

V-17

コンクリート縁石の乾燥収縮と劣化

苫小牧工業高等専門学校 正会員 廣 川 一 巳
(株) 田宮設計事務所 正会員 前 川 静 男

1. はじめに

コンクリートは多孔質材料であるため、含水状態の変化にともなって、体積変化を起こす。自然状態では温度、湿度等の変化を受けやすく、体積変化を受けやすい。特に寒冷地では凍結融解作用も受けるのでコンクリートにとっては厳しい条件下にある。この体積変化のうちでも、乾燥収縮はコンクリート構造物において起こり得る現象であり、ひび割れの発生、寸法変化、応力状態の変化をもたらすため、耐久性をはじめとする、コンクリートの諸性質に及ぼす影響が大きい。田畑氏らの研究によると、夏場の乾燥状態がコンクリートの耐凍害性に及ぼす影響が大きいと報告している。¹⁾ 苫小牧市のように寒冷地でありながら積雪量が少ない地域では、コンクリートは非常に厳しい環境に曝されている。苫小牧市のある道路の縁石の実態調査をした結果施工後数年を経てコンクリート製の縁石が所々ひび割れしているのが見受けられた。本研究では、この原因を調べるためにコンクリート供試体にひずみゲージと熱電対を埋め込み、ひずみと温度と気象データから1年半の季節変化がコンクリートの劣化にどのように影響があるかを検討したものである。

2. 実態調査

実態調査は1989年に苫小牧市内の市街地内の直線道路で東西方向になっている箇所を選んだ。ただし、中央分離帯にあるものは調査からはずした。肉眼で見てひび割れのないものはA、崩壊はしてひび割れが入っているのをB（長さ方向のものが多く）、崩壊しているのをCとおおまかに分類した。その結果を表-1に示す。また、A、B、Cの写真を図-1に示す。施工が古いものは既に入れ替えている縁石もあるが、表を見ると施工年に関係なくひび割れが入っている箇所が多いことが分かる。特に北側の縁石が南側より多いことが分かった。北側にある縁石は日当たりがよいことも調査より分かった。この道路は片側3車線と広いため建物があっても北側にあると陽が直接あたることも確認された。そのため、夏には乾燥収縮、熱膨張、湿潤膨張、冬には凍結融解作用などを受けやすくなっていることが考えられた。

表-1 縁石の損傷度調査結果

施工年	北側 損傷度			南側 損傷度		
	A	B	C	A	B	C
1970	99.5	0.5	0.0	100.0	0.0	0.0
1972	93.6	4.3	2.1	96.3	3.2	0.5
1975	61.0	20.0	19.0	92.5	5.7	1.8
1978	67.9	27.4	4.7	93.9	6.1	0.0
1979	30.9	66.8	2.3	97.2	2.8	0.0
1982	69.2	15.1	15.7	75.7	21.2	3.1
1983	58.7	30.6	10.7	89.5	10.3	0.2
1984	73.0	23.2	3.8	87.0	12.5	0.5

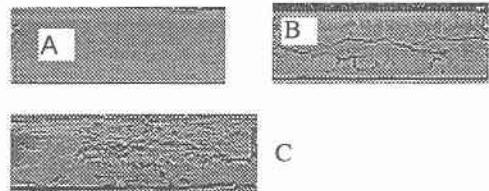


図-1 縁石の損傷度の分類

Drying Shrinkage and Deterioration of Concrete Curbs

by Kazumi HIROKAWA, Shizuo MAEKAWA

3. 実験概要

3.1 使用材料

使用材料は普通ポルトランドセメント（比重3.15），細骨材（鶴川産，比重2.70，吸水率1.25％），粗骨材（沙流川産，比重2.66，吸水率1.64％，最大寸法25mm），混和剤（ヴィンソルW）を使用した。

3.2 配合及び練り上がり性状

表-2 配合と練り上がり性状

配合及び練り上がり性状を表-2に示す。W/Cは一般的な緑石の配合と同じにした。

W/C (%)	s/a (%)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	AE剤 (g/m ³)	スラン (cm)	空気量 (%)
47.8	45	330	158	861	1081	50.3	12.5	6

