

鋼コンクリート合成部材の鋼材とコンクリートの温度差が コンクリート床版のひび割れに及ぼす影響

極東興和株式会社 正会員 ○笹部隆介
株式会社 栗本 岩田匡弘
鉄建建設株式会社 野坂誠
広島工業大学 フェロー会員 米倉亜州夫

1. まえがき

写真1に示すような鋼コンクリート合成桁の実構造物において、スラブコンクリート打設後、数日経過後から一月後にスラブコンクリートに橋軸直角方向に0.1～0.5m幅のひび割れが発生していた。この原因として直射日光によって鋼桁とスラブコンクリートが熱せられ、双方の温度上昇速度に関する熱伝導率の相違から、鋼材とコンクリートに温度差が生じ、鋼板がコンクリートよりも先に温度が上昇し、それによる鋼板の膨張変化により鋼桁に拘束されているスラブコンクリートに引張応力が生じ、ひび割れが発生したと思われる。



写真1 三径間連続鋼コンクリート橋

本研究では、この温度差によるひび割れに着目し、鋼材とコンクリートの同一熱源による温度差を実験的に測定し、さらにスラブコンクリートの貫通ひび割れを水養生によって修復可能か否かを模型で調べた。

2. 試験概要

2.1 鋼コンクリート部材の熱照射試験

図1は熱照射試験用の供試体を示したもので、鋼板の下にコンクリートを配置し、鋼板から熱が伝達させるようにし、鋼板とコンクリートはスタッドジベル等では結合していない場合と鋼板なしで直接コンクリートに熱照射した場合との2方法で試験した。供試体は300×300×300mmの立方体で、側面および底面を発泡スチロールで取り囲み周辺に熱が逸散しないようにした。コンクリートは水セメント比40%と60%の2種類である。温度測定は鋼板表面および裏面、コンクリート表面から深さ方向の温度を熱電対をセットして測定した。

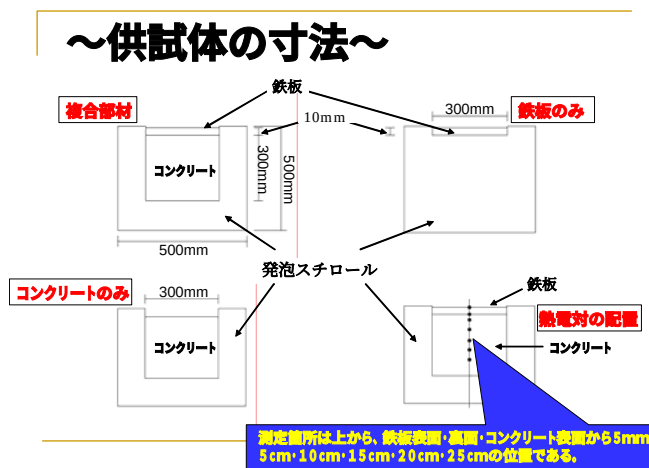


図1 供試体

2.2 貫通ひび割れの水による修復試験

写真2に示すように、10×10×40cmのコンクリート供試体の中央に貫通ひび割れを曲げ試験によって発生させ、あらかじめコンクリート中央部に配置していたD9mm鉄筋でひび割れ幅を0.1～0.7mmに調整した。

ひび割れは材齢7日で生じさせ、直ちに20℃水中養生した場合と1か月間は気中に放置しておき、その後水中養生した場合の2種とした。さらに、1年前に製造し、ひび割れを生じさせ気中に静置しておいた合成桁

スラブコンクリートの水による修復が可能であるか否かについても試験した。水中養生後、写真3に示すように透水試験を行った。供試体中央上面に注水し、下面に透水してくる時間当たり水量を測定することによって、修復状況を調べた。このような試験を行ったのは、ひび割れに水が供給されるとひび割れ内にセメントの成分が溶け出し、ひび割れ内を水和生成物で充填して、漏水なくし、貫通ひび割れを修復してくれると考えたからである。



