

舗装技術専門委員会報告

Report of the Committee on Pavement

R-29

舗装用コンクリートの強度に関する調査研究
Research about into the strength of the concrete for pavement

2011年4月
(April. 2011)

社団法人 セメント協会
Japan Cement Association

序

我が国の道路はその 95%程度がアスファルト混合物により舗装されています。コンクリート舗装は様々な長所を有しているにもかかわらず、施工性や初期建設コストを理由に施工量が増加していませんでした。しかしライフサイクルコストの優位性や材料の安定的供給の観点から適用拡大の気運が高まっています。

セメント協会舗装技術専門委員会では、舗装用コンクリートの疲労特性や、RCCP に関する検討、ポーラスコンクリート舗装に関する検討など、コンクリート舗装の普及拡大のために必要な技術的課題の検討を継続的に行ってまいりました。この度、舗装用コンクリートの強度に関する検討がまとまりましたので、ここに発刊するものです。

コンクリート舗装版に作用する応力は曲げ応力が主であり、コンクリート舗装版の設計はコンクリートの曲げ強度を基準に行われます。したがって施工における強度管理も曲げ強度で行う事が規定されています。しかしコンクリートの曲げ強度試験は、供試体の寸法及び重量が大きいため、品質管理における負担が大きい事が指摘されてきました。

舗装用コンクリートの管理を曲げ強度ではなく圧縮強度で行う事は、舗装標準示方書などにも認められていますが、曲げ強度と圧縮強度の関係には様々な要因が影響するため、圧縮による管理はほとんど行われていません。

本報告書は、舗装用コンクリートの強度管理の簡易化を目的に、使用材料や配合、供試体寸法などが曲げ強度と圧縮強度の関係に及ぼす影響を検討したものです。本報告書の内容が、舗装用コンクリートの管理基準の今後の見直しに活用される事を期待致します。

最後に、本報告書を取りまとめるにあたってご尽力いただいた梶尾聰氏をリーダーとする新工法 WG のメンバーに感謝いたします。

2011 年 3 月

社団法人セメント協会
舗装技術専門委員会
委員長 小梁川 雅

ABSTRACT

Around 95% of roads in Japan are paved with asphalt mixtures. Use of concrete pavement has not increased in Japan despite its various advantages, because of difficulty in placing and the high initial construction cost. However, it has recently been gaining momentum from the aspect of superiority in lifecycle cost and stable supply of materials. The JCA Committee on Pavement has been continuing research into technical subjects necessary for promoting the use of concrete pavement, such as the fatigue properties of paving concrete, RCCP, and porous concrete pavement. Now we are pleased to announce the publication of a report on the strength of paving concrete.

Since the primary stress that acts on paving concrete slabs is flexural stress, concrete slabs are designed based on flexural strength as a standard. It is therefore required that its strength control during and after placing be carried out based on flexural strength. However, the large size and weight of flexure specimens have placed significant burdens on quality control engineers.

Though control of paving concrete based on compressive strength instead of flexural strength is permitted by Standard Specifications for Pavement and other standards, compressive strength has scarcely been used for quality control, because various factors affect the relationship between flexural and compressive strengths.

This report describes the results of research into the effects of materials, mixture proportions, specimen size and other factors on the relationship between the flexural and compressive strengths of paving concrete with the aim of simplifying its strength control. We hope that this report will be utilized for future reviews of control standards for paving concrete.

On a final note, I would like to express my gratitude to the New Method Working Group chaired by Dr. Satoshi Kajio for their efforts in summarizing this report.

March 2011

Masashi Koyanagawa
Chairman, Committee on Pavement
Japan Cement Association

舗装技術専門委員会（敬称略 順不同）

委員長	小梁川 雅	東京農業大学
副委員長	安藤 豊	住友大阪セメント株式会社
委 員	國府 勝郎	首都大学東京・名誉教授
	西澤 辰男	石川工業高等専門学校
	渡辺 博志	独立行政法人土木研究所
	久保 和幸	独立行政法人土木研究所
	関口 幹夫	東京都土木技術支援・人材育成センター
	神谷 恵三	株式会社高速道路総合技術研究所（2010年7月退任）
	佐藤 正和	株式会社高速道路総合技術研究所（2010年7月選任）
	高橋 哲躬	大林道路株式会社（2010年4月退任）
	小関 裕二	大林道路株式会社（2010年4月選任）
	野田 悅郎	日本道路株式会社
	根本 信行	株式会社 NIPPO
	児玉 孝喜	鹿島道路株式会社
	中丸 貢	大成ロテック株式会社（2010年4月退任）
	辻井 豪	大成ロテック株式会社（2010年4月選任）
	松田 敏昭	世紀東急工業株式会社
	伊藤 康司	全国生コンクリート工業組合連合会（2009年6月退任）
	辻本 一志	全国生コンクリート工業組合連合会（2009年6月選任）
	野田 恒幸	麻生ラファージュセメント株式会社
	大和功一郎	宇部興産株式会社（2010年7月退任）
	佐々木 彰	宇部興産株式会社（2010年7月選任）
	梶尾 聰	太平洋セメント株式会社
	西本 貴夫	株式会社トクヤマ
	小倉 束	日鐵セメント株式会社
	黒岩 義仁	三菱マテリアル株式会社（2009年6月退任）
	高尾 昇	三菱マテリアル株式会社（2009年6月選任）
事務局	村田 芳樹	社団法人セメント協会（2010年1月退任）
	佐藤 智泰	社団法人セメント協会（2010年1月選任）
	泉尾 英文	社団法人セメント協会（2010年11月選任）
	野田 潤一	社団法人セメント協会

舗装技術専門委員会 新工法WG（敬称略 順不同）

WG リーダー	梶尾 聰	太平洋セメント株式会社
委 員	西澤 辰男	石川工業高等専門学校
	久保 和幸	独立行政法人土木研究所
	関口 幹夫	東京都土木技術支援・人材育成センター
	松田 敏昭	世紀東急工業株式会社
	野田 悅郎	日本道路株式会社(2009年4月退任)
	中原 大磯	日本道路株式会社(2009年4月選任)
	高橋 哲躬	大林道路株式会社(2010年4月退任)
	小関 裕二	大林道路株式会社(2010年4月選任)
任)	伊藤 康司	全国生コンクリート工業組合連合会(2009年6月退任)
任)	辻本 一志	全国生コンクリート工業組合連合会(2009年6月選任)
	野田 恒幸	麻生ラファージュセメント株式会社
	西本 貴夫	株式会社トクヤマ
	黒岩 義仁	三菱マテリアル株式会社(2009年6月退任)
	高尾 昇	三菱マテリアル株式会社(2009年6月選任)
	小倉 束	日鐵セメント株式会社
事 務 局	村田 芳樹	社団法人セメント協会(2010年1月退任)
	佐藤 智泰	社団法人セメント協会(2010年1月選任)
	泉尾 英文	社団法人セメント協会(2010年11月選任)
	野田 潤一	社団法人セメント協会

目 次

1. まえがき	1
2. 試験の概要	2
2.1 試験の目的	2
2.2 試験の概要	2
2.2.1 セメントの種類	2
2.2.2 骨材の種類および粗骨材最大寸法	2
2.2.3 配合条件	2
2.2.4 試験項目および試験材齢	2
2.2.5 供試体寸法	2
2.2.6 試験水準	3
2.3 試験方法	4
2.3.1 使用材料	4
2.3.2 コンクリートの配合、練混ぜおよび供試体の作製	6
2.3.3 養生	9
2.3.4 試験方法	9
3. 試験結果および考察	10
3.1 配合	10
3.1.1 配合と骨材寸法の関係	10
3.1.2 配合と骨材産地の関係	11
3.1.3 配合とセメント種類の関係	11
3.2 強度	12
3.2.1 曲げ強度	12
3.2.2 圧縮強度	22
3.2.3 圧縮強度と曲げ強度の関係	28
3.2.4 静弾性係数	29
4. まとめ	31
4.1 配合	31
4.2 強度	31
4.2.1 曲げ強度	31
4.2.2 圧縮強度	32
4.2.3 圧縮強度と曲げ強度の関係	32
4.2.4 静弾性係数	32
資料	35

1. まえがき

一般に舗装用コンクリートは、最大寸法 40mm の粗骨材が使用され、曲げ強度で強度管理しており、JIS A 1132（コンクリート強度試験用供試体の作り方）に記載されているように一辺の長さが 150mm となる寸法 150×150×530mm の角柱供試体で試験が行われている。しかし、舗装設計施工指針¹⁾や舗装標準示方書²⁾などの規準書では、圧縮強度試験で強度管理しても良いと記載されている。

今後、骨材の枯渇ならびに有効利用の観点から低品位また再生骨材を使用する場合、また、試験の煩雑さや試験員の負担軽減を考慮する場合、粗骨材最大寸法が 25mm または 20mm の利用を考えられる。粗骨材最大寸法が小さくなることにより、曲げ強度に用いる供試体は、一辺の長さが粗骨材最大寸法の 4 倍以上かつ 100mm 以上の規格に準じ、100×100×400mm 角柱供試体が使用できることとなる。また、圧縮強度を代用する場合には、粗骨材最大寸法の 3 倍以上かつ 100mm 以上の規格に準じ、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 円柱供試体による強度管理が可能となる。しかし、舗装用コンクリートにおいて、100×100×400mm 角柱供試体による曲げ強度と、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 円柱供試体による圧縮強度の関係に関するデータは十分に蓄積されていない。

そこで本研究では、使用材料の影響評価としてセメントの種類、骨材の種類、粗骨材の最大寸法および混和剤の種類を水準とし、さらにスランプおよび供試体寸法を変化させた舗装用コンクリートに関して曲げ強度と圧縮強度のデータを採取し、各種実験要因が強度に及ぼす影響と曲げ強度と圧縮強度との関係を確認することを目的として実施した。

2. 試験の概要

2.1 試験の目的

舗装用コンクリートの曲げ強度および圧縮強度に対する使用材料(セメントの種類、骨材の種類、粗骨材の最大寸法、混和剤の種類)、スランプおよび供試体の寸法効果の影響について確認することを目的とした。

2.2 試験の概要

2.2.1 セメントの種類

セメントの種類は、汎用品の普通ポルトランドセメント(記号:NC)、早強性が必要とされる場合や寒冷地で使用される早強ポルトランドセメント(記号:HC)、グリーン調達など環境負荷低減を考慮した場合の高炉セメントB種(記号:BB)とした。セメントは、それぞれ3社品を等量混合したものを使用した。

2.2.2 骨材の種類および粗骨材最大寸法

骨材の種類は、使用されている骨材品質がそれぞれの地域で異なるため、任意に選択した東日本と西日本の骨材のそれぞれ1種類、合計2種類とした。また、粗骨材最大寸法(記号:G_{max})は、舗装用コンクリートに標準的に使用されている40mmおよび、骨材の枯渇ならびに有効利用の観点から低品位また再生骨材を使用することになることを想定して20mmを用いた。25mmの粗骨材は生コンでの利用が少ないため、今回の検討項目から除外した。これらより、骨材種類による強度への影響や粗骨材最大寸法による強度への影響について検討した。

東日本の粗骨材4005(骨材寸法5mmから40mmまでの粗骨材)は、粗骨材4020(骨材寸法20mmから40mmまでの粗骨材)：粗骨材2005(骨材寸法5mmから20mmまでの粗骨材)を1:1で混合して使用した。東日本の細骨材はA試験所で山砂(粗目)を、B試験所で山砂(中目)を使用した。西日本の細骨材は、海砂(粗目)：海砂(細目)を73:27で混合して使用した。

2.2.3 配合条件

水セメント比(記号:W/C)は、40%および50%とした。これは、設計基準曲げ強度(標準養生材齢28日)4.5N/mm²の発現が予想される水セメント比を内挿するためである。目標スランプは、舗装用コンクリートに標準的な機械施工での2.5cm、および人力施工での8cmとし、目標空気量は4.5%とした。混和剤は、AE減水剤(リグニンスルホン酸化合物)とし、水セメント比40%の場合に高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物)も使用した。空気量調整剤としてAE剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)を使用した。

2.2.4 試験項目および試験材齢

試験項目は、曲げ強度試験、圧縮強度試験および静弾性係数試験とした。強度試験の材齢は、3日、7日および28日とした。静弾性係数試験の材齢は28日とした。

2.2.5 供試体寸法

供試体寸法は、曲げ強度試験用供試体は15×15×53cm(以下□15cmと示す)および10×10×40cm(以下□10cmと示す)の角柱、圧縮強度試験用供試体はφ15×30cm(以下○15cmと示す)およびφ10×20cm(以下○10cmと示す)の円柱とした。これらから供試体寸法による強度への影響について検討した。

2.2.6 試験水準

試験水準を表 2-1 に示す。試験は東日本の 2 試験所および西日本の 2 試験所で実施した。また、検討した配合と骨材の組合せを表 2-2 に示す。

表 2-1 試験水準

セメントの種類	Gmax	骨材産地	W/C	混和剤種類	目標スランプ	供試体寸法	材齢
①NC ②HC ③BB	①40mm ②20mm	①東日本 ②西日本	①40% ②50%	①AE 減水剤 ②高性能 AE 減水剤	①2.5±1cm ②8.0±1cm	①□15cm ②□10cm ③○10cm ④○15cm	①3 日 ②7 日 ③28 日

表 2-2 配合と骨材の組合せ

配合番号	セメント	Gmax	骨材産地	W/C	減水剤種類	目標スランプ	細骨材率	粗骨材種類※	細骨材種類※	備考
1-A	NC	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	40.0%	G2	S1	
1-B	NC	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	40.0%	G2	S2	
1-C	NC	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	40.0%	G2	S1	
1-D	NC	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	40.0%	G2	S1	
2	NC	20mm	東日本	50%	AE 減	2.5cm	42.5%	G2	S1	
3	NC	20mm	東日本	40%	高性能	2.5cm	41.2%	G2	S1	
4	NC	40mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	41.9%	G1+G2	S1	G1:G2=1:1
5	HC	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	40.0%	G2	S2	
6	BB	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	40.0%	G2	S2	
7	NC	20mm	東日本	40%	AE 減	8.0cm	40.0%	G2	S2	
8	NC	20mm	西日本	40%	AE 減	2.5cm	42.0%	G4	S3+S4	S3:S4=73:27
9	NC	20mm	西日本	50%	AE 減	2.5cm	42.0%	G4	S3+S4	S3:S4=73:27
10	NC	20mm	西日本	40%	高性能	2.5cm	42.0%	G4	S3+S4	S3:S4=73:27
11	NC	40mm	西日本	40%	AE 減	2.5cm	42.0%	G3	S3+S4	S3:S4=73:27
12	NC	20mm	西日本	40%	AE 減	8.0cm	42.0%	G4	S3+S4	S3:S4=73:27

