

武蔵工業大学大学院 学生会員 ○新名 正英 武蔵工業大学 正会員 栗原 哲彦
飛島建設株式会社 正会員 西元 守人 武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

1. はじめに

近年のコンクリート構造物の高強度化, 交通量の増大, および輸送物の大型化・多様化により火災発生時の温度上昇速度・最高到達温度が変化し, それに伴いコンクリートの劣化性状も変化したことによって現在コンクリートの耐火性能の再検討が進んでいる¹⁾. そこで本研究では火害によるコンクリートの劣化メカニズムを解明するための基礎的研究を目的として, 擬似的に火災を発生させた場合のコンクリートの強度特性に着目し検討を行った.

2. 供試体諸元

実験には水セメント比を変化させた2種類のコンクリート(W/C=30, W/C=50:以下, それぞれC30, C50とする)に加え, 鋼繊維混入の鋼繊維補強コンクリート(W/C=50:以下, S50とする)の計3種類を用いた. 各シリーズの配合を表1に示す. なお, 耐火実験には各供試体2体ずつ28日間の水中養生を行ったものを用い, 寸法は60mm×200mm×1200mmとした.

表1 配合表

シリーズ名	W/C %	単位量 (kg/m ³)							
		C	W	S	G	Ad1 ^{*1}	Ad2 ^{*2}	Ad3 ^{*3}	Fb ^{*4}
C30	30	588	176	639	927	—	4.41	0.044	—
C50	50	353	177	789	972	0.88	—	0.035	—
S50	50	353	177	788	957	1.32	—	0.053	118

*1: AE 減水剤, *2: 高性能 AE 減水剤, *3: AE 助剤, *4: 鋼繊維

3. 実験概要及び結果

3.1 耐火実験概要

耐火実験は実トンネルを縮小化した模擬トンネル内で擬似火災を発生させ, 火害によるコンクリートの強度特性を評価するものである. ここで模擬トンネルは, 上面部にコンクリート供試体を設置し, 天井部以外の部分を耐火煉瓦によって作製した. なお, トンネルの縮小化については代表寸法として径深を用い, 寸法のための縮小を行った. この縮小化により, 模擬トンネルは実トンネルの1/100となり, 実際の燃焼面積36m³(熱エネルギー80MW相当)にあたる火災を再現することができた. 供試体の加熱時間は30分間とし, それ以降はトンネル内の温度が100以下になるまで自然冷却を行うものとした.

トンネル内の火災曲線の測定は, 図1に示すようにトンネル内部(トンネル上面より10mm下)に配置したK型シース熱電対によって行った. 同図

に各測定ポイントの番号を示す. 供試体内部温度の測定位置(供試体内の厚さ方向)は, 図2に示すトンネル風下出口より400mmを中心に風上・風下方向100mm間隔に3ポイントずつ埋込みK型熱電対を配置した. また, 各ポイントの内部では供試体下面より10mm(供試体下面に限りなく近づけたもの)・10mm・20mm・40mmの位置で測定を行った.

3.2 耐火実験結果

トンネル内の火災曲線は, 全てのシリーズにおいて, 温度上昇勾配及び最高温度・最高温度保持状態がほぼ同程度となった. 図3に火災曲線の一例として, C30_No.1の火災曲線を示す. 全てのシリーズにおいて, 初期勾配は最も温度の高くなるpoint 1において約5分で700に達した. さらに, その他の地点の最高温度は, point 2では約650, point 3では約500, point 4では約200, point 5では約400, point 6では約300となった. ここで, point 4はトンネル長手方向の位置ではpoint 1と同位置であるが, 最高温度が200前後とあまり高くなかった.

