

委員会報告

「自然環境下のコンクリート性能研究委員会報告」

幹事 山田 人司 (間組技術研究所)

自然環境下のコンクリート性能研究委員会

<委員長> 鎌田 英治 (北海道大学)

<幹事> 佐伯 昇 (北海道大学)

山田 人司 (間組)

<委員> 阿部 道彦 (建設省建築研究所)

鮎田 耕一 (北見工業大学)

井上 正一 (鳥取大学)

大城 武 (琉球大学)

蟹江 俊仁 (大成建設)

川瀬 清孝 (新潟大学)

桑原 隆司 (清水建設)

堺 孝司 (北海道開発局)

高海 克彦 (山口大学)

松下 博通 (九州共立大学)

富板 崇 (建設省建築研究所)

岳上 広光 (日鐵セメント)

成田 健 (東北大学)

能町 宏 (エヌエムビー)

浜 幸雄 (北海道大学)

松藤 泰典 (九州大学)

大和 竹史 (福岡大学)

吉野 利幸 (道立寒地住宅都市研究所)

米倉 亜州夫 (広島大学)

菅 伊三男 (シーティーアイ新技術)

1. 委員会活動の概要

本委員会は、これまで、それぞれの分野において異なる問題としてとらえてきた、寒中コンクリート、暑中コンクリート、海洋環境下のコンクリート、凍害など、自然の気象環境下のコンクリート性能に関する問題を総合的に取り扱うことを目的としたものである。委員会の研究対象分野が多岐にわたり、委員も各地域に分散していることから活動はワーキンググループごとに行うこととし、さらにこの議論の過程で、土壌環境によるコンクリートの劣化が話題となり、未解明な部分が多いことから、この分野を含めてワーキンググループを構成した。ワーキンググループの構成は以下のようなものである。

- (1) 寒冷気象環境ワーキンググループ (主査: 鎌田英治)
- (2) 塩分・海洋環境ワーキンググループ (主査: 佐伯 昇)
- (3) 暑中・土壌環境ワーキンググループ (主査: 松下博通)
- (4) 暴露実験実施ワーキンググループ (主査: 山田人司)
- (5) 気象環境解析ワーキンググループ (主査: 富板 崇)

委員会委員は、この5つのワーキンググループのいずれかに所属するものとし、個々の委員の興味・範囲内で複数のワーキンググループにも参加できることとした。

各テーマについての活動は、それぞれのワーキンググループごとに行い、ワーキンググループ主査からなる幹事会を適宜開催し、ワーキンググループ間の連絡・調整を行った。また、全委員が集まる全体委員会は、委員会期間中2回、冬期の札幌、夏期の沖縄で開催し、この委員会にあ

わせて、寒中施工、塩害等に関する見学会を行った。

各ワーキンググループの活動方針として、寒冷気象環境、暑中・土壌環境、塩分・海洋環境の各ワーキンググループでは平成3年度は対応する課題に対する問題点の抽出と、その検討を進めること、暴露試験実施ワーキンググループの活動に協力することを主眼とし、平成4年度にワーキンググループの検討結果を委員会報告としてとりまとめた。全国的な規模の共通暴露試験の実施を本委員会の最も重要な活動として位置づけ、この計画と実行を暴露試験実施ワーキンググループで行った。平成3年度には、このためのコンクリートの打ち込みと測定、各地への送付と配置をおえ、平成4年度にこの測定を行った。気象環境解析ワーキンググループの活動は、暴露試験体の測定結果を利用することもあり、活動の開始を平成4年とし、気象庁データによる気象環境要素を利用して、凍結融解作用による耐久性の評価、中性化深さに関する資料の作成などを行った。

これらの活動の成果は、平成5年5月、6月に東京・札幌・福岡で開催したシンポジウムにおいて委員会報告あるいは研究論文として公表した。このシンポジウムでは、温度以外の環境要素を含めた自然環境条件の解析など、各ワーキンググループの成果を報告しているが、本報では、委員会としての主要な活動として位置づけた全国共通暴露試験を中心に報告を行いたい。

2. 異なる自然環境下での全国共通暴露試験

2. 1 試験概要

本委員会では、異なる自然環境下でのコンクリート性能を統一的な指標において評価するのに必要なデータを蓄積、検討するため、土木と建築の両方のコンクリートを想定した共通の供試体を全国に暴露する試験を行った。実験は暴露試験実施ワーキンググループを中心として行ったもので、寒冷気象環境ワーキンググループ、塩分・海洋環境ワーキンググループおよび暑中・土壌環境ワーキンググループと共同で評価項目の設定と試験体の作製を行い、暴露を開始した。また暴露地の気象因子の測定項目を気象環境解析ワーキンググループの協力で設定し、データの入手と解析も開始した。

