PC 箱桁橋の加熱試験に関するシミュレーション解析

JIP テクノサイエンス	正会員	竹原 和夫
西日本高速道路	正会員	大城 壮司
大阪工業大学工学部	正会員	大山 理
大阪工業大学工学部	正会員	栗田 章光

1. はじめに

2006年の守口高架橋,2008年の首都高速5号池袋線など,火災により高架橋が損傷する事例が報告されている.PC桁橋が火災を受けた場合,高強度コンクリートの爆裂およびPC鋼材の強度低下などが懸念されることから,火災による受熱温度や変形などを把握する必要がある.そこで,2009年度に実物のPC箱桁橋を用いた加熱試験を実施している¹⁾が,本文では,この試験に対して有限要素法を用いたシミュレーション解析を試みた結果について報告する.

2. 試験概要

本試験に用いた供試体は,幅7190mm,高さ2700mm,長 さ2350mmのPCセグメントを3つ接合したPC箱桁橋で, 図-1のようにその中央部3000mmの範囲に対して加熱試験 を行った.熱電対の設置位置は,下床版の上下段鉄筋,内ケー ブル,コンクリート内部(下面から100mmの位置)および 上面とした.加熱実験では,開始5分程度で下床版下面の爆 裂が始まり,10分後に下段鉄筋が露出した.その後も爆裂は 進行し,20分後には下段鉄筋が垂れ下がるとともに,内ケー ブルのシースが露出した.この爆裂現象は,加熱を終了した 30分まで継続した.試験後に計測した爆裂深さは,下床版厚 200mmに対して最大で165mmであり,この部分では上段鉄 筋までも露出に至った.



図-1 加熱方法



図−2 解析モデル

図-3 解析モデル(爆裂深さ100mm)

3. 解析条件

この加熱試験に対して有限要素解析を試みる.解析モデルを図-2に示す.実験対象の3セグメントを全て ソリッド要素でモデル化した.対称条件を考慮し,橋軸直角方向1/2領域をモデル化した.対流境界および加 熱による温度上昇をモデル化するために,全てのソリッド要素の表面に対流境界要素をモデル化した.要素分 割については,特に爆裂の生じた下床版近傍を細かくした.なお,今回の解析において,鉄筋および PC 鋼材 はモデル化していない.モデルの節点数は24246 である.解析には汎用構造解析ソフトウェア DIANA²⁾を用 いた.

数値計算において,下床版断面の爆裂による断面減少を考慮するために,下床版断面が下面から欠損するモ デルを設定した.ここで,爆裂深さは0,50,75,100mmの4種類とし,表-1に示すように実験結果に応じて 解析モデルを変更した.図-3は爆裂深さ100mmモデルの拡大図である.爆裂深さが変更となる場合の対流境 界要素については,その深さに応じて適宜変更することとした.熱特性値は,実験結果ではなく,文献^{3),4)}に 示されている温度依存性の物性値を使用した.

火災温度曲線は,実験結果に基づき炉内の平均温度を用 いた.火災の適用方法については,既報の研究^{5),6)}を参考 に,火災の当たる部分の対流境界要素の熱伝達率を変更 する方法とした.適用した熱伝達率は,火災部においては 200W/m² ℃,一般部においては25W/m² ℃とした.解析 に用いる時間間隔は0.72分,初期温度は20℃とした.

表-1 解析モデルと時間範囲

解析モデル	時間範囲(分)
爆裂なしモデル	0.0 ~ 10.08
爆裂深さ 50mm モデル	10.08 ~ 15.84
爆裂深さ 75mm モデル	15.84 ~ 21.60
爆裂深さ 100mm モデル	21.60 ~





中央断面の下床版におけるコンクリート中段(下面から 100mm)と上段の受熱温度の関係を図-4 に示す. なお同図には本解析で用いた炉内温度および計測結果を併記している.図-5 は図-4 の拡大図であり,さらに 図-6 に同断面における鉄筋位置(かぶり 35mm 位置)の受熱温度と時間の関係を示す.これらの図より,爆 裂に伴って生じる受熱温度の上昇傾向が,本解析によって表現できていることがわかる.また,最終時刻にお けるコンクリート上面の受熱温度は,実験の 91 ℃に対して解析では 96 ℃,また上段鉄筋の受熱温度は実験の 111 ℃に対して,解析では 114 ℃とほぼ一致した結果となった.

5. まとめ

本研究より,得られた知見を以下に示す.

- (1) 本解析手法を用いることで,爆裂に伴う温度上昇傾向を表現することができる.
- (2) 最終時刻における下床版コンクリート上面および上段鉄筋の受熱温度は実験結果とほぼ一致する.

参考文献

- 1) 今川,大城,大山,栗田: PC 箱桁橋の加熱試験,第64 回年次学術講演会概要集, V-394, pp.785-786, 2009.9.
- 2) DIANA User's Manual Release 9.3, TNO DIANA b.v.
- 3) Eurocode 3: Design of steel structures Part 1.2 : General rules Structural fire design , prEN 1993-1-2, 2003.4.
- 4) Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1.2: General rules Structural fire design, prEN 1992-1-2, 2002.10.
- 5) 土木学会:コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集,2004.10.
- 6) 竹原,今川,大山,栗田:初期不整を考慮した合成桁橋の火災に関するシミュレーション解析,第64回年次学術講 演会概要集,2009.9. CS2-007, pp.53-54, 2009.9.