写真2 ひび割れの生成



写真3 透水試験

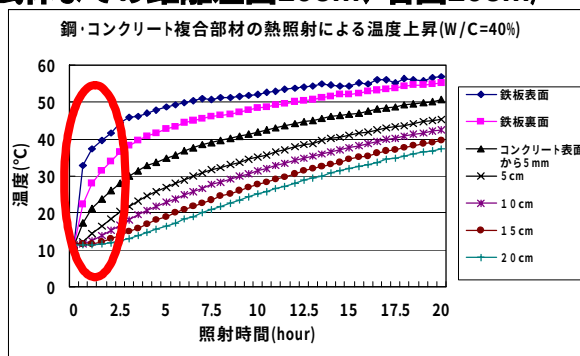
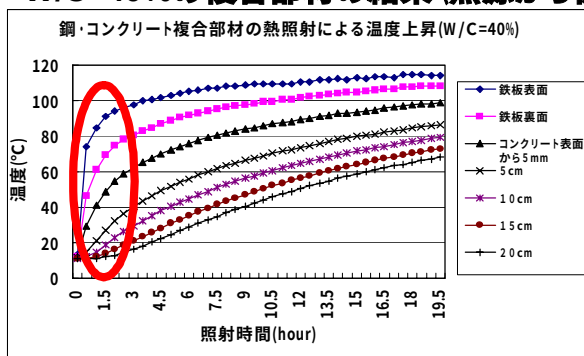
3. 試験結果と考察

3.1 鋼板とコンクリートの熱照射による温度上昇試験結果

図2は鋼板とコンクリートとの合成供試体、図3はコンクリートのみに白熱灯によって熱照射した場合の温度上昇を照射時間との関係で示したものである。熱源から供試体表面までの距離を10cmと20cmとした場合の2種で行った。図2より、鋼板の温度上昇速度は極初期に著しく、鋼板裏面の温度とコンクリート5mmにおける温度は照射1時間で、熱照射距離10cmでW/C=40%の場合、各々60℃と40℃、W/C=60%の場合、45℃と30℃、熱照射距離20cmの場合で、各々25℃と18℃(W/C=40%)、18℃と13℃(W/C=60%)となっている。

試験結果 1. -1 複合部材

W/C=40%の複合部材の結果(熱源から供試体までの距離左図10cm、右図20cm)



W/C=60%の複合部材の結果(熱源から供試体までの距離左図10cm、右図20cm)

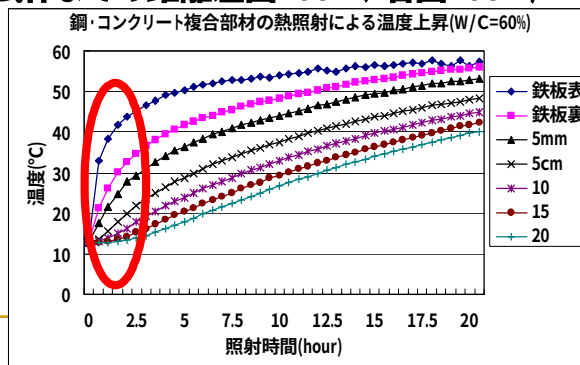
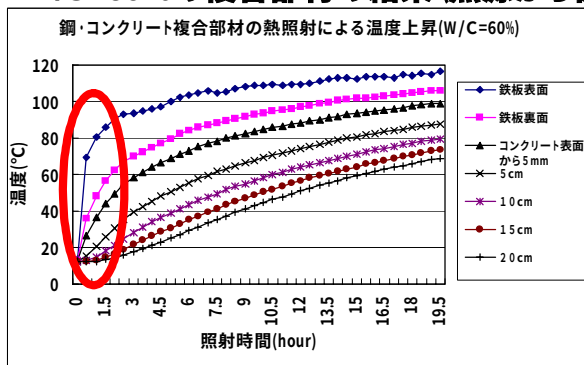
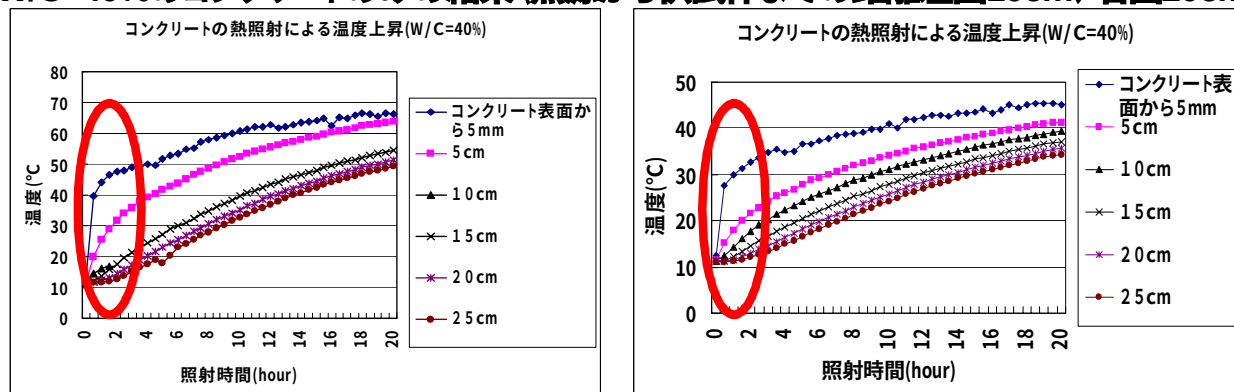


