

打込み直後に火害をうけたコンクリートの一調査

保 坂 誠 治*

1. ま え が き

コンクリート構造物の耐火性および耐力診断法などについては、その評価結果が重大な影響をもつものだけに、多くの調査研究が報告されている。

しかし、打込み直後に型枠火災などによって火害をうけたコンクリートに関する調査研究はほとんど発表されていない。たぶんこの種のトラブルが珍しいこと、また施工中のため、やり直しが容易であることなどによるものと思われる。

筆者らはたまたまこの問題に直面し調査を行う機会を得た。不十分な調査ではあるが、あえて資料を提供し、諸賢の御批判を仰ぐものである。

2. 事故の状況

ポストテンション単純桁橋の工事中、主桁製作ヤードにおいて、主桁コンクリート打込後、練炭コンロによって保温養生を行った。この際コンロの火が主桁製作台の横棧に燃え移り、側型枠の一部に類焼した。幸い発見が早く、直ちに消火作業が行われたため、直接コンクリートに接している膜板面までは焼失しなかった。

以上の経過を表-1に、また被災状況を写真-1~3に示す。

3. 調査の考え方および方法

調査に当たっては、火害をうけた主桁コンクリートの健全度を、非破壊試験の範囲内で、適確にしかも短い時間で評価することが工事遂行上必要であった。

まず、この桁を設計的な観点からみた場合、被災を受けた部分が桁の端部に近いため、いわゆる設計断面ではないこと、この付近は主桁腹部が拡幅されており、比較的マッシブな断面であるため、応力的な余裕度が高いことなどがいえる。

一方、写真-3からもわかるように、外観上は被災部がとくに大きな損傷をうけた徴候が見受けられず、この部分をハンマーで軽打した範囲では異常音は認められなかった。

これらの点から、コンクリートの表面硬度を測定してコンクリートの強度を推定することが、火害の性質上、

* オリエンタルコンクリート(株)