暴露期間は1991年12月からの10年間とし、1992年12月に暴露1年目のコンクリート性能の測定が終了している。本委員会の活動は平成4年度で終了するため、以降の供試体の管理とコンクリート性能の測定は各暴露地の委員が担当する予定である。

2. 2 暴露環境と評価項目

(1) 暴露試験の項目

コンクリートを暴露する項目の相違から、以下の4項目についてそれぞれの地域を設定して暴露試験を行った。

- a. 北海道から沖縄までの様々な自然環境条件の地点に共通のコンクリートを暴露し、以下の特殊な環境下でのコンクリート性能と比較検討するための共通環境暴露
- b. 北海道、東北、北陸を中心に凍結融解作用に対する抵抗性を評価するための寒冷地環境暴露
- c. 北海道から沖縄までの沿岸部を中心に塩分浸透に対する抵抗性を評価するための塩分海洋環境暴露
- d. 九州での特殊な土壌に対する抵抗性を評価するための土壌環境暴露

塩分海洋環境暴露のうち寒冷地では凍結融解作用と塩分浸透を同時に受けるコンクリートの性能も評価する。また、塩分海洋環境と共通環境では九州や沖縄県を含むことから暑中環境におけるコンクリート性能についても併せて検討することを目的とした。なお、共通環境暴露は海外2ヶ所でも実施した。

(2) 暴露場所

国内23ヶ所の暴露場所を図1に示す。暴露地は自然条件の影響の程度が異なると予想され、かつ10年間にわたり供試体の管理が可能な場所を選定した。

共通環境暴露地は、できるだけ全国的に南北、沿岸と内陸にばらつくように設定した。暴露地は北海道の網走、北見、札幌、本州の仙台、原町（福島県）、新潟、つくば（茨城県）、茅ヶ崎（神奈川県）、広島、九州の福岡および西原町千原（沖縄県）の合計11地点である。

寒冷地環境暴露地は、北海道は札幌、留萌、北見、網走、釧路、室蘭、本州は太平洋側の仙台、原町と日本海側の新潟およびほとんど凍結融解作用を受けないと思われる内陸のつくばの合計10地点である。

塩分海洋環境暴露地は、北海道沿岸部である厚田、留萌、網走、苫小牧と内陸に位置する札幌、本州は太平洋側の原町、茅ヶ崎（神奈川県）、大井川（静岡県）と日本海側の新潟、鳥取、九州は福岡と沖縄県の西原町千原、西原町小那覇、国頭村辺土名、国頭村辺野喜の合計15地点である。国頭村の2ヶ所は本島西海岸、西原町小那覇は本島東海岸であり、西原町千原は海岸線から離れている。土壌環境暴露は、福岡県内のボタと大分県別府の温泉地の2地点に暴露した。

また海外は、フィンランドのオウルとインドネシアのバンドンの2ヶ所である。

(3) 評価項目

共通環境と寒冷地環境暴露でのコンクリートの性能は圧縮強度、相対動弾性係数、中性化深さにより評価し、塩分海洋環境のコンクリートでは塩分浸透量、鉄筋腐食の程度、中性化深さによ

