

委員会報告 自然環境下のコンクリート性能評価研究委員会の活動

佐伯昇^{*1}・浜幸雄^{*2}・志村和紀^{*3}・富板崇^{*4}・松下博通^{*5}・米倉亜州夫^{*6}・湯浅昇^{*7}・久田真^{*8}

要旨：本研究委員会では、1991年に暴露を開始した全国共通暴露試験体の12年目のデータ測定とその結果の検討を行うとともに、暴露試験マニュアルを作成し、新たな暴露試験を開始した。また、全国の気象データを解析しコンクリート温度の毎時推定値のデータベースを作成し、寒冷環境、塩分環境、土壌環境、アル骨・複合劣化環境におけるコンクリート性能評価に適用を試みるとともに、最近の研究動向の整理を行った。なお、本年6月10日にシンポジウムを開催し、委員会報告と一般論文講演（21編）の発表を行う。

キーワード：暴露試験，気象解析，寒冷環境，塩分環境，土壌環境，アルカリ骨材反応

1. はじめに

近年、コンクリートの性能規定化、長寿命化の要求が高まっており、自然環境とコンクリート性能との関連を明らかにし、種々の劣化現象に対する耐久設計手法を確立することがますます重要となっている。我が国ではコンクリートのおかれている自然環境が地域によって著しく異なっており、中性化、凍害、塩害等のコンクリートの耐久性能に及ぼす影響も地域により大きく異なっている。自然環境下でのコンクリートの耐久性については、屋外暴露試験によって検討されるのが一般的であり、これまでも数多くの研究成果がある。しかし、通常は暴露地域の環境が限定され、土木用あるいは建築用と用途に前提がある場合が多く、種々の環境の影響やコンクリートの種類を総括的に扱った研究は少ない。

コンクリートの材料特性および自然環境要素の視点から耐久性の問題を考える場合には、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必要があるとの考えから、1991～1993年に設置されたJCI研究委員会「自然環境下のコンクリート性能研究委員会」（委員長：故 鎌田英治北海道大学教授）では、同一配（調）合のコンクリートを北海道から沖縄まで全国23地点および海外2地点（フィンランド、インドネシア）の合計25地点の様々な自然環境条件において暴露試験を1991年12月に開始し、8年後（2000年）に委員会を再設置して暴露試験データの整理、解析を行い、最終的な報告をすることを約束して委員会を終了した。

この間、1995～1996年にJCI北海道支部「コンクリートの耐久性研究委員会（委員長：故 鎌田英治）」において暴露後5年目までの試験結果の整理を行った。また、前委員長鎌田英治が1999年に逝去されたことから、その遺志を継承し、委員会を設置して全国共通暴露試験体の各種物性値の測定および解析を行い、様々な自然

*1 北海道大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻教授 工博（正会員）

*2 室蘭工業大学 工学部建設システム工学科助教授 博士（工学）（正会員）

*3 北海道大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻助手 博士（工学）（正会員）

*4 ウェザリングワークショップ 代表 工博（正会員）

*5 九州大学大学院 工学研究院建設デザイン部門教授 工博（正会員）

*6 広島工業大学 工学部建設工学科教授 工博（正会員）

*7 日本大学 生産工学部建築学科助教授 博士（工学）（正会員）

*8 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻助教授 博士（工学）（正会員）

環境下のコンクリート性能についての共通認識を得るとともに、最近 10 年間に得られたコンクリートの耐久性に関する新しい知見をとりまとめることを目的として本委員会が設置された。

2. 委員会活動の概要

本委員会では、暴露測定 WG、気象解析 WG、寒冷環境 WG、塩分環境 WG、土壌環境 WG、アル骨・複合劣化 WG、新規暴露 WG の 7 つの WG に分かれて 2 年間の活動を行った。その活動内容は、前回の委員会で開催した暴露試験体のデータと環境データの収集と解析、促進試験結果との対応性の検討を行い、暴露試験結果を踏まえて寒冷環境、塩分環境、土壌環境下のコンクリートの性能評価および自然環境とアルカリ骨材反応・複合劣化に関する検討を行なうとともに、各種の劣化予測手法、促進試験方法についても検討した。また、暴露試験の実施の際に留意すべき事項を「暴露試験マニュアル」として取り纏めた。なお、ここで実施しているような共通の試験体による全国的な暴露試験の結果は JCI 研究委員会の財産であり、非常に貴重な成果となるものと考えている。

3. 全国共通暴露試験結果の概要

3.1 暴露試験計画

(1) 暴露期間

1991 年 12 月に暴露試験を開始し、その間 1992 年 12 月（暴露 1 年目）、1996 年 12 月（暴露 5 年目）の測定を行い、本委員会の活動として 2003 年 9 月から 12 月までの間に暴露 12 年目の測定を行った。

(2) 暴露環境および暴露場所

コンクリートを暴露した地域はその自然環境により次の 4 つの環境に分けた。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> 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暴露環境であり、できるだけ全国的に南北、沿岸と内陸にばらつくように配置した。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 地点とした。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 ヶ所でも同様