表-1 事故の経過

時 間	内 容
13.30~16.30	主桁コンクリートの打込み
18.00~	練炭コンロの配置、シートで覆う
23.51~	第三者の火災通報、消防車による消火

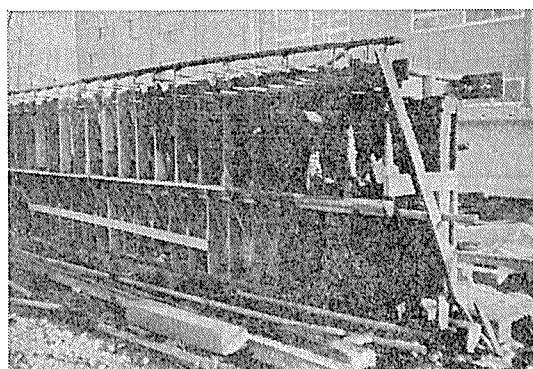


写真-1 側型枠外面の被災状況

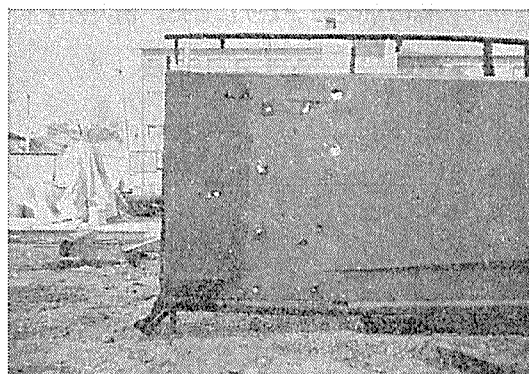


写真-2 側型枠内面の被災状況

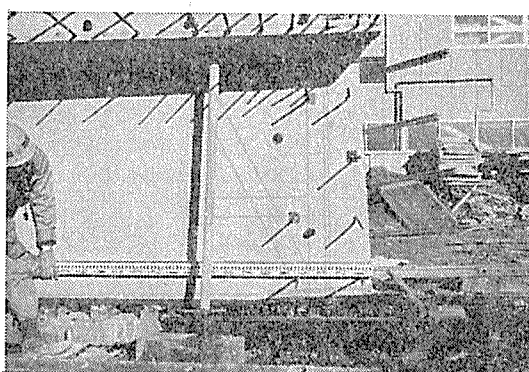


写真-3 被災部主桁コンクリートの外観

コンクリート表面から最も損傷を受けやすい点を考慮すると、妥当な検査方法と考え、シュミットハンマーの採用をきめた。なお測定結果の評価は、被災部と正常部の

それぞれの測定値を比較することを基本とした。

また、補足的な調査として、被災時のコンクリート表面付近の受熱温度を推定するために、実大模型による火災の再現を行い、温度および加熱時間の測定を行うことにした。

4. コンクリートの受熱温度の測定結果と考察

この測定は、主として 写真-1 の状態に達するまでの、コンクリート表面付近の受熱温度曲線を得るために行ったものである。

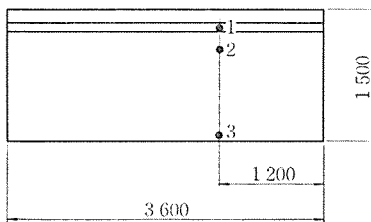
測定はできるかぎり火災発生時と同じ条件を再現するように努めた。すなわち、主桁製作に用いた型枠の一部を利用し、実大模型（無筋コンクリート）を製作した。表-2 に経過を示す。

