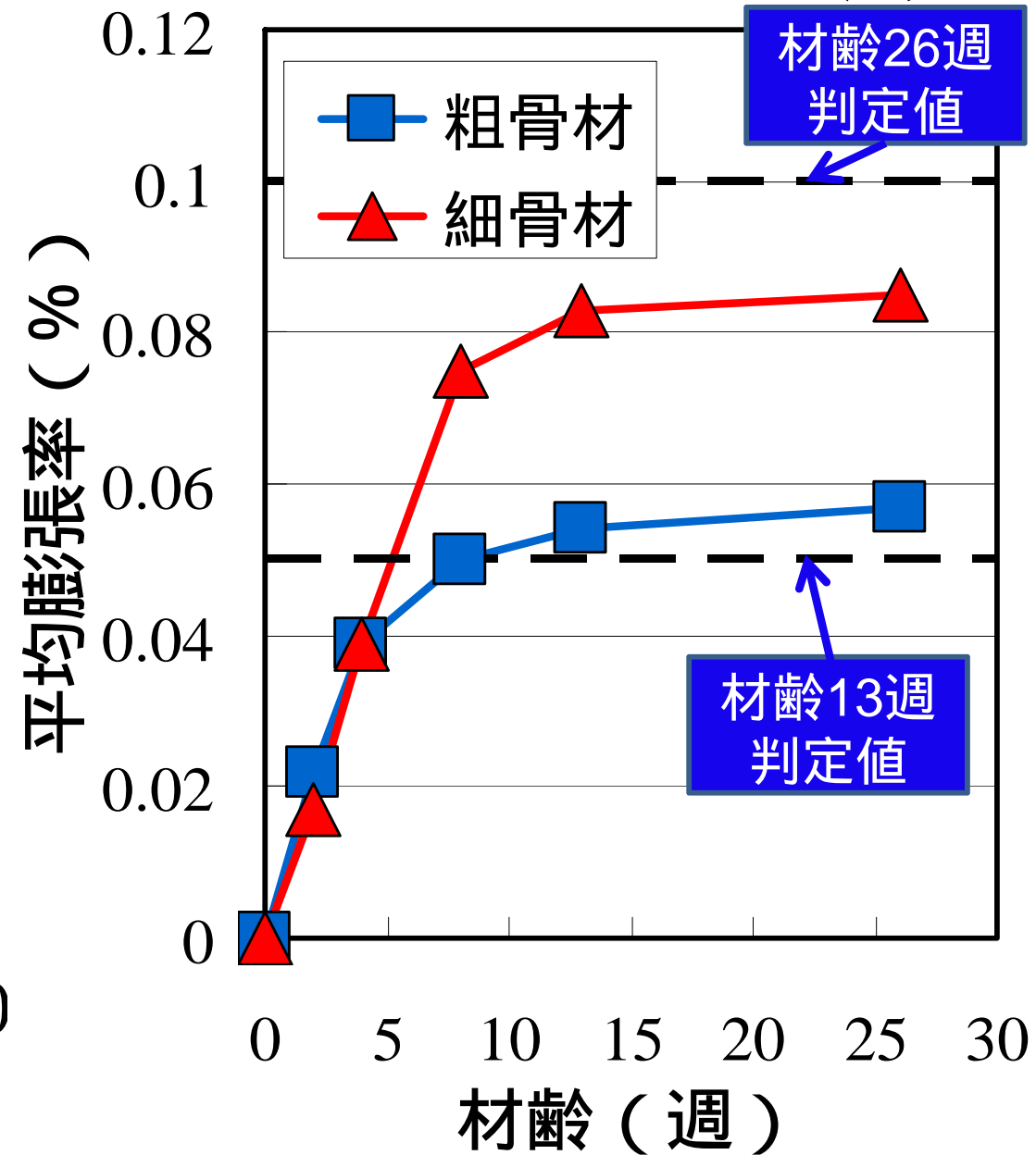


## - 2 化学的性質 (アルカリシリカ反応性試験)

### 化学法

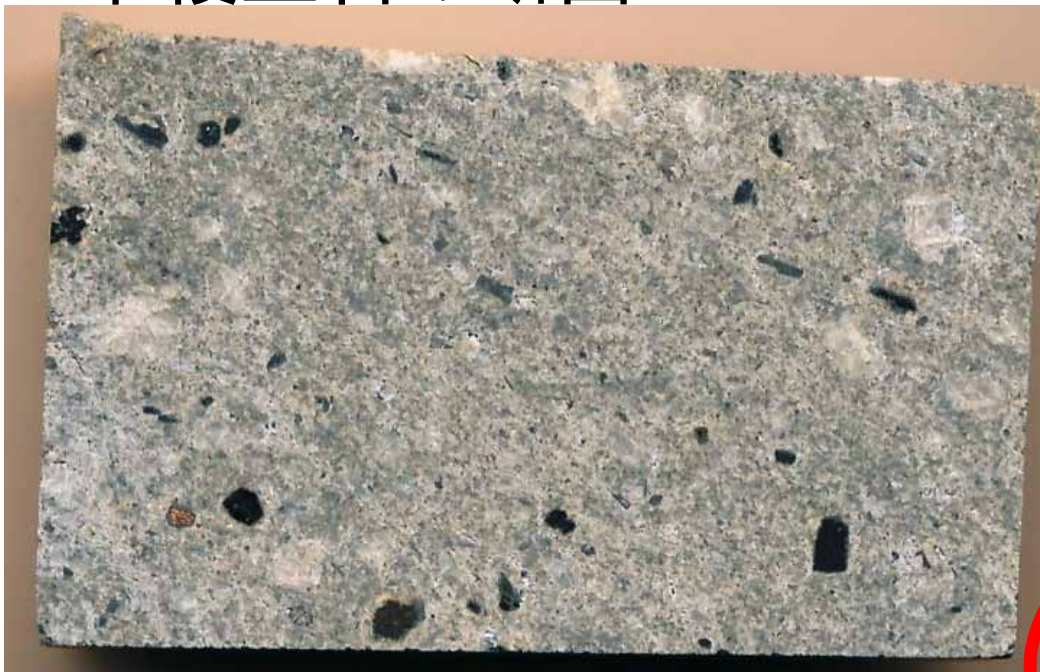


### モルタルバー法

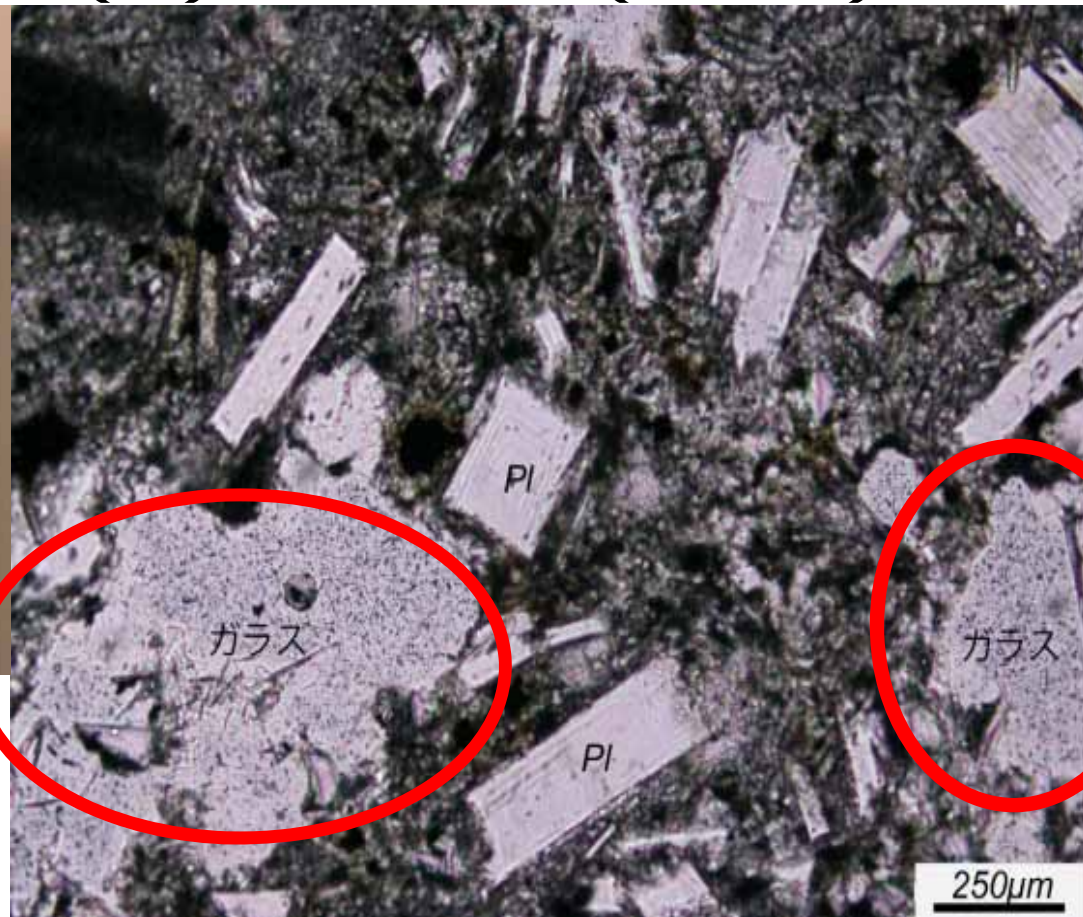


# - 3 岩石学的考察 (反応性の原因の推定)

堆積土石の断面



(1) 鏡下観察 (+ニコル)



火山ガラスが反応した  
のではないか？

(2) 反応性鉱物の特定  
(粉末X線回折)

クリストバライト等の反応性鉱物  
の存在が確認できた

# - 1 その他性質

## 破砕値試験

BS 812 part10

(骨材の砕けやすさを確認)



破砕前の試料 (15 ~ 10mm)



破砕後の試料



種類	400 kN 破砕値(%)
堆積土石	22.6
碎石	9.3
コンクリート殻	20.1



## - 2 その他性質

### 岩石の圧縮強さ

### 石材試験 (JIS A 5003)



種類		圧縮強さ (N/cm <sup>2</sup> )	吸水率 (%)	見掛比重 (g/cm <sup>3</sup> )
赤褐色 の外観	1	6246	2.75	2.35
	2	<b>9920</b>	2.35	<b>2.40</b>
	3	5563	2.44	2.38
	4	8421	2.88	2.32
灰青色 の外観	5	8357	<b>4.16</b>	2.29
	6	9124	<b>2.34</b>	2.36
	7	6777	2.40	<b>2.27</b>
	8	<b>4983</b>	3.09	2.31
平均		<b>7424</b>	<b>2.80</b>	<b>2.34</b>

- ・ 強度にバラつきがあり、一般のものより小さい



# まとめ (コンクリート用骨材の適否)

=JIS規格適合、**×**=JIS規格不適合、 =使用条件有

種類	JIS規格			その他	JIS適否
	粒度	物理的性質	化学的性質		
粗骨材 4005		<b>×</b>	-		<b>×</b>
粗骨材 2005		<b>×</b>			<b>×</b>
細骨材 5-0		<b>×</b>		-	<b>×</b>

