

平成 31 年 4 月 16 日

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ 信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：火害を受けたコンクリート床版の疲労損傷評価に関する研究

研究代表者：群馬大学大学院 理工学府 環境創生部門 准教授 小澤満津雄

共同研究者：日本大学 工学部 准教授 子田康弘

1. 研究の目的

火害を受けるとコンクリート床版(以下、床版)は、①表面および内部に微細ひび割れが発生、②セメント水和生成物の熱分解、③状況によって爆裂現象が生じる〔1〕。この結果、コンクリートの a) 圧縮強度低下と b) 中性化の進行および c) 物質侵入抵抗性が低下し、d) 鉄筋腐食のリスクが生じ耐久性上問題となる。既報では、火災時の床版の変形挙動と火災後の耐力確認を行った事例はあるが〔2〕、疲労特性を評価した例は少ない。そこで、本研究では、火害を受けたコンクリート床版の耐疲労性を評価した。すなわち、小型のコンクリート床版を対象として、供試体の上面と下面を ISO834 加熱曲線により加熱した。その後、疲労試験を実施し、加熱無しの場合と疲労特性を比較検討した。

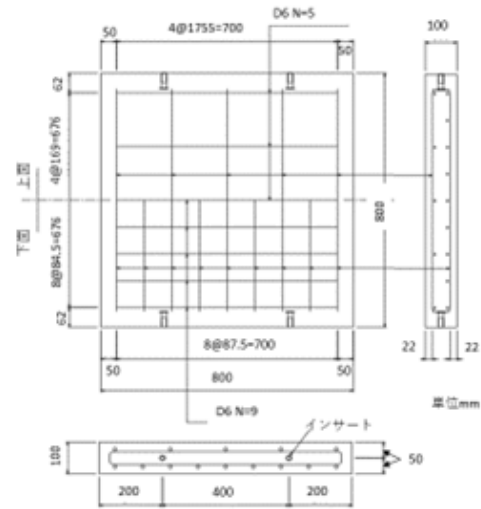


図-1 供試体概要図

2. 実験概要

図-1 に供試体の実験因子と供試体寸法の概要を示す。供試体寸法は、800×800×100 mmとした。鉄筋は異形鉄筋(SD295A)を使用し X 方向が D10 とし Y 方向が D6 とした。鉄筋比は X 方向と Y 方向でそれぞれ 1%と 0.5%とした。加熱供試体には、供試体中央の加熱面から 22mm(主筋)、50mm(供試体中央)、78mm(複鉄筋)の位置に K 型熱電対を配置し内部温度の測定を行った。供試体の種類は、①加熱無し(Control)、②上面加熱(UH)、下面加熱(LH)とした。加熱領域は、700×700 mmの範囲とした。供試体は静的載荷試験と疲労試験用にそれぞれ 1 体ずつ作製した。使用したコンクリートは W/C は 62%とした。供試体はコンクリートを打込み後、41 日間の湿布養生を行った。材令 71 日の圧縮強度と弾性係数は 18.7MPa と 28.9GPa であった。加熱はガス水平炉を使用した。加熱は ISO834 加熱曲線で 60 分加熱とした。加熱領域は供試体の上面または下面の一面加熱として、700×700 mmの領域とした。加熱試験後のコンクリート床版を対象として、疲労試験を行った。図-2 に床版の載荷試験装置の概要を示す。まず、加熱無し供試体を対象にして、静的載荷試験を実施し破壊時の最大荷重 Pmax を求めた。その後、静的載荷試験で得られた最大荷重 Pmax の 60%の荷重で定点疲労試験を行った。疲労試験時の載荷重の上限は 55.5kN とし下限は 2.0kN とした。載荷速度は 2Hz とした。併せて、上面加熱と下面加熱を実施した床版の静的載荷試験を実施した。

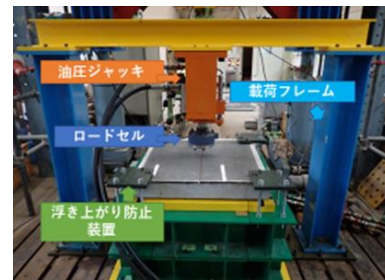


図-2 載荷試験装置

3. 実験結果および考察

図-3 に加熱試験時の床版内部の温度変化を示す。ここでは、下面加熱の例を示す。炉内温度の上昇とともに、供試体内部の温度も上昇していることがわかる。加熱終了時の炉内温度と内部温度は 22 mm および 50 mm と 78 mm 位置でそれぞれ 945℃と 553℃および 221℃と 116℃であった。上面加熱試験においても、加熱面からの距離に対する内部温度は同程度であった。加熱後の供試体下面の状況を観察した。その結果、微細ひび割れと小規模な爆裂が生じ、断面が欠損していることが分かった(図-4)。次に、図-5 に床版の静的載荷試験結果を示す。Control と UH および LH の破壊時における最大荷重は 92.5kN