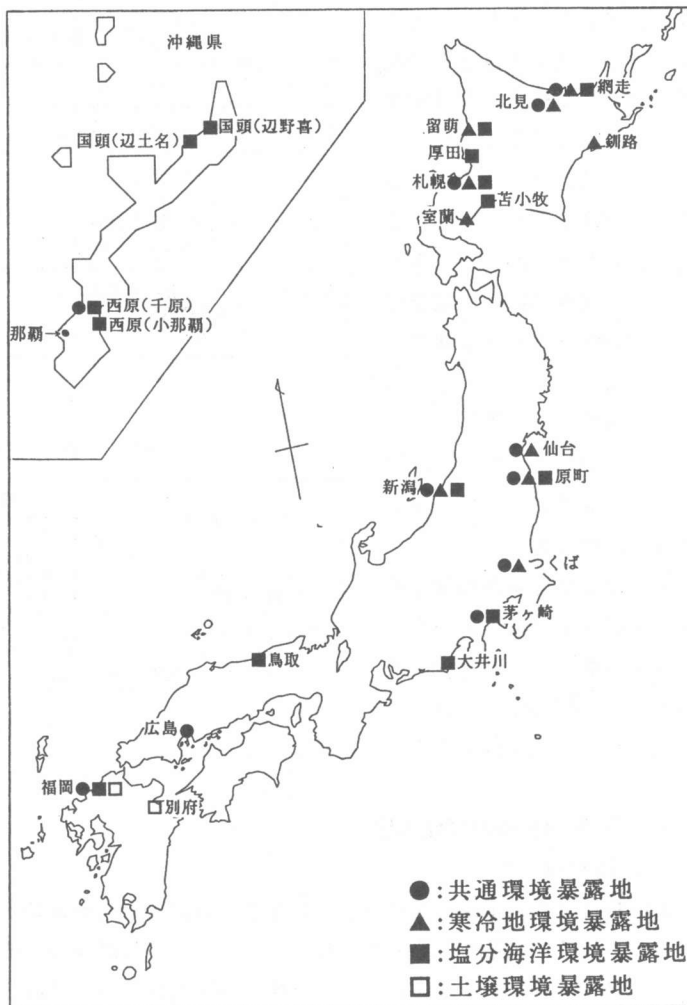


図1 全国共通暴露試験実施場所

り評価することとした。さらに、土壌環境下では土中の塩類がコンクリートに及ぼす影響を検討する予定とした。

また、暴露地の気象因子はできるだけ暴露地で測定することとしたが、測定ができない場合は暴露地に近い気象庁等の観測データを入手することにした。コンクリート性能の測定結果と気象因子とのかわりについては気象環境解析ワーキンググループが検討することになる。

さらに、塩分海洋環境暴露地では飛来塩分量の測定を、共通環境暴露地ではコンクリート温度の測定を行うものとし、これらの測定は1年間以上継続する予定とした。

2. 3 使用材料と試験要因

(1)使用材料

使用した材料の種類と品質を表1に示す。各調合ともセメント、骨材および混和剤は同じ管理状態のものを供試体作製場所に送付して使用した。供試体の作製はコンクリートの品質のばらつきを少なくするため、共通暴露が2ヶ所、寒冷地環境および塩分海洋・土壌環境はそれぞれ1ヶ所で行い、バッチ数もできるだけ少なくした。

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は大井川水系の川砂、粗骨材は秩父産の硬質砂岩砕石の大きさを1：1で混合することにより2005砕石として使用した。

(2)試験要因

調合上の試験要因を表2に示す。試験要因の項目としては水セメント比、スランプおよび空気量とし、暴露環境ごとに水準を設定した。コンクリートの種類は合計で11種類とした。

a. 共通環境暴露コンクリート

空気量を4.5%とし、水セメント比45%と65%の2種類についてそれぞれスランプ8cmと18cmとしたコンクリート4種類を用いた。ここで、スランプ8cmは土木用、スランプ18cmは建築用コンクリートを想定している。またスランプ18cmのコンクリートは寒冷地環境暴露コンクリートとの比較試料とした。

b. 寒冷地環境暴露コンクリート

スランプ18cmで水セメント比を45%と65%の2水準とし、それぞれについてA E減水剤を使用しないnonA Eコンクリートとさらに消泡剤を添加した調合とし、コンクリートの種類は4種類とした。共通環境暴露コンクリートを同時に暴露する場所では、空気量4.5%についても試験要因とし

表1 使用した材料と品質

材 料	種 類	品 質
セメント	普通ポルトランドセメント	比重 3.16、比表面積 3340 cm ² /g
細骨材	大井川水系川砂	表乾比重 2.62、粗粒率 2.92
粗骨材	秩父産硬質砂岩砕石 大(2013)：小(1305)=1:1	表乾比重 2.70、粗粒率 6.62、 実績率 57.2 %
混和剤	A E減水剤 標準型 空気調整剤 消泡剤	リグニンスルホン酸系 アリキラルスルホン酸系

表2 調合上の試験要因

暴 露 環 境		要 因			コンクリートの種類
		水セメント比 (%)	スランプ (cm)	空 気 量 (%)	
1	共通環境	45、65	8、18	4.5	4
2	寒冷地環境	45、65	18	nonA E、消泡剤	4
3	塩分海洋環境・土壌環境	45、55、65	8	4.5	3

て取り扱えるように配慮した。

c. 塩分海洋環境、土壌環境暴露コンクリート

スランブ 8 cm、空気量 4.5% とし、水セメント比を 45%、55% および 65% の 3 水準とした。また、コンクリート中の塩化物イオン量は規格の上限値である 0.30kg/m^3 に調整した。