※骨材種類の記号は次表の表 2-5、表 2-6 を参照

2.3 試験方法

2.3.1 使用材料

(1) セメント

使用したセメントの化学的性質および物理的性質を表 2-3 および表 2-4 に示す。

表 2-3 セメントの化学成分

セメントの種類		化学成分(%)				
		ig.loss*	MgO	SO ₃	Na ₂ Oeq	Cl
NC	A 社	1.85	1.26	2.08	0.53	0.018
	B 社	1.54	1.32	2.46	0.39	0.013
	C 社	1.89	1.61	1.89	0.54	0.018
HC	A 社	1.17	1.35	2.89	0.50	0.007
	B 社	1.00	0.75	2.98	0.41	0.005
	C 社	1.48	1.41	3.29	0.48	0.004
BB	A 社	1.46	3.11	2.03	—	0.014
	D 社	1.17	3.03	2.22	—	0.008
	E 社	0.58	3.50	2.01	—	0.012

*ig.loss:強熱減量とも言う。975±25°C(高炉セメントの場合は700±25°C)で

セメントを加熱したとき、揮発してしまう成分の合計量である。揮発成分は大半が

水と炭酸分である。強熱減量は新鮮度の目安となり風化が進むと大きくなる傾向が見られる。

表 2-4 セメントの物理的性質

セメントの種類		密度(g/cm ³)	比表面積(cm ² /g)	凝結			安定性	圧縮強さ(N/mm ²)				水和熱(J/g)	
				水量(%)	始発(h-m)	終結(h-m)		1日	3日	7日	28日	7日	28日
NC	A 社	3.16	3310	27.3	2-17	3-22	良	—	29.9	45.4	62.0	330	383
	B 社	3.14	3280	28.0	2-02	3-39	良	—	30.0	43.2	60.1	332	388
	C 社	3.16	3280	27.3	2-14	3-28	良	—	27.3	43.0	62.3	318	380
HC	A 社	3.14	4550	30.4	1-53	2-50	良	26.2	46.9	58.2	70.0	—	—
	B 社	3.14	4370	30.6	1-30	2-20	良	26.7	45.7	59.6	72.3	—	—
	C 社	3.14	4850	30.1	1-21	2-17	良	25.0	47.1	57.1	66.6	—	—
BB	A 社	3.04	3840	28.7	2-50	4-35	良	—	20.9	34.1	60.6	—	—
	D 社	3.04	4110	31.3	3-10	4-32	良	—	23.9	35.2	62.0	—	—
	E 社	3.05	3870	28.0	2-50	4-40	良	—	21.4	35.7	62.8	—	—

(2) 骨材

骨材の粒度と物理的性質を表 2-5 および表 2-6 に示す。粗骨材の記号を G1～G4、細骨材の記号を S1～S4 とした。

表 2-5 骨材の粒度

骨材種類	骨材産地		ふるい通過量(%)												粗粒率		
	記号	ふるい目(mm)	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15			
粗骨材	硬質砂岩 碎石	東日本	G1	茨城県笠間市 (4020)	98	88	35	3	0	—	—	—	—	—	7.99		
			G2	東京都青海市 (2005)	—	—	—	96	86	49	1	0	—	—	6.54		
		西日本	G3	山口県周南市 (4005)	100	—	—	50	—	18	2	—	—	—	7.35		
			G4	山口県周南市 (2005)	—	—	—	96	—	35	3	1	—	—	6.65		
細骨材	山砂 (粗目)	東日本	S1	千葉県君津市	—	—	—	—	—	100	93	83	71	58	34	2.57	
	山砂 (中目)		S2	千葉県君津市	—	—	—	—	—	100	95	85	72	56	29	3.20	
	海砂 (粗目)	西日本	S3	長崎県壱岐市	—	—	—	—	—	—	100	83	50	25	11	2	3.29
	海砂 (細目)		S4	福岡県北九州市	—	—	—	—	—	—	100	100	100	97	66	8	1.29

表 2-6 骨材の物理的性質

骨材種類	骨材産地			表乾密度 (g/cm³)	絶乾密度 (g/cm³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	微粒分量 (%)	粘土塊量 (%)	安定性試験損失量 (%)	比重 1.95に浮くもの(%)	有機不純物	塩分含有量(%)	すり減り減量 (%)	軟石量 (%)	破碎値 (%)
粗骨材	硬質砂岩 碎石	東日本	G1	茨城県笠間市 (4020)	2.68	2.68	0.26	1.55	58.0	—	—	0.1	—	—	11.4	0.0	11.8
			G2	東京都青海市 (2005)	2.65	2.64	0.61	1.60	60.4	0.1	—	5.0	—	—	12.2	1.4	13.7
		西日本	G3	山口県周南市 (4005)	2.73	2.72	0.41	1.56	57.3	0.4	—	—	—	—	10.9	0.0	—
			G4	山口県周南市 (2005)	2.73	2.72	0.45	1.59	58.5	0.4	—	—	—	—	9.1	0.0	—
細骨材	山砂(粗目)	東日本	S1	千葉県君津市	2.65	2.59	1.46	1.76	67.6	0.5	0.20	1.9	0.1	淡い	—	—	—
	山砂(中目)		S2	千葉県君津市	2.64	2.61	1.38	1.71	65.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	海砂(粗目)	西日本	S3	長崎県壱岐市	2.56	2.52	1.86	1.66	65.9	0.8	0.08	—	—	淡い	—	—	—
	海砂(細目)		S4	福岡県北九州市	2.61	2.59	0.87	1.54	59.5	0.3	—	—	—	—	—	—	—

(3) 水

コンクリートの練混ぜ水は上水道水を使用した。

(4) 混和剤

混和剤は、2.2.3 で述べた通りである。具体的に、AE 減水剤は BASF ポゾリス社製 No.70 を、高性能 AE 減水剤として同社製 SP8SV を、AE 剤として No.70 には 303A および 101 を使用した。

2.3.2 コンクリートの配合、練混ぜおよび供試体の作製

コンクリートの示方配合およびフレッシュコンクリートの性状を表 2-7 に示す。なお、スランプおよび空気量の許容範囲は、それぞれ±1cm および±1%とした。試験所 A のスランプ値は目標範囲内の下限値であり、共通配合（配合番号 1）では他の試験所に比べて小さい結果であった。後述するように、試験所 A のミキサは他の試験所に比べて容量が小さく、回転数が低いものであった。本試験では練混ぜ方法を固定しており、ミキサ能力の違いがフレッシュコンクリートの性状に影響を及ぼしたものと考えられる。

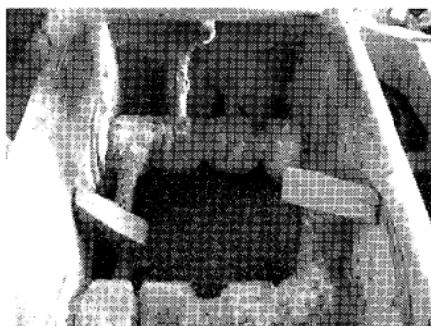
練混ぜは強制二軸ミキサを用いた。各試験所のミキサの基本性能を表 2-8 に、ミキサ内部を写真 2-1 に示す。試験所 A 以外は容量 100ℓ、回転数 62rpm であったが、試験所 A は容量が 60ℓ で回転数がやや低く、攪拌羽の枚数が少ない。練混ぜ時間は、空練り 30 秒後に水を投入し、本練り 90 秒後に排出した。練混ぜ直後のコンクリートの一例（配合番号：1-D）を写真 2-2 に示す。供試体の成形は、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じた。供試体のコンクリート締固めは、棒状バイブレータを使用した。供試体の成形状況を写真 2-3 に示す。供試体は 1 材齢につき各 3 本 1 組とした。なお、練混ぜおよび供試体の作製を 4 試験所に分割し、実施したため、共通配合（セメントの種類：NC、粗骨材最大寸法 20mm、骨材産地：東日本 G2・S1、目標スランプ：2.5cm、水セメント比 40%）を設け、試験を 4 回実施した。試験実施の分担表を表 2-9 に示す。

表 2-7 コンクリートの示方配合およびフレッシュコンクリートの性状

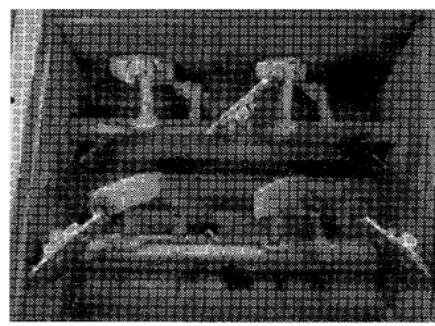
配合番号	試験所記号	セメントの種類	G _{max} (mm)	骨材产地	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤(%)	高性能AE減水剤(%)	AE剤(A)	練上がり温度(℃)	スランプ(cm)	空気量(%)
									水	セメント	細骨材	粗骨材						
1-A	A	NC	東日本	2.5	4.5	40	40.0	138	345	750	1125	0.25	—	2.5	22.0	1.5	4.5	
1-B	B						40.0	138	345	750	1125	0.25	—	2.0	20.9	3.3	4.3	
1-C	C						40.0	138	345	750	1125	0.25	—	2.5	20.8	2.7	3.5	
1-D	D						40.0	138	345	750	1125	0.25	—	2.5	21.8	2.5	4.5	
2	A					50	42.5	133	266	831	1124	0.25	—	2.5	22.0	1.5	4.8	
3	A						41.2	130	325	788	1125	—	0.80	—	22.0	1.5	4.8	
4	A		40	4.0	4.0	41.9	127	318	808	1125	0.25	—	2.5	22.0	1.5	4.8		
5	B	HC				40.0	138	345	747	1124	0.25	—	3.5	21.4	3.4	4.5		
6	B	BB				40.0	138	345	743	1119	0.25	—	3.0	20.8	2.9	4.1		
7	B	NC				40.0	148	370	728	1096	0.25	—	2.0	20.7	8.2	4.7		
8	D	NC	西日本	2.5	4.5	40	42.0	147	368	747	1094	0.25	—	2.5	22.0	3.0	4.5	
9	D						42.0	140	280	785	1150	0.25	—	0.5	21.9	3.5	4.0	
10	D						42.0	135	338	770	1128	—	0.60	—	22.2	3.0	4.7	
11	C					40	42.0	134	335	772	1132	0.25	—	2.5	20.0	3.5	5.1	
12	C						42.0	157	393	728	1066	0.25	—	1.5	19.8	8.9	4.7	

表 2-8 各試験所のミキサの性能一覧

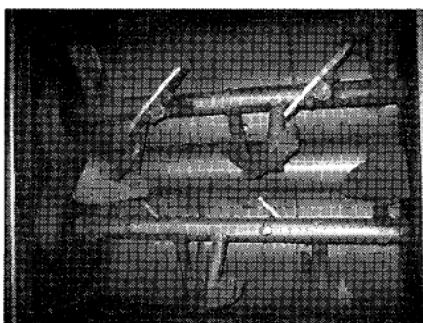
試験所記号	回転数(rpm)	攪拌羽枚数	公称容量	メーカー名
A	17.4～57.6	8 枚	60ℓ	光洋機械産業
B	62	14 枚	100ℓ	太平洋機工
C	62	14 枚	100ℓ	太平洋機工
D	62	14 枚	100ℓ	太平洋機工



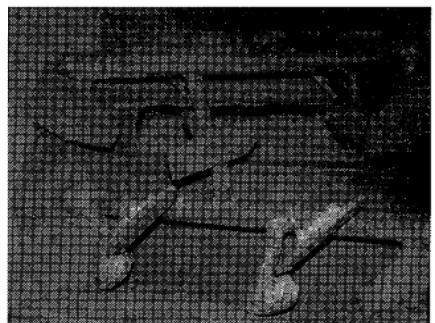
A 試験所



B 試験所



C 試験所



D 試験所

写真 2-1 各試験所のミキサ内部

表 2-9 試験実施の分担表

配合番号	セメント	Gmax	骨材産地	W/C	減水剤種類	スランプ	供試体寸法※(cm)	試験所記号				備考
								A	B	C	D	
1	NC	20mm	東日本	40%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○10、○15	○	○	○	○	共通配合
2	NC	20mm		50%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○10	○				
3	NC	20mm		40%	高性能	2.5cm	□15、□10、○10	○				
4	NC	40mm		40%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○15	○				
5	HC	20mm		40%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○10		○			
6	BB	20mm		40%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○10	○				
7	NC	20mm		40%	AE 減	8.0cm	□15、□10、○10	○				
8	NC	20mm	西日本	40%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○10、○15				○	
9	NC	20mm		50%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○10				○	
10	NC	20mm		40%	高性能	2.5cm	□15、□10、○10				○	
11	NC	40mm		40%	AE 減	2.5cm	□15、□10、○15			○		
12	NC	20mm		40%	AE 減	8.0cm	□15、□10、○10			○		

※供試体寸法は、□15:15×15×53cm、□10:10×10×40cm、○15:φ15×30cm、○10:φ10×20cm

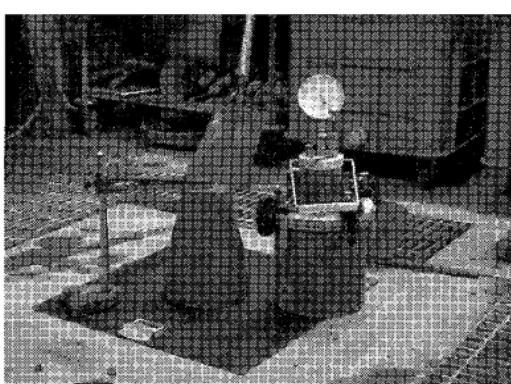
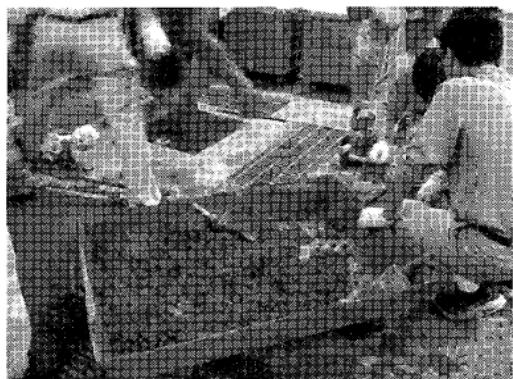