3.3 供試体及び配置

供試体は15×15×53cmの角柱を用い，図-2に示すように埋込み形ひずみゲージを供試体1本につき5枚コンクリート表面から5mm下になるように入れた。また，図-3のように学内に暴露試験場を設置し，太陽の方向による差を見るため東西南北に供試体を並べた。また，それぞれの面の温度を測定するため，東西南北に1本ずつ温度測定用の熱電対をひずみゲージと同じ場所に5本入れた。供試体は材齢28日まで標準養生し，その後設置した。設置方法は，図-4に示すように打ち込み面を下にして供試体をコンクリートの基礎の上にモルタルで均しながら行った。供試体と供試体の隙間を1cmとり，設置後，モルタルで隙間を埋めた。参考のためモルタルで接着しない供試体を2本，図-3のF1とF28を置いた。ゲージの記号は日光が当たる上面をU，中心をC，下面をD，前面をF，背面をBとした。さらに，設置場所を示すため，北側をN，東側をE，南側をS，西側をWとした。温度に関しても同様な記号を用いた。また，道路の緑石と同じ条件になるように供試体の背面を土で埋めて乾燥しないようにした。

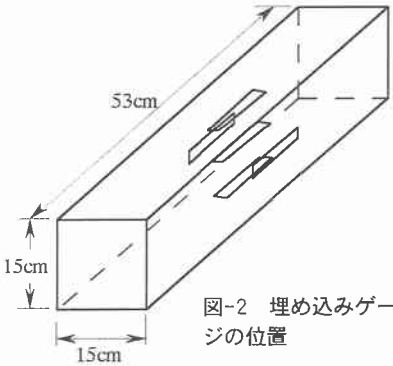


図-2 埋め込みゲージの位置

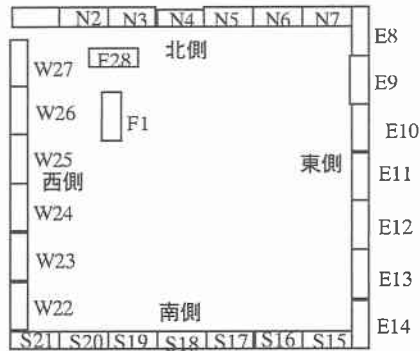


図-3 配置図

3.4 測定方法

すべての供試体が設置後，温度とひずみを測定するため，データロガーに接続した。データロガーはノート型コンピュータを用いて制御し，1時間ごとにフロッピーにデータを書き込むようにした。2週間ごとにフロッピーを入れ替えた。また，そばにある百葉箱より気温を測定し，ひずみと供試体温度のデータの検討に用いた。また，参考のため，苫小牧地区の日照時間等の気象データを測候所より頂いた。実験は1月から始めた。

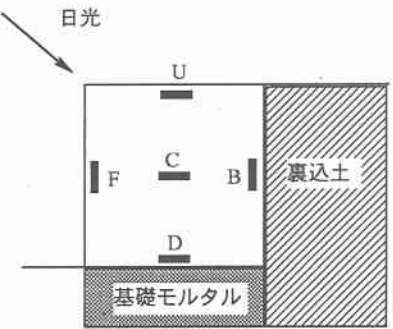


図-4 供試体断面図

4. 結果考察

4-1 経過日数とひずみについて

図-5に北側、図-6に東側、図-7に南側、図-8に西側の供試体の14時におけるひずみの結果を示す。他の供試体もほぼ同様の傾向を示したので、代表的なものを載せる。この図より、方向による差がなく、太陽の直射を受ける部分があればひずみかたが似ている結果となった。はじめは多少収縮しているが、夏場にひずみが増大している傾向にあり、特に裏込土に接している部分のひずみが増大している。これは、太陽の直射を受ける部分が乾燥していることと、裏が湿潤状態になっているため、表面では収縮が働き、曲げ応力が働き、ひずみが他より大きくなったことが考えられる。下部の面についても、接着はされているが、うまく接着されていないものはひずみが大きくなっている結果となっている。図-9、図-10に示すように固定していない供試体F1とF28は全体的にひずみ量も小さく、面によるひずみ量の差はなく、全体的に乾燥の影響を受ける結果となった。