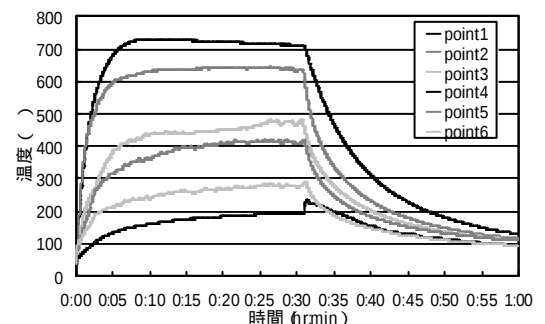
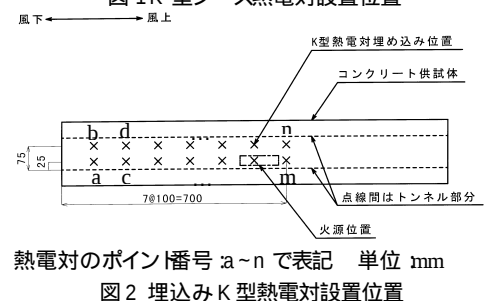
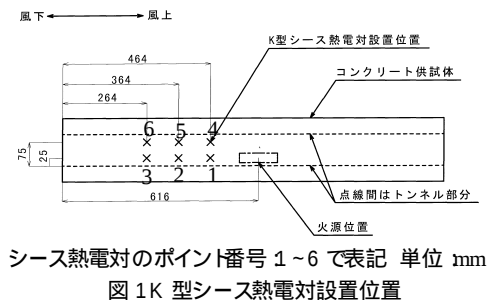


図3 C30_No.1の火災曲線

Key Words 模擬トンネル, 火災曲線, ひび割れ, 曲げ強度

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL 03-3703-3111 (内線) B243 FAX 03-5707-1165

火災曲線によって加熱されたC30・C50・S50の供試体内部温度の比較を行ったところ、水セメント比及び繊維混入の有無に関わらず、どのシリーズにおいても同程度の供試体内部温度となった。そこで、C30の供試体内部温度を一例として図4に示す。ただし、point a, c, e, g, i, k, mを列、point b, d, f, h, j, l, nを列とした。これより、トンネル風下出口より400mm付近が200℃程度で最も高い温度となり、そこを中心として放射状に温度伝達が生じているのが確認できる。

3.3 強度試験概要

加熱終了後、ひび割れ性状の把握のために加熱面のひび割れ観察を目視により行った。その後、供試体を28日間気中で放置し、図5に示すように60mm間隔で計20体に切断し曲げ強度の測定を行った。これは、加熱されたコンクリートは加熱後1ヶ月で最も強度が低下するという報告²⁾より、最も危険な場合を想定したためである。

3.4 強度試験結果

ひび割れスケッチ及び曲げ強度分布図を供試体内部の各地点での最高温度を併せて図6に示す。ここでは、代表例としてC30・S50の結果のみを示した。内部温度の高い地点を中心としてひび割れが発生し、その部分の曲げ強度の低下が最も大きくなっていることが分かる。この結果はC50においても確認され、コンクリートの受熱温度とひび割れ・残存強度に相関性があることが確認できた。これは、コンクリート加熱面の急激な温度上昇による熱変形に起因すると推測されるため、今後熱変形量の測定を行い検討する必要がある。また、S50はC30・C50に比べひび割れの数が少ないことが確認できた。これは鋼繊維混入により、ひび割れ抑制効果及びひび割れ開口抵抗性が向上し、ひび割れ発生及び進展を抑制したためであると考えられる。

曲げ強度は受熱温度が100℃の付近から低下し、200℃前後から急激に低下した。この原因としては、供試体内部温度の上昇に伴う内部自由水の気化・膨張による内部組織のゆるみ³⁾が考えられる。また、水セメント比の違いによる残存強度の顕著な差は確認できなかったが、S50はC30・C50より残存強度が大きくなった。これは、鋼繊維を混入することで、ひび割れのみならず内部組織のゆるみも緩和できたためではないかと考えられる。

4. まとめ

コンクリート強度は、受熱温度が100℃を超えると低下が生じ、200℃以上で急激な低下に至るといえる。また、鋼繊維補強コンクリートはひび割れ・強度両面において耐火性に優れている。