表-2 模型試験の経過

時 間	内 容
9.00~10.00	コンクリートの打込み
15.00~15.30	型枠への着火、測定、消火

供試体表面の受熱温度の測定はCA熱電対（1.6φ、0.75級）を用いた。図-1,2 に測定位置を示す。

加熱方法はガスバーナーにより、製作台の枕木に点火し、自然に型枠に類焼するようにした。消火のタイミン



注) 1, 2, 3 は熱電対を示す

図-1 供試体側面図

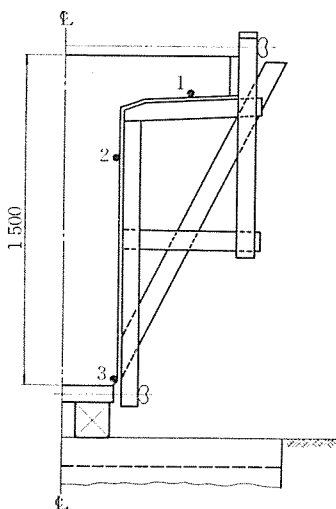


図-2 供試体断面図

グは側型枠外面に着目し、実際の被災状況と同じ程度になるまでとした。写真-4~7 にその状況を示す。

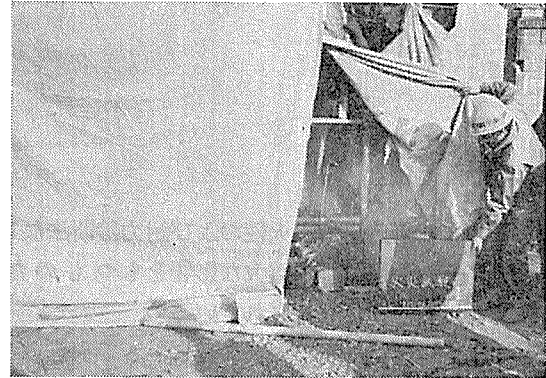


写真-4 着火直後



写真-5 類焼状況

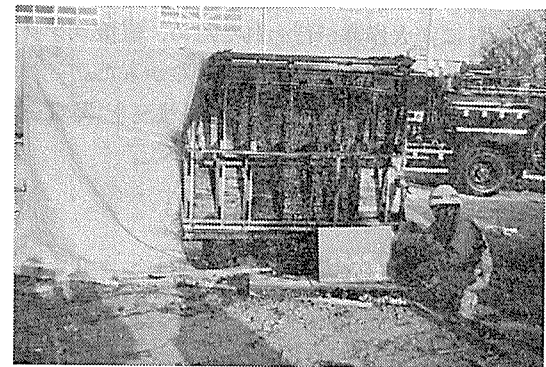


写真-6 側型枠外面の被災状況



写真-7 側型枠内面の被災状況

表-3 供試体コンクリート表面の受熱温度測定結果

測定 順序	測定 時刻	測定値 (mV)			備 考
		1	2	3	
1	14.15	0.50	0.58	0.47	着火前の予備測定
2	15.10	0.81	0.70	0.51	製作台、枕木、角材に着火
3	15.11	1.26	1.15	0.65	型枠骨板まで火が移り主桁上縁まで 炎があがる
4	15.18	1.48	1.59	0.94	骨板が激しい勢いで燃える
5	15.20	1.60	1.83	2.00	〃
6	15.21	1.71	1.97	2.41	〃
7	15.25	7.73	2.68	5.30	シートの一部に穴があき煙突の役目 を果し、炎が集中した主桁上縁膜板 の一部焼失
8	15.30	2.79	2.36	2.73	消火器および散水により消火直後

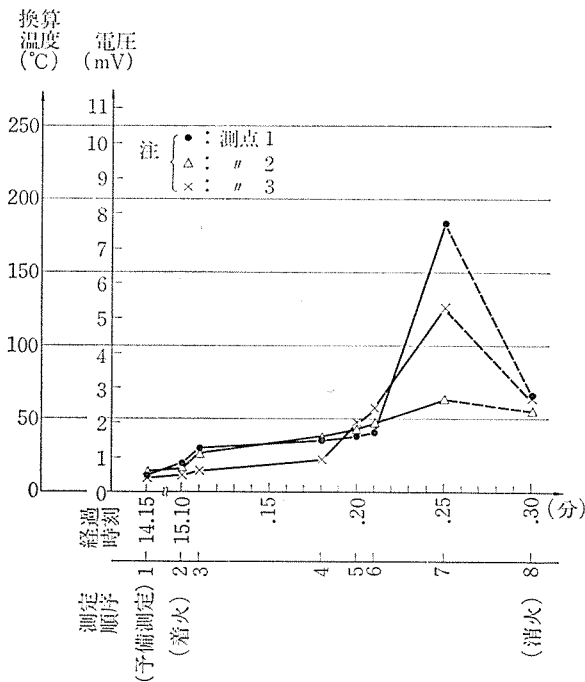
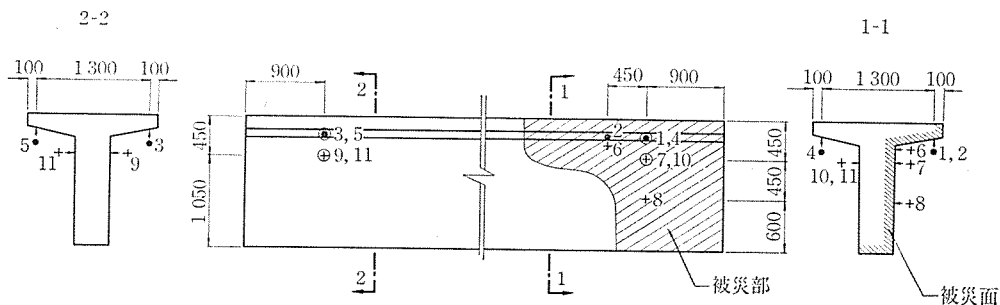


図-3 コンクリート表面受熱温度曲線



(注)
 測点 1, 2, 6, 7, 8 被災部
 測点 3, 4, 5, 9, 10, 11 正常部
 各測点毎の測定点
 (8点) (mm)
 + + + +
 + + + +
 30 30 30 30