表—1 委員構成

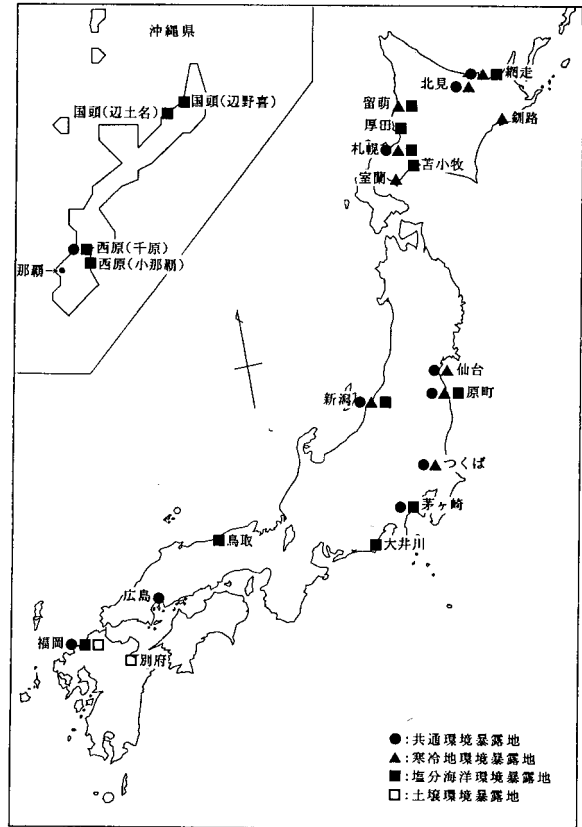
委員長	佐伯昇（北海道大学）
幹事	浜幸雄（室蘭工業大学） 富板崇（ウェザリングワークショップ） 松下博通（九州大学） 志村和紀（北海道大学）
委員	阿部道彦（工学院大学）、鮎田耕一（北見工業大学）、井上正一（鳥取大学）、梅沢健一（エヌエムビー）、小倉東（日鐵セメント）、笠井浩（鹿島建設）、佐川康貴（九州大学）、佐藤俊幸（建設技術研究所）、杉山隆文（群馬大学）、田口史雄（北海道開発土木研究所）、徳重英信（秋田大学）、成田健（東北電力）、西田朗（清水建設）、濱崎仁（建築研究所）、久田真（東北大学）、松藤泰典（九州大学）、宮里心一（金沢工業大学）、山田人司（間組）、山田義智（琉球大学）、大和竹史（福岡大学）、湯浅昇（日本大学）、吉野利幸（北方建築総合研究所）、米倉亜州夫（広島工業大学）
事務局	松田隆（日本コンクリート工学協会）

に暴露した。

<寒冷地環境暴露> 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暴露環境であり，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地点とした。

<塩分海洋環境暴露> 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暴露環境であり，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地点とした。

<土壌環境暴露> 九州での特殊な土壌に対する抵抗性を評価するための暴露環境であり，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。



図－1 全国共通暴露試験暴露地

表－2 暴露供試体の条件

暴露環境	記号	コンクリートの条件			養生条件
		W/C (%)	目標空気量 (%)	目標スランプ (cm)	
共通	S4A	45	4.5	8	2週水中養生 + 2週気中養生 後暴露開始
	S4B			18	
	S6A	65		8	
	S6B			18	
寒冷地	C4C	45	nonAE	18	
	C4D		消泡剤		
	C6C	65	nonAE		
	C6D		消泡剤		
塩分・土壌	M45	45	4.5	8	1週水中養生 + 3週気中養生 後暴露開始
	M55	55			
	M65	65			

(3) 試験要因

コンクリートの配(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。また，供試体の作製から暴露の開始までの養生方法は，共通環境と寒冷地環境暴露では材令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。

(4) 使用材料および配(調)合

使用材料は各配(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。セメントは普通ポルトランドセメント ($\rho = 3.16\text{g/cm}^3$)，細骨材は大井川水系の川砂 ($\rho = 2.62\text{g/cm}^3$, F.M.=2.92)，

粗骨材は秩父産の硬質砂岩砕石 ($\rho = 2.70\text{g/cm}^3$, F.M.=6.62) の大小を1：1で混合することにより2005砕石として使用した。また，AE減水剤はリグニンスルホン酸系の標準型を使用し，空気量はメーカーの指定する調整剤あるいは消泡剤により調整した。暴露用コンクリートの配(調)合，練上がり性状および管理用供試体の圧縮強度，耐久性指数を表－3に示す。