写真 2-2 練混ぜ直後のコンクリートの一例(配合番号:1-D)

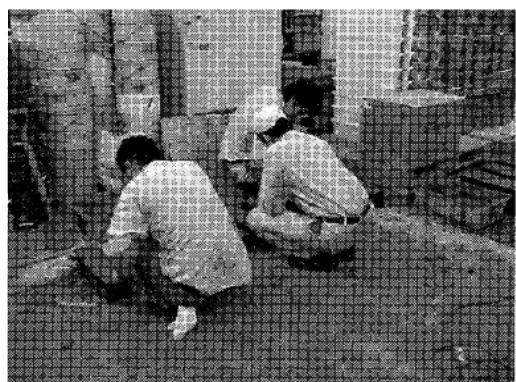


写真 2-3 供試体の成形状況

2.3.3 養生

供試体は、成形後、打設面をラップフィルムで覆い $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の恒温室に静置した。写真 2-4 に静置した状況を示す。翌日脱型後、試験材齢まで $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の水槽内で水中養生した。

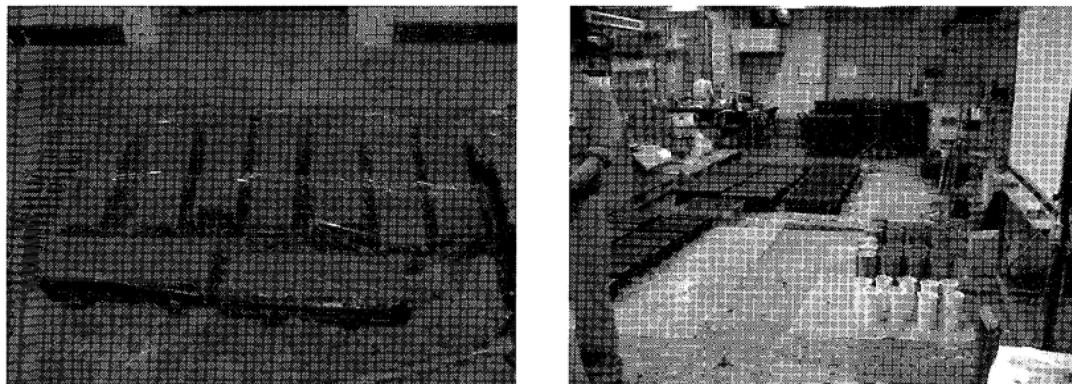


写真 2-4 打設後の供試体静置状況

2.3.4 試験方法

圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行った。供試体寸法は $\phi 15 \times 30\text{cm}(\bigcirc 15\text{cm})$ および $\phi 10 \times 20\text{cm}(\bigcirc 10\text{cm})$ とした。曲げ強度試験は、JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」に準じた。供試体寸法は $15 \times 15 \times 53\text{cm}(\square 15\text{cm})$ および $10 \times 10 \times 40\text{cm}(\square 10\text{cm})$ とした。試験材齢は、3 日、7 日および 28 日とした。静弾性係数試験は、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて行った。供試体は圧縮強度試験と同じものを使用した。試験材齢は 28 日とした。

3. 試験結果および考察

3.1 配合

3.1.1 配合と骨材寸法の関係

骨材寸法による配合の相違を表 3-1 に示す。表 3-1 より、東日本の骨材を使用すると、粗骨材最大寸法による配合の相違は、粗骨材最大寸法 40mm の方が単位水量が 11kg/m³ 小さくなつた。また、西日本の骨材を使用すると、粗骨材最大寸法 40mm の方が 13kg/m³ 小さくなつた。弊会の調査報告(1972 年 2 月)⁶⁾では、生コン工場の「曲げ 4.5」配合の平均単位水量は、粗骨材最大寸法が 40mm の場合 139kg/m³(34 工場の平均値、最大値は 149kg/m³、最小値は 125kg/m³)である。今回の粗骨材最大寸法 40mm 配合の実験では、東日本骨材使用コンクリートの単位水量は 12kg/m³、西日本骨材使用コンクリートの単位水量は 5kg/m³ 小さくなつた。

表 3-1 骨材寸法による配合の相違

配合番号	試験所記号	セメントの種類	Gmax (mm)	骨材産地	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤(%)	AE 剤(A)
									水	セメント	細骨材	粗骨材		
1-A	A	NC	20	東日本	2.5	4.5	40	40.0	138	345	750	1125	0.25	2.5
1-B	B							40.0	138	345	750	1125	0.25	2.0
1-C	C							40.0	138	345	750	1125	0.25	2.5
1-D	D							40.0	138	345	750	1125	0.25	2.5
4	A		40					41.9	127	318	808	1125	0.25	2.5
8	D		20	西日本	2.5	4.5	40	42.0	147	368	747	1094	0.25	2.5
11	C							42.0	134	335	772	1132	0.25	2.5

3.1.2 配合と骨材産地の関係

骨材産地の違いによる配合の相違を表3-2に示す。表3-2より、東日本の骨材を使用した配合のコンクリートの方が西日本の骨材を使用した配合より、単位水量が $7\text{kg}/\text{m}^3 \sim 9\text{kg}/\text{m}^3$ 小さくなつた。また、高性能AE減水剤を使用した配合については、混和剤の添加量を調整したため、単位水量の違いは評価できなかつた。

表3-2 骨材産地の違いによる配合の相違

配合番号	試験所記号	セメントの種類	Gmax (mm)	骨材産地	目標スランプ(cm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤(%)	高性能AE減水剤(%)	AE剤(A)	
								水	セメント	細骨材	粗骨材				
1	※	NC	20	東日本	2.5	40	40.0	138	345	750	1125	0.25	—	2.5	
2	A					50	42.5	133	266	831	1124	0.25	—	2.5	
3	A					41.2	130	325	788	1125	—	0.80	—	—	
4	A		40		40	41.9	127	318	808	1125	0.25	—	2.5	—	
7	B		20			40.0	148	370	728	1096	0.25	—	2.0	—	
8	D		20	西日本	2.5	40	42.0	147	368	747	1094	0.25	—	2.5	
9	D					50	42.0	140	280	785	1150	0.25	—	0.5	
10	D					42.0	135	338	770	1128	—	0.60	—	—	
11	C		40		40	42.0	134	335	772	1132	0.25	—	2.5	—	
12	C					42.0	157	393	728	1066	0.25	—	1.5	—	

※A, B, C, D 試験所

3.1.3 配合とセメント種類の関係

セメント種類による配合の相違を表3-3に示す。セメント種類による配合の相違は、単位水量に差ではなく、セメントの密度の違いによる骨材量の違いだけでほとんど差異はなかつた。

表3-3 セメント種類による配合の相違

配合番号	試験所記号	セメントの種類	Gmax (mm)	骨材産地	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤(%)	AE助剤(A)
									水	セメント	細骨材	粗骨材		
1	A	NC	20	東日本	2.5	4.5	40	40.0	138	345	750	1125	0.25	2.5
5	B						40	40.0	138	345	747	1124	0.25	3.5
6	B						40	40.0	138	345	743	1119	0.25	3.0

3.2 強度

3.2.1 曲げ強度

(1) 共通配合による曲げ強度試験結果

共通配合による曲げ強度試験結果を図3-1に示す。共通配合とは、前述の「2.3.2 コンクリートの配合、練混ぜおよび供試体の作製」で示した通りである。各試験所における共通配合による曲げ強度比較を図3-2に示す。また、水セメント比40%における材齢7日と28日の曲げ強度比較を図3-3に示す。

各試験所の材齢28日における曲げ強度は、□15cmの場合は平均値±0.5N/mm²の範囲に、□10cmの場合は平均値±0.6N/mm²の範囲に収まった。各試験所の曲げ強度は、試験所Aが最高で試験所Bが最低の結果であった。表2-7より、スランプ値は試験所Aが最小で試験所Bが最大であることから、ミキサ能力など練混ぜ時の条件による影響も考えられるが、試験所間の強度差の原因は解明できなかった。

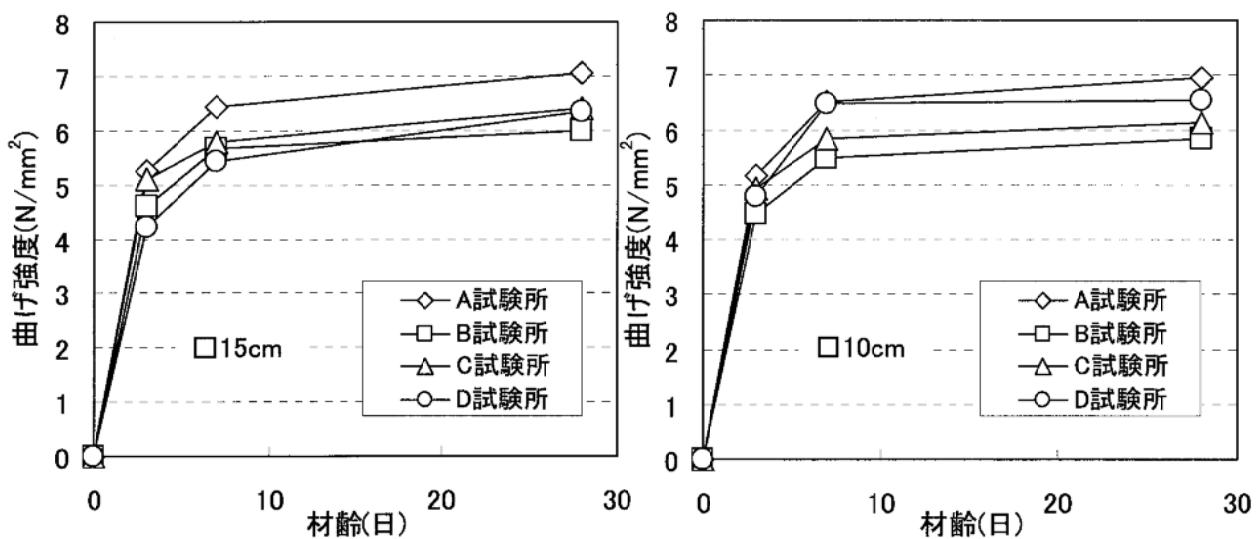


図3-1 共通配合による曲げ強度試験結果

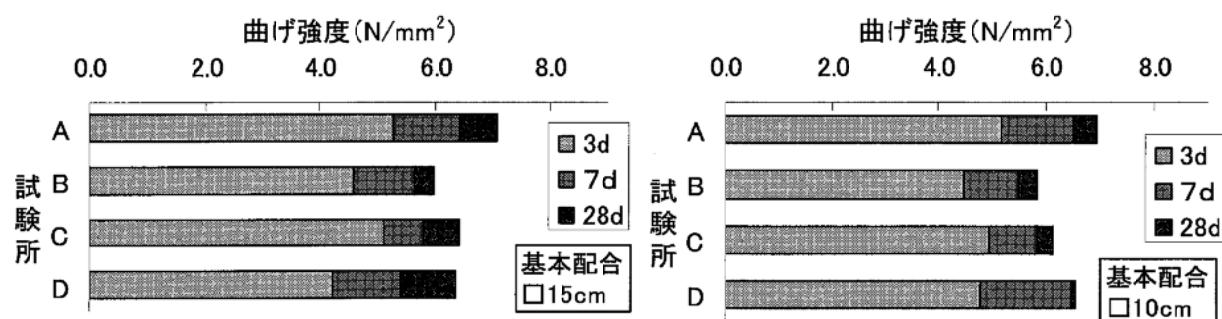


図3-2 各試験所における共通配合による曲げ強度比較

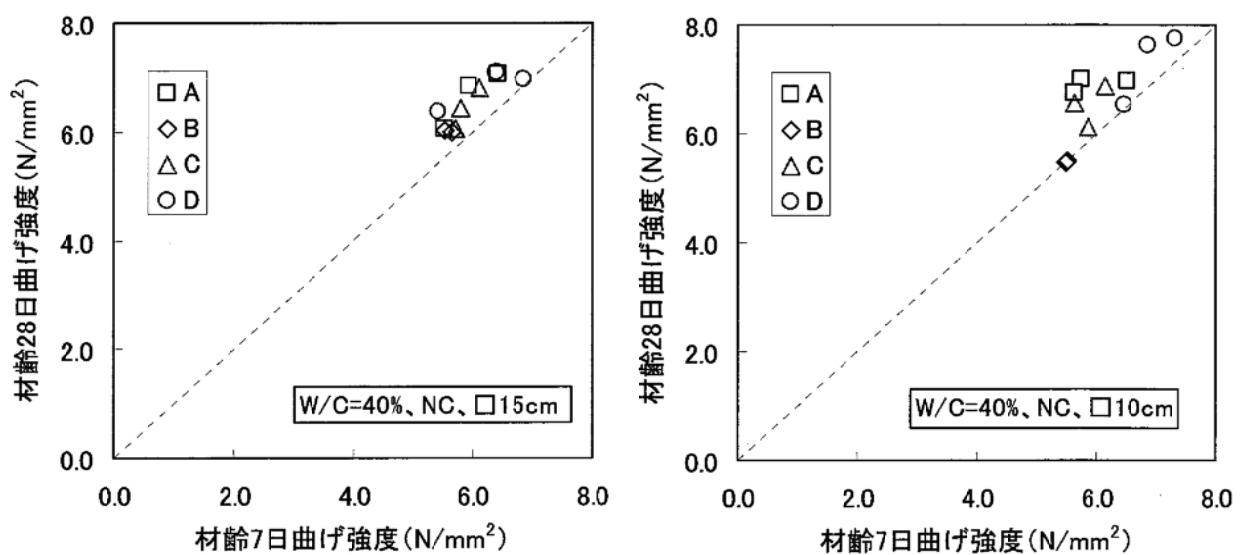


図 3-3 水セメント比 40%における材齢 7 日と材齢 28 日の曲げ強度比較

(2) セメントの種類による曲げ強度試験結果

セメントの種類による曲げ強度試験結果を図 3-4 に示す。初期材齢は、各セメント間の強度差が大きいものの、材齢が進むにつれて強度差は小さくなつた。材齢 28 日までの強度は HC > NC > BB の関係であった。NC の値は 4 試験所の平均値とした。