- ・ 密度、吸水率がJIS規格を満たさない → JIS製品にならない
- ・ アルカリ骨材試験「無害でない」 → アルカリ抑制対策の検討

# コンクリートの評価について

骨材試験の結果等の懸念。

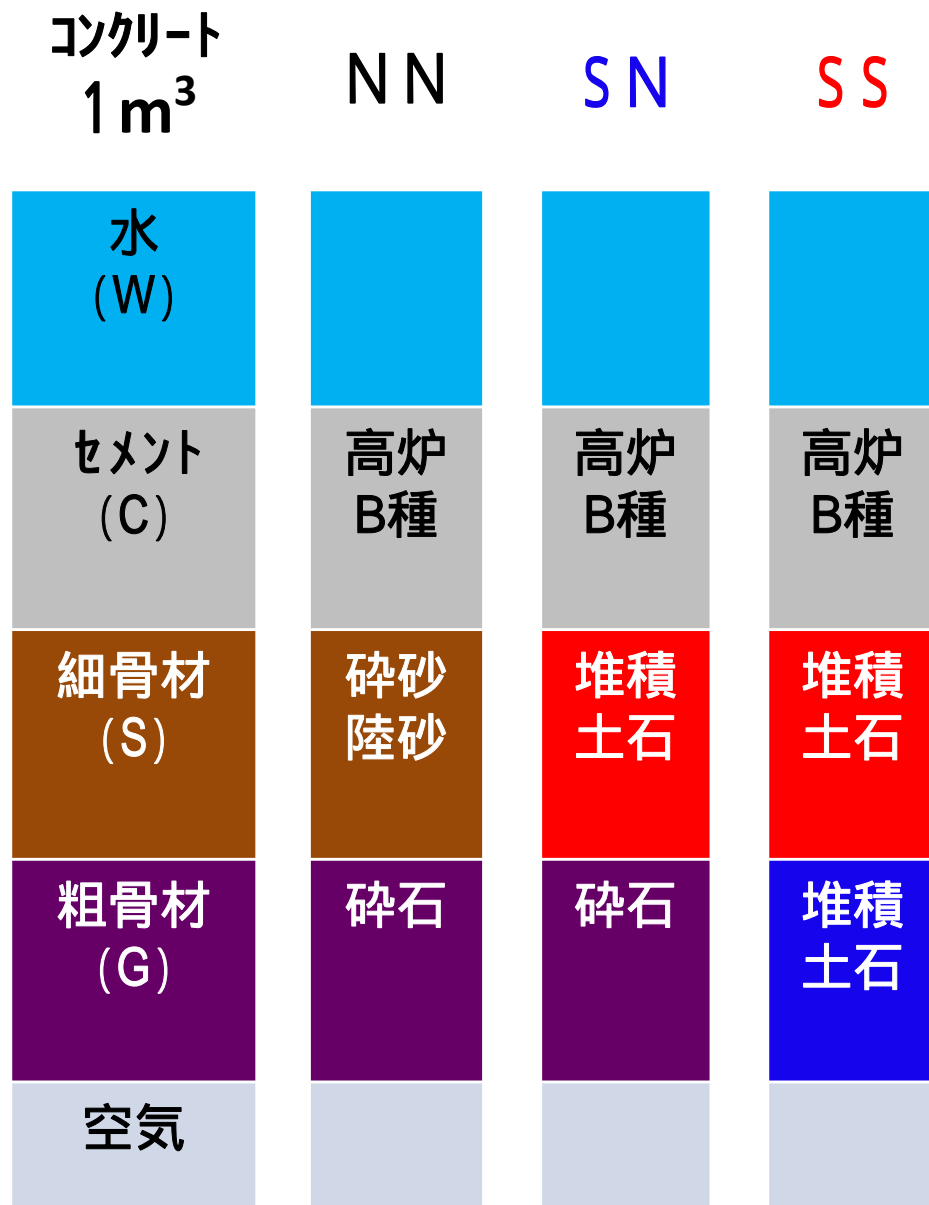
品質規格に適合しない材料であってもコンクリートに要求される性能を満足できるものであれば、いかなる品質のものを用いてもよい。

(土木学会コンクリート標準仕方書[施行編]2.5より)

限定的に要求される性能が確認できれば、使用実績がない堆積土石のコンクリート用骨材として利用の可能性もあるかもしれない。

実際にコンクリートを作製して、コンクリートの評価を行った。

# - 1 配合設計について



- 1) 一般に使用されている普通コンクリート(NN)  
(Gmax20mm、高炉B種)の配合を参考。
- 2) 骨材を堆積土石に置換。  
細骨材と粗骨材の組合せは3種類  
普通コンクリート(NN)  
堆積土石コンクリート  
細骨材を堆積土石(SN)  
細・粗骨材を堆積土石(SS)
- 3) 粗骨材と細骨材の割合は、実験で求めた
- 4) 強度をかえて検討した。(W/Cを3種類)
- 5) 単位水量は、試し練りで決定。
- 6) 混和剤は、通常のAE減水剤、空気量は、  
助剤で調整。
- 7) 目標スラック<sup>o</sup>=8 ± 1.5cm  
空気量=4.5 ± 1.0%