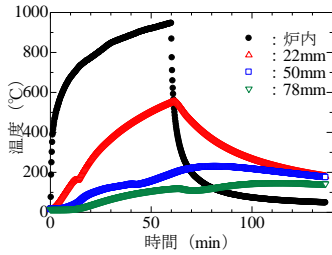


図-3 加熱試験結果 (LH)



図-4 加熱面の損傷状況 (LH)

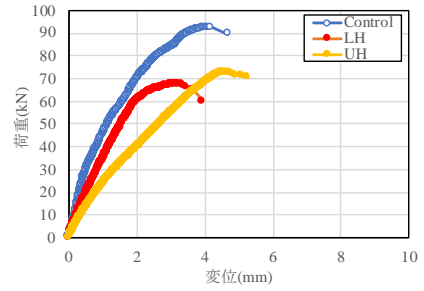


図-5 静的荷重試験結果

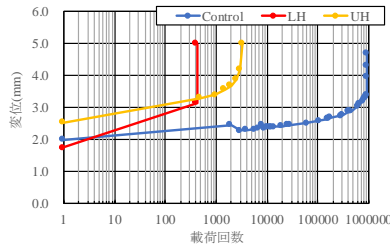


図-6 疲労試験結果

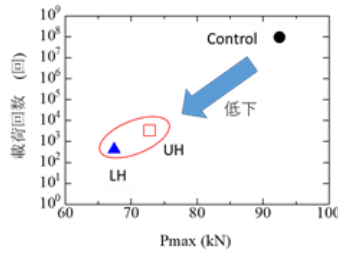


図-7 疲労回数と静的最大荷重との関係

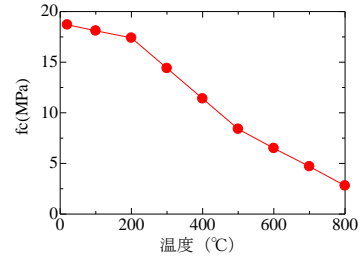


図-8 コンクリートの残存圧縮強度

と 72.8kN および 67.4kN であった。初期剛性に着目すると、Control よりも加熱した供試体の方が剛性は低下していることがわかる。LH は加熱により、下面側にひび割れが生じた状態からの荷重であるためと考えられる。一方、UH は、コンクリートの圧縮領域が加熱により圧縮強度が低下したことが影響したと考えられる。次に、図-6 に荷重回数と変位の関係を示す。UH は初期剛性が小さいため、荷重 1 回目の変位が Control と LH よりも大きいことがわかる。Control は荷重回数が 94 万回に対して、UH と LH は 3300 回と 420 回となり、加熱によって耐疲労性が大幅に低下する結果となった。図-7 に疲労試験の破壊時の荷重回数と静的荷重試験での最大荷重との関係を示す。Control と UH と LH の静的荷重での最大荷重を比較すると、加熱により UH と LH は 30% 程度の荷重低下にとどまっているのに対し、疲労回数は Control が 10^8 に対して UH と LH は $10^3 \sim 10^4$ と大幅に低下する結果となった。この点について考察する。図-8 に残存圧縮強度の内部温度との関係を示す。図は、常温の圧縮強度より、既往の文献 [3] から残存強度を推定した。加熱試験結果より、22mm 位置の内部温度 553°C に対する残存圧縮強度は、7MPa であり内部の圧縮強度が低下していると考えられる。加えて、①セメント水和生成物の熱分解と②微細ひび割れの発生が考えられる。静的荷重試験では、荷重は 30% 程度低下したが、疲労試験では、繰り返し荷重により内部のひび割れが拡大し、疲労回数が低下したと考えられる。今後は、加熱温度を実験因子として、更に検討を進める予定である。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下示す。

- 1) RC 床版を ISO834 加熱曲線で 60 分加熱した結果、加熱面から 22mm 主筋位置の温度は 553°C となり、加熱面全体にひび割れが生じた。
- 2) RC 床版の静的荷重試験を実施した結果、Control に比べて UH および LH は 30% 程度低下した。一方で、疲労回数は、疲労回数は Control が 10^8 に対して UH と LH は $10^3 \sim 10^4$ と大幅に低下する結果となった。

謝辞

コンクリート床版の作製について、丸栄コンクリート工業 技術研究所 阪口 裕紀様にご協力を頂きました。また、コンクリート床版の加熱試験について、太平洋マテリアル 開発研究所 杉野雄亮様、豊清工業の小泉 伸洋様からのご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] 日本建築学会：建物の火害診断および補修・補強方針 指針・同解説，2010
- [2] Na-Hyun Yi et al: Failure behavior of unbonded bi-directional prestressed concrete panels under RABT fire loading, Fire Safety Journal, Vol.71, January 2015, Pages 123-133
- [3] 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック，2017.