

種々の気象条件における日射によるコンクリートの温度上昇に関する検討

金沢大学理工学域 学生会員 ○松山 香織 学生会員 小笠原 啓人
金沢大学理工学域 正会員 久保 善司

1. はじめに

厳しい使用・環境条件においては、1980年代より早期劣化問題が顕在化し、これらの構造物に対する維持管理の問題が検討されてきた。現在では、標準的な維持管理対策手法は確立されつつある。

しかし、広範な気候区分を有する我が国において、気象条件などの環境外力がコンクリートの状態に与える影響の程度は、地域の気象条件などによって大きく異なることも

予想される。例えば、気温と腐食速度に関して詳細に検討した報告もある¹⁾。他方、経済的な制約条件において維持管理を行うことが要求されている。環境条件ごとに異なる劣化進行速度に応じて、適切な時期に、適切な順序で対策を実施することはそれらの要求に応える一つの方法となり得る。本研究では、腐食の発生および進行速度に影響を与えると考えられるコンクリート温度に着目し、異なる気象条件に暴露されたコンクリート²⁾において測定されたコンクリート温度の測定データに基づき、気象条件を中心とした環境条件が与える影響について検討することとした。

2. 検討概要

(1) **コンクリート温度の収集** 国内の代表的な気候区分を概ね網羅できる暴露地区を選定した。各暴露地区の概要を表-1に示す。コンクリート供試体を暴露し、深さ3cm位置に温度センサを埋設し、1時間間隔でコンクリート温度を測定した(2008年から現在まで約5年間)。なお、親不知地区のみ、降雨および日射の影響を受けにくい、高架橋下の暴露条件にある。

(2) **気象データの収集** 気象庁の過去の気象データ³⁾より、各暴露地区での気温、日照時間、降水量等のデータの収集

表-1 各暴露地区における暴露条件

暴露地点	海岸からの距離	暴露方向	気候区分
留萌	10m	西北西	亜寒帯気候(沿岸)
親不知	40m	北北西	日本海側気候(沿岸)
金沢大学	10km	南南東	日本海側気候(内陸)
御前崎	100m	南南西	太平洋側気候(沿岸)
水島	30m	西北西	瀬戸内海式気候(沿岸)
辺野喜	50m	北西	亜熱帯気候(沿岸)
琉球大学	2.7km	東	亜熱帯気候(内陸)

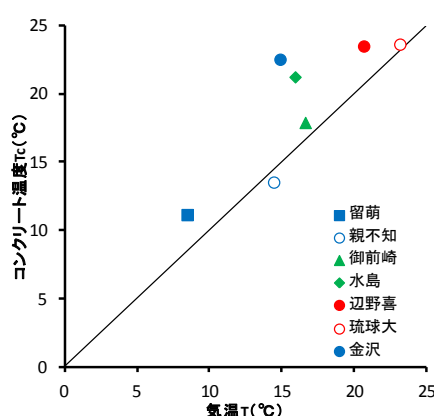


図-1 平均気温、温度(通年)

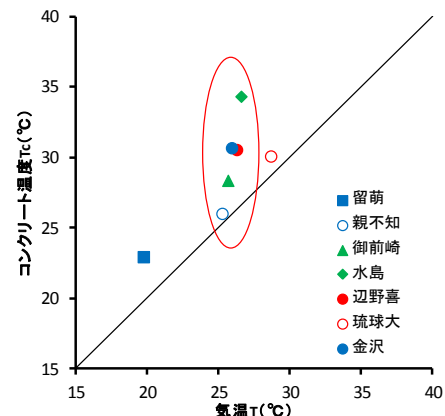


図-2 平均気温、温度(夏季)

を行った。日射量に関してはNEDOのデータベース⁴⁾より、各暴露地区、暴露面の方角における、地面に対して垂直な面での日射量を収集した。

(3) **データの分析** 各暴露地区での気候の特徴が、コンクリート温度および気温に対する温度上昇に与える影響(相関性)に着目した。

3. 結果および考察

(1) **コンクリート温度および気温** 各地区において測定したコンクリート温度の平均値と、該当期間の気温の平均値(平均気温)の関係を図-1に示す。温度ログの不調・故障等によって季節ごとのデータ数が異なるため、季節ごとにコンクリート温度の平均値を求め、さらに四季の平均を求め、通年の平均温度とした。ただし、金沢地区においては、冬季のデータが無い場合、冬季を除く期間の平均となっており、実際よりも若干高い値であるものと予想される。

親不知および琉球大学地区を除き、平均気温よりも、コンクリートの平均気温は大きく、特に、水島地区、金沢大学地区は他のものより大きくなった(コンクリートの平均温度が高めに計算されている影響も含まれる)。気温以外にコンクリート温度を上昇させる要因としては、日射の影響が考えられ、それらの影響が地区ごとに異なったものと考えられる。なお、親不知地区は、2.(1)で述べたとおり、日射の影響を受けにくい環境にあるため、コンクリートの平均温度と平均気温が同程度となったものと考えられる。

季節的な影響については、日射の影響が大きいと予想される夏季のコンクリート表面温度に着目し、その温度上昇が日射によって生じることを確認した報告もされている⁵⁾。

そこで、夏季の平均値を比較することとした。図-2に夏季における平均気温とコンクリートの平均温度を示す。平均気温が25℃付近の暴露地区（図-2中赤囲み）に着目すると、年平均の場合より、平均気温に対しコンクリート温度は高くなる傾向を示し、金沢大学、水島、辺野喜地区は他のものより大きく、水島地区は最も大きくなった。これらの相違は、各地区間の日射の影響の大小によるものと考えられる。