2. 4 暴露供試体の種類と暴露数

(1) 供試体の種類

暴露供試体の測定項目と供試体の数を表 3 に示す。暴露した角柱あるいは円柱供試体のほかに暴露開始時の圧縮強度を測定するための管理用供試体を各調査ごとで作製し、

この管理用供試体は圧縮強度試験終了後に細孔径分布の測定を行った。また、暴露試験の結果との比較のための促進凍結融解試験用の角柱供試体 (7.5cm 角) も共通環境と寒冷地環境用の各調査について作製した。

a. 共通環境暴露コンクリート

動弾性係数 (たわみ振動) 測定用の $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を各調査 2 体ずつ、圧縮強度測定用の $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を各調査 3 体ずつ 3 材令分を作製した。したがって、ひとつの暴露地につき 4 調査分 8 体の角柱供試体と 4 調査分 36 体の円柱供試体を用意したこととなる。この円柱供試体は圧縮強度試験終了後に割裂して中性化試験用として使用した。また、コンクリート温度測定用の $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を 1 体作製した。

b. 寒冷地環境暴露コンクリート

動弾性係数測定用の $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を各調査 2 体ずつ、ひとつの暴露地につき 4 調査分 8 体を作製した。

c. 塩分海洋環境、土壌環境暴露コンクリート

コンクリート中の鉄筋腐食の程度を評価するために、 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体の長手方向に 7 本の鉄筋 (SD30A-D10) を埋め込んだ。図 2 に鉄筋位置を示す。供試体は各調査につき 2 体ずつ用意し、このうち 1 体には 0.03mm 程度の曲げひび割れを入れた。したがって、1 調査につき 3 材令分の 6 体、ひとつの暴露地に 3 調査分 18 体を用意した。

供試体は、型枠の両端に予め設置した樹脂モルタルで鉄筋を固定しておき、13mm 以下の粗骨材を使用したコンクリートを打設して作製した。なお、塩分海洋環境暴露地ではコンクリート供試体に埋設したものと同種の長さ 40cm の鉄筋も 3 本暴露した。

(2) 暴露本数

表 3 測定項目と供試体数

暴露環境	コンクリートの種類	測定項目	供試体寸法 (cm)	本数 / セット
1 共通環境	4	動弾性係数	$10 \times 10 \times 40$	2
		圧縮強度、中性化深さ	$\phi 10 \times 20$	9
		促進凍結融解試験用	$7.5 \times 7.5 \times 40$	8
		管理用圧縮強度、細孔径分布	$\phi 10 \times 20$	6
2 寒冷地環境	4	動弾性係数	$10 \times 10 \times 40$	2
		促進凍結融解試験用	$7.5 \times 7.5 \times 40$	8
		管理用圧縮強度、細孔径分布	$\phi 10 \times 20$	6
3 塩分海洋環境 土壌環境	3	塩分浸透量、鉄筋腐食量 中性化深さ	$10 \times 10 \times 40$	2
		管理用圧縮強度、細孔径分布	$\phi 10 \times 20$	6

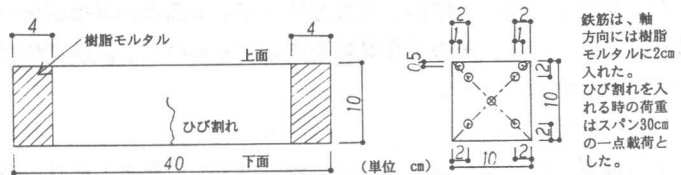


図 2 塩分海洋環境用供試体

各暴露地における環境別の暴露供試体数を表4に示す。全体で10×10×40cmの角柱供試体を490体とφ10cmの円柱供試体を324体暴露した。

なお、共通環境暴露地のうち網走と原町では圧縮強度試験用の円柱供試体は暴露していない。

2. 5 養生方法と暴露方法

(1) 養生方法

供試体の作製から暴露の開始までの養生方法を測定項目と合わせて図3に示す。暴露用供試体のうち共通環境と寒冷環境暴露用供試体は材令14日まで20℃水中養生、以降材令28日までを20℃気中養生とし、塩分海洋環境と土壌環境暴露用供試体は材令7日まで20℃水中養生、以降材令28日までを20℃気中養生とした。供試体作製場所から暴露地への移送はこの気中養生期間に行った。