図2 鋼板とコンクリートの合成供試体の温度上昇

コンクリート表面から 5cm 下のコンクリートの部分の温度上昇は、著しく小さく、鋼板裏面との温度差は熱照射距離 10cm、1 時間後で 20℃～30℃に達しており、2 時間後にはさらに温度差が拡大している。以上のことは熱伝導率が鋼材とコンクリートでは著しく異なっており、コンクリートの温度上昇が著しく遅いためである。そのため、鋼とコンクリートの線膨張係数がほぼ等しくても、20℃以上鋼板の温度が高くなれば鋼板の伸び量は $20^{\circ}\text{C} \times 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上となり、合成桁でのコンクリートスラブは鋼桁に連結されているため伸ばされて、ひび割れが生じると思われる。本研究では鋼板とコンクリートは連結されていないので、ひび割れの発生は認められなかった。

試験結果 1. -2 コンクリートのみ

W/C=40%のコンクリートのみの結果 (熱源から供試体までの距離左図10cm、右図20cm)



W/C=60%のコンクリートのみの結果 (熱源から供試体までの距離左図10cm、右図20cm)

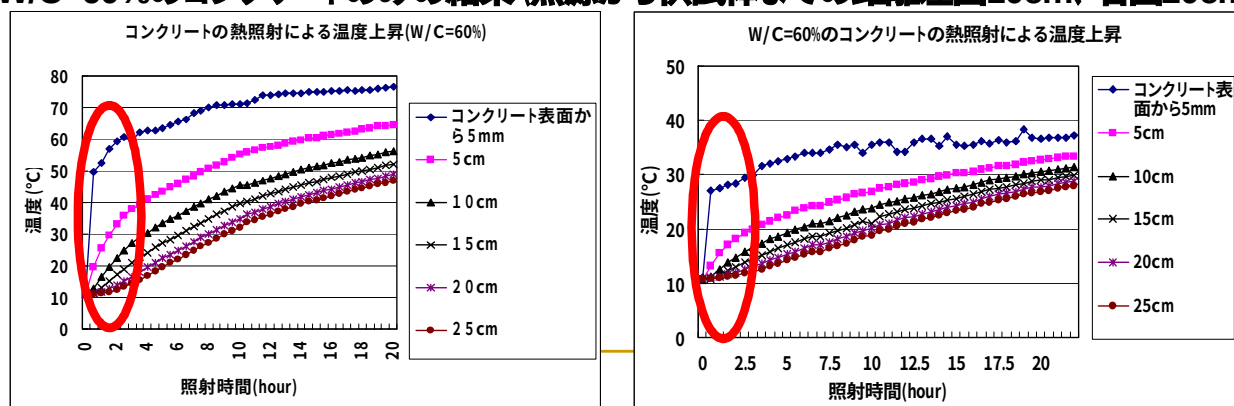


図3 コンクリートのみの供試体に熱照射した場合の温度上昇

図3はコンクリートのみの供試体に熱照射した場合を示している。表面から 5mm におけるコンクリートの温度上昇は、図2に示す鋼板表面の温度上昇より同一照射時間において著しく小さく、鋼板下面に設置されたコンクリートの場合よりも小さい。図3より、5cm 内部のコンクリート温度上昇は照射 20 時間後も照射距離 10cm で 65℃程度まで、照射距離 20cm で 35℃～40℃しか上昇していない。一方、図2の鋼板に接触しているコンクリートの 5cm 内部コンクリートの温度は照射距離 10cm で 85℃～90℃、照射距離 20cm で約 45℃～50℃になっていることは特質すべきことである。以上のような結果となったのは、コンクリートの場合、コンクリート内の水分の蒸発によって気化熱が奪われて温度上昇が小さかったものと思われる。また、コンクリートのみの場合で、W/C=60%のコンクリートの温度上昇が W/C=40%の場合より、表面において大

きいのは、水分の逸散が早く、水分が無くなるためであり、内部コンクリートの温度上昇が小さいのは空隙が多いために含水量が大きいためと思われる。

ひび割れ幅
(mm)

3.2 コンクリート供試体のひび割れ修復試験結果

図4は0.1～0.75mm幅のひび割れを材齢7日で生じさせ、直ちに水中養生した後の透水量と養生日数との関係を示したものである。0.2mm幅以下のひび割れは水中養生7～14日で透水ゼロ、0.45mm幅程度までは透水量をほとんど無くすることが出来た。これは、水中養生することにより、ひび割れが水で満たされ、セメントの成分がひび割れ内に溶けだし、水和反応生成物でひび割れを充填して、漏水を止めるためと思われる。0.55mm以上のひび割れの場合、透水量が14日程程度までは減少している。しかしその後は増大している。これは透水試験によって、長く成長した水和生成物が剥がれ流されるのではないかと考えられる。

