火災を受けたコンクリート構造物の評価について

西日本旅客鉄道（株）　　正会員　○唐木　大輔，野村　道浩，野村　倫一

１．はじめに

高架構造と高架下の利用は，都市の多様化に伴いますます増加する傾向にあるが，高架下利用箇所において一旦火災が発生すると，高架橋の原状回復には，膨大な費用と労力を必要とする．その際最も重要なことは，現状の構造物の変状の状況を把握し，列車の運行の可否を可能な限り早期に判断することである．奇しくも平成 16 年に当社で起こった高架下箇所の火災（写真-1）を通じて経験した火災後の検査，補修後の検査を分析し，早期に列車運行可否を決定させるフローの作成，検証を行った．

２．検査概要

火災後の検査は以下の①～④に示す検査方法で実施，評価した．また健全部と 被災部の比較分析も行うこととした．ここで，健全部とは火災箇所から離れた同一 RC ラーメン橋における柱，梁，スラブのことであり，被災部とは火災により火害を受けた柱，梁，スラブのことである．

① 目視及び打音による検査
② シュミットハンマーによる強度試験
③ 中性化深さ測定
④ 衝撃振動試験

写真-1　火災箇所

３．検査結果

(1) 目視及び打音検査

火災を直接受けた箇所のコンクリート面は灰白色またはピンク色に変色が認められ，その周辺部はすすが付着していた．この時の受熱温度が灰白色部は 600～950℃，ピンク色部は 300～600℃，すす付着部に関しては 300℃未満であったと考えられる．柱・梁は亀裂が入り，点検ハンマーで叩くと容易にたたき落とすことが出来た．また，すす等が付着している部分でも亀裂，ひび割れが発生していたが打音により健全と認められた．ここで，図-1 は火災による変色した箇所の概略図を示す．

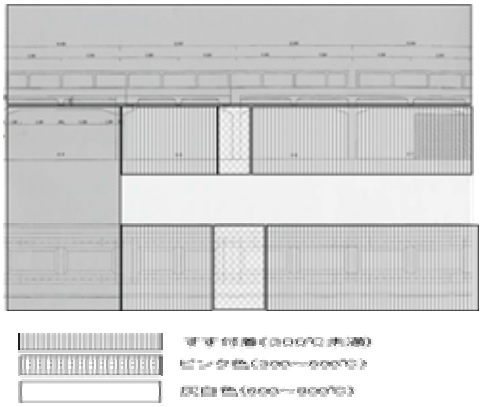

図-1　火災による変色箇所の概略図

(2) リバウンドハンマーによる検査結果視及び打音検査及び打音検査

健全部と比較し，柱，床板とも反発力の低下がみられた．最も低下した部位は床板で，設計強度比に換算すると，火災を受けたことによって 79%まで低下した．なお，対象 RC 高架橋の設計圧縮強度は 24.0N/mm^{2}である．（表-1）

表-1　リバウンドハンマーによる反発強度試験

部位	被災箇所		健全部	
	圧縮強度 (N/m ^{2})	設計強度比 (%)	圧縮強度 (N/m ^{2})	設計強度比 (%)
柱	22.4	93	29.7	124
地覆			29.7	124
床板	18.7	78	25.3	105

(3) 中性化深さ測定による検査結果

被災後の梁・柱・地覆に関する中性化深さは健全部より大きくなったことがわかった．また柱部においては理論値[1)]の中性化深さ 18mm より，はるかに上回る値となったことから，コンクリートが 500℃以上で加熱されていたと推察され，火災による受熱時間が梁・地覆に比較して長かったものと考えられる．（表-2）

表-2　中性化深さの測定結果

部位	健全部 (mm)	火災箇所 (mm)
柱	20	27
地覆	3	18
縦梁	13	25

キーワード　火害，検査，受熱温度

連絡先　京都支社　京都土木技術センタ-　〒601-8411　京都府南区西九条北ノ内町５番地５　ＴＥＬ075-682-8116

(4)　衝撃振動試験結果

同じ部位で 10 回試験を行って得た衝撃振動波形を重ね合わせ火災後の固有振動数を比較した．標準値 2.77Hz と比較すると被災箇所の固有振動数は 3.2Hz であったため現状では問題は少なく健全という結果となった．

表-3　鉄筋引張試験結果

柱部	引張強さ	平均	許容応力度
①	339	356	350
②	373		
③	373		

(N/mm^2)

