

業平橋専賣局工場火害調査報告

共同研究員

主任研究員 ⁽¹⁾ 猪瀬 寧 ⁽²⁾ 西 忠雄 ⁽³⁾ 河上 房義 ⁽⁴⁾
 正員 工博 岡本 舜三 ⁽⁵⁾ 丸安 隆和 ⁽⁶⁾ 久保 慶三郎 ⁽⁶⁾

A REPORT OF AN INVESTIGATION OF THE FIRE-DAMAGED NARIHIRA-BASHI WORKS OF THE JAPANESE TOBACCO MONOPOLY BUREAU

*S.Okamoto, Y.Inose, T.Nishi F.Kawakami,
 T.Maruyasu, K.Kubo*

Synopsis During the Pacific War, air-raids by the Allied Forces started many fires in various places of Japan and not to speak of wooden houses, reinforced concrete structures also were badly destroyed.

It will constitute a very important problem scientifically to judge the safety of such fire-damaged structures and to study methods of their rehabilitation.

In this connection, a decision was made to take up a systematic study for judgement of the safety of war-damaged concrete structures and for their reinforcement.

Preliminary to the study, actual state of war-damaged structures were investigated.

In this paper are stated the results of one of these investigations made in the Narihira-bashi Works of the Japanese Tobacco Monopoly Bureau.

The investigation made clear the cause of the fragility of fire-damaged structures especially in case of earthquakes.

第1章 概説

今次の戦争中の空襲により各所に火災が発生し、その際に木造家屋は勿論、鉄筋コンクリート構造物もこの火災のために相当な被害を蒙つたが、之等戦災コンクリート構造物の安全性を科学的に判定し、又この復旧方法を研究することは極めて重要な問題である。そこで昭和22年度文部省科学試験研究費の補助を得て、戦災コンクリート構造物の安全性の判定並びにその補強に関して組織的な研究を行う事になった。然してその研究に先立ち実際に戦災をうけた構造物が如何なる状態を呈しているかを調べた。本報告は専売局業平工場に関するものである。

本工場は他の構造物に比べて次の如き特徴があり、特にその状況の詳細を報告する所以である。

1. 被害の程度が極めて著しい事
2. 各種の被害例が見られる事
3. 火災経過が割合はつきりしている事
4. コンクリートの施工がよいと考えられる事
5. 全然火災を蒙らない部分もある事

等である。先にも述べた様に本工場がここに述べる如き惨憺たる被害状況を呈している事は、火災がはげしく且長期に亘る時は、施工がよくても被害が如何なる程度にまで到るものであるかという事を示す好例である。此の例より、地震時被災コンクリート構造物の特に脆弱である原因も窺い知る事が出来るのであつて、その意味で本報が多少とも参考となれば幸である。

第2章 火災状況

業平工場は3月9日夜の空襲によつて火災が発生した。当時の発火、延焼の状況について、火災当時業平工場におられた方々から、9日から10日に到る模様を聞く事が出来た。

(1) 東大教授 第二工学部
 (2) 建設技官 建設省土木研究所
 (3) " "
 (4) 建設技術研究所
 (5) 東大助教授 第二工学部
 (6) 同上

i) 倉庫

倉庫附近のバラックの火は主として2階ホイスト入口から侵入室内に広がつたもの及び正面エレベーター及び図-1に示す入口アーケード上に堆積してあつた葉煙草が発火し、之が室内に舞込んで発火の原因となつたものと考えられる。西北風の強さは猛烈を極め立つて歩く事が困難な程であつた。