(5) 暴露供試体および測定項目

暴露供試体の種類，測定項目，各暴露地での供試体数を表－4に示す。

共通環境での測定項目は，圧縮強度，相対動

表－3 暴露供試体の配(調)合，練り上がり性状，圧縮強度，耐久性指数

暴露環境	記号	配(調)合									練り上がり性状			圧縮強度 (N/mm ²)		耐久性指数	
		水セメント (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位量 (kg/m ³)			混和剤 (cc/m ³)			NaClの添加量 (g/m ³)	練上温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)	2週水中		4週水中
共通	S4A	45	41.7	171	280	726	1045	948	19.0	-	-	18.5	9.0	4.4	57.1	51.2	100
	S4B		10.9	205	456	650	967	228	31.9			21.0	18.5	4.5	45.9	43.5	100
	S6A	65	46.4	164	252	865	1029	633	12.7			17.0	8.5	4.9	34.2	32.4	51.2
	S6B		46.9	195	300	817	952	150	18.0			21.0	20.0	4.0	28.2	24.8	92.6
寒冷地	C4C	45	40.0	223	496	639	988	-	-	-	-	17.0	18.0	0.9	48.1	44.4	13.0
	C4D		17.5	19.0	0.8	48.7	43.5	7.3									
	C6C	65	47.0	210	323	836	969	-	-	-	-	14.5	19.0	1.5	36.9	33.0	4.9
	C6D		17.0	19.0	1.0	32.8	29.9	2.7									
塩分・土壌	M45	45	42.7	172	382	732	1029 ^{*1}	955	22.9	-	410	-	9.5	4.2	48.3 ^{*2}	51.8	-
	M55	55	45.0	166	302	818	1026 ^{*1}	755	15.1	-	400	-	7.5	4.9	38.5 ^{*2}	41.5	-
	N65	65	47.1	165	254	876	1010 ^{*1}	635	12.7	-	400	-	6.5	5.0	31.2 ^{*2}	34.2	-

*1 最大寸法13mm

*2 1週水中+3週気中

弾性係数，中性化深さとし，供試体は，動弾性係数（たわみ振動）測定用の10×10×40cmの角柱供試体は各配(調)合2体ずつ，圧縮強度測定用のφ10×20cmの円柱供試体を各配(調)合3体ずつ3材令分を作製し，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10×10×40cmの角柱供試体を1体作製した。

寒冷地環境暴露では，動弾性係数測定用の10×10×40cmの角柱供試体を各配(調)合2体ずつ，ひとつの暴露地につき4配(調)合分8体を作製した。

塩分環境，土壌環境暴露では，コンクリート中の鉄筋腐食の程度を評価するために，10×10×40cm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。供試体は各配(調)合につき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。塩分海洋環境暴露ではコンクリートへの塩分浸透量，鉄筋腐食の程度，中性化深さを，土壌環境では土中の塩類がコンクリートに及ぼす影響を評価する。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。

また，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配(調)合ごとに作製し，圧縮強度試験終了後に細孔径分布の測定を行った。

表－4 暴露供試体寸法と測定項目

暴露環境	供試体寸法	測定項目	暴露地点
共通	10×10×40cm	動弾性係数	13地点
		質量	
	φ10×20cm	圧縮強度	9地点
		中性化深さ	
寒冷地	10×10×40cm	動弾性係数	10地点
		質量	
塩分・土壌	10×10×40cm	塩分浸透量	17地点
		鉄筋腐食量	
		中性化深さ	



写真－1 暴露試験の状況

(上：仙台，下：フィンランド)

また、共通環境と寒冷地環境の各については、暴露試験の結果との比較のための促進凍結融解試験も行っている。

さらに、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を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。

(6) 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。写真-1に暴露試験の状況を示す。

3.2 暴露試験結果

12年の暴露期間に、暴露地の管理担当者の移動、暴露地の用途変更などにより一部の暴露試験が継続することができなかった。ここでは、国内の共通・寒冷地暴露と塩分海洋暴露の結果を示す。

(1) 共通・寒冷地暴露

共通・寒冷地暴露供試体の強度比、中性化深さ、相対動弾性係数および質量変化の結果を図-2に示す。年数の経過にともなって、圧縮強度は増大し、W/Cの大きなコンクリートでは中性化が進行している。また、凍害を対象とした相対動弾性係数は、耐久性指数が10以下の極め

て耐凍害性に劣るコンクリートでも低下しておらず、暴露地の気象条件による明確な差は認められなかった。いずれの項目についても、気象条件よりも供試体の設置状況の相違や測定精度による結果のばらつきの方が有意な傾向にある。

(2) 塩分海洋環境暴露

塩分海洋環境暴露試験の結果を図-3に示した。中性化深さについては、網走と沖縄の数値が他の暴露地に比べ大きいもののいずれも15mm以下であった(図-3(a))。塩化物イオン量は表面からの深さ1.5cmの測定結果を図-3(b)に示した。これによれば、留萌の数値が突出している他は概ね 1kg/m^3 以下であった。

埋め込み鉄筋の腐食に関しては、かぶりが0の鉄筋1,2は全ての供試体において腐食が認められた。かぶりが1.5cmの鉄筋3,4において暴露地別の差異が生じたため、腐食面積率および腐食度については鉄筋番号3および4の平均値を示した(図-3(c), 図-3(d))。これらによれば、コンクリート内部の鉄筋まで腐食が生じている暴露地は網走、留萌および沖縄であった。