(2) コンクリートの温度上昇指数
日射の影響の大小を考えるため、各測定時刻におけるコンクリート温度と気温との差 ($T_c - T$ と略す) に着目することとした。さらに、日射の影響を確実に受けていると想定される $T_c - T$ に限定するため、 $T_c - T$ が 10℃ 以上となるデータのみを抽出し、分析を行った。

本研究では、コンクリート温度の温度上昇の程度を表す温度上昇指標として、式-1に示す算出方法で求めた。

$$\text{温度上昇指数} = T_{ave.} (^\circ\text{C}) \times N \quad (\text{式-1})$$

$T_{ave.} (^\circ\text{C})$: $T_c - T$ が 10℃ を超えるものの平均値

N : $T_c - T$ が 10℃ を超える割合

(3) 日射の影響 通年および夏季期間の各地区の温度上昇指数と日照時間との関係を図-3および図-4に示す。

通年においては、金沢地区は若干高い温度上昇指数が得られていることを考慮すると、親不知、水島、琉球大学地区を除き、通年および夏季のいずれも概ね日照時間が大きいもののほど、温度上昇指数は大きくなった。水島地区および琉球大学地区において、他のものの傾向と大きく異なった要因については、データを詳細に分析し、明らかにする必要がある。

通年および夏季期間の各地区の温度上昇指数と日射量との関係を図-5および図-6に示す。

日射量においても、通年および夏季にかかわらず、日照時間と概ね同程度の傾向が確認された。したがって、日照時間は日射量と概ね対応しているものと考えられる。日射によってコンクリート温度が影響を受け、暴露環境の日射量あるいは日照時間の大きいもののほど、コンクリートの温度上昇は大きくなるものと考えられる。

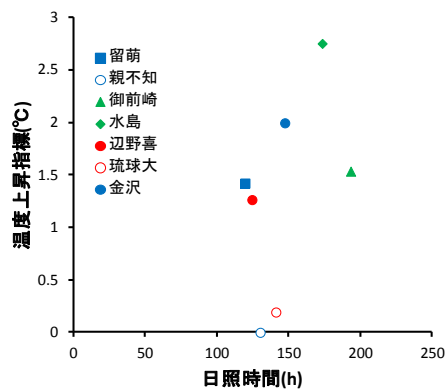


図-3 日照時間と温度上昇指数 (通年)

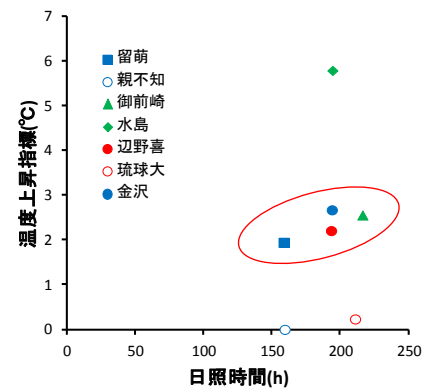


図-4 日照時間と温度上昇指数 (夏季)

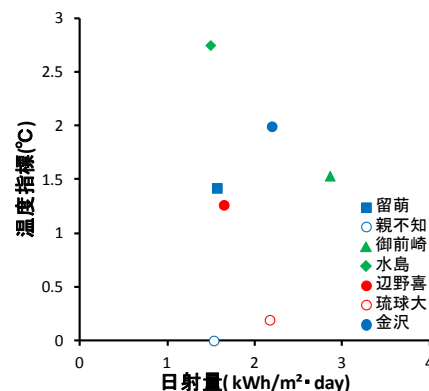


図-5 日射量と温度上昇指数 (通年)

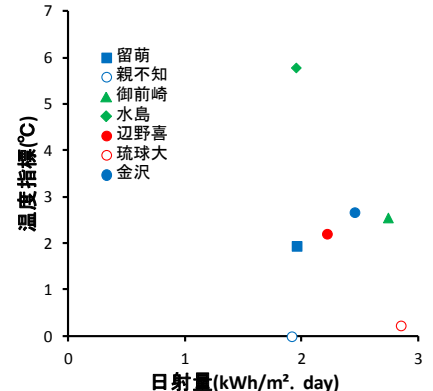


図-6 日射量と温度上昇指数 (夏季)

4. まとめ

コンクリート表面部においては、日射による影響（地域差）が認められ、日射（時間、量）が大きいものほどコンクリート温度の温度上昇が大きいことが明らかとなった。したがって、腐食の発生、進行速度にも影響するものと考えられ、今後はこれらの相違による腐食挙動への影響を明らかにすることが必要であろう。

謝辞 本研究の遂行にあたりご協力頂いた、関係機関各位（琉球大学富山潤准教授、寒地土木研究所、日本塗料検査協会、旭化成ジオテック、NEXCO 東日本）に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 飯島亨・工藤輝大・玉井譲：コンクリート中の鉄筋の腐食に及ぼす気温の影響，鉄道総研報告書，Vol.23，No.6，2009
- 2) 例えば，横田直倫・久保善司・村下剛・山田卓司：温暖な海洋環境下における含浸材の腐食抑制効果，Vol.31，No.1，2009
- 3) 気象庁，気象庁気象統計情報，<http://www.data.jma.go.jp/obd>，2013. 11
- 4) NEDO，日射量データベース閲覧システム，<http://app7.infoc.nedo.go.jp/metpv/monsola.html>，2012. 11
- 5) 地濃茂雄：日射に代えて赤外線を照射した場合のコンクリート表面の温度上昇，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.2，2008