倉庫が発火したのは、10日0時頃の模様であるが、倉庫の火を確めたのは10日1~2時頃の間であつた。

図-1

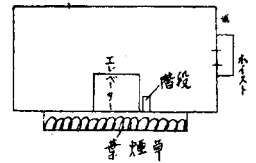


図-2

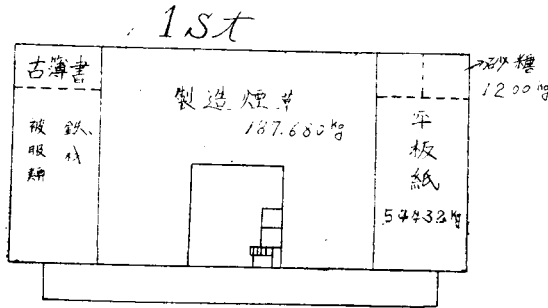


図-3

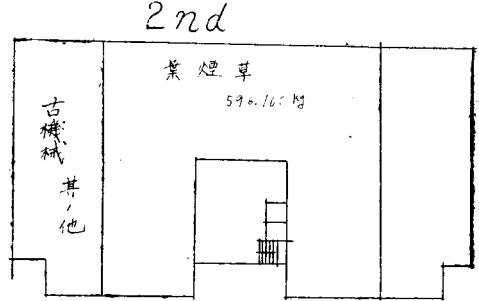
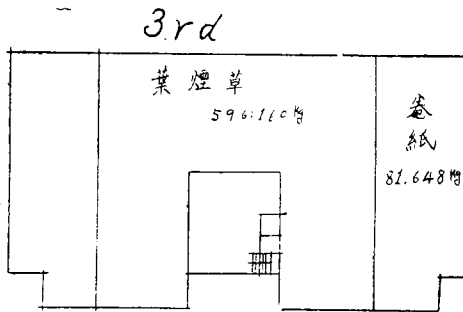


図-4



当時倉庫に積込まれていた可燃物の種類並びにその量は図-2, 3, 4の如くである。製品煙草, 原料煙草, 巻紙等がぎつしり積まれていた。

火災はかくして発生したが、各階別に見ると大体その軌を一にし約1ヶ月間燃え続き、赤い焰も3週間に亘つて窓から出ていたのが見受けられた。

ii) 本館工場

発火したのは倉庫より幾分遅れ、大体10日の2時は過ぎていた様である。前のバラックの炎上に続いて工場北側に積んであつた夥しい空箱に逐次延焼して行つたのであるが突如折からの強風にあふられて、工場東北隅から火流が

入り込み、その火は忽ち第1階に拡大され階段から2, 3階に移つて行つた。当時工場は、1階北側は印刷機械があり、他は大体原料製品の倉庫として使用していた。

本工場の中で被害の最も大きかつたのは東北隅の1室で、北側窓から赤い焰が3~4日飛出し窓が赤く見えていたのは10日間に及んでいた。

第3章 倉庫の被害状況

倉庫は1ヶ月に亘る火災のため如何なる破壊状態になつているか調べたのであるが、その代表的な例として次の4ヶ所についてその被害の状況を説明する。

- (i) 2階東北部の柱, 天井, 壁
- (ii) 3階の柱
- (iii) 屋上の破壊
- (iv) 迂りによる壁の破壊

本倉庫は全部鉄筋コンクリート無梁版構造である。2階の平面図は図-5に示す如く、径75cmの円形螺旋鉄筋柱により床版が支持されている。柱の構造及び床版との連結部は図-6, 7に示す。