管理用供試体の養生は、暴露用供試体と同様の養生と材令28日まで20℃水中養生の2種類とした。促進凍結融解試験用供試体は、材令14日まで20℃水中養生とし、この期間に試験場所に移送した。移送中は湿布で覆い、乾燥を防いだ。促進試験は供試体の乾燥状態が耐凍害性に及ぼす影響を検討するため、そのまま試験を開始するものと、試験開始までさらに14日間の気中養生をしたものの2種類とした。

(2) 暴露方法

共通環境、寒冷地環境および塩分海洋環境での暴露方法は、積雪地域では地上高さおよそ70cmの単管パイプ製を原則とする架台の上とし、その他の地域では雨水の跳ね返りがない高さの架台の上とした。角柱供試体は架台を形成している2本のパイプ等の上に横にして置き、円柱供試体

表4 暴露供試体数

暴露地		暴露環境		暴露地別暴露供試体数			担当委員	
		供試体 (cm)		1 共通環境	2 寒冷地環境	3 塩分海洋・土壌環境		
		10×10×40	φ10×20	10×10×40	10×10×40 (鉄筋 D10)	10×10×40 (鉄筋 D10)		φ10×20
北海道	1. 札幌 : 北海道大学	8	36	8	18(3)	34(3)	36	鎌田・佐伯 鎌田 鮎田 " 岳上 佐伯 塚 佐伯
	2. 釧路 : 釧路工業高等専門学校	8	36	8	8	8	36	
	3. 北見 : 北見工業大学	8	36	8	8	16	36	
	4. 網走 : 網走港	8	36	8	18(3)	34(3)	36	
	5. 室蘭 : 日鐵セメント	8	36	8	8	8	36	
	6. 苫小牧 : 苫小牧港	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
	7. 留萌 : 留萌港	8	36	8	18(3)	26(3)	36	
	8. 厚田 : 厚田港	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
本州	9. 仙台 : 東北大学	8	36	8	8	16	36	成田 " 川瀬 山田 能町 山田 米倉 井上
	10. 原町 : 東北電力暴露場	8	36	8	18(3)	34(3)	36	
	11. 新潟 : 新潟大学	8	36	8	18(3)	34(3)	36	
	12. つくば : ハザマ技研	8	36	8	8	16	36	
	13. 茅ヶ崎 : NMB	8	36	8	18(3)	26(3)	36	
	14. 大井川 : ハザマPC工場	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
	15. 広島 : 広島大学	8	36	8	8	8	36	
	16. 鳥取 : 鳥取大学	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
九州	17. 福岡1 : 福岡大学	8	36	8	18(3)	26(3)	36	大和 松下 " "
	18. 福岡2 : ポタ	8	36	8	18	18	36	
	19. 別府 : 温泉地	8	36	8	18	18	36	
沖縄	20. 西原1 : 琉球大学 (千原)	8	36	8	18(3)	26(3)	36	大城 " " "
	21. 西原2 : 南西石油 (小那覇)	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
	22. 国頭1 : 辺野喜	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
	23. 国頭2 : 辺土名	8	36	8	18(3)	18(3)	36	
海外	24. フィンランド : オウル	8	36	8	8	8	36	阿部 "
	25. インドネシア : バンドン	8	36	8	8	8	36	
暴露場所数		13	9	10	17	25	9	
環境別暴露供試体数		104	324	80	306(45)	490(45)	324	