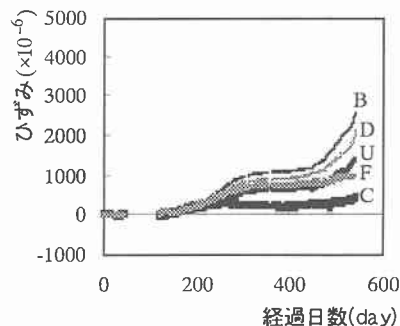


図-5 北側(N5)の経過日数とひずみ

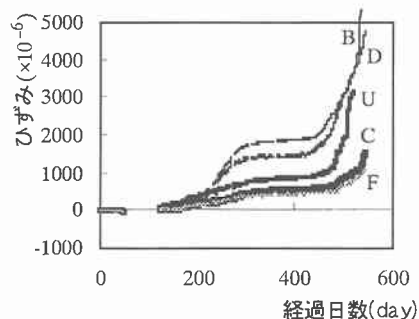


図-6 東側(E13)の経過日数とひずみ

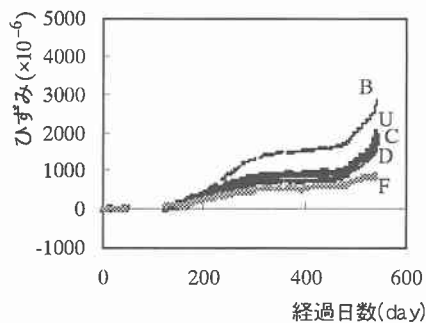


図-7 南側(S16)の経過日数とひずみ

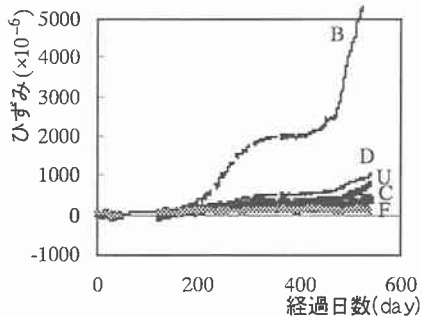


図-8 西側(W25)の経過日数とひずみ

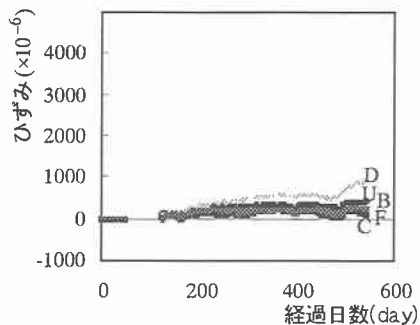


図-9 南北方向 (F1)の経過日数とひずみ

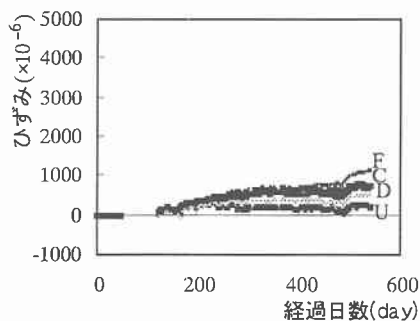


図-10 東西方向(F28)の経過日数とひずみ

4-2季節の変化とひずみについて

全体的に傾向が似ているので、一番太陽の直射の強い北側(N5)の供試体を取り上げた。ひずみについては結果的に一番ひずみが大きい背面側のBの面と太陽の直射の強い上面のUと前面のFの面のひずみと温度について検討する。