§1. 二階東北部

この部分で特に著しいのは、径75cmの螺旋鉄筋柱が鉛直方向と約45°傾いた面に沿つて完全に破壊している事である。

図-5

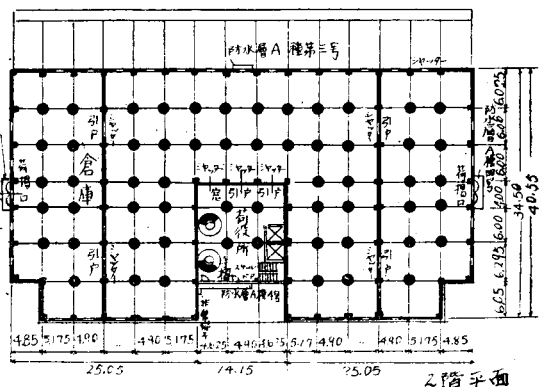


図-6

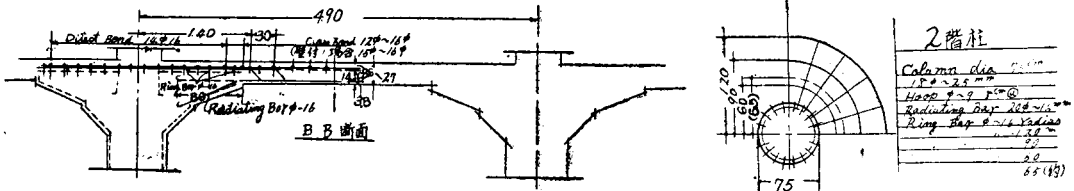


図-7

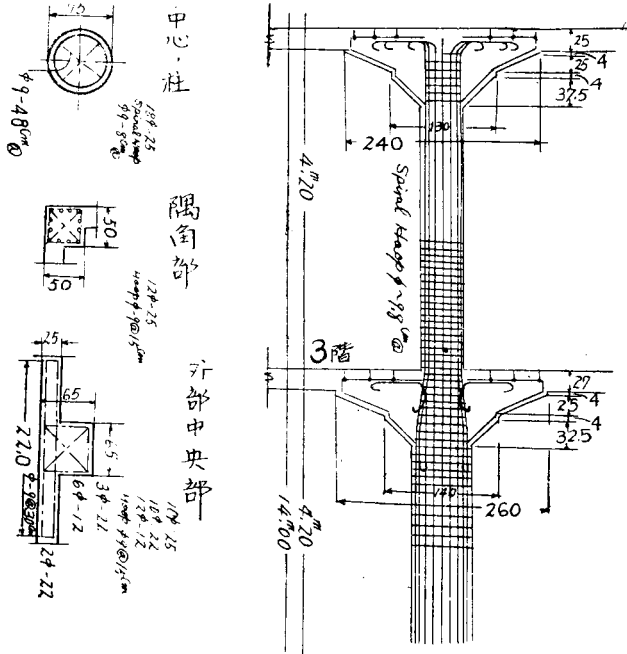
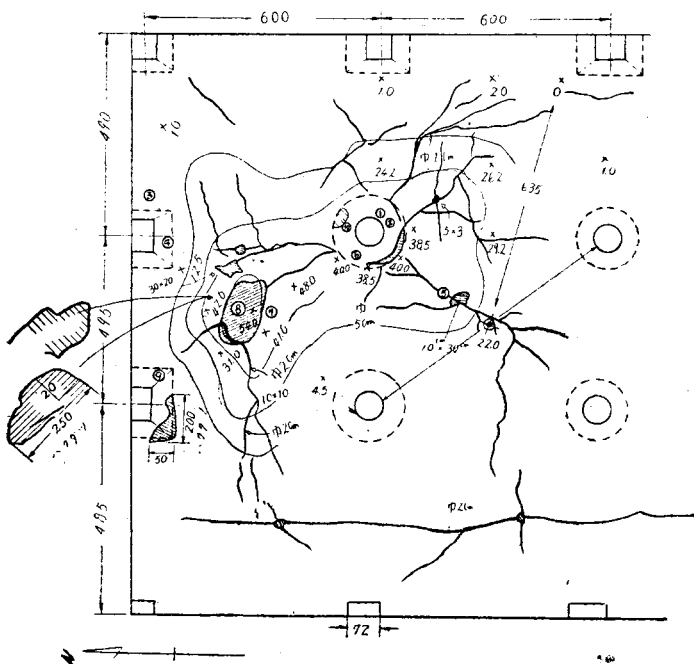


図-8



柱の構造は 図-6, 7 に示す様に 25mm を主鉄筋とし、9mm 鉄筋を間隔 8cm で螺旋鉄筋としたものである。コンクリートは配合 1:2:4 で骨材は産地不明であるが火成岩質の砂利を使用している。45° 線で完全に亡つている面では主鉄筋は 8 字形に曲り、螺旋鉄筋は切断されている。丁度コンクリート圧縮試験供試体が破壊したのと類似の状態であつて、この部分に於ては火災中鉄筋は全く強度を失ひ、たゞコンクリート内部によつてのみ支持されている如くである。この柱の破壊により天井の床版が著しく沈下し、その取付部分のハンチも極めて激甚なる被害を受けている。そのためにハンチ部が開口しその大いさ 4~5cm に達する。又天井も龜裂が多く、撓んだ天井の裂目から雨水の洩れる事しきりである。この部分に於ける天井の撓ミを実測したところ沈下は最大の所で 54cm に達し、柱のハンチの部分でも 40cm の沈下を示していた。

天井の龜裂の状況を見ると次の 2 種に分けられる如くである。

- (1) 迂りを起した柱を中心とする放射状に発達した龜裂
- (2) スラブが自重と熱の為に撓んで、スパンの中央部に入つてゐる龜裂

龜裂の多くは 2cm 程度の幅で、所々に幅 10cm 長さ 20cm にわたつていたものもあつた。龜裂の状況は 図-8 に示す如く、その実況は 写真-1 に見る事が出来る。