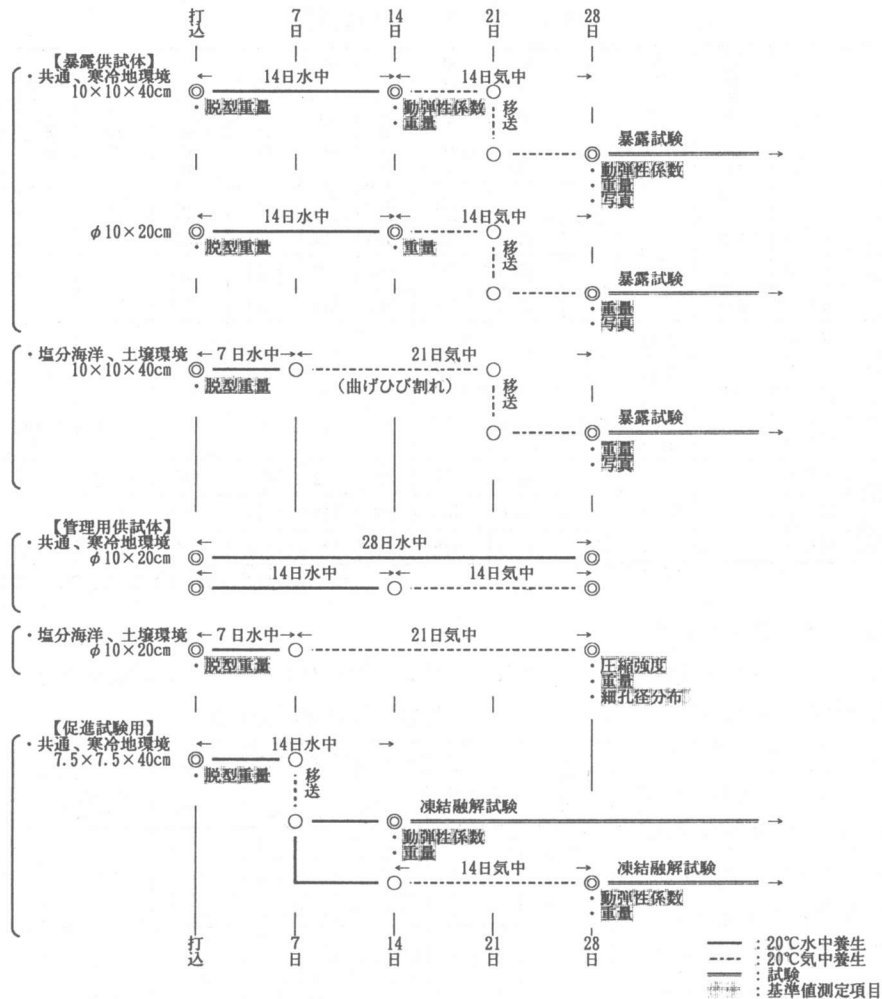


図3 養生方法と基準値の測定

は雨水が溜まらないようにパイプ上に固定した穴開きのパネルの上に縦にして置いた。

また、土壌環境での暴露は供試体の長さ方向の半分を土中に埋設する方法とした。

2.6 気象環境の測定項目

暴露したコンクリートの性能の経時変化と気象因子との関係を解析するためのデータとして、各暴露地での温度、湿度、日射量、降雨量、風向および風速を1年間以上測定することとした。暴露地で独自に測定ができない場合は、その地区の気象条件として活用が可能な気象庁データ等入手することとした。また、塩分海洋環境での飛来塩分量の測定は、JIS Z 2381の参考3（ガーゼ捕集法）に準じて1年間以上測定することを原則とした。すでに、他の方法（たとえば土研式等）による測定を実施している場合にはその方法とした。

2.7 暴露用コンクリートの初期物性

暴露したコンクリートの調査表を表5に、フレッシュコンクリートの試験結果と管理用供試体の圧縮強度試験結果を表6に示す。

表5 コンクリートの調合

暴露環境	コンクリートの記号	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m³)	単位量 (kg/m³)			混和剤 (cc/m³)			NaClの添加量 (g/m³)		
							セメント	細骨材	粗骨材*1	AE減水剤	AE調整剤	消泡剤			
1 共通環境	S4A	8	4.5	4.5	41.7	171	380	726	1045	948	19.0	-	-		
	S4B	18					40.9	205	456	650	967			228	31.9
	S6A	8		6.5			46.4	164	252	865	1029			633	12.7
	S6B	18					46.9	195	300	817	952			150	18.0
2 寒冷地環境	C4C	18	nonAE	4.5	40.0	223	496	639	988	-	-	-	-		
	C4D		消泡剤									9.9			
	C6C		nonAE	6.5			47.0	210	323	836	969	-		-	-
	C6D		消泡剤												6.5
3 塩分海洋・土壌環境	M45	8	4.5	4.5	42.7	172	382	732	1029	955	22.9	-	410		
	M55			5.5	45.0	166	302	818	1026	755	15.1		400		
	M65			6.5	47.1	165	254	876	1010	635	12.7		400		

*1 塩分海洋環境、土壌環境は最大寸法13mm

A E 減水剤を使用したスランプ 8 cm のコンクリートでは単位水量が 164 ~ 171 kg/m³、スランプ 18 cm では 195、205 kg/m³ であった。また、A E 減水剤を使用していないスランプ 18 cm のコンクリートでは単位水量が 210、223 kg/m³ であった。

共通環境用のコンクリートは 2 ~ 3 バッチに分けて練り混ぜ、各バッチのコンクリートが片寄らないように供試体を作製した。寒冷環境用と塩分海洋、土壌環境用のコンクリートは各調合 1 バッチで作製した。