# - 6 示方配合

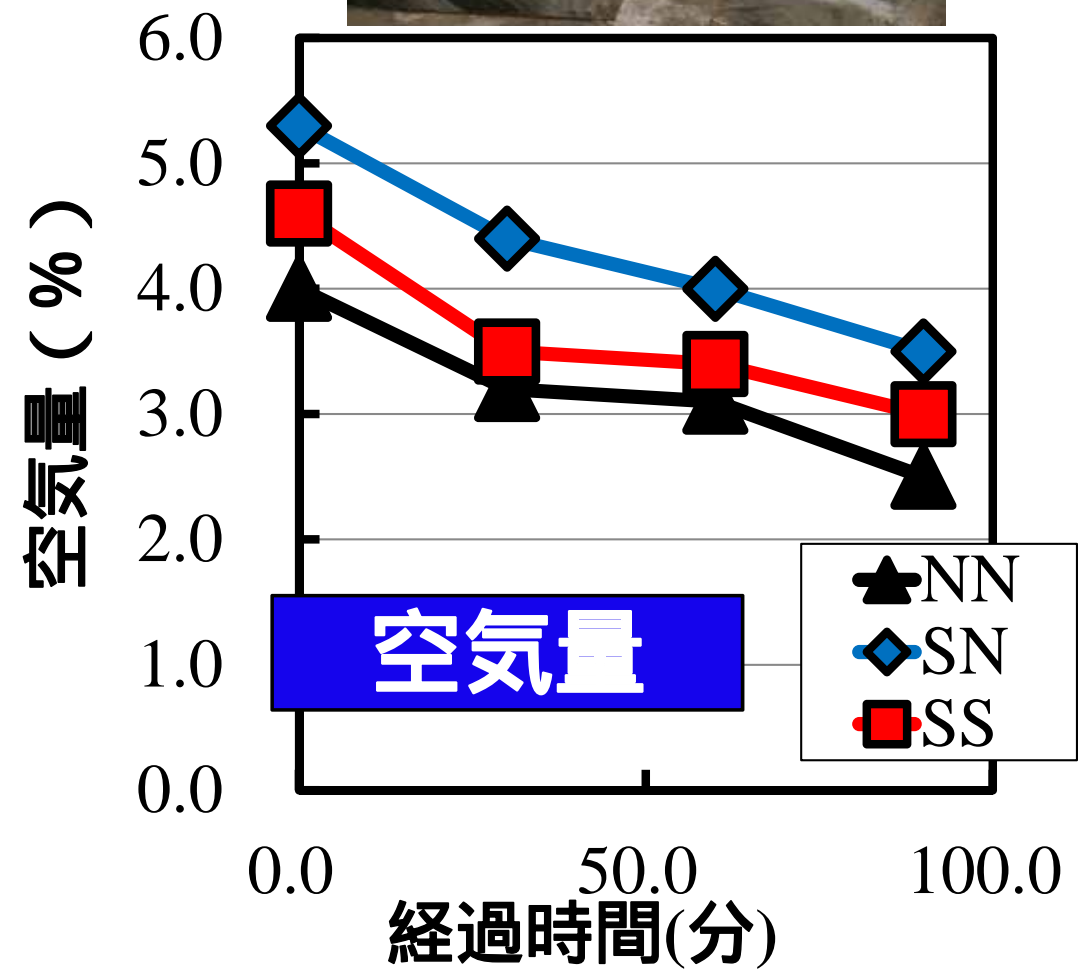
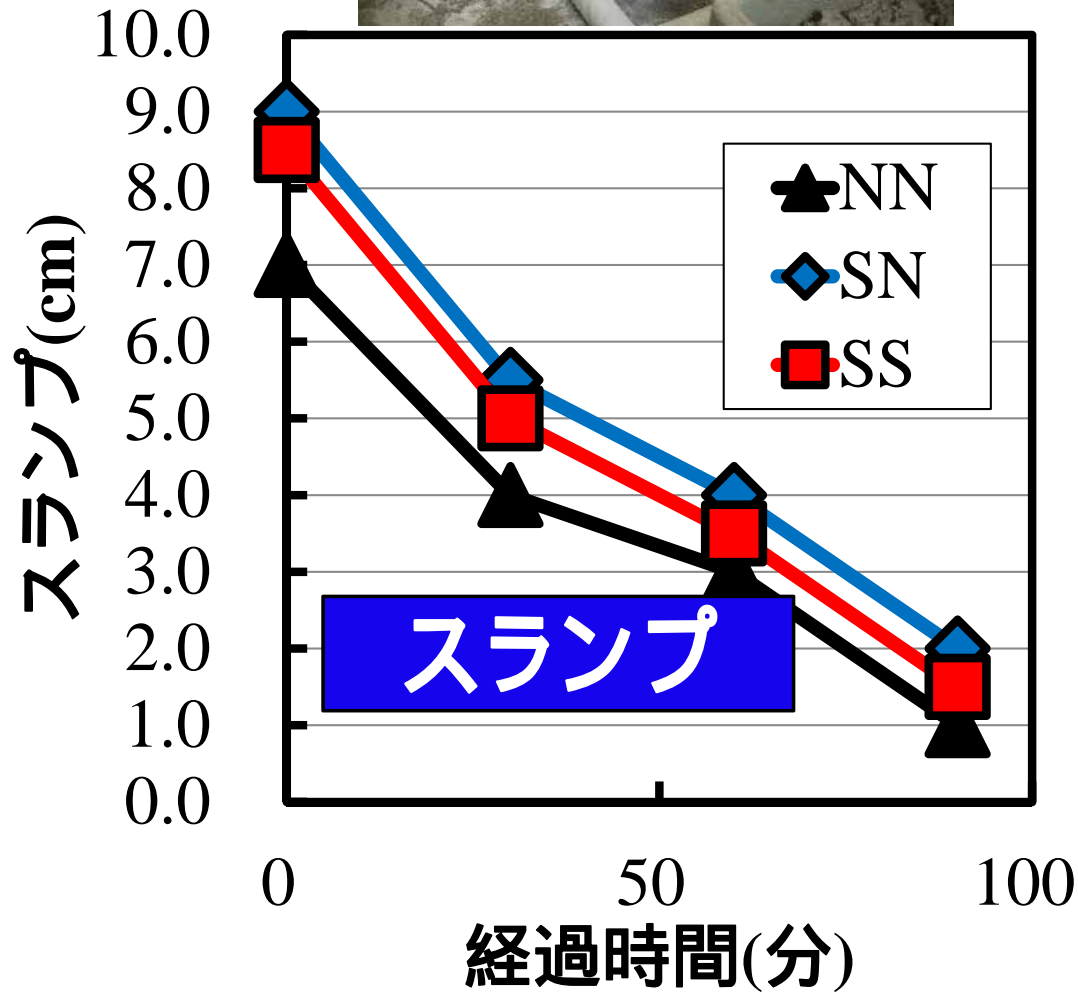
配合条件：スランプ =  $8 \pm 1.5$  (cm)、空気量 =  $4.5 \pm 1.0$  (%)

種類	W/C (%)	s/a (%)	単分量(kg/m <sup>3</sup> )							混和剤 (ポゾリス No70)	助剤 (マイクロエア 303A)
			W	C	S			G			
					陸砂	砕砂	堆積 土石	砕石	堆積 土石		
普通 コン (NN)	45	40	<b>160</b>	355	144	575		1086		C × 1.2%	
	<b>55</b>	<b>42</b>	<b>158</b>	287	156	626		1084		C × 0.8%	
	65	44	<b>160</b>	246	167	666		1068		C × 0.8%	
堆積土石 コン (SN)	45	42	<b>158</b>	351			<b>724</b>	1057		C × 0.8%	
	<b>55</b>	<b>44</b>	<b>156</b>	284			<b>787</b>	1055		C × 0.8%	
	65	46	<b>158</b>	243			<b>835</b>	1033		C × 0.8%	
堆積土石 コン (SS)	45	41	<b>162</b>	360			<b>700</b>		<b>976</b>	C × 0.6%	
	<b>55</b>	<b>43</b>	<b>162</b>	295			<b>757</b>		<b>972</b>	C × 0.6%	
	65	45	<b>162</b>	249			<b>810</b>		<b>956</b>	C × 0.6%	