北側の壁は 写真-2, 3, 4 に示す如く大きく口を明け、勿論鉄筋は露出し帯鉄筋は切断され、主鉄筋はグニャグニャに曲つてゐる。写真-2, 3, 4 はその龜裂の状況であり、両図の中間にある窓枠は原型を留めないままで変形している。

写真-1 天井の龜裂



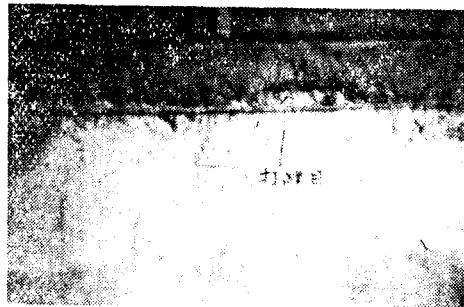
写真-2 壁の龜裂



写真-3 壁の龜裂



写真-4 打継目の破壊の状況



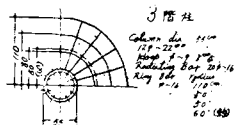
此等の破壊状況を見ると、火災による被害は次の如き過程を迎えるものと推論出来る。

温度の上昇するに従つて先づ柱外面部が熱膨脹をなし3階以上に相当の荷重があつて上下に自由に延びる事が出来ないために、高温部分の熱応力が大となり鉄筋より外部のコンクリートは挫屈を起して龜裂を生じる。もしこの時コンクリートが剝落しなければ、その間に空隙を生じ断熱作用をなして鉄筋に対して好影響を与える。実際コンクリートの外側に更に上塗を行つてあるものでは上塗が浮上るためこれが断熱作用をなし、コンクリート自身にも被害の全然認められないものもある。然し火災が熾烈となり表面コンクリートが剝落するに到ると鉄筋は直接火焰に曝されて、鉄筋の強度は次第に減少し、弾性係数も小さくなり、鉄筋としての作用が殆んどなくなる。鉄筋コンクリートの部材が火焰によつて被害をうける程度は、この鉄筋自身の弱体化によつて非常に大きい影響を与えるものである。

特に壁体に於ては、曝露面積が大であるため、鉄筋の膨脹によつて外部に膨み出しが出来、コンクリートの破壊する事が多い。本建築物に見る如き柱の圧壊の例は稀であるが、これも全く同じ経過を経た上に、更に無梁版構造で版厚が厚く、且版の鉄筋は長尺であり版の熱応力が柱に伝達した事も大きい原因と思われる。

図-9

(ii) 3階の柱



3階で一番目立つているのは柱の破壊であろう。東側半分の柱は何れも挫屈していた。

図-9は柱の断面である。

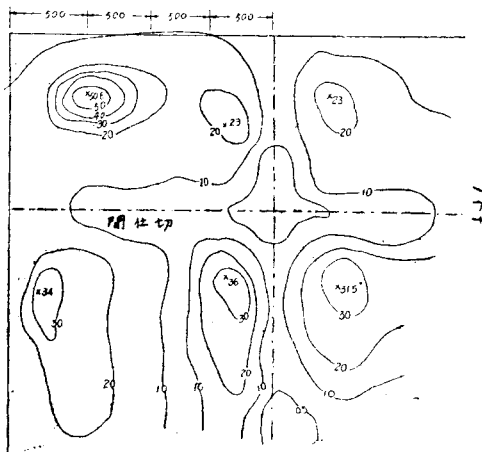
(iii) 屋上の変化

2階の柱の破壊、3階の柱の挫屈等の為に、屋上の床は著しく凸凹を生じていた。この凸凹を示すために東側一部分を等高線的に示したのが図-10である。沈下は最大50cmにも及び如何に大きい被害状況であるかを推察出来るであろう。間仕切壁の上では沈下は少ない。