4. ワーキンググループ活動の概要

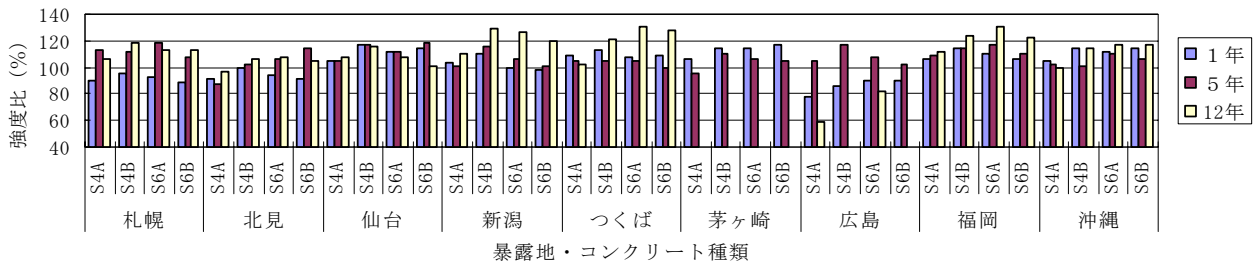
4.1 気象解析WG

(1) コンクリート温度の測定

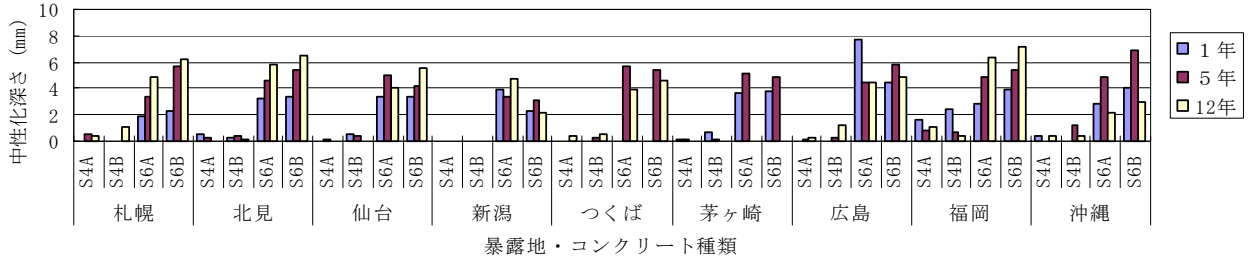
10×10×40cmのコンクリート供試体を屋外に暴露し、水平面・南垂直面・北垂直面にて表面温度を測定した。同時に気象要素である気温・日射量・風向風速も観測した。写真-2に温度測定用供試体を示す。