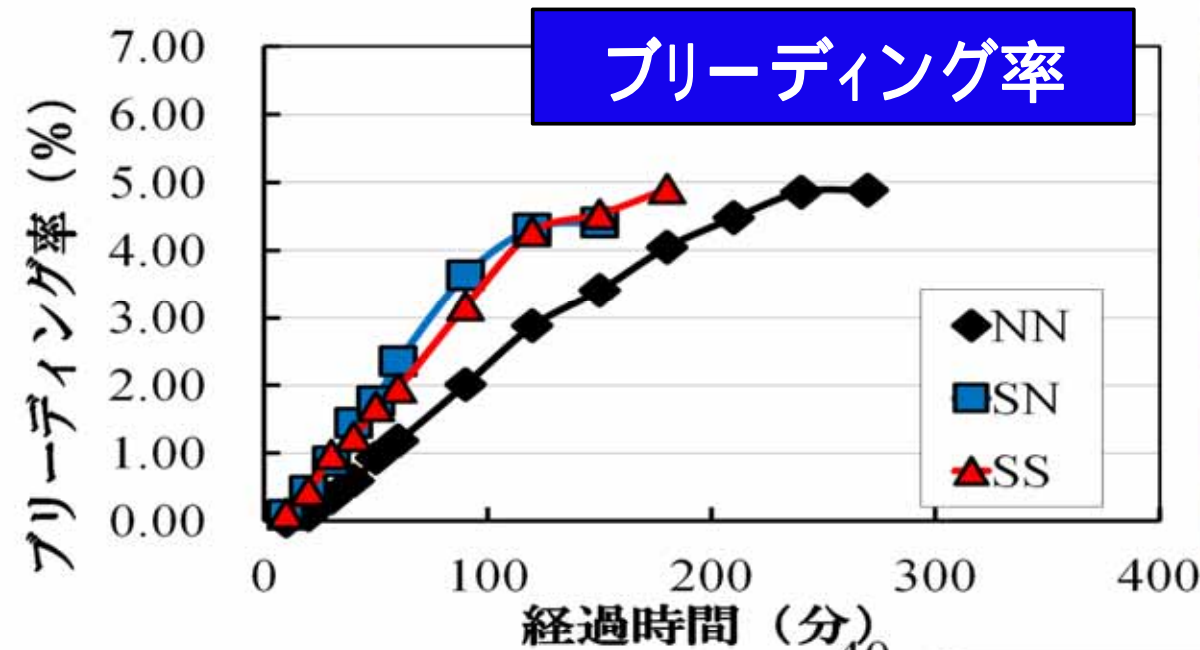


# フレッシュコンクリート

## - 1 スランプ・空気量の経時変化 (W/C=55%)

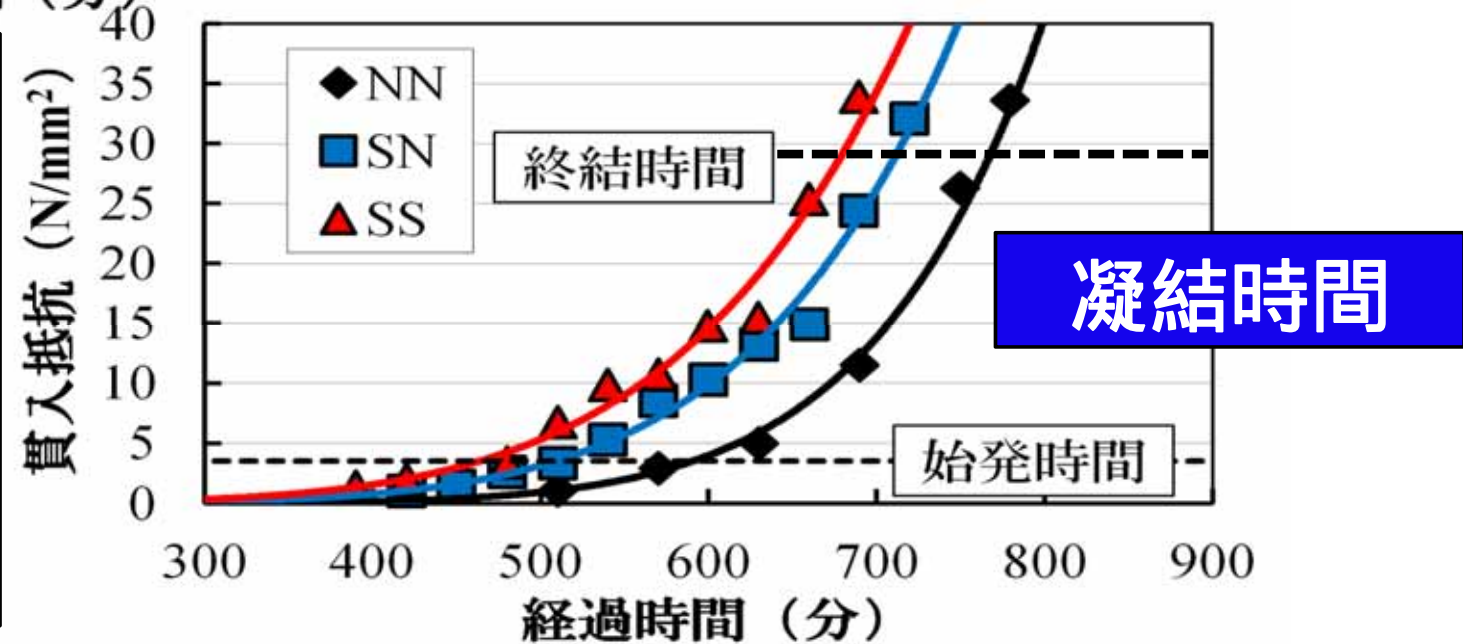


# - 2 ブリーディング率・凝結時間 (W/C=55%)



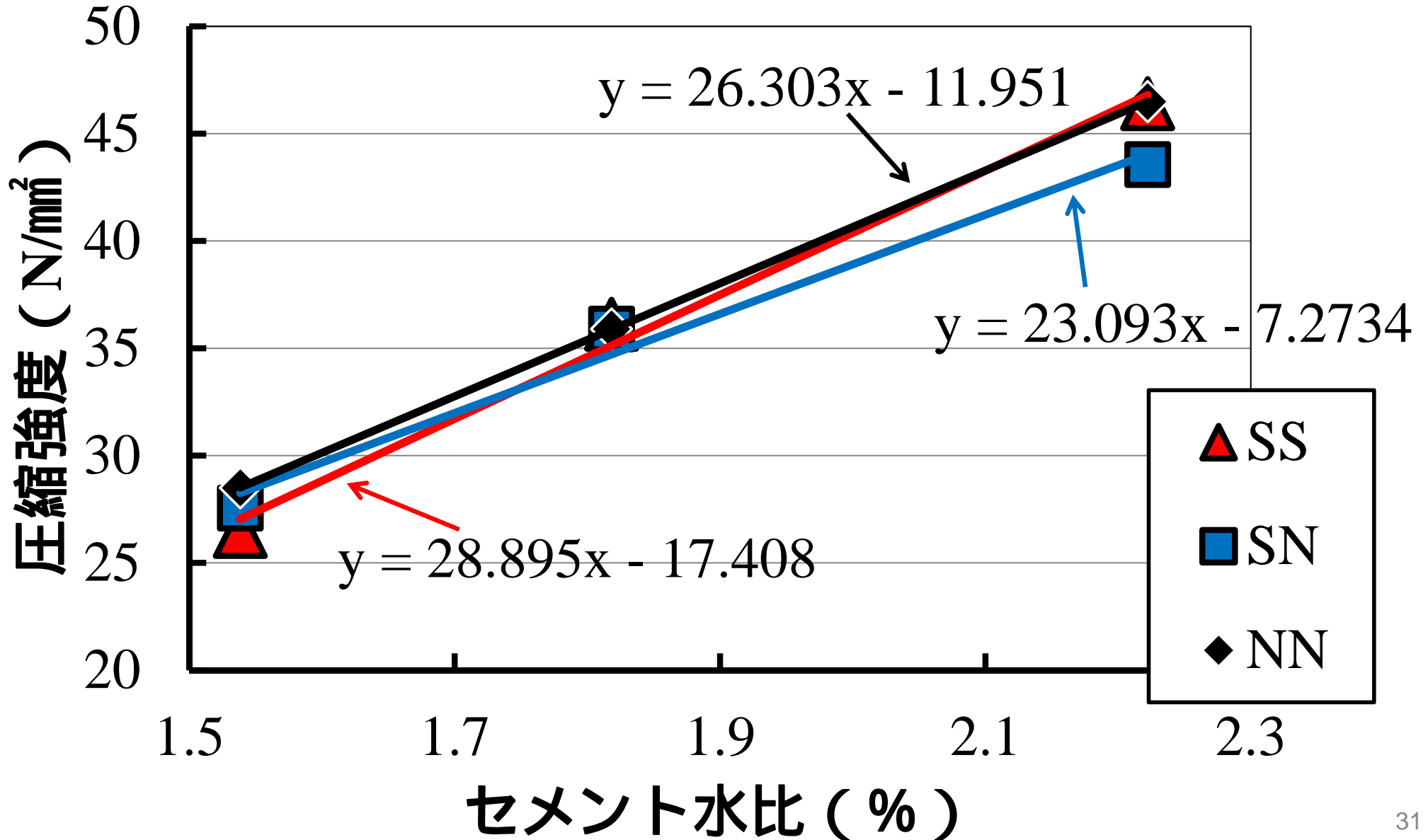