図-11、図-12は、コンクリートにとって最初の冬の状態である。前日うっすら雪がつもり、当日晴れた状態である。図に示すように、前面Fが温度上昇に伴い収縮し、反対側の背面のBはひずみが増加している。前日雪、当日も雪の状態を図-13、図-14に示す。同じ真冬日なのに晴れ間が出ないと前面のひずみも収縮しない結果となった。真冬日でも晴れると供試体表面はプラス10℃ほどに上昇し乾燥収縮が働き、背面にその逆の応力を伝えることが考えられる。しかし、晴れが続くと、図-15、図-16に示すようにそれほど明確に、乾燥収縮の影響が出ていない。冬場は夏場と違い水分の補給が雪のみなので、供試体自体の水分が少なく、雪が降った後、多少収縮する結果となった。

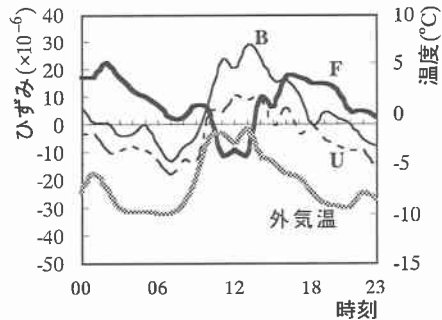


図-11 96/1/18北側 晴れ(前日雪) 外気温とひずみ

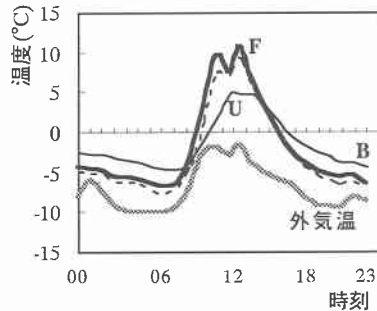


図-12 96/1/18北側 晴れ(前日雪) 外気温と供試体温度

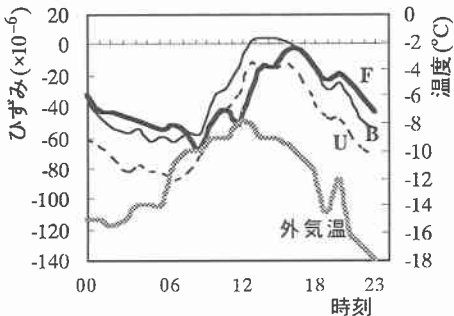


図-13 96/2/1北側 雪(前日雪) ひずみと外気温

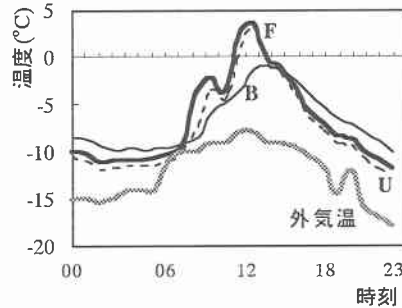


図-14 96/2/1北側 雪(前日雪) 供試体温度と外気温

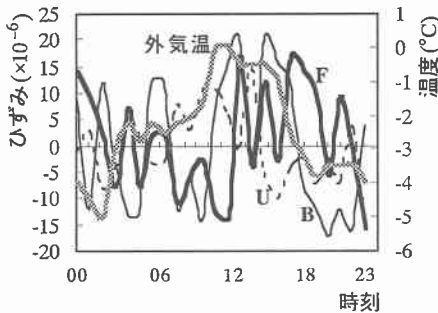


図-15 97/1/26 北側 晴れ(前日晴れ) ひずみと外気温

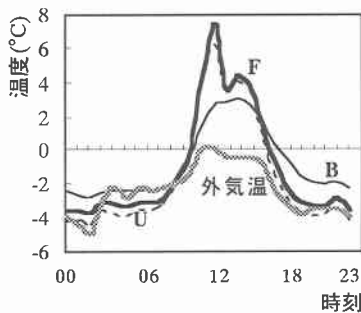


図-16 97/1/26北側 晴れ(前日晴れ) 供試体温度と外気温

夏場においては、前日が雨のち曇りで晴れ（日照時間5.8hr）ていれば気温が29℃でも供試体は上面で45℃にも上昇し（図-18），それに伴い、ひずみは上面、前面は収縮し、背面はやや膨張する（図-17）。しかし、図-19、図-20に示すように、雨が続くと、上下の変動は多少あるが、余り変化のないひずみ方となった。一年後も、図-21、図-22に示されるように、雨の後の晴れでは、上面、前面ともに収縮が大きく現れた。図-23、図-24に示すように、前日が晴れていて、雨が降った場合である。前面と上面で時間の経過とともに膨張していることがわかる。これは、晴れていて乾燥が進んだ状態で湿潤になると、急激に膨張することを示している。このように、夏場においては、雨晴れの変化がコンクリート表面にかなりのダメージを与えることになっていることがはっきりした。図-5の急激にひずみが増加しているのも、夏場であることが裏付けられる結果となった。