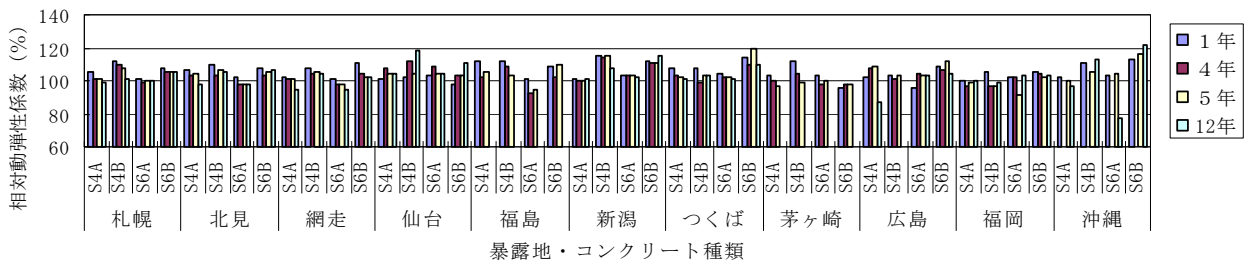
写真-2 温度測定用供試体



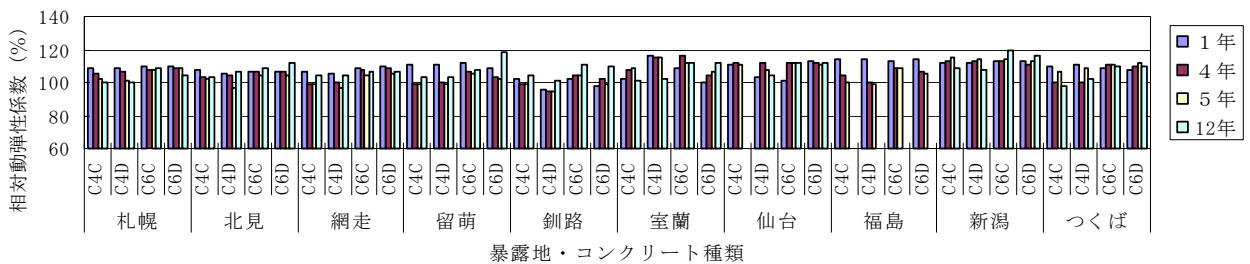
(a) 強度比



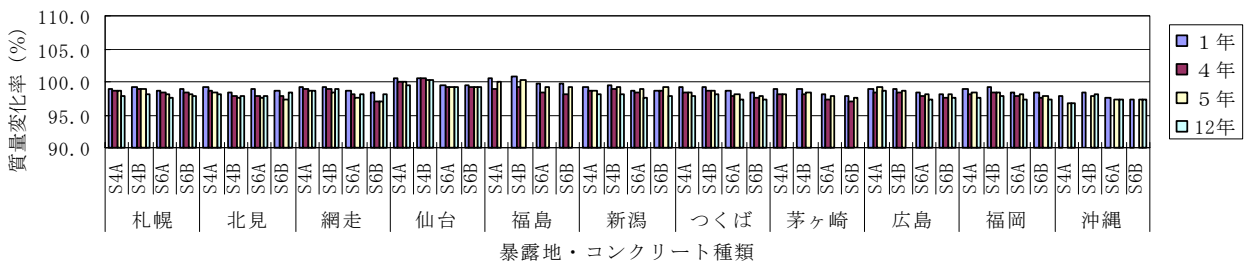
(b) 中性化深さ



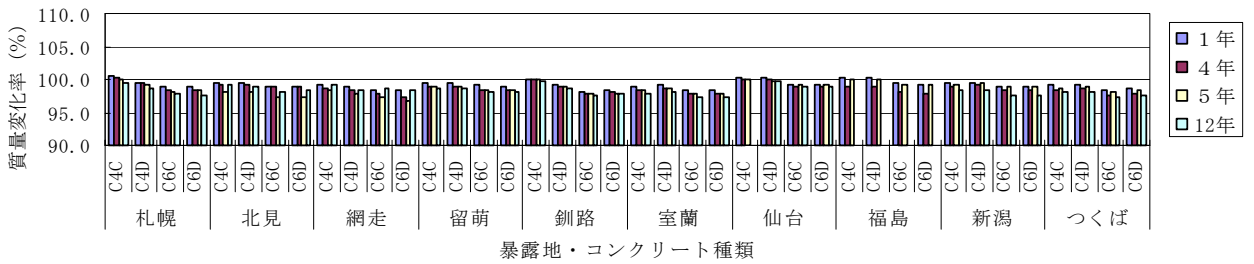
暴露地・コンクリート種類



(c) 相対動弾性係数



暴露地・コンクリート種類



暴露地・コンクリート種類

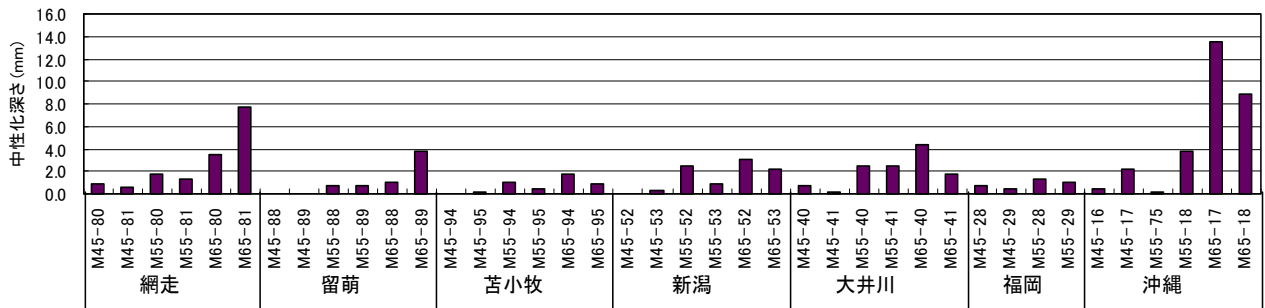
(d) 質量変化率

図-2 共通・寒冷地環境暴露試験結果

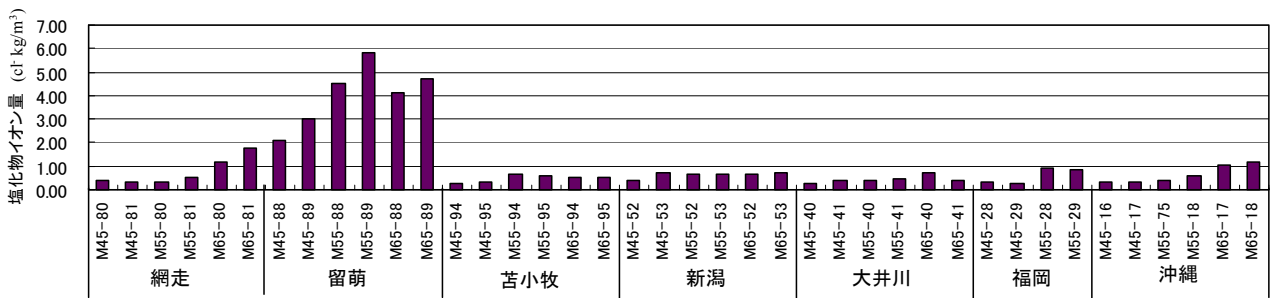
(2) コンクリート温度・毎時値の気象要素による推定式

各方位でのコンクリート共通試験体の表面温度： T_c （1 cm の深さ）の毎時値(2002 年分, $N=8760$)を、重回帰分析によって、気温・風向風速・日射量により表現することを試みた。気象要素を説明因子として、次のように整理した。