・ブリーディング終了時間は、堆積土石を置換した場合、普通コンクリートより60～100分程度早い  
 ・凝結時間は普通コンクリートと同等

**施工には影響ない**



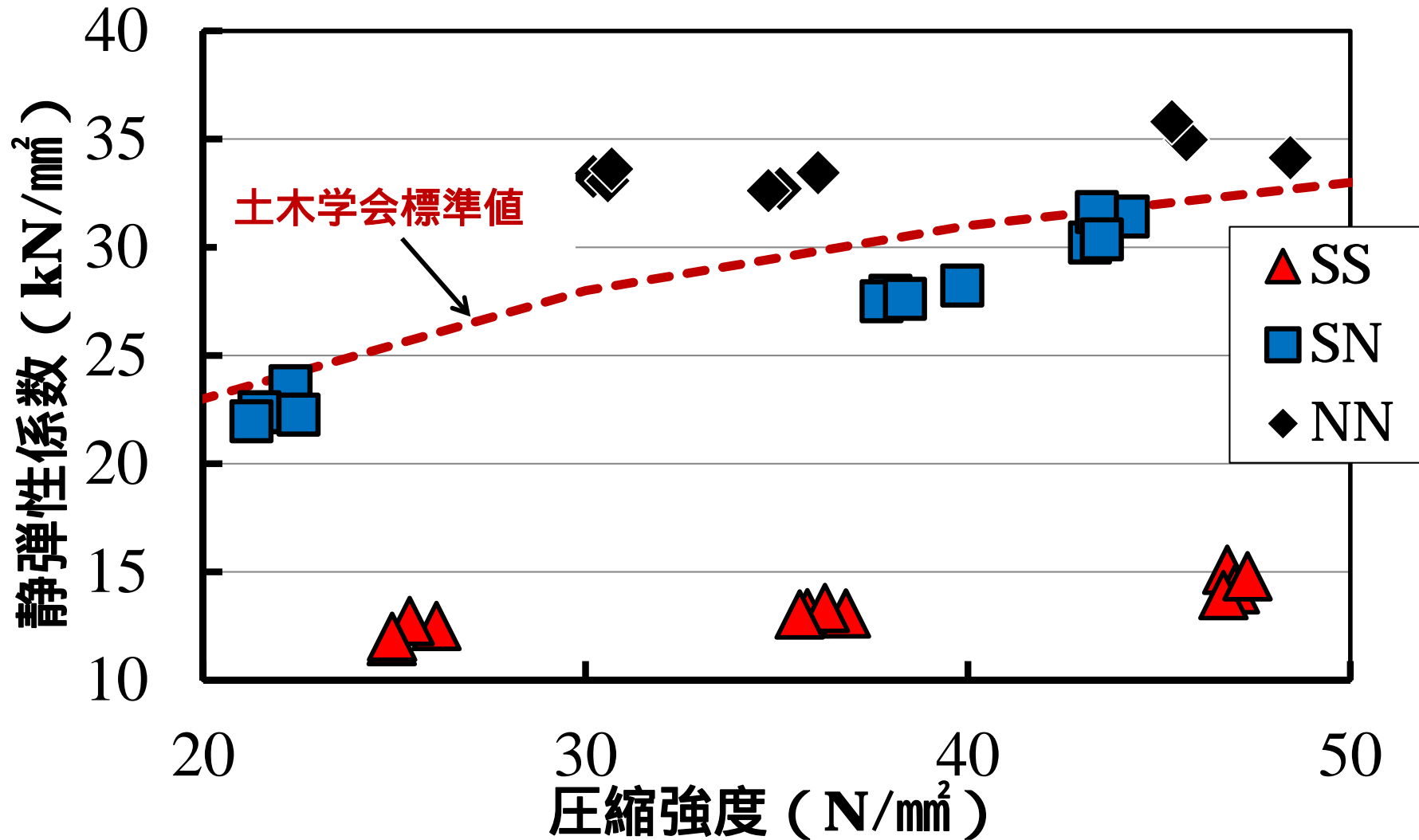
# - 1 圧縮強度とC/Wの関係

(材齢28日, W/C = 45, 55, 65%)