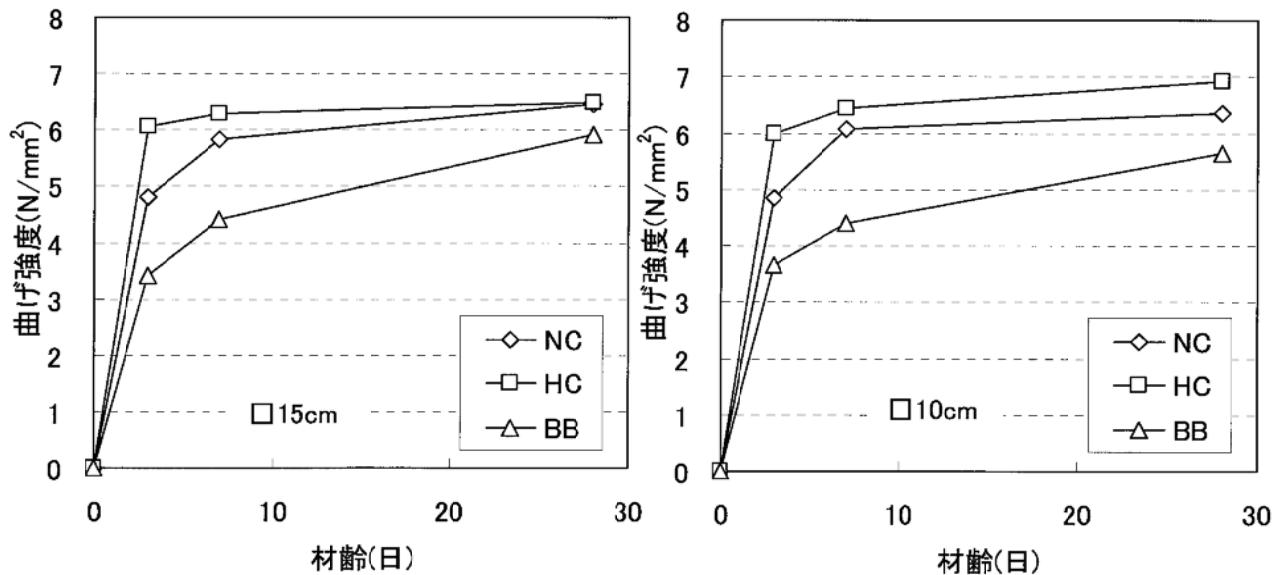


図 3-4 セメント種類の違いによる曲げ強度試験結果

(3) 骨材の違いによる曲げ強度試験結果

粗骨材最大寸法の違いによる曲げ強度試験結果を図3-5に示す。西日本の骨材を使用した場合、骨材寸法の小さい20mm骨材を使用したコンクリートの方が40mm骨材を使用したコンクリートより強度が大きくなっている。東日本の骨材を使用した場合では、その差は判然としなかった。

曲げ強度への粗骨材最大寸法の影響を図3-6に示す。左図が最大骨材寸法と曲げ強度の関係と既往の研究成果を、右図が $y = x$ との比較を示す。本実験結果は、既往の研究成果¹⁰⁾と同様に20mm骨材を使用したコンクリートの曲げ強度が大きくなる傾向を示した。

骨材産地の違いによる曲げ強度試験結果を図3-7に示す。西日本産の骨材を使用したコンクリートの方が東日本産の骨材を使用したコンクリートより強度が大きくなっている。表2-6に示したように、西日本産粗骨材は東日本産に比べて密度が大きく、すり減り減量が小さいことから硬いものと推察できる。よって、粗骨材の硬さがコンクリートの曲げ強度に影響を及ぼした可能性が考えられる。

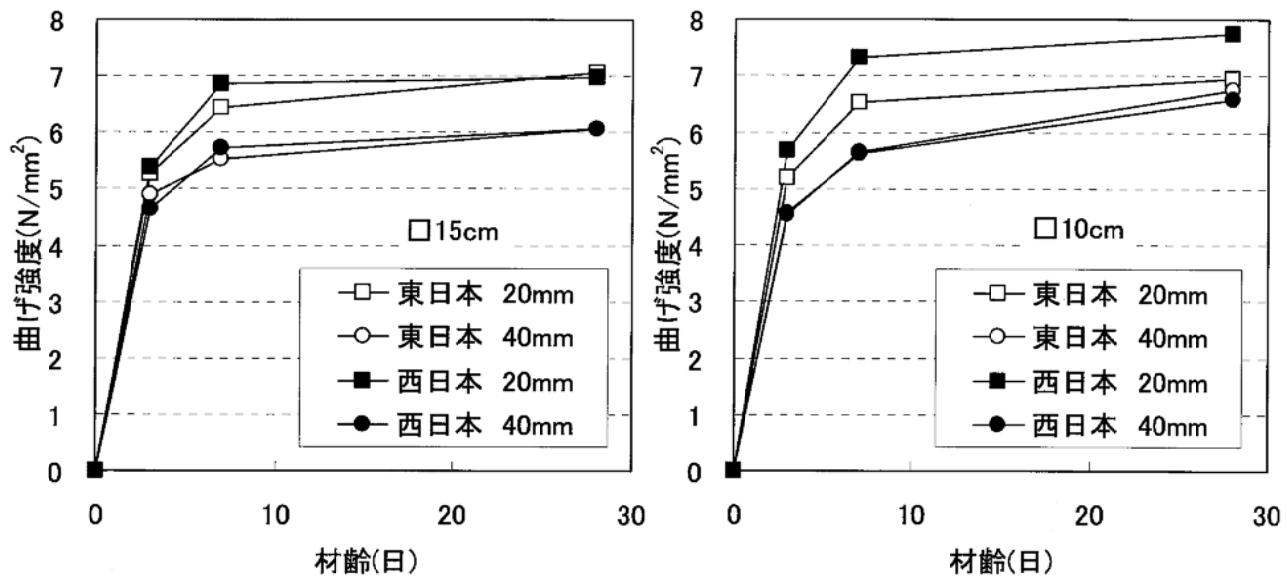


図3-5 粗骨材最大寸法および骨材产地別の曲げ強度試験結果

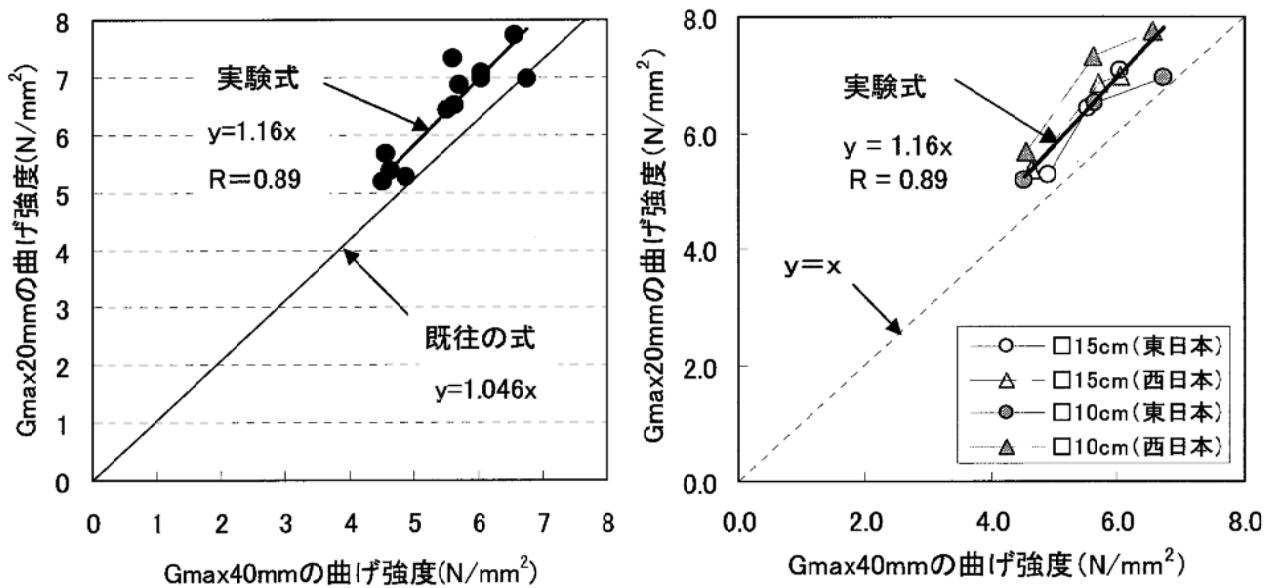


図 3-6 曲げ強度への粗骨材最大寸法の影響

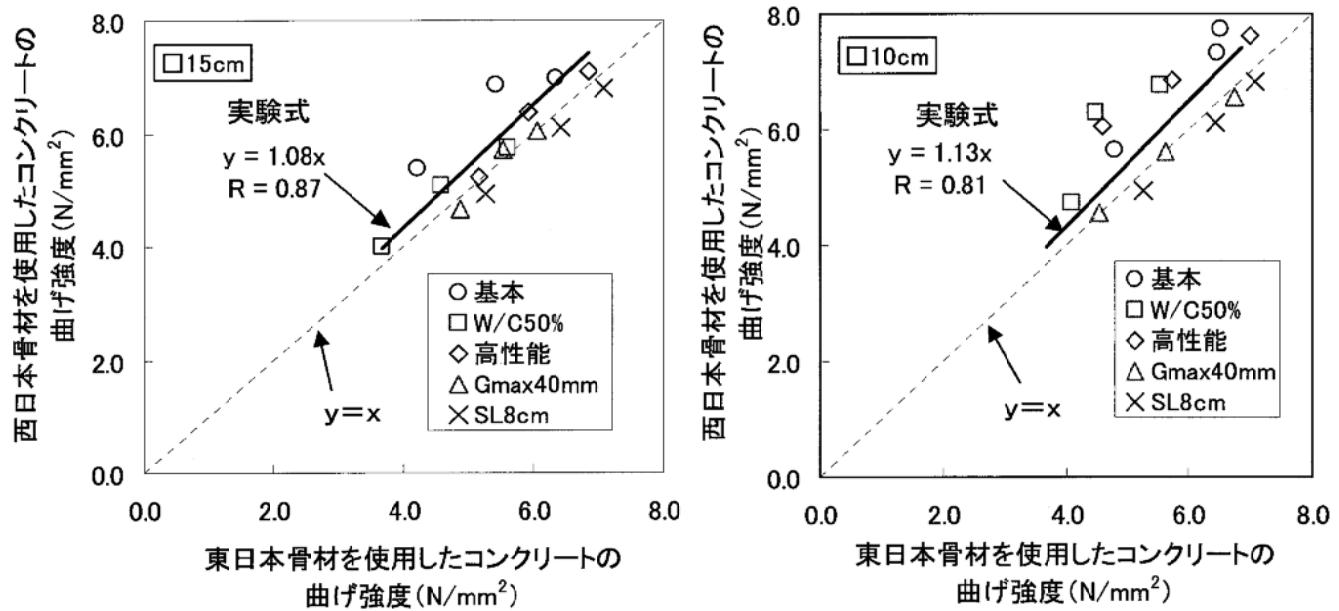


図 3-7 骨材産地の違いによる曲げ強度試験結果

(4) 水セメント比の違いによる曲げ強度試験結果

骨材産地別の水セメント比の違いによる曲げ強度試験結果を図3-8に示す。また、供試体寸法別の水セメント比の違いによる曲げ強度試験結果を図3-9に示す。水セメント比(W/C)が40%の場合は材齢3日、50%の場合ではほぼ材齢7日で設計基準曲げ強度の4.5N/mm²に達している。

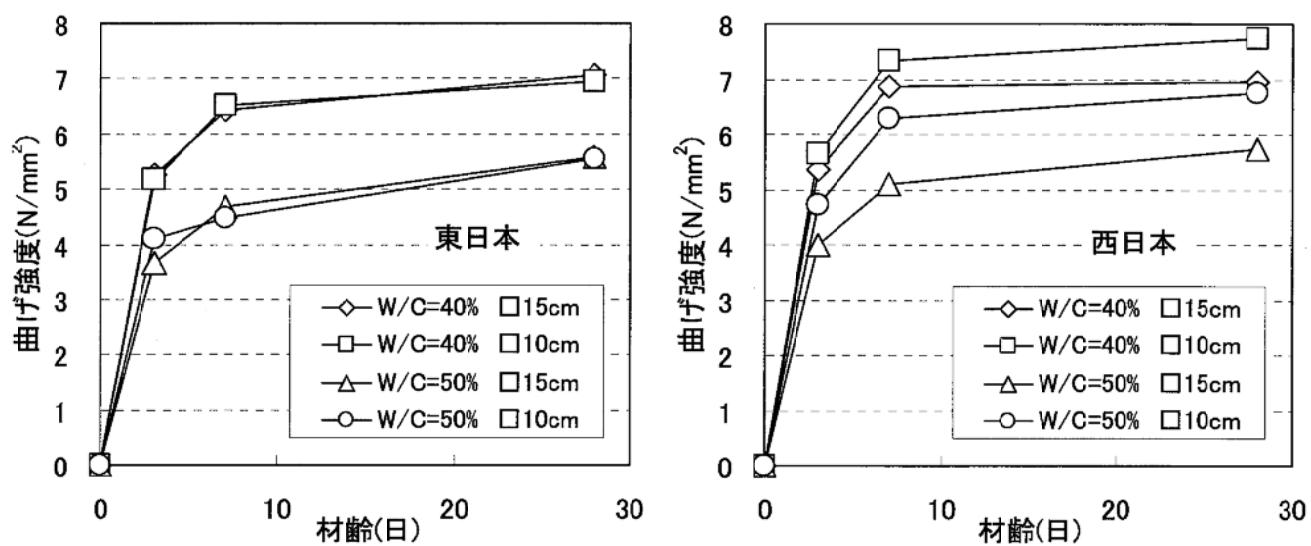


図3-8 水セメント比の違いによる曲げ強度試験結果

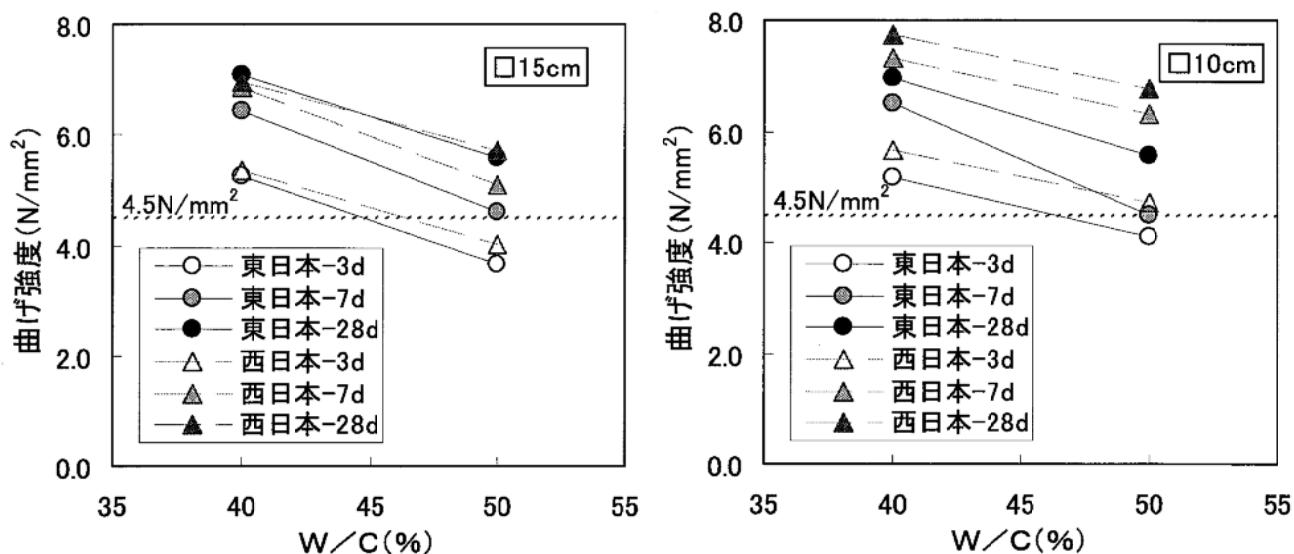


図3-9 水セメント比と曲げ強度の関係

(5) 混和剤の違いによる曲げ強度試験結果

混和剤の違いによる材齢と曲げ強度試験の関係を図3-10および図3-11に示す。AE減水剤(AE)と高性能AE減水剤(SP)を使用したが、強度に著しい差は見られなかった。