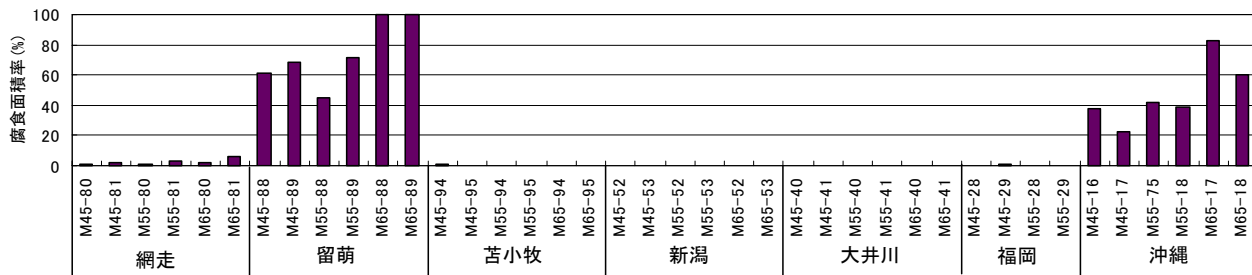
- 1) 気温, T , °C —— 毎時値を説明因子とする。
 - 2) 風速, W , m/s —— 高さ 4 m で観測された風速を、放物線則により試料の設置高さ 1.0 m の風速に換算する。
- 水平面の温度を推定する場合、風向に係わらず換算された風速を説明因子とする。南面では、供試体の寸法を考慮して、北側（背面）からの風



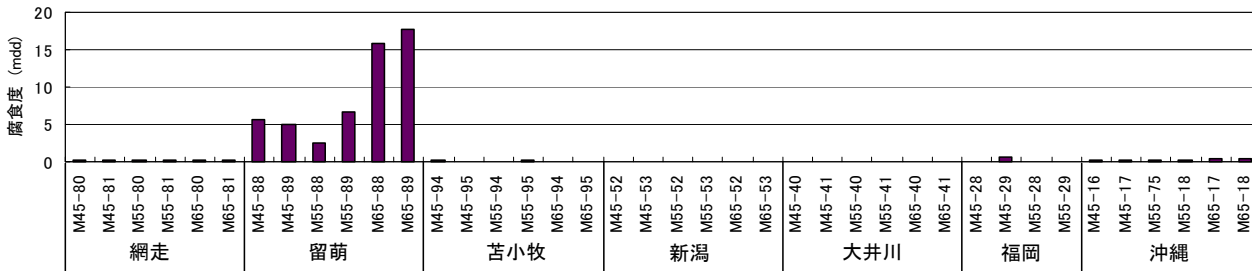
(a) 中性化深さ (各面の平均)



(b) 塩化物イオン量 (表面からの深さ 1.5cm)



(c) 腐食面積率 (鉄筋 3,4 の平均 : かぶり 1.5cm)



(d) 腐食度 (鉄筋 3,4 の平均 : かぶり 1.5cm)

図-3 塩分海洋環境暴露試験結果

は無風とみなし、風向が東、あるいは西の場合は 0.5 の重付けをした (添字: <S>で識別)。北面では、南側からの風は無風に、東あるいは西の風は 0.5 の重付けをした (添字: <N>)。

3) 日射量, S , MJ/m²/hr —— 水平面の表面温度を推定する場合は、水平面日射量の毎時値をそのまま説明因子とする。垂直面では、「IEA の日射量の直・散分離法」を用いて 水平面日射量から直達日射量と天空散乱日射量を求めそれぞれの南北面の毎時日射量を推定した。得られた重回帰式を以下に平均誤差, $RMSE$ (毎時値の誤差の自乗和をデータ数で除した値の平方根, °C), 相関係数, R とともに示す。

$$T_{cH} = 1.05T + 5.18S_H(1 - 0.0106W) + 0.592W - 1.17 \quad (1)$$

$$RMSE = 2.06, R = 0.9857$$

$$T_{cS90} = 1.09T + 3.62S_{S90}(1 + 0.00146W_{<S>}) + 0.636W_{<S>} - 1.06 \quad (2)$$

$$RMSE = 1.88, R = 0.9883$$

$$T_{cN90} = 1.08T + 17.4S_{N90}(1 - 0.0517W_{<N>}) + 0.173W_{<N>} - 1.20 \quad (3)$$

$$RMSE = 2.20, R = 0.9823$$

ここで、添字: H: 水平面

S90: 南 90° 面

N90: 北 90° 面

(3) 全国のコンクリート温度毎時値の推定及びデータベース化

気象庁から公開されている 1991~2003 年の地上気象観測データ (SDP・各年データ) を参照し、全国 67 箇所におけるコンクリートの表面温度を推定して、これらをデータベース化した。

(4) 凍結融解サイクルでの最低凍結温度の抽出及びデータベース化

コンクリートの凍害に着目して、水平面・南垂直面・北垂直面での凍結融解サイクル回数を求め、地域差を地図上に整理した。また「積雪がある場合、氷点以下に保たれるため融解しない」ことに基づき、積雪を考慮した凍結融解サ

イクルも求めた。凍結融解サイクル毎の最低凍結温度をデータベース化して、コンクリートの凍結融解試験結果から得られる耐凍害性能や環境条件を入力することで、1991 年以降の耐久性指数の経時的変化をシミュレーションする Excel-Macro ソフトウェアを開発した。