## - 2 弾性係数と圧縮強度との関係

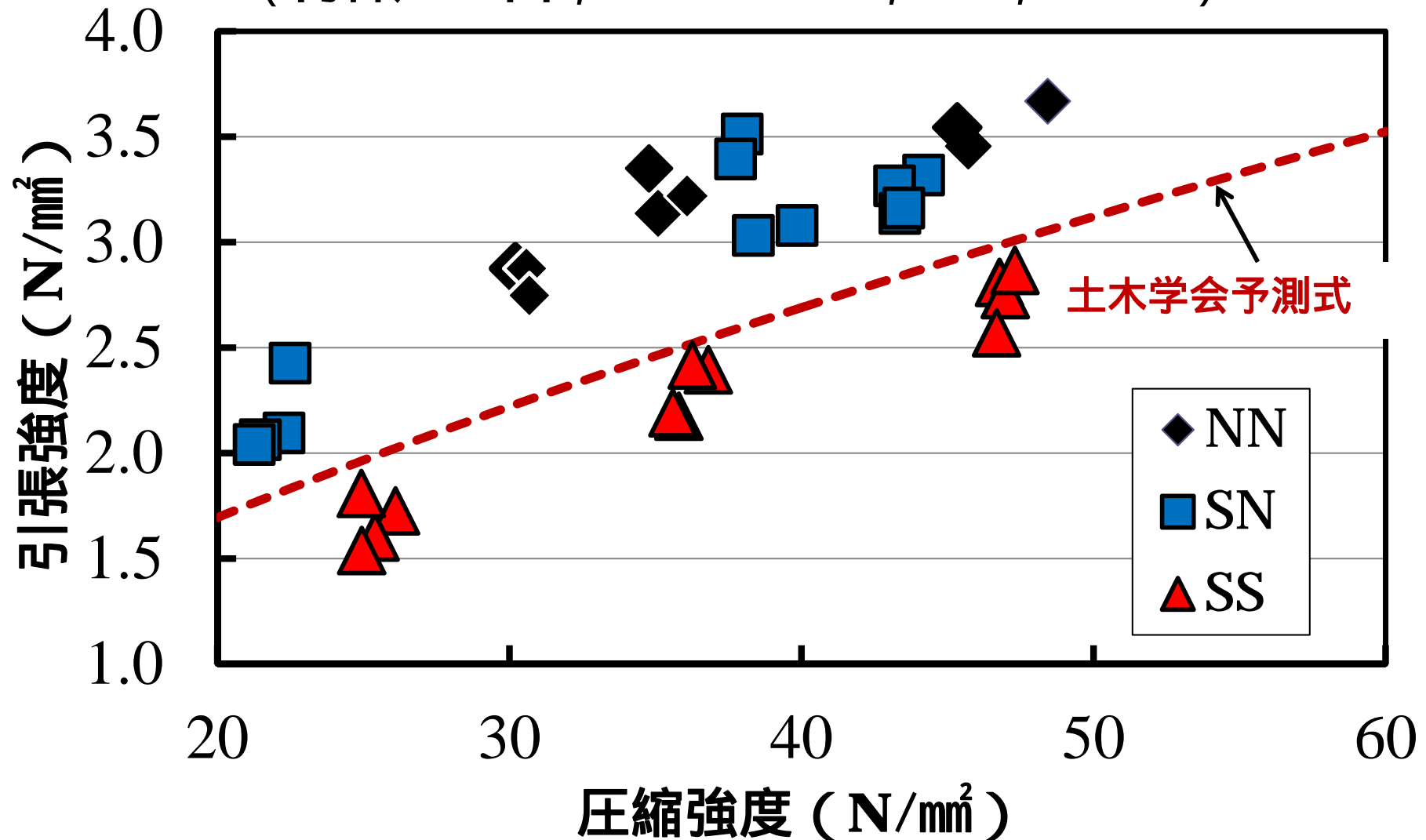
(材齢28日, W/C = 45, 55, 65%)