暴露したコンクリートと同じ養生 (14 日気中 + 14 日水中) を行った管理用供試体の圧縮強度は、水セメント比が 45% のコンクリートで 468 ~ 581 kgf/cm²、55% のコンクリートが 393 kgf/cm²、65% のコンクリートが 288 ~ 377 kgf/cm² であった。

表6 フレッシュコンクリートの試験結果と管理用供試体圧縮強度

暴露環境	コンクリートの記号	練上温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kgf/cm²)	
					14日水中 + 14日気中	28日水中
1 共通環境	S4A	18.5	9.0	4.6	581	522
		18.5	9.5	4.3		
		18.5	9.0	4.2		
	S4B	21.0	19.5	3.9	468	444
		21.5	18.0	5.1		
	S6A	16.5	8.5	4.9	349	331
		17.0	8.5	4.9		
		17.5	9.5	5.0		
	S6B	21.0	19.5	4.0	288	253
21.0		20.0	4.1			
2 寒冷地環境	C4C	17.0	18.0	0.9	491	453
	C4D	17.5	19.0	0.8	497	444
	C6C	14.5	19.0	1.5	377	337
	C6D	17.0	19.0	1.1	335	305
3 塩分海洋・土壌環境	M45	-	9.5	4.2	493*1	529
	M55	-	7.5	4.9	393*1	423
	M65	-	6.5	5.0	318*1	349

*1 7日水中 + 21日気中養生

2. 8 暴露1年目の測定結果の概要

暴露1年目のコンクリート性能の測定結果のうち、共通環境と寒冷地環境暴露地における圧縮

強度、中性化深さ、相対動弾性係数の測定結果について以下にその概要を報告する。

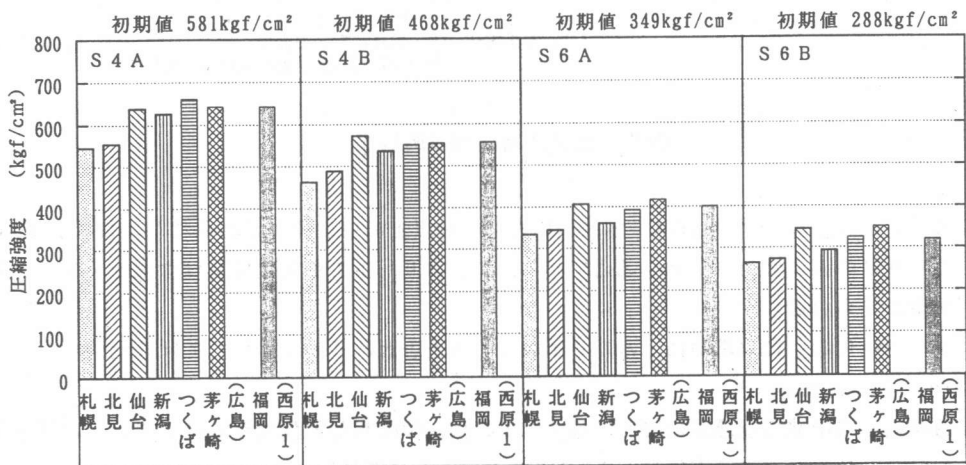
(1) 圧縮強度

共通環境暴露地の供試体における圧縮強度の試験結果を図4に示す。各暴露地でいずれのコンクリートについても劣化は認められないが、この1年間の強度増進は暴露地により差が現れている。1年以降の圧縮強度の増加はほとんどないと考えられるので、この測定結果が今後のコンクリートの健全度を示す基準になると考える。