4.2 寒冷環境 WG

全国共通暴露試験の暴露後の供試体 (暴露地: 札幌および室蘭) を用いて JIS A 1147 法による凍結融解試験を行った。図-4 に暴露前後の凍結融解試験による耐久性指数を比較した結果を示す。暴露後の結果は、暴露前の結果と比べてやや耐久性指数が大きくなっているが、ほぼ同様な傾向を示している。しかしながら、3.2 (1) に示したように、12 年間の暴露では相対動弾性係数の低下は認められなかったことから、促進試験結果の位置づけおよび暴露試験でも劣化を促進させるような供試体への水分の供給条件を考慮した設置方法を改めて考える必要があると考えられた。これらの結果を踏まえて、凍害劣化機構、凍害劣化予測手法に関する最近の研究動向、既存の凍結融解試験方法の特徴、問題点を整理した。なお、暴露方法については後述の新規暴露 WG で検討している。

4.3 塩分環境 WG

(1) 暴露実験結果のまとめ

全国共通暴露試験での塩化物イオンの測定結果より各供試体の拡散係数を同定し、水セメントについてまとめたものを図-5 に示す。土木学会では拡散係数を水セメント比から算出する式を提案しているが、本実験結果のほぼ上限を評価しており、設計における拡散係数の設定値として考えれば安全側の評価式となっていると考えられる。

(2) 飛来塩分量による環境評価

塩害環境としての飛来塩分量について既往の研究の整理を行った。特に数値解析による飛来塩分量の予測手法についてまとめ、有限要素法を用いた飛来塩分量の空間分布の推定、構造物自身による風速場の乱れを考慮した飛来塩分量

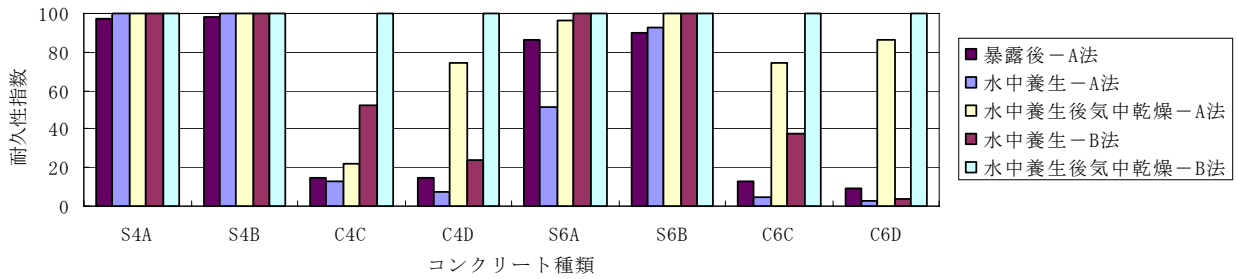


図-4 暴露供試体の促進凍結融解試験結果

分布などについて示した。

(3) コンクリート中の塩分浸透

塩化物イオンのコンクリート中への浸透を数値解析により推定する手法について検討を行った。特に気温変動および湿度変動が塩化物イオン拡散係数およびコンクリートのマチュリティに与える影響について、鉄筋コンクリート桁を対象に解析を行った。その結果、温暖地と寒冷地域および海側と陸側の面でそれぞれ塩化物イオン浸透深さに差異が生じることを示した。

4.4 土壌環境 WG

土壌環境の課題に関しては、前回の研究委員会では、(a) 火山活動に由来する熱や熱水、噴気ガスさらに温泉水による劣化環境、(b) 地層中に形成された金属および非金属鉱床からの酸性水による劣化環境および (c) 我が国の堆積岩の大部分は海成層からなりその中に含まれる黄鉄鉱が酸化されて硫酸塩地盤となる劣化環境について検討を加えている。

今回は、火山活動や鉱床および海成層により硫酸性の地盤となる環境要因について、地形、地質、温度および周辺環境を抽出し、一覧表としてまとめた。

以上の活動結果として、これら劣化環境のうち (a) と (b) を包括する腐食性地盤図および (c) に相当する腐食性地盤図を提示した。さらに、(c) に相当する海成層による腐食性地盤図に関しては、腐食確率の考えを導入した 10～50%の初生確率分布図を作成し、実際の地盤条件により係数を掛け合わせた判定腐食確率を算定する手法を提案した。図-6にコンクリート腐食性地盤となる確率分布図を示す。