図-4 表面硬度測定位置

表-3, 図-3 に供試体コンクリート表面の受熱温度の測定結果を示す。

図-3 から、今回程度の型枠火災の範囲内では、膜板が残っている部分(測点 2, 3)では、コンクリート表面の受熱温度は高々 130°C, また膜板が焼失して直接炎をうけた部分(測点 1)でも 200°C 以内であった。発熱量は燃焼量と燃焼時間に関連するものであるが、条件的にはほぼ同じと考えられるこの実験から、火害をうけた主桁本体もコンクリート表面の受熱温度および時間は最高 200°C, 20 分以内の被災と思われる。したがって、かぶり 4 cm 以上の鉄筋および PC 鋼線については、その物理的性質の低下はほとんど無視できるものと考えられる¹⁾。

5. シュミットハンマーの測定結果と考察

シュミットハンマーの測定は、被災をうけた主桁コンクリートの材令が 6 日目に行った。

測定位置は 図-4 に示すように、被災部と正常部のそれぞれほぼ対応する位置を選んだ。

測点をグループ別にみると、被災部 5 箇所、正常部 6 箇所となる。各測点に対しては 図-4 (注) に示すように、3 cm 間隔 8 点のデータを取り、これを 1 組としてその平均値を 1 測定値とした。なお平均値を算出するに当っては 8 個のデータの平均値から ±20% をこえるデータは捨てた。

データの採取に当っては、各測点番号順に測定し、これを 10 回くり返す連打とした。

表-4 に各測定毎 8 個のデータの平均値を示す。

表-4 から同一測定点においても連打数によってデータが変化していることが直観的にわかる。シュミットハ

報 告

表—4 各測点毎 8個の測定値の平均値（反発硬度）

測点	連打回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		被災部	1	37.1	40.4	44.0	45.8	47.3	51.0	56.0	51.6	52.5
床版部	2	35.0	43.4	43.7	48.7	48.3	52.0	55.4	57.0	52.6	54.8	
	3	38.0	37.1	44.1	46.2	41.8	50.7	45.5	47.9	47.8	50.0	
	4	34.1	38.2	38.2	43.9	44.1	52.3	49.5	50.2	50.1	48.6	
	5	35.4	41.3	51.3	44.5	47.8	52.0	50.7	50.8	54.3	55.0	
	被災部平均	36.1	41.9	43.9	47.3	47.8	51.5	55.7	54.3	52.6	54.0	
	正常部平均	35.8	38.9	44.5	44.9	44.6	51.7	48.6	49.6	50.7	51.2	
腹部	被災部	6	28.9	32.8	34.1	33.6	36.7	40.7	43.3	41.8	43.8	44.6
	7	27.7	33.4	34.7	40.1	39.3	36.6	44.3	48.7	39.6	42.4	
	8	29.8	35.0	40.9	40.6	44.6	46.7	43.5	42.9	49.5	48.9	
	9	30.0	33.0	41.7	46.7	43.9	47.0	49.4	49.0	52.1	50.1	
	10	30.5	31.3	34.2	39.0	42.2	44.6	42.8	43.9	48.8	47.9	
	11	30.7	33.4	35.3	33.4	42.3	40.7	43.4	44.1	48.2	48.0	
被災部平均	28.8	33.7	36.6	39.8	40.2	41.3	43.7	44.5	44.3	45.3		
正常部平均	30.4	34.2	37.1	41.4	42.8	44.1	45.2	45.7	49.7	48.7		
全平均	32.5	39.8	40.2	43.0	43.5	46.8	47.6	48.0	49.0	49.4		