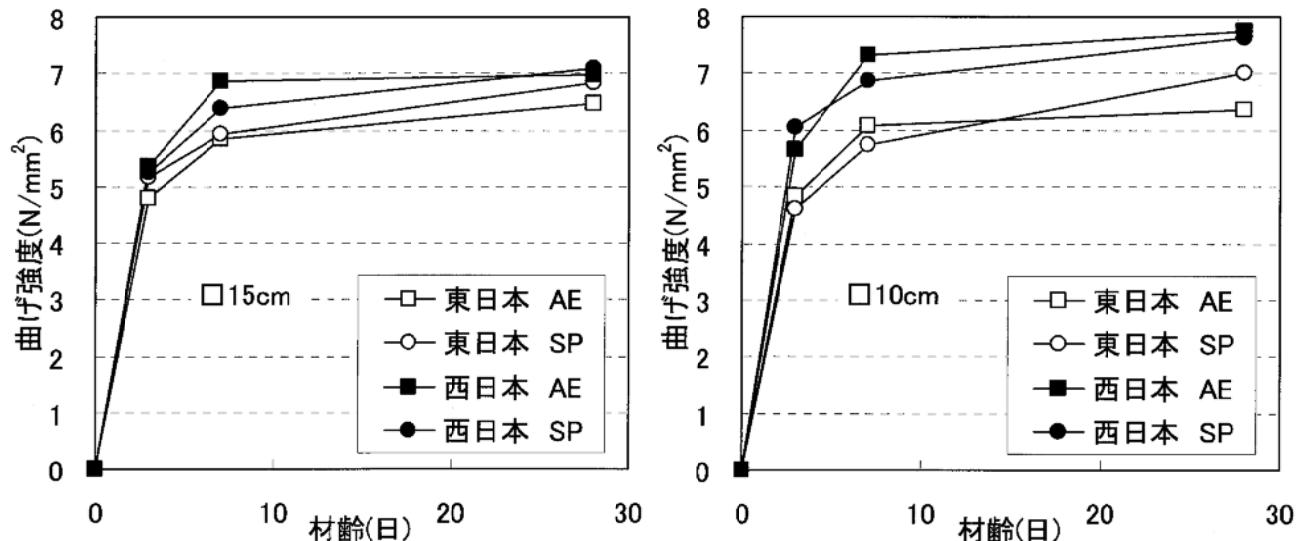


図3-10 混和剤の違いによる曲げ強度試験結果

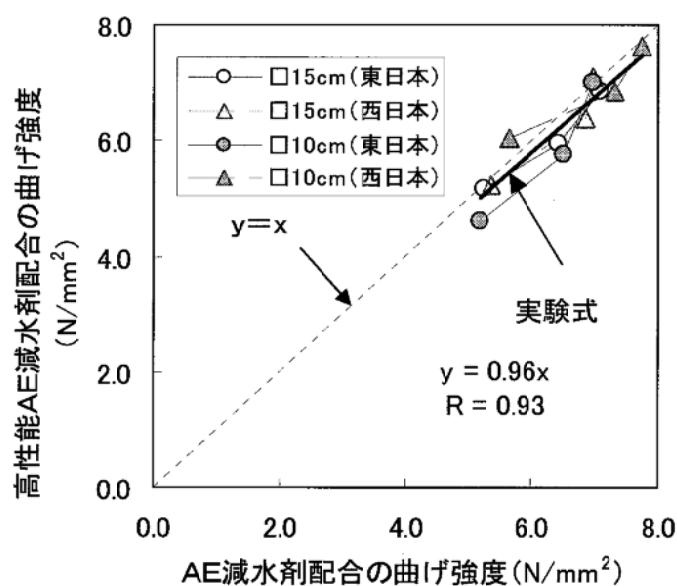


図3-11 AE減水剤配合と高性能AE減水剤配合の曲げ強度の関係

(6) スランプの違いによる曲げ強度試験結果

スランプの異なるコンクリートの材齢と曲げ強度の関係を図3-12に、スランプ2.5cmとスランプ8cmのコンクリートの曲げ強度の関係を図3-13に示す。スランプの小さい2.5cmのコンクリートの方が若干曲げ強度が大きくなる傾向が見られた。

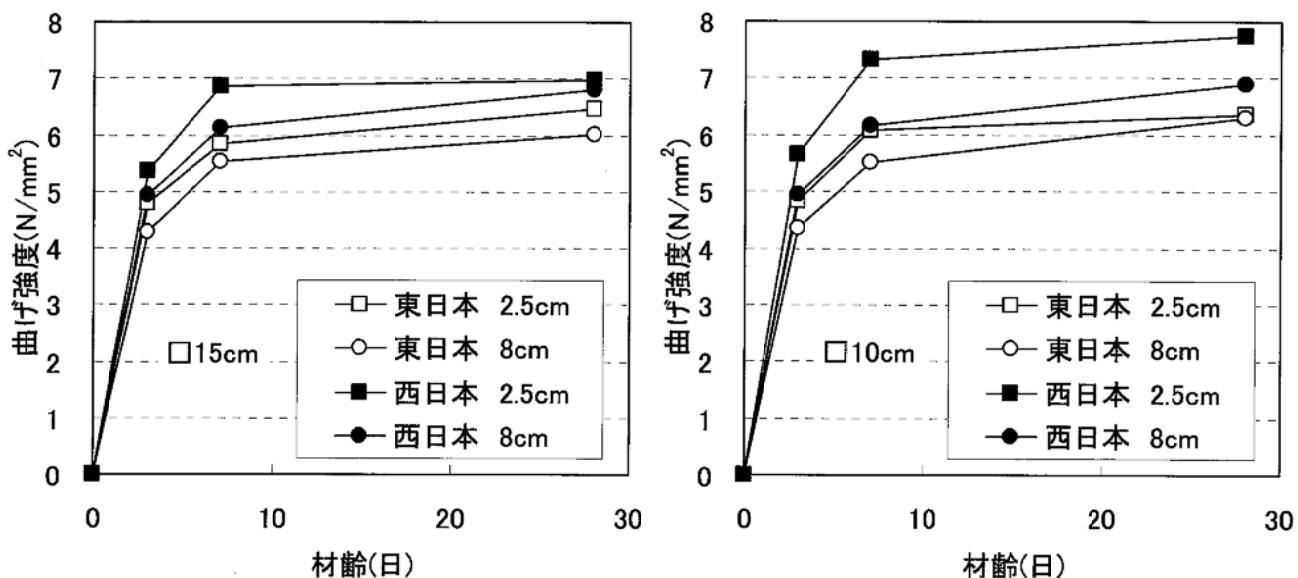


図3-12 スランプの違いによる曲げ強度試験結果

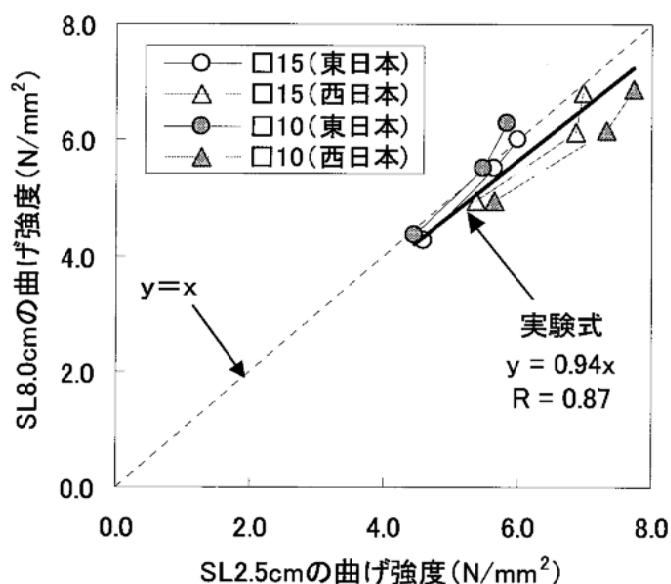


図3-13 スランプ2.5cmとスランプ8cmのコンクリートの曲げ強度の関係

(7) 供試体寸法の違いによる曲げ強度試験結果

供試体寸法の違いによる曲げ強度の関係を図3-14に示す。本実験における曲げ強度の寸法効果の関係式は、土木学会舗装標準示方書⁴⁾に示されている式とほぼ一致しており、実験式の相関も強い。右図は、試験所ごとおよび粗骨材最大寸法ごとにデータを示した。試験所ごとおよび粗骨材最大寸法ごとに、わずかながら傾向の違いが明らかとなった。

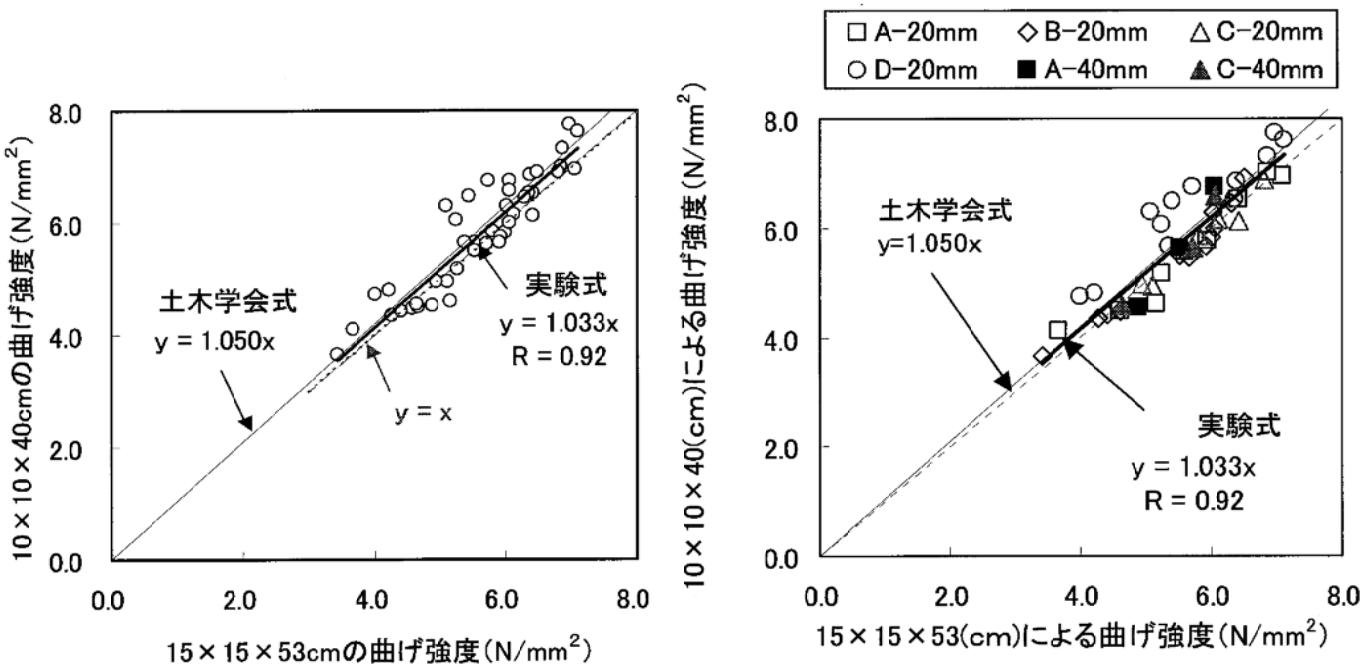


図3-14 供試体寸法の違いによる曲げ強度の関係

(8) 過去の舗装用コンクリートとの強度差

図 3-15 に過去⁷⁾⁸⁾⁹⁾の舗装用コンクリート(W/C=50%)の曲げ強度を示す。2010 年が今回の実験で得られたデータである。強度と年代に関係は見られず、本試験の結果は既往の結果と同等であった。

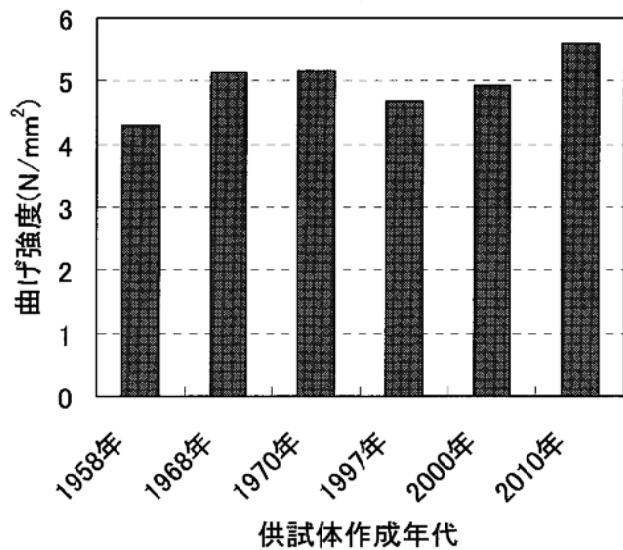


図 3-15 W/C=50%の舗装用コンクリートの曲げ強度

3.2.2 圧縮強度

(1) 共通配合による圧縮強度試験結果

共通配合による圧縮強度試験結果を図 3-16 に示す。共通配合は、前述の「2.3.2 コンクリートの配合、練混ぜおよび供試体の作製」で示した通りである。各試験所の圧縮強度の差は、供試体寸法の大小に関わらず最大 10N/mm^2 程度であり、曲げ強度より標準偏差は小さいが試験所 A の強度が高いなど同様な結果であった。