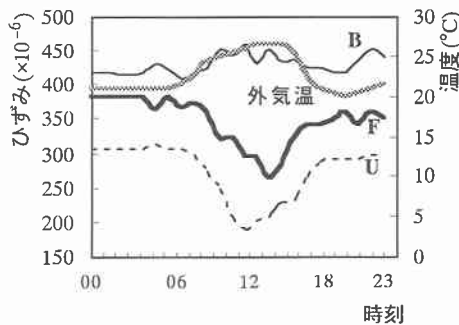


図-17 96/8/14北側 曇り(前日晴れ)
ひずみと外気温

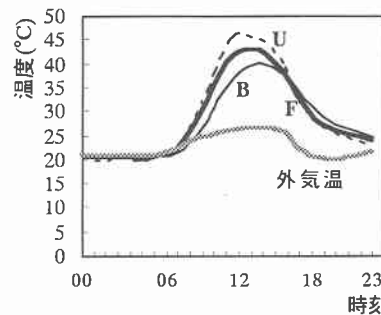


図-18 96/8/14北側 曇り(前日晴れ)
供試体温度と外気温

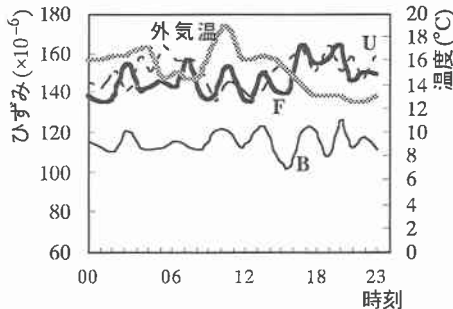


図-19 96/6/19北側 雨(前日雨)
ひずみと外気温

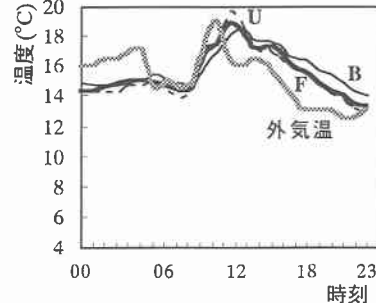


図-20 96/6/19北側 雨(前日雨)
供試体温度と外気温

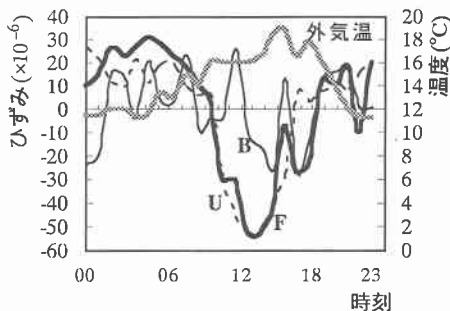


図-21 97/6/11北側晴れ(前日雨)
ひずみと外気温

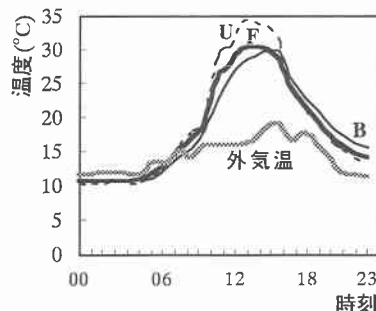


図-22 97/6/11北側晴れ(前日雨)
供試体温度と外気温

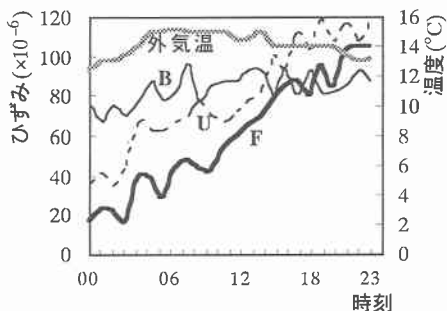


図-23 96/6/15 北側雨(前日晴れ)
ひずみと外気温

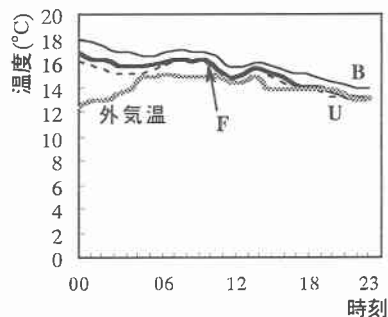


図-24 96/6/15 北側雨(前日晴れ)
供試体温度と外気温

4.3 ひび割れ状況