ンマーによる反発硬度と連打回数に相関関係があることはすでに報告²⁾されているが、この相関を統計的に調べるために、表—5 の各組合せについて相関の検定を行った。

表—5 組合せ

ケース	内 容
①	全データ
②	床版内データ
③	腹部内データ
④	被災部と正常部

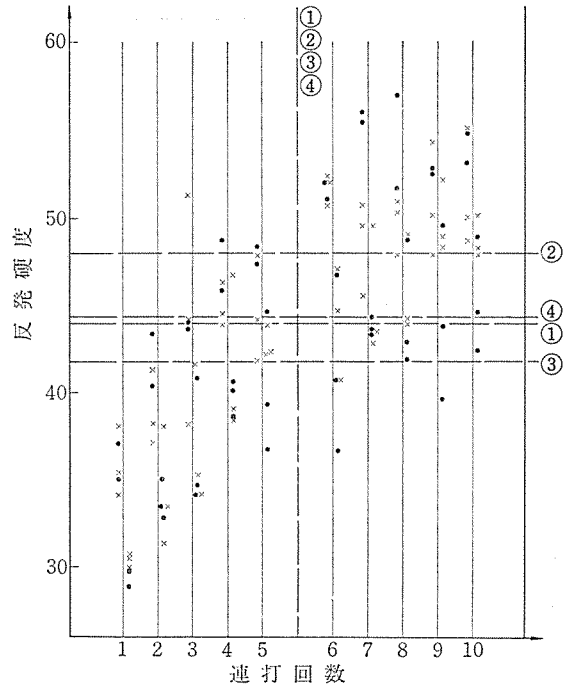
相関の検定は簡便法すなわち分散図をもとに二項確率紙で行うことにした。

図—5 に分散図を示す。また同図中に 表—5 の組合せに対するメジアン線を入れた。

図—5 の各象限内の点を数え、二項確率紙に打点すると 図—6 のようになる。

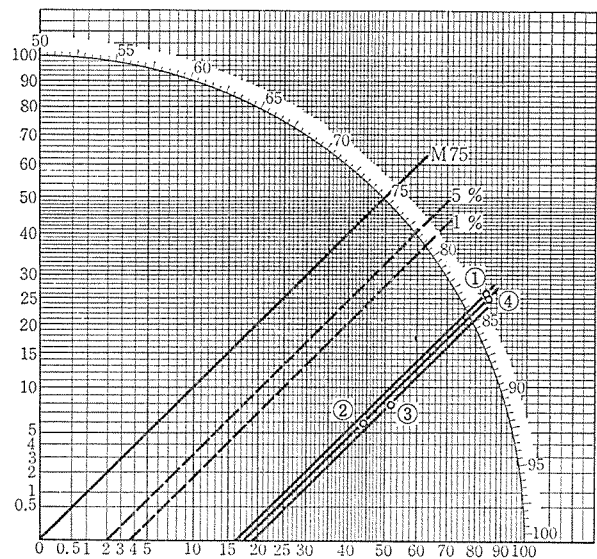
図—6 から 表—5 の各組合せに対するいずれのケースも正の相関があり、その寄与率は 80% 程度であることがわかった。

以上の検定によって、シュミットハンマーによるコンクリートの表面硬度を測定する場合、連打回数の影響が大きいため、これを区別せずに被災部と正常部の母平均の比較を行うことが無理がある。なおまた、図—5 のメジアン線②、③の差が大きいことから、床版部と腹部も区別する必要があると思われる。したがって、表—4 における各連打回数毎に床版部、腹部各々の被災部平均値と正常部平均値の差の検定（ σ 未知、対応のある場合）を行うことによって、被災部と正常部の表面硬度の比較



(注) 1. ×被災部、・正常部
2. 左側は床版部、右側は腹部
3. ---メジアン線

図—5 分散図



図—6 相関の検定

を行うことにした。

検定の方法は二項確率紙による簡便法によった。

図—7 に結果を示す。

図—7 からわかるように、実測三角形が有意水準 5% の範囲内にあるので、この検定から被災部平均値とこれに対応する正常部平均値の間には有意な差があるとはいえない。いいかえれば、対応する 2 つの平均値の間には