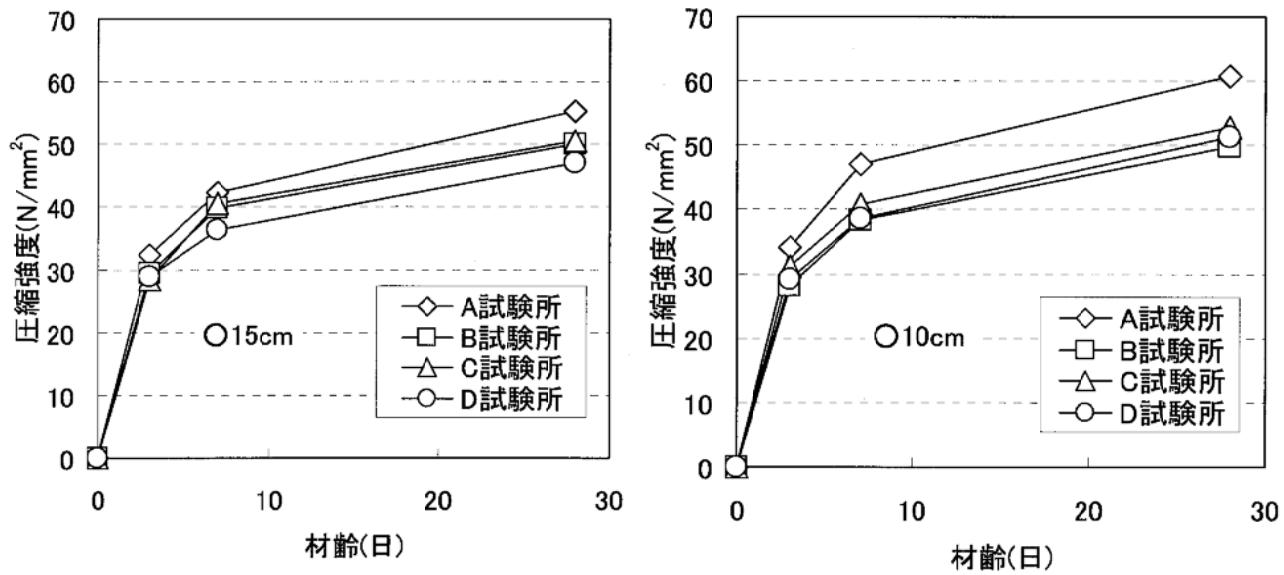


図 3-16 共通配合による圧縮強度試験結果

(2) セメントの種類による圧縮強度試験結果

セメントの種類による圧縮強度試験結果を図 3-17 に示す。初期材齢は、曲げ強度と同様に各セメント間の強度差が大きいものの、材齢が進むにつれて強度差は小さくなつた。材齢 28 日までの強度は HC > NC > BB の関係であつた。

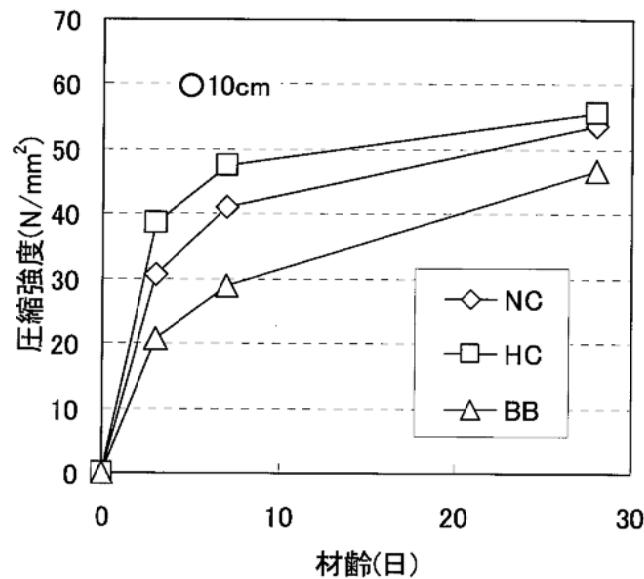


図 3-17 セメントの種類による圧縮強度試験結果

(3) 骨材の違いによる圧縮強度試験結果

粗骨材最大寸法(G_{max})の違いによる圧縮強度と材齢の関係を図3-18に、粗骨材最大寸法と圧縮強度の関係を図3-19に、骨材産地の違いによる圧縮強度試験結果を図3-20に示す。圧縮強度は、曲げ強度と異なり、本試験で用いた骨材では粗骨材最大寸法や骨材産地が強度に及ぼす影響がなかった。

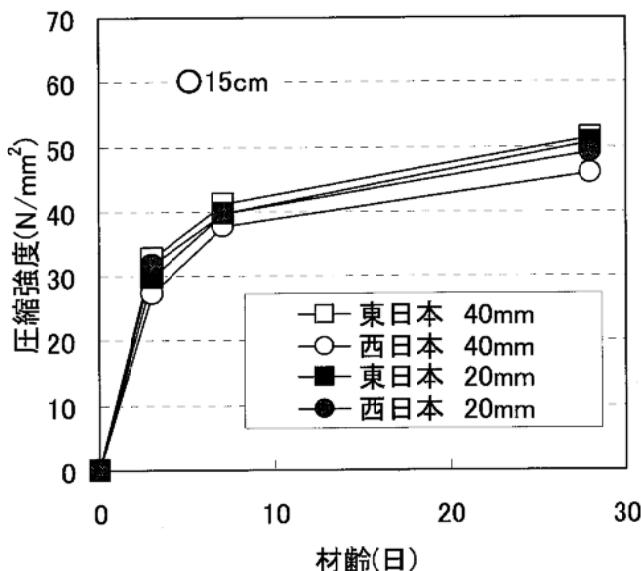


図3-18 G_{max} の違いによる圧縮強度試験結果

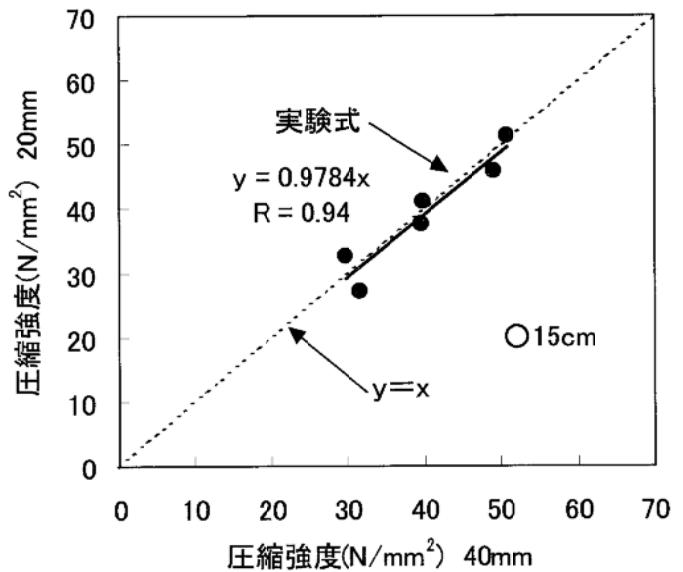


図3-19 圧縮強度への G_{max} の影響

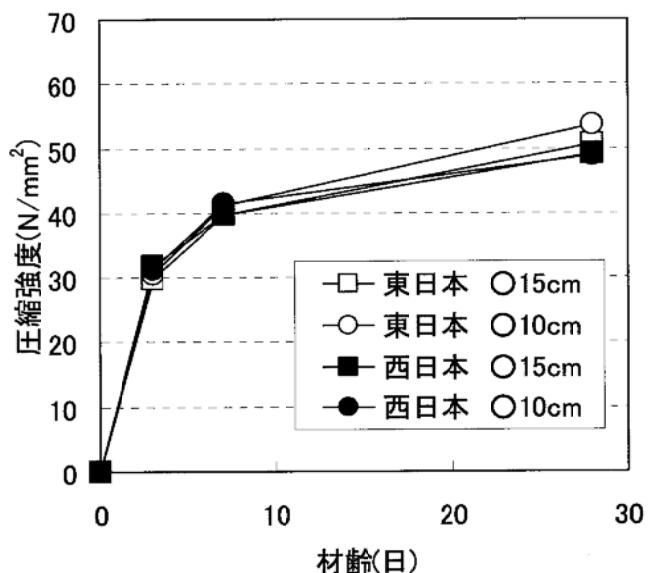


図3-20 骨材産地の違いによる圧縮強度試験結果

(4) 水セメント比および混和剤の違いによる圧縮強度試験結果

水セメント比の違いによる圧縮強度試験結果を図3-21に、混和剤の違いによる圧縮強度試験結果を図3-22に示す。AE減水剤より高性能AE減水剤(SP)を使用した方が強度は高い傾向が見られ、材齢が進むとその差は大きくなつた。

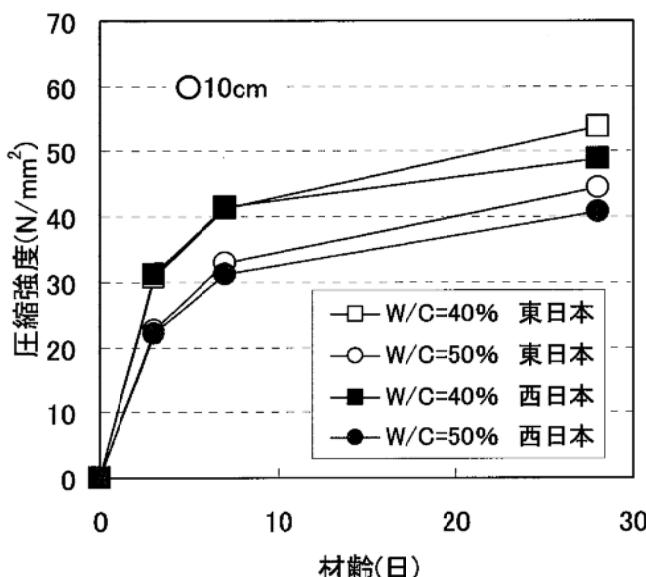


図3-21 水セメント比の違いによる圧縮強度試験結果

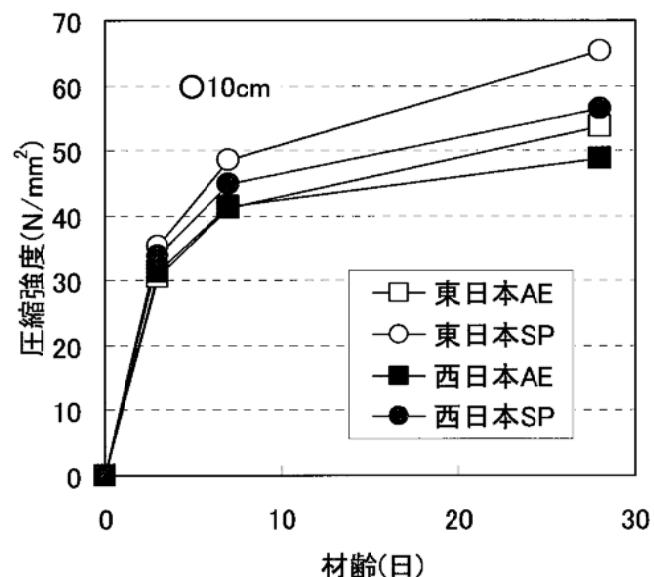


図3-22 混和剤の違いによる圧縮強度試験結果

(5) スランプの違いによる圧縮強度試験結果

スランプの違いによる圧縮強度試験結果を図 3-23 に示す。スランプの違いによる強度差はほとんど見られなかった。

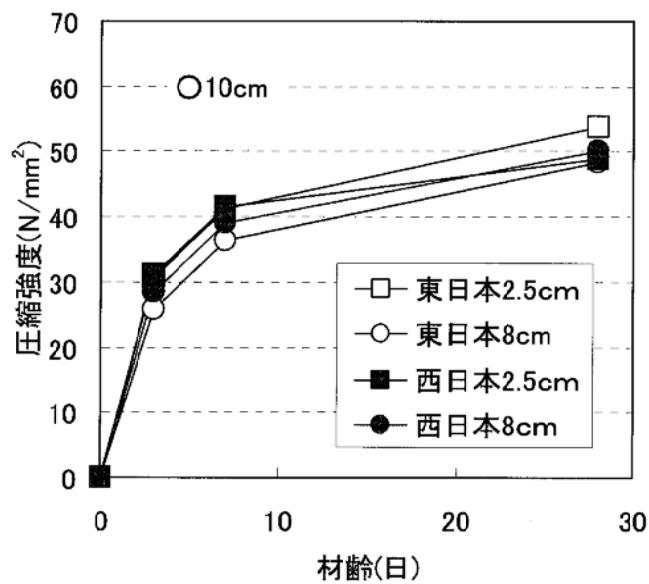


図 3-23 スランプの違いによる圧縮強度試験結果

(6) 供試体寸法の違いによる圧縮強度試験結果

供試体寸法の違いによる圧縮強度の関係を図 3-24 に示す。本実験における圧縮強度の寸法効果の関係式は、図 3-14 に示した曲げ強度による式とほぼ一致し、実験式の相関も高く、各試験所間による差もほとんどない結果であった。