図-25は南側のコンクリートの上面の写真である。かなりの数のクラックがどの方向の供試体からも観察出来た。特に上面が多く、前面に出来たものは2本程度であった。これは、各供試体のひずみの変化から、乾燥収縮及び膨張によりできたクラックと考えられる。

5. まとめ

暴露試験場が学内の風当たりが少ない暖かい場所

所に設置したため、予想外にコンクリートの温度が上昇し、一般のコンクリートより、ひび割れの発生しやすい条件になった。以上のことをまとめると次のようなことになる。

1. 実態調査をしたときのBの様なひび割れが発生しなかったが、同じ長さ方向のひび割れを確認できた。
2. 苫小牧地区は積雪が少ないため冬場でも乾燥するが、雪が少ないため晴れたときコンクリート表面ですぐ溶けるが収縮も小さかった。
3. 夏場は天気が悪く、晴れると急激に乾燥収縮するため反対側に力が掛かり背面のひずみが増大した。また、太陽の直射面はひび割れが発生しやすい状況になることが分かった。
4. 二回目の冬までしか実験できなかったが、このひび割れに水が含まれると凍結融解作用でひび割れが増大することが考えられた。

謝辞

本実験に当たり、卒業生徳力氏、水上氏、木下氏、濱口氏、中塚氏、卒業研究生井谷氏、向氏に協力を得たので、ここに感謝する。

参考文献

- 1) 田畑雅幸，鎌田英治，宮崎重宗：コンクリートの耐凍害性に及ぼす乾燥の影響，セメントコンクリートNo.383，1979

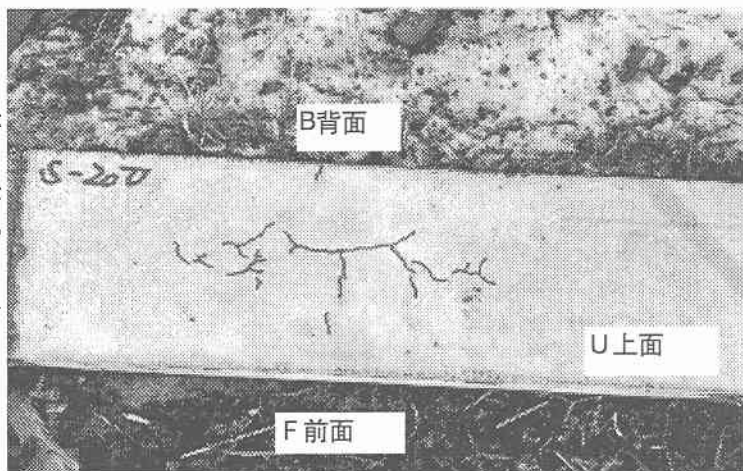


図-25 供試体上面のクラックの様子