(2) 中性化深さ

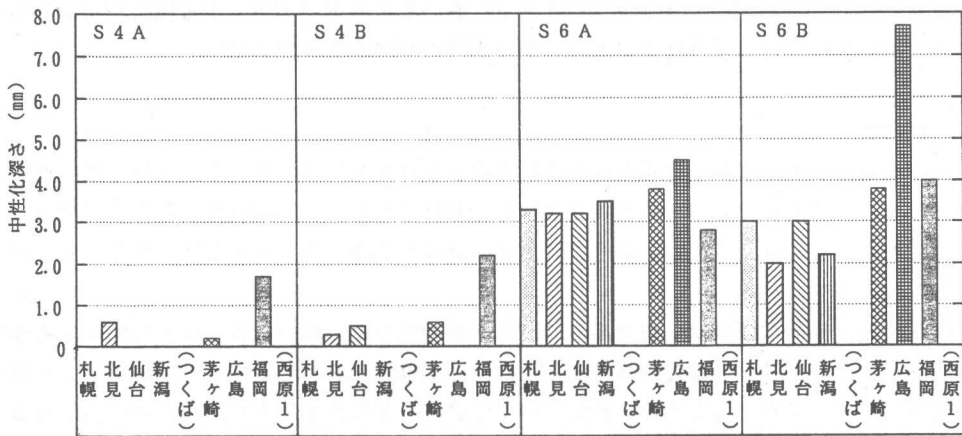
共通環境暴露地の供試体の中性化深さの測定結果を図5に示す。

水セメント比が45%のS4AとS4Bでは福岡に暴露した供試体で2mm程度の中性化が認められるが、その他の暴露地では中性化の進行が遅い。



() 暴露地は測定データなし

図4 共通環境暴露地の1年目圧縮強度



() 暴露地は測定データなし

図5 共通環境暴露地の1年目中性化深さ

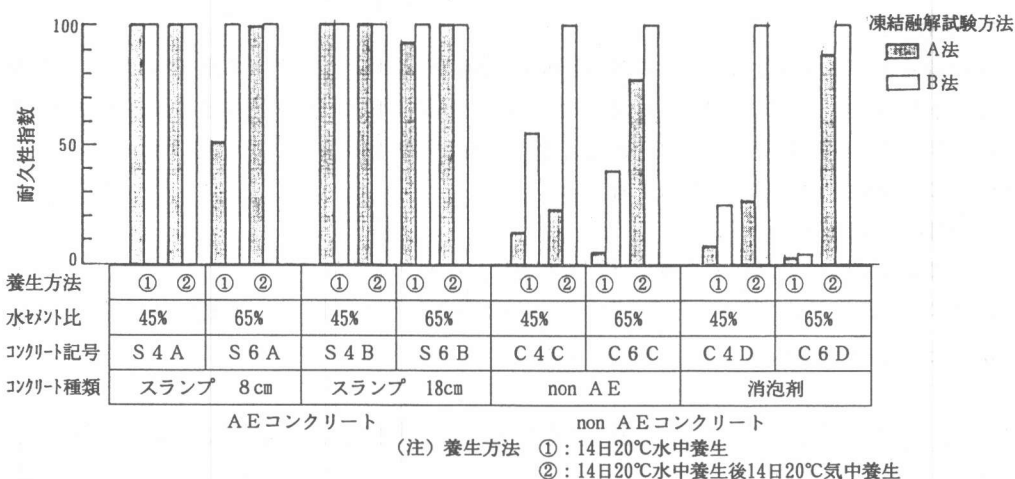


図6 促進凍結融解試験結果

水セメント比が65%の供試体は、各暴露地とも2mm以上の中性化が認められた。特に、広島で暴露したS 6 Bの供試体では7mmを越えている。コンクリートの中性化に及ぼす水セメント比の影響が明確に見られる。

今後、中性化深さは暴露地による差が現れてくると思われるので着目してゆきたい。

(3) 相対動弾性係数

共通環境と寒冷地環境暴露におけるすべての供試体の相対動弾性係数は、ほとんど低下が認められない。このなかには空気量が1%前後の供試体も含まれている。

一方、図6に暴露したコンクリートと同じ供試体で、凍結融解試験開始以前の養生条件を2種類としてA法とB法の凍結融解試験を行い、その耐久性指数を比較した結果を示す。B法で劣化するコンクリートはA法ではすべてより早期に劣化した。また、凍結融解開始前の乾燥の影響も認められ、水セメント比の大きなコンクリートにおいて耐凍害性が向上する傾向が顕著であった。今後のこれらの供試体の屋外暴露における耐凍害性の経時変化が興味深い。

3. あとがき

全国的な暴露試験の実施、気象条件の解析など、これまで行われることのなかった視点からの取り組みを行うことができた。また促進試験も合わせて実施し、実際の自然環境下でのコンクリート性能を評価する暴露試験が、促進試験結果の意味を判断するうえで重要であることを再認識させられた。

暴露試験の最終的な成果は、塩分海洋環境と土壌環境下での測定結果と合わせて10年程度の長期間におよぶコンクリート性能の経時変化を検討して得られると考えている。今後、1年目のデータにさらに分析を加えることと、長期データの蓄積と分析を課題としたい。数年後、あるいは10数年後には、本委員会で開始した暴露試験の成果が得られることが期待される。

またこれらのデータは、今後コンクリートの性能と気象因子との関係を検討する上で貴重なデータとして活用できると考えている。その際にはさらなる発展がなされるものと考えている。