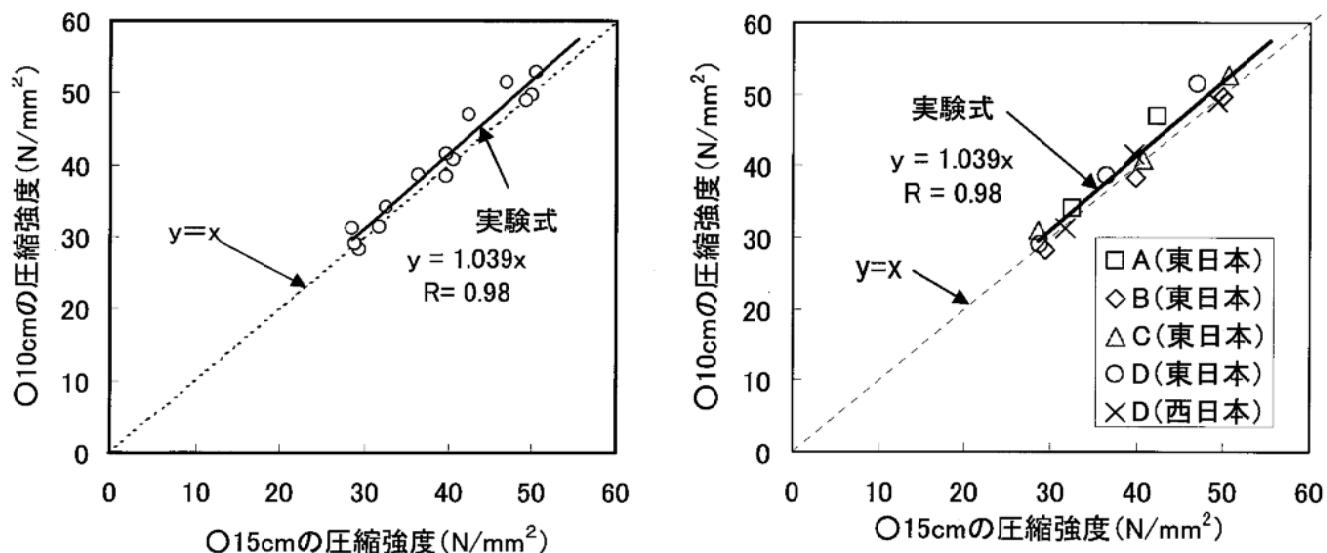


図 3-24 供試体寸法の違いによる圧縮強度の関係

3.2.3 圧縮強度と曲げ強度の関係

圧縮強度と曲げ強度との関係を図3-25および図3-26に示す。図3-25は、供試体寸法○15cmの圧縮強度と□15cmの曲げ強度の関係を示している。舗装設計便覧の強度換算式¹⁾(以下、道路協会式)および既往の研究⁵⁾の式も図示した。今回の実験結果によれば、これらの供試体寸法の関係において、圧縮強度から曲げ強度を推定することは、道路協会式を使えば、すべて安全側であることが確認できた。図3-26は、供試体寸法○10cmの圧縮強度と□10cmの曲げ強度の関係を示している。近似式は強い相関を示している。

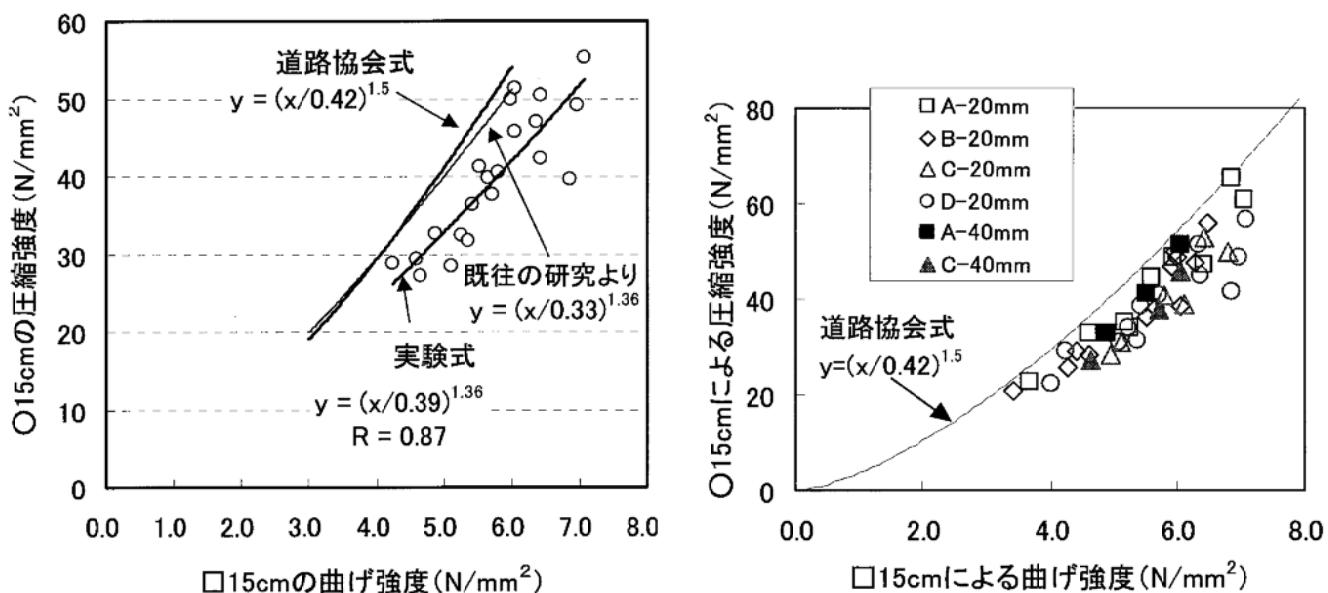


図 3-25 圧縮強度と曲げ強度との関係(○□)

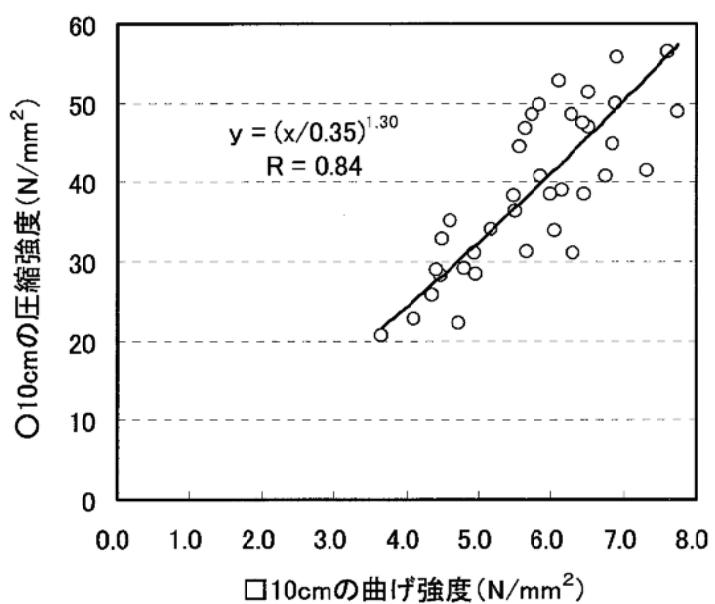


図 3-26 圧縮強度と曲げ強度との関係(○□10cm)

3.2.4 静弾性係数

図3-27に各試験所の供試体寸法毎の静弾性係数試験結果を示す。本試験においては、試験所間においても、供試体寸法の違いにおいても静弾性係数の値に大きな差はなかった。また、図3-28に骨材毎の静弾性係数試験結果を示す。骨材産地の違いにおいても、粗骨材最大寸法の違いにおいても、静弾性係数の値に大きな差はなかった。図3-29に圧縮強度と静弾性係数との関係を示す。

データのプロットが高い強度域に集中しているため、土木学会式¹¹⁾との間に明らかな関係は見出せなかった。

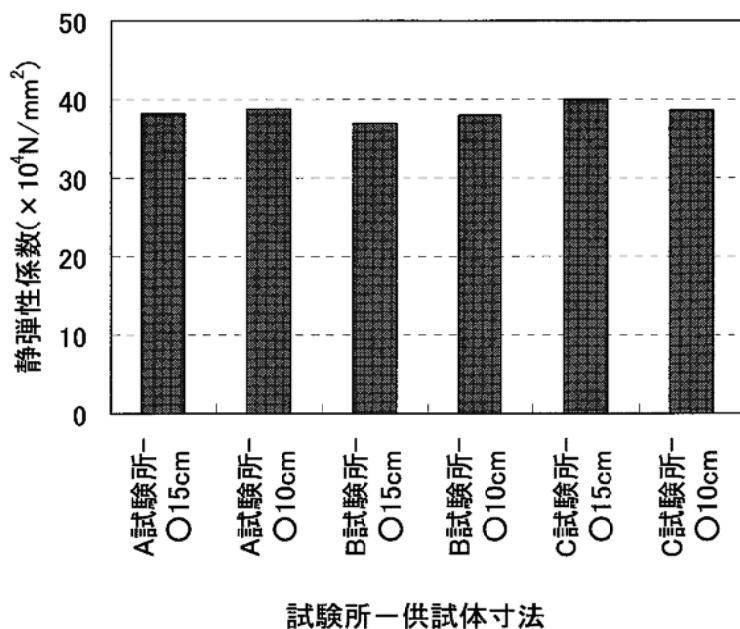


図3-27 各試験所の供試体寸法毎の静弾性係数試験結果

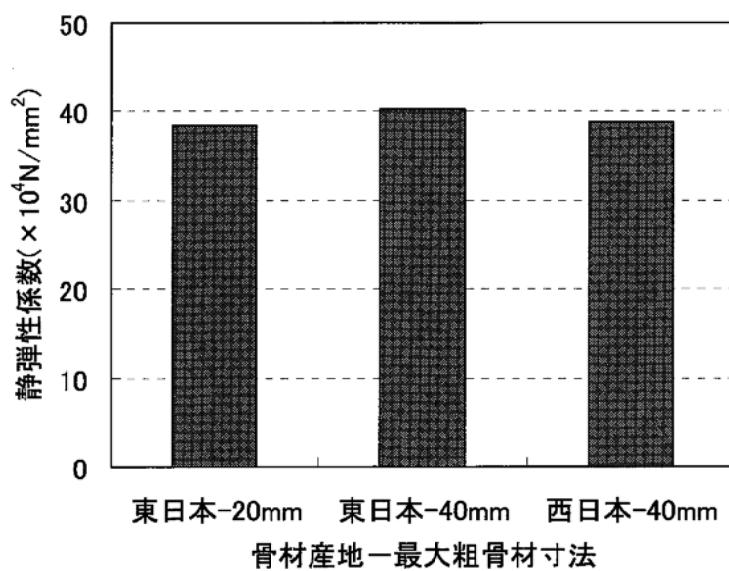


図3-28 骨材毎の静弾性係数試験結果

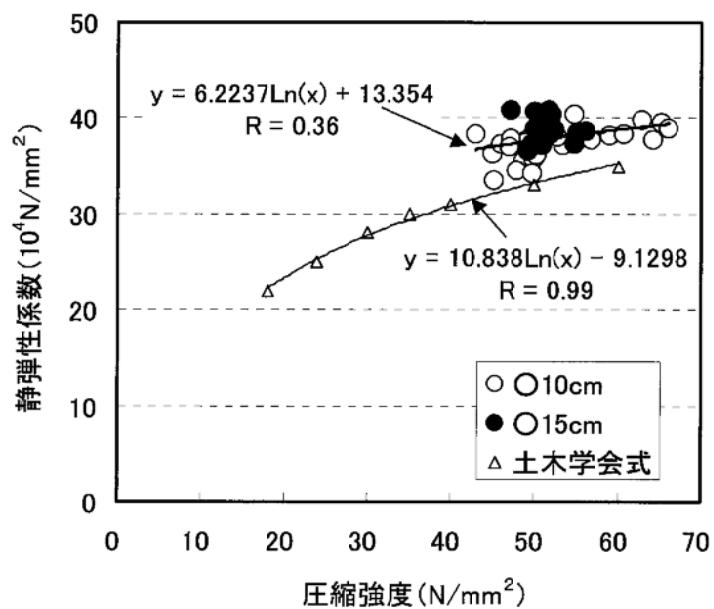


図 3-29 圧縮強度と静弾性係数との関係

4. まとめ

4.1 配合

本実験では、配合と骨材寸法の関係において、東日本の骨材(粗骨材：硬質砂岩碎石、東京都青梅産および茨城県笠間産、細骨材：山砂、千葉県君津産)を使用すると、粗骨材最大寸法の違い(40mmと20mm)による配合の相違は、単位水量が粗骨材最大寸法40mmの方で $11\text{kg}/\text{m}^3$ 小さくなつた。また、西日本の骨材(粗骨材：硬質砂岩碎石、山口県周南産、細骨材：海砂、長崎県壱岐産および福岡県北九州産)を使用すると、粗骨材最大寸法40mmの方が $13\text{kg}/\text{m}^3$ 小さくなつた。配合と骨材産地の関係については、東日本の骨材を使用した配合の方が $7\text{kg}/\text{m}^3 \sim 9\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位水量が小さくなつた。ただし、高性能AE減水剤を使用した配合については、混和剤の添加量を調整したため、単位水量の違いは評価できなかつた。セメントの種類の異なる配合については、ほとんど差異はなかつた。

4.2 強度

4.2.1 曲げ強度

本実験での共通配合における、各試験所の曲げ強度とその平均値との差は、供試体寸法の大小に関わらず最大 $\pm 0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であった。各試験所の曲げ強度は、試験所Aが最大で試験所Bが最小の値であった。表2-7より、スランプは試験所Aが最小で試験所Bが最大であることから、ミキサ能力など練混ぜ時の条件による影響も考えられるが、試験所間の強度差の原因は解明出来なかつた。

セメントの種類の違いによる曲げ強度は、初期材齢では差が大きいが、材齢が進むにつれて強度差は小さくなつた。材齢28日までの強度はHC>NC>BBの関係であった。

本実験において、粗骨材最大寸法の違いによる曲げ強度は、西日本の骨材を使用した場合、骨材寸法の小さい20mm骨材を使用したコンクリートの方が40mm骨材を使用したコンクリートよりも強度が大きくなつてゐる。東日本の骨材を使用した場合では、その差は判然としなかつた。

本実験では、骨材産地の違いによる曲げ強度が、西日本の骨材を使用したコンクリートの方が東日本の骨材を使用したコンクリートより強度が大きくなつた。表2-6に示したように、西日本産粗骨材は東日本産に比べて密度が大きく、すり減り減量が小さいことから硬いものと推察できる。よって、粗骨材の硬さがコンクリートの曲げ強度に影響を及ぼした可能性が考えられる。