(5)　鉄筋引張試験結果

火害を受けた柱部の鉄筋引張試験を行った．結果は許容応力度を概ね上回っていた（表-3）．

４．火災による構造物の評価

以上の検査結果から，コンクリートの損傷はコンクリート表面とかぶり部分であり，断面二次モーメントの減少で，剛性の低下を招いているものの，鉄道施設として考えた場合，機能上問題ないと判断された．しかし，火災による剛性の低下，付近の第三者に与える不安，コンクリートの剥落，ひび割れ，中性化による耐久性の低下，劣化による美観の低下がみられた為，耐久性能及び，美観の回復を目的とした補修を行うこととした．

５．補修

(1)　補修範囲の検討

火災に対する補修工法の原則[2)]を参考にして①コンクリートの剥落，浮き等が見られる箇所，②中性化残りが少ない箇所で補修が必要であると判断した．

(2)　補修工法

すす等を取り除き中性化の深さを調べ，はつり深さの確認を行なったのち断面修復工法でポリマーセメントを用いて断面修復を行った．またプライマーで下塗り，ビニロンメッシュの繊維シートを貼り付け中塗り，上塗りを行なう全面表面処理工法を行なった．また補修後の付着力試験では 2.0N/mm^2 と当社が定める基準値の 1.0N/mm^2 を上回っていた．また高欄に関しても火災による損傷が大きかった為，既設高欄の取替えを行った．

６．　火害診断

火害診断結果としてはコンクリート表面及び火災によって脆弱化した部分が見られ耐久性能及び，美観の回復を目的とした補修を行う必要があると判断された．その結果から断面修復工法，及び全面表面処理工法を行った．今後も補修箇所については継続調査を行い，補修効果を確認していきたい．

７．火災時の対策案

被災を受けた構造物は過剰に被害を評価して，不必要な取替えや補強をすることになりかねない．そこで今回行った検査結果及び，過去に火害を受けた事例を参考にして火災に対する対策フロー（案）を作成した．（図-2）材料試験では①強度試験，②中性化試験，③鉄筋の引張強度試験を，応力試験では①応力たわみ測定②振動測定の試験結果を健全部，理論値と比較して徐行の解除もしくは，徐行速度の向上等判断する必要がある．

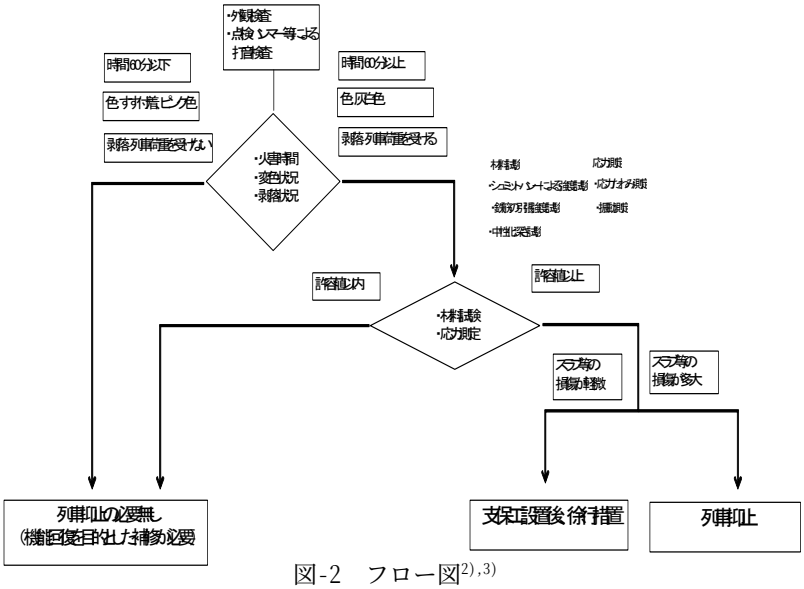

図-2　フロー図[2),3)]

８．おわりに

高架下は過密化及び土地の払底から需要が年々伸びている．今後も建物火災による土木構造物被害が増えていくと予想される．今後このような火害時に今回作成したフローが生かされれば幸いである．

参考文献

1)日本鉄道施設協会誌８月号　H17.8.1　43 巻第８号　日本鉄道施設協会

2)建造物取替えの考え方　S52.3.15　高橋　寛　　日本鉄道施設協会

3)構造物保守管理の標準・同解説（コンクリート構造）