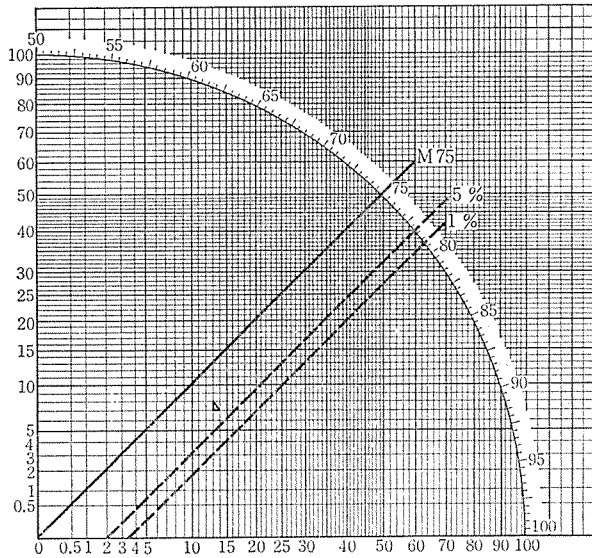


図-7 母平均の差の検定

それぞれ見かけの差はあるが、これは実験誤差等によるもので、真の差はないという仮説（ゼロ仮説）を否定することはできなかった。

統計的により厳密な推定を下すためには、技術的判断等をもとにして、問題としてとりあげるのに必要な差（問題差）をあらかじめ設定（対立仮説）しておき、平均値の差の信頼区間を求めて、この信頼区間と対立仮説との相対的な関係を求め、差に対する総合的な判断を下すべきであるが、図-5 に示すように、シュミットハンマーの測定値はかなりばらつきが大きく、問題差を設定することは技術的に困難であった。したがって図-7 を重視して、2つの平均値の間には差がないという総合的な判断を下すことにした。

6. 結 論

打込み直後に、型枠の火災によって火害をうけたコンクリート桁に対する簡単な調査を行い、この桁の健全度を調べた。

この測定範囲内から、おおよそ以下の事項が推定でき、これをもとに健全度の判定を下した。

まず、実大模型による火災の再現を通して、コンクリート表面の受熱温度は、最高 200°C、20 分程度の被災をうけたものと思われる。したがって 4 cm 以上のかぶりをもつ主桁内の鋼材への影響は無視できる程度のもものと判定した¹⁾。

次に火害をうけた主桁コンクリートは、被災部表面を含め完全に硬化していた。材令 6 日におけるシュミットハンマーによる表面硬度の測定から、被災部と正常部の硬度の平均値の間には、ほとんど差がないと判断した。したがって、コンクリートについても火害の影響は無視できる程度と判定した。

以上の 2 点のほか、被災部表面に火害による特別な損傷が認められないこと、被災部が桁端に近く比較的マッシブな断面であることなどを考慮して、この桁は健全であるとの総合判定を下した。

参 考 文 献

- 1) 例えば、特集—構造物と火災、コンクリートジャーナル Vol. 11 No. 8 (1973)
- 2) 沢田他：シュミットハンマーの単打および連打によるコンクリートの強度判定について、プレストレストコンクリート Vol. 18 No. 3 (1976)

◀ 刊行物案内 ▶

PC 構造物設計図集発売について

当協会では、「PC 構造物設計図集」を本会編集、(株)技報堂発行の形で出版しておりますのでお知らせします。

本書は、本協会誌「プレストレストコンクリート」の末尾に掲載致しておりました折込付図を、協会誌編集委員会の手により、PC の設計・施工にたずさわの方々のご使用に便利のように、土木編(32編)・建築編(28編)・その他(4編)の三部門にわけ、それぞれに写真・説明等を入れ、わかりやすく編集したものです。皆様のお手元にぜひお備え下さいませよう、おすすめ申し上げます。

体 裁：B4判 133 ページ 活版印刷

定 価：1500 円 会員特価・1200 円 (〒200 円)

申 込 先：社団法人 プレストレストコンクリート技術協会