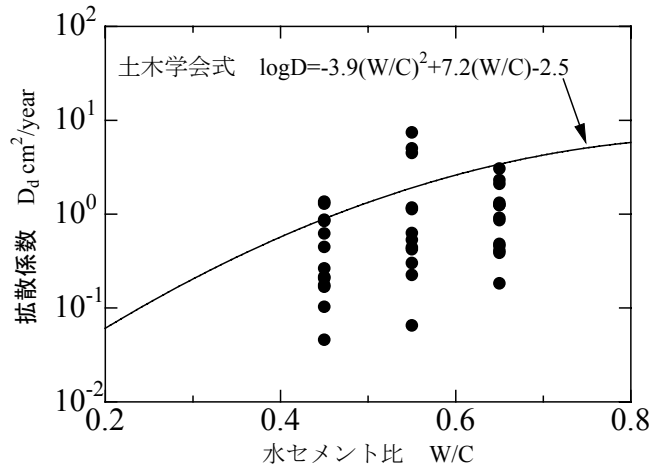


図-5 塩化物イオン拡散係数と水セメント比

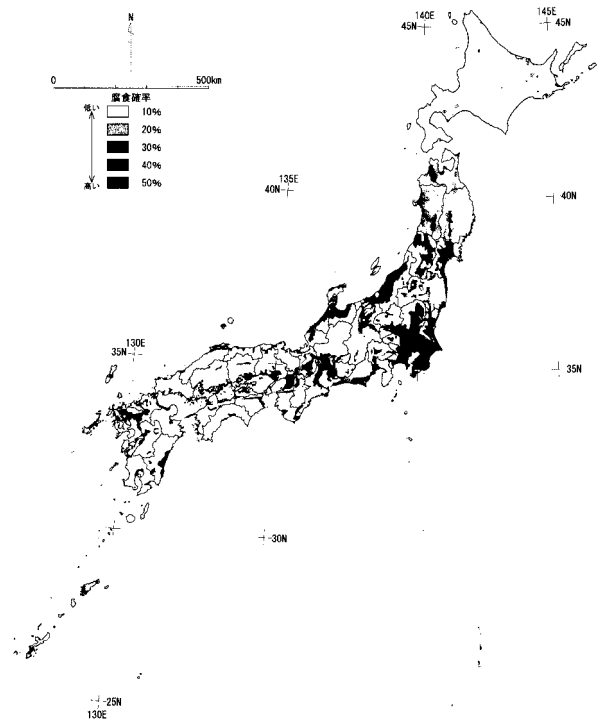


図-6 コンクリート腐食性地盤となる確率分布図

4.5 アル骨・複合劣化環境 WG

これまで、アルカリ骨材反応によるひび割れ発生要因については、①反応性骨材の使用、②コンクリート中のアルカリ量の増加、③コンクリートへの水分の供給の3点が主として挙げられ、これ以外にも反応性骨材の種類、コンクリートの配合、環境条件、凍結防止剤の使用などの要因について検討されてきた。しかし、温度がアルカリ骨材反応に及ぼす影響に着目して、アルカリ骨材反応の全国の発生状況や研究、試験方法に至るまで統一的にまとめられたものは少ない。

本WGでは全国の気象特性、特に温度特性が構造物のアルカリ骨材反応によるコンクリートのひび割れに及ぼす影響について調べ、地域によってアルカリ骨材反応の発生状況の相違が認められるか否かについて検討した。アルカリ骨材反応は化学反応であり、環境温度の影響が大きいと考えられるため、自然環境下での温度の相違、すなわち、北海道から沖縄に至る気温の相違を気象解析WGの資料をもとに全国のアルカリ骨材反応発生状況との関係を検討した。また、直射日光を受けるコンクリート表面と日陰部分でのひび割れ発生状況、気中部と土中部でのひび割れ状況事例を調査した。さらに、アルカリ骨材反応は気象条件とともに、反応性骨材の産出地域に影響されるので、日本各地の反応性骨材分布状況も調査するとともに、アルカリ骨材反応に関する種々の試験方法についても報告している。

4.6 新規暴露 WG

本研究委員会で実施した全国共通暴露試験で、長期暴露試験を実施する上での暴露場および供試体の管理体制、暴露方法、促進試験結果との対応などに関するいくつかの問題点が明らかとなった。その結果を踏まえて、本WGではコンクリートの基礎物性、環境の相違、メカニズムに主眼をおいた暴露試験に留まらず、最近10年間における技術の進歩に対応した新たな暴露試験を企画した。また、新規暴露試験実施に

先立ち、暴露試験の考え方、試験体形状・寸法の目安、標準的な暴露試験方法を提示することを目的として、「コンクリート長期暴露試験マニュアル」を作成した。本マニュアルは、暴露試験を新たに実施する際に、研究上の独自性が十分発揮される余地を残しながら、標準的な考え方、方法を示したものであり、暴露試験が途中で失敗に終わらないために注意すべき事項などを記述したものである。その構成は、「総則」「標準的な試験体の作製方法及び標準試験」「標準的な試験体の作製方法」「一般環境下における暴露試験」「塩害環境下における暴露試験」「凍害環境下における暴露試験」「その他の環境下における暴露試験」、付録として、「コンクリート・鉄筋の品質試験方法一覧」「周辺環境の測定方法」「現場測定データの管理・転送」から成っている。なお、中性化およびアルカリ骨材反応による劣化は、「一般環境下における暴露試験」の中で扱っており、「その他の環境下」では、酸性土壌、工場廃水、温泉水などを想定している。

新規暴露試験のテーマとして、①高強度コンクリート、②再生コンクリート、③エコセメントコンクリート、④軽量コンクリートを選定した。暴露地は、WG委員が責任を持って暴露試験の実施、維持、今後の回収及び各種測定を行えるように、全国の大学や公的機関を主に選定した。なお、今回作成した「コンクリートの長期暴露試験マニュアル」は、10年程度毎に見直しを図りたいと考えており、その際には、データなどをマニュアルの中に入れることを目指している。

5. おわりに

様々な自然環境の下でのコンクリートの性能を評価するためには、手間と時間はかかるが暴露試験の実施は欠かすことができない。本研究委員会で実施したような暴露試験結果を共有し、データベース化することにより、コンクリート構造物の耐久性向上や合理的な性能設計に関する有益な情報源となることが期待される。