NCを使用した場合の水セメント比の違いによる曲げ強度は、水セメント比が40%の場合、材齢3日で、50%の場合でも材齢7日で設計基準曲げ強度の $4.5\text{N}/\text{mm}^2$ を発現した。混和剤の違いによる曲げ強度では、AE減水剤と高性能AE減水剤を使用したが、強度に著しい差は見られなかつた。スランプの違いによる曲げ強度は、スランプの小さい2.5cmのコンクリートの方が若干曲げ強度が大きくなつた。供試体寸法の違いによる曲げ強度の関係において、本実験における曲げ強度の寸法効果の関係式は、土木学会舗装標準示方書⁴⁾に示されている式とほぼ一致しており、実験式の相関も強い。

4.2.2 圧縮強度

本実験の共通配合による各試験所の圧縮強度とその平均値の差は、供試体寸法の大小に関わらず最大±5N/mm²程度であった。曲げ強度より標準偏差は小さいが試験所Aの強度が高いなど同様な結果であった。

セメントの種類を変えた場合の圧縮強度は、初期材齢ではその差が大きいが、材齢が進むにつれて強度差は小さくなつた。材齢28日までの強度はHC>NC>BBの関係であった。粗骨材最大寸法の違いによる圧縮強度差は、ほとんど現れなかつた。骨材産地の違いによる強度差も、ほとんど現れなかつた。水セメント比を変えた場合の圧縮強度は、各材齢で約10N/mm²の強度差がある。混和剤を変えた場合の圧縮強度は、高性能AE減水剤を使用した方に、強度が高い傾向が見られ、材齢が進むとその差は大きくなつた。スランプの違いによる圧縮強度差は、ほとんど見られなかつた。

供試体寸法と圧縮強度の関係において、本実験における圧縮強度の寸法効果の関係式は、曲げ強度による式とほぼ一致しており、実験式の相関も強い。

4.2.3 圧縮強度と曲げ強度の関係

本実験の圧縮強度と曲げ強度との関係は、舗装設計便覧の強度換算式¹⁾を道路協会式と比較したところ、今回の実験結果によれば、供試体寸法φ15×30cmの圧縮強度と15×15×53cmの曲げ強度の関係において、圧縮強度から曲げ強度を推定することは、道路協会式を使えば、すべて安全側の値であることが確認できた。また、供試体寸法φ10×20cmの圧縮強度と10×10×40cmの曲げ強度の関係を示した近似式は強い相関を示しており、圧縮強度から曲げ強度が推定出来ることを確認した。すなわち、舗装コンクリートの強度管理が、供試体寸法φ10×20cmの圧縮強度で代用できる可能性を示した。

4.2.4 静弾性係数

本実験においては、試験所間においても、供試体寸法の違いにおいても静弾性係数の値に大きな差はなかった。また、骨材産地の違いにおいても、粗骨材最大寸法の違いにおいても、静弾性係数の値に大きな差はなかった。また、データのプロットが高い強度域に集中しているため、本実験の静弾性係数と圧縮強度の関係において、土木学会式¹¹⁾との間に明らかな関係は見出せなかつた。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会編, 舗装技術専門委員会設計施工指針, p269~p270, 2006年2月
- 2) 社団法入土木学会舗装工学委員会編, 舗装標準示方書, p201~p202, 2007年3月
- 3) 独立行政法人土木研究所編, 舗装用コンクリートの品質に関する調査, 土木研究所資料第3427号, p33~p34, 1996年2月
- 4) 社団法入土木学会舗装工学委員会編, 舗装標準示方書, p33, 2007年3月
- 5) 全国生コンクリート工業組合連合会編, セメントコンクリート舗装の管理試験方法の省力化に関する研究, 平成8年度セメント協会委託研究, p34, 1997年3月
- 6) 社団法人セメント協会道路対策専門委員会, 舗装用コンクリートの品質に関する共同調査報告書, p19, 1979年2月
- 7) 社団法人セメント協会道路対策専門委員会, 舗装用コンクリートの品質に関する共同調査報告, 道路対策専門委員会報告R-1, p24, 1981年6月
- 8) 全国生コンクリート工業組合連合会編, セメントコンクリート舗装の管理試験方法の省力化に関する研究, 平成8年度セメント協会委託研究, p21, 1997年3月
- 9) 社団法人セメント協会舗装技術専門委員会, レディーミクストコンクリートの舗装工事への適用拡大に関する検討, 舗装技術専門委員会報告R-12, p15, 2000年2月
- 10) 独立行政法人土木研究所編, 舗装用コンクリートの品質に関する調査, 土木研究所資料第3427号, p154, 1996年2月
- 11) 社団法入土木学会 コンクリート委員会編, コンクリート標準示方書 舗装編, p24, 2002年3月

資料

1. 曲げ強度、圧縮強度および静弾性係数試験結果

1. 曲げ強度、圧縮強度および静弾性係数試験結果

付表-1 曲げ強度試験結果

試験所記号	セメントの種類	粗骨材最大寸法(mm)	骨材産地	水セメント比(%)	スランプ(cm)	混和剤	曲げ強度(N/mm ²)												
							15×15×53cm					10×10×40cm							
							3日		7日		28日	3日		7日		28日			
A	NC	20	東日本	40	40	AE	5.05 5.28 5.43	6.54 6.06 6.68	6.99 7.16 7.07	7.07	5.40 5.10 5.05	6.70 6.35 6.51	6.50 7.41 —	6.50 7.41 6.96					
							4.50 4.74 4.55	5.82 5.42 5.73	6.25 5.99 5.73	5.99	4.54 4.53 4.35	5.46 5.36 5.63	6.06 5.75 5.68						
							4.87 5.17 5.32	5.69 5.79 5.93	6.53 6.42 6.31	6.42	5.16 5.11 4.56	6.07 5.78 5.70	6.47 6.16 5.74						
							4.10 4.38 4.21	5.51 4.23 5.17	6.32 6.36 6.40	6.36	4.77 4.97 4.65	6.54 6.39 6.47	6.53 6.42 6.63						
							3.54 3.62 3.87	4.65 4.46 4.69	5.49 5.51 5.60	5.60	3.73 4.77 3.80	4.35 4.10 4.48	5.85 5.62 5.22						
							5.05 5.22 5.23	5.61 6.22 6.00	7.07 5.94 6.57	6.85	4.41 4.60 4.82	5.88 5.38 5.98	7.04 7.11 6.89						
		40	NC	40	40	AE	4.80 4.83 5.03	5.87 5.56 5.16	6.10 5.93 6.12	6.05	4.77 4.41 4.42	5.43 5.75 5.75	7.07 5.64 5.75						
							4.23 4.06 4.52	5.42 5.71 5.44	6.01 5.82 6.22	6.02	4.39 4.37 4.31	5.81 5.18 5.52	6.37 5.50 6.17						
		20	西日本				5.53 5.20 5.37	6.88 6.89 6.81	6.97 6.96 6.97	6.97	5.32 6.19 5.47	7.12 7.52 7.32	7.55 8.08 7.74						
							3.88 3.80 4.35	5.06 5.21 4.99	5.89 5.64 5.66	5.73	4.85 4.68 4.65	6.00 6.71 6.20	6.86 6.76 6.66						
							5.40 5.07 5.24	6.20 6.66 6.38	6.86 7.02 7.10	7.10	5.84 6.24 6.08	6.88 6.48 7.23	7.46 6.86 8.57						
							4.63 4.62 4.71	5.42 5.97 5.78	6.27 5.59 6.28	6.05	4.65 4.32 4.72	5.60 5.80 5.45	6.40 6.99 6.31						
							4.92 5.01 4.85	6.22 6.05 6.10	6.72 6.86 6.84	6.81	5.37 4.84 4.68	5.77 4.96 4.62	7.23 6.15 6.23						
							6.13 6.03 6.00	6.32 6.35 6.23	6.45 6.56 6.47	6.49	5.86 5.96 6.19	6.00 6.00 6.77	6.82 6.91 7.00						
B	HC	20	東日本	40	2.5	AE	3.35 3.48 3.45	4.45 4.44 4.35	5.91 6.00 5.84	5.92	3.55 3.62 3.81	4.38 4.55 4.31	5.62 5.37 5.95						
B	BB	20	東日本	40	2.5														

付表-2 圧縮強度および静弾性試験結果

試験所記号	セメントの種類	粗骨材最大寸法(mm)	骨材産地	水セメント比(%)	スランプ(cm)	混和剤	圧縮強度(N/mm ²)									静弾性係数(kN/mm ²)			
							φ 15 × 30cm					φ 10 × 20cm				φ 15 × 30cm		φ 10 × 20cm	
							3日		7日		28日	3日		7日		28日	28日		28日
A	NC	東日本	40	AE	2.5	31.6 33.0 32.8	42.4 32.5 43.6	55.2 56.2 54.8	55.4	31.8 34.4 36.0	45.8 47.2 47.9	62.9 59.0 60.7	60.7	38.4 38.6 37.3	39.7 38.1 38.3	38.7			
B						28.9 29.5 29.5	39.8 38.9 40.6	49.7		28.2	38.4	50.4		37.3	38.2				
C						26.9 29.9 28.8	40.7 40.7 40.4	52.4		31.7	40.6	53.5		38.7	37.2				
D						28.3 28.2 29.9	37.4 37.5 34.2	47.7		29.6	35.7	52.8		—	—				
A						— — —	— — —	—		22.8 22.4 22.9	33.7 31.4 33.5	43.0 45.2 45.0		— — —	38.3 33.5 36.0				
A						— — —	— — —	—		35.8 34.6 36.5	46.3 50.8 48.8	64.3 65.2 66.1		— — —	37.7 39.5 38.9				
A			40	AE	33.2 32.5 32.4	41.4 32.7 41.9	50.1 41.2 51.9	51.3	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	40.6 39.6 40.5	— — —				
B					— — —	— — —	—		25.7 25.9 25.7	37.0 25.8 35.6	48.7 36.4 48.9		— — —	35.5 34.5 37.5					
D	西日本	40	40	AE	32.0 32.0 31.1	39.0 39.8 40.2	48.9 49.3 49.4	49.2	30.7 31.8 31.3	40.2 41.9 42.3	50.6 50.0 45.9		— — —	— — —					
D					— — —	— — —	—		21.9 22.8 22.0	31.1 31.4 30.8	40.7 40.5 41.3		— — —	— — —					
D					— — —	— — —	—		33.2 34.4 33.9	42.7 45.1 46.8	55.8 56.9 56.5		— — —	— — —					
C			40	AE	27.1 27.6 26.8	38.1 37.7 37.4	45.7 43.0 48.6	45.8	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	38.9 39.2 38.3	— — —				
C					— — —	— — —	—		28.0 28.5 28.6	37.7 40.1 39.2	50.0 54.8 50.2		— — —	35.6 34.2 36.1					
B	HC	20			— — —	— — —	—		37.7 39.3 38.6	47.6 47.6 46.9	55.5 54.8 56.8		— — —	38.0 40.4 37.7					
B	BB	20	東日本	40	2.5	AE	— — —	— — —	—	20.5 20.7 20.9	28.3 29.7 28.7	46.0 47.3 47.1		— — —	37.3 37.9 37.0				

関 係 報 告 書

号数	発行年月	表 題	価格 (円)
R-11	1999年10月	舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果報告	2,000
R-12	2000年2月	レディーミクストコンクリートの舗装工事への適用拡大に関する検討	2,000
R-13	2001年3月	養生剤を用いたコンクリート舗装の養生の合理化に関する調査・研究	1,500
R-14	2001年12月	薄層付着型ホワイトトッピング工法に関する調査・研究	2,000
R-15	2003年11月	車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装結果(福井県) — 中間報告(供用3年) —	2,000
R-16	2004年7月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装中間報告 — 千葉県道 松戸・野田線・供用3年 —	1,500
R-17	2005年11月	車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装結果(福井県) — 供用5年 —	2,000
R-18	2005年11月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装中間報告 — 千葉県道 成田小見川鹿島港線・供用3年 —	2,000
R-19	2006年3月	ホワイトトッピング試験舗装 中間報告	1,500
R-20	2006年9月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 — 千葉県道 松戸・野田線・供用5年 —	1,500
R-21	2007年9月	ホワイトトッピング試験舗装 供用5年報告	1,500
R-22	2007年10月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 — 千葉県道 成田小見川鹿島港線・供用5年 —	1,500
R-23	2008年5月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 — 国道210号浮羽バイパス(福岡県)・供用5年 —	1,500
R-24	2009年1月	コンクリート舗装のライフサイクルコスト調査結果	1,500
R-25	2009年2月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 — 宮城県道 仙台岩沼線・供用7年 —	1,500
R-26	2009年12月	車道用ポーラスコンクリートによる 薄層付着型オーバーレイ試験舗装報告 — 福井県道 皿谷大野線・供用5年 —	1,500
R-27	2010年3月	早期交通開放が可能なコンクリート舗装に関する調査報告	1,500
R-28	2011年3月	一般国道49号(津川町栄山地区)コンクリート舗装調査結果 — 既設版の調査結果および修繕後のコンクリート版の供用10年調査結果 —	1,500

関 係 資 料

発行年月	表 題	価格 (円)
1998年4月	第6回コンクリート舗装の高度化を目指した設計法と材料に関する パデュー国際会議論文集概要	
1999年3月	第8回コンクリート道路に関する国際会議論文集(要旨)	
1999年3月	コンクリート舗装の補修技術資料	
2003年12月	第7回コンクリート舗装に関する国際会議論文集概要	
2005年8月	コンクリート舗装の補修技術資料	1,500
2006年2月	第9回コンクリート道路に関する国際会議(ISTANBUL2004年4月開催)論文集概要	
2006年11月	第8回コンクリート舗装に関する国際会議(Colorado2005年8月開催)論文集概要	
2007年9月	車道用ポーラスコンクリート舗装設計施工技術資料	1,000
2008年3月	第10回コンクリート道路に関する国際会議(BLUSSELS2006年9月開催)論文集概要	

ISBN978-88175-111-4 C3358 ¥1000E

舗装技術専門委員会報告 R-29

定 價：本体 1,000+税

平成 23 年 4 月 30 日 印刷

社団法人 セメント協会

平成 23 年 4 月 30 日 発行

東京都中央区日本橋本町 1 丁目 9 番 4 号

Daiwa 日本橋本町ビル 7 階

電話 03(5200)5051 (代)

発行所 社団法人 セメント協会 研究所

東京都北区豊島 4 丁目 17 番 33 号

電話 03(3914)2691 (代)

印刷所 有限会社 イー・エム・ピー

東京都千代田区三崎町二丁目 14 番 6 号

T・M 水道橋ビル 2 階

電話 03(3265)6050

JCA