参考文献

- 1) 土木学会:コンクリート構造物の耐火技術小委員会報告ならびにシンポジウム論文集、コンクリート技術シリーズ、2004.10.28
- 2) 社団法人 日本コンクリート工学協会:コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書
- 3) 小林一輔、和泉登志、出頭圭三、睦好宏史:図解コンクリート辞典、オーム社、2001.12

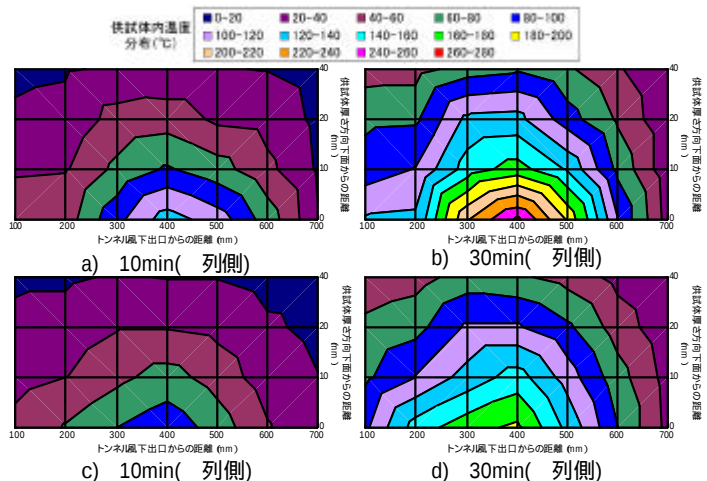


図4 供試体内部温度の経時変化

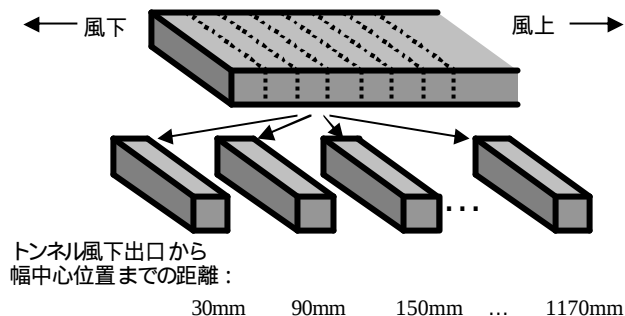


図5 供試体の切断方法

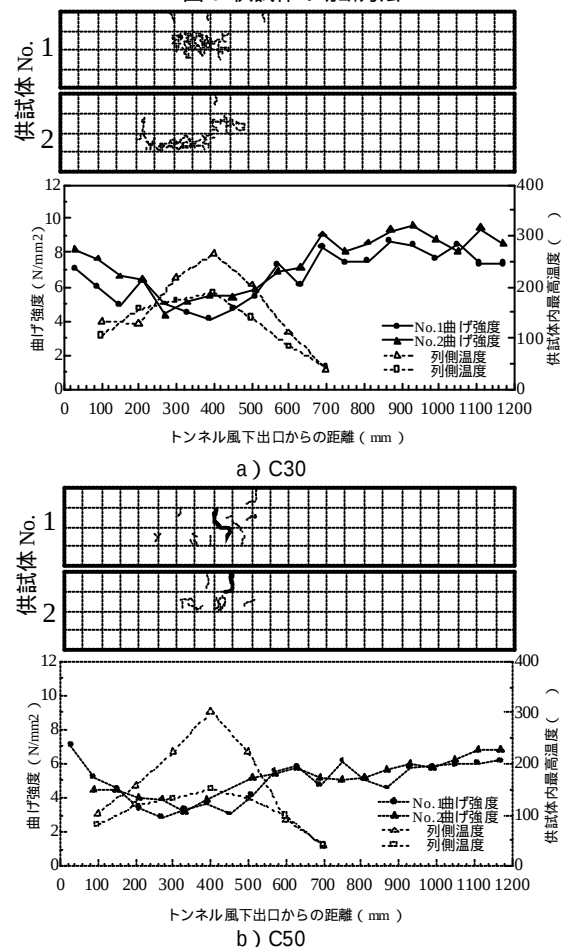


図6 ひび割れスケッチ及び曲げ強度分布