(iv) 壁の龜裂

壁の龜裂は主として迂りによるものである。之を外部から撮影したものが写真-5である。外部も滑り面に沿つたコンクリートは総て剝落し、鉄筋は露出し、甚しきは鉄筋

図-10



写真一五



写真一六



の切断されているものもある。これは主として、熱のために強度の減少した時、内部柱の沈下等の外的な力のため大きい亡りを生じたものと思われる。

これによつて知り得る事は、(1) 打継目が剪断力に対して非常に弱く、大きい龜裂を生じている事、(2) 窓枠の隅の部分に応力の集中が起り、隅角部から隅角部へと龜裂の発生している事であつて、今後の施工上火災のみならず種々の外力に対して充分検討を要すべき点であろう。

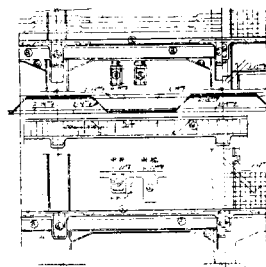
第4章 工場の破壊状況

工場は倉庫と異り、大梁及び小梁によつて2階床の床版を支持し、柱は帯鉄筋矩形柱であつて(図一11)、此等の詳細は写真一六に見る如くである。

部屋は北側にダクトがあるのみで、入口の扉は、そのガラスをすつかり破壊されている。火災当時には、可燃物としてタバコ巻紙 32 660 kg が貯蔵されて居り、3~4 日間は焰を窓より吹出し、内部が赤くなつていたのは10日に及んだと言ふ事である。写真一六に熱で強度の減じた鉄筋コンクリート梁の惨憺たる被害の状況を見る事が出来る。

コンクリートはすつかり変質し、金鋸で軽く端がかける程度で、porous で非常に軽くなつている。鉄筋は酸化し、残つたコンクリート表面は熔融している如く見えた。奥に行くに従つて被害状況は甚しく、スラブは中央で割れ、主鉄筋は4本中2本まで切断され、肋筋もあるものは折れ、あるものは酸化し或は熔けていた。

図一11



柱の破壊の一部を示したのが写真一七である。下部のコンクリートの表面は熔融、褐色を呈していた。上部のコンクリート内部が既に黄土色を呈し非常に多孔質で軽石に近い状態である事を知つた。尚柱は挫屈の現象を示して居り、熱膨脹による応力が極めて大きいものがある事を知り得た。写真一八は梁並びに天井のスラブの破壊状況を示すもので中央の撓みは5cm以上に達し、火災時鉄筋の弱化に伴い、自重及びその他の荷重により撓んだものと考えられる。火災による被害の程度には斯く内部燃焼材料の多寡の他に、自重及び上部荷重が大きい役割を果たしている事を知る事が出来る。

写真一七



写真一八



第5章 結論

i) 本工場の例より、火災による鉄筋コンクリート構造物の被害は極めて大きくなり得る事が想像出来る。これは火災温度と継続時間とが大きい要素となるものであるから、被害状況を判断する際にはこれ等の点をまづ詳にする事が必要である。

ii) 鉄筋コンクリート部材が大きく被害をうける時は鉄筋が直接火焰にさらされている場合が多い。表面コンクリートが温度のため膨脹し、挫屈してもその位置にとどまつておれば内部のコンクリートによい結果となる。この事からコンクリートの表面塗装が耐火上相当役立つものであると考えられる。

iii) コンクリート部材の熱膨脹による応力が非常に大きいと思われる事。且高温になるとコンクリートは熱膨脹よりも乾燥収縮の方が大きくなり、鉄筋は膨脹し続けるために内部的にも大きい応力が生じ、破壊の1原因となると考えられる。

iv) 施工継目が大きく龜裂の入つているものが多く見られた。

v) 以上の被害状況から特に柱梁の表面コンクリートが相当大きい被害をうけている事から、鉄筋とコンクリートの附着力が殆んどなくなつているものが多いと思われる。特に高層建築物の場合には上部の死荷重はそのまま、下部の柱がコンクリートと鉄筋の附着力に大きい支障を来している事になるので、地震の被害は一層大となるのであろう事が想像される。

vi) コンクリートの剝落した所ではコンクリートと同様に鉄筋の被害も著しい。而も火災中高温時は鉄筋の強度が殆んど0に近くなつていると考えられるので、益々被害を促進させたと思われるものが多い。

以上の事項より、戦災コンクリート構造物は、外見上は殆んど支障なき如く見える場合でも、内部的には熱応力或は鉄筋とコンクリートの附着力に関する問題等に関しては殆んど未知の問題であり、これが構造物の強度に大きい影響を与えるものと考えざるを得ない。