図5はひび割れゲージによってひび割れ幅の水中養生による変化を測定した結果を示したものである。ひび割れは水和生成物によって充填されるので、それほど小さくならないと考えていたが、コンクリートの膨潤による為か、多少減少している。

図6はひび割れを材齢7日で発生させ、28日間室内に放置後、水中養生を行いひび割れが修復出来るか否かを透水試験によって調べた結果を示したものである。コンクリート打設後1ヶ月以上経過しているにもかかわらず0.2mm以下程度のひび割れは修復可能であることが認められた。1年経過後の供試体の場合、5cm厚さのスラブコンクリートであったため、ひび割れの修復は不可能であった。しかし、実構造物の場合、コンクリート打設後1年経過していたスラブコンクリートの0.2mm程度のひび割れの修復は湿潤養生で可能であった。長時間放置された場合、ひび割れ内は水酸化カルシウムと炭酸ガスが反応して不溶性の炭酸カルシウムで覆われるようになるためスラブ厚さが小さい場合、修復不可能である。実構造物の場合、スラブ厚さが25cmあり、厚さ中央部は炭酸化していなかったと思われる。

4. 結論

- 1) 鋼とコンクリートの合成桁は直射日光によって鋼桁とコンクリートとの温度差が20℃以上となることがあり、コンクリートスラブに橋軸直角方向にひび割れを生じる。
- 2) 0.2mm以下のひび割れは水で2週間程度以上湿潤養生または水中養生することにより修復可能である。

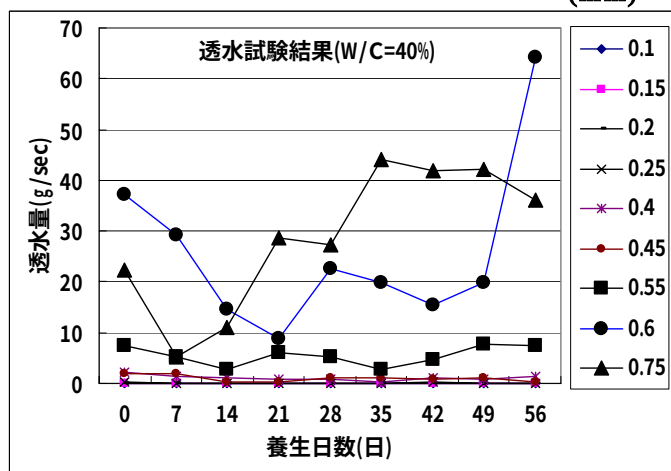


図4 ひび割れ水中養生による透水量の変化

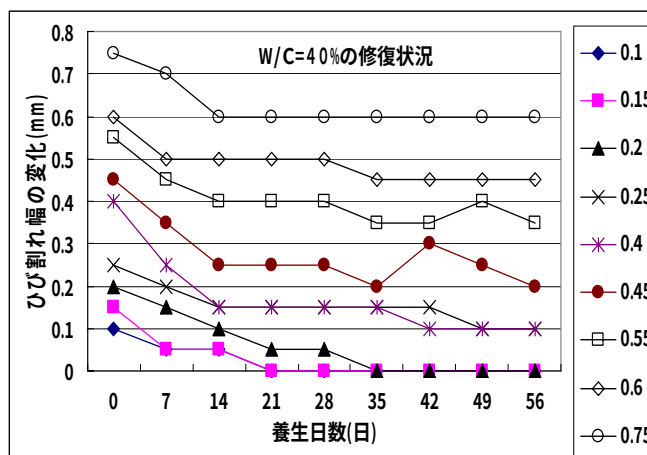


図5 水中養生によるひび割れ幅の変化

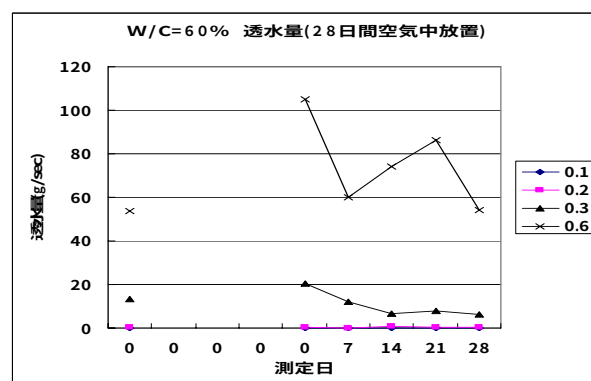


図6 気中28日放置後水中した場合の透水性