粗骨材を置換した場合、静弾性係数は極めて小さく、普通コンクリートの1/2

# - 3 引張強度と圧縮強度との関係

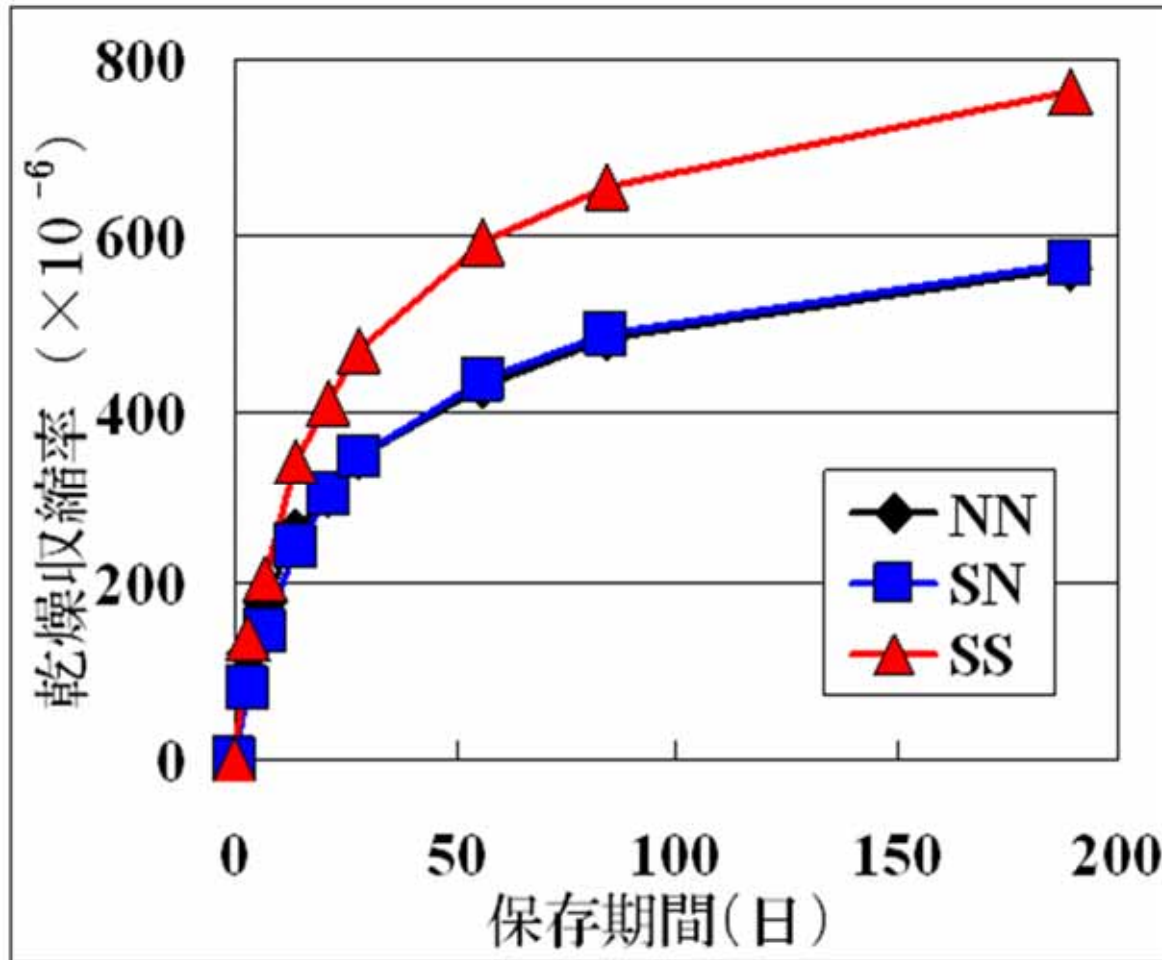
(材齢28日, W/C = 45, 55, 65%)



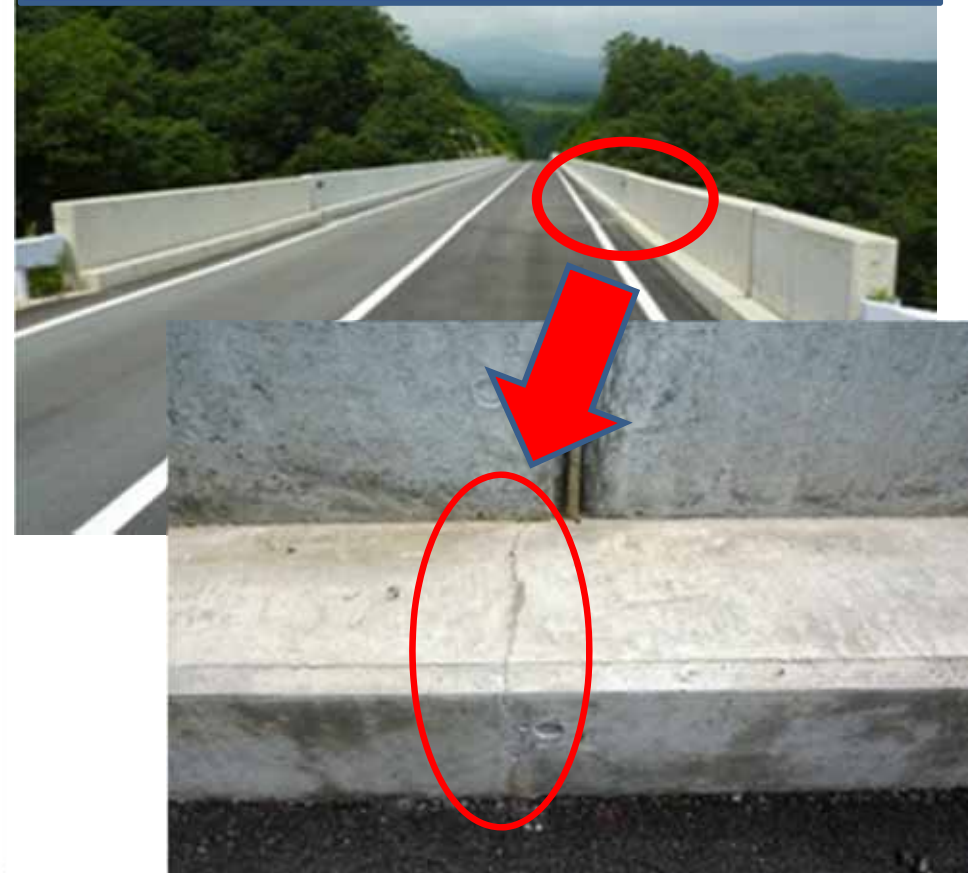
粗骨材を置換した場合、圧縮強度に見合った引張強度は期待できない



# - 4 乾燥収縮率 (W/C = 55%)



乾燥収縮を起こした構造物



- ・ 粗骨材を置換した場合、乾燥初期段階からかなり大きな乾燥収縮率
- ・ 普通コンクリートの約1.5倍

# まとめ (コンクリートの評価)

普通コンクリートにくらべ、 =同等、 =やや劣る、 × =劣る

骨材の種類		配合設計	フレッシュ性状			硬化性状			評価
細骨材	粗骨材		スランプ・空気量	ブリーディング率	凝結時間	強度	弾性係数	乾燥収縮	
堆積土石	普通碎石					(圧縮) (引張)			可能性あり
堆積土石	堆積土石					(圧縮) × (引張)	×	×	

- ・ 配合設計、フレッシュ性状は普通骨材と同等に扱える。
- ・ 強度は、普通骨材と同等だが、引張強度と静弾性係数が小さい。
- ・ 乾燥収縮は、堆積土石を粗骨材に用いると大きくなる。

# 5. 有効利用方策

- **路盤材等への適用**

埋立土、盛土材、路床材等には採取した状態で利用できる。

道路用路盤材は、JIS規格に適合する粒度を中心とした改良を図れば利用できる。

- **コンクリート用骨材への適用**

堆積土石がJIS規格を満足しない低品質な材料であること、アルカリ骨材反応の抑制対策を検討する必要があるが、細骨材として使える可能性はある。