

戦災コンクリート構造物の安全性に関する研究

共同研究者

主任研究員	表 俊 一 郎 ²⁾	猪 瀬 寧 雄 ³⁾	竹 山 謙 三 郎 ⁴⁾
正員 工博 岡本 舜三 ¹⁾	丸 安 隆 和 ⁵⁾	河 上 房 義 ⁶⁾	栗 山 寛 ⁷⁾
	久 保 慶 三 郎 ⁸⁾	安 部 清 孝 ⁹⁾	川 越 邦 雄 ¹⁰⁾

STUDIES ON THE STRENGTH OF CONCRETE STRUCTURE DAMAGED BY AIR-RAID

*S. Okamoto, S. Omote, S. Inose, K. Takeyama,
T. Maruyasu, F. Kawakami, H. Kuriyama,
K. Kubo, K. Abe, K. Kawagoe*

Synopsis In view of many war-damaged concrete structures being repaired and newly used, we formed a group to study the safety of such structures and carried out investigations for following items:

- i) actual state of concrete structures damaged by fire
- ii) changes in properties of concrete through heat
- iii) the durabilities of damaged structures

梗 概

多数の被戦災コンクリート構造物が修理の上再使用されている実状に鑑み、吾々はその安全性に関する研究班を組織し、下記事項の調査研究に従事した。

- (1) 火害実況調査
- (2) 火熱によるコンクリートの材質変化
- (3) 火害をうけた構造物の耐力調査

本研究には昭和 22, 23 両年度文部省科学試験研究費の補助を得た。こゝに当局並びに担当委員東大教授工学博士福田武雄氏、建設省建築研究所長藤田金一郎氏に感謝の意を表す。

目 次

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. コンクリートの加熱による変質について | 5. 梁の強度低下について (現場試験) |
| 2. 軟鋼の温度による強度変化について | 6. 構造物の振動試験 |
| 3. 火災温度について | 7. 結 論 |
| 4. 梁の強度低下について (室内実験) | |

§ 1. コンクリートの加熱による変質について

1. 概 説

加熱によるコンクリートの強度低下に関する従来の説を総合すると次の如くである。

- (i) セメントペーストの hydrate water が放出されるのでセメントペーストの結合力が弱くなり、コンクリートの強度及弾性率がさがる。
- (ii) 配合の良いもの、密度の高いもの、材齢の小さいものほど熱による影響をうけやすい。多孔質のものは

-
- | | |
|----------------|----------------|
| 1) 東大教授 第二工学部 | 6) 建設技術研究所 |
| 2) 東大地震研究所員 | 7) 建設省土木研究所 |
| 3) 建設省土木研究所 | 8) 東大助教授 第二工学部 |
| 4) " | 9) 建設省土木研究所 |
| 5) 東大助教授 第二工学部 | 10) " |

熱による影響が少い。

(iii) 骨材が火成岩質のものは水成岩質のものに比し耐火性が大きい。

図-1 は Woolson⁽¹⁾ の実験結果を示す。実験に用いられたコンクリートの配合は 1:2:4 で、4, 5 時間かゝつて一様に 1200°C まで温度をあげ、以後空中で緩冷したものである。供試体の大きさは 10cm³ である。実線は圧縮強度を、破線は曲げ試験から計算した弾性係数を示す。図-2 は谷口博士の実験結果を示す。夫々 60 分及び 90 分最高温度に保ち、急冷及び徐冷したものの強さを示している。

これらの実験の結果から、加熱によつて強度と弾性係数が低下することを明らかに認めることができる。

2. 圧縮強度の低下 (写真-1)

吾々はモルタルの加熱による強度変化を実験した。供試体は径 5cm 高 10cm の円筒形とし、配合其他は次の如くである。

	配合	W/C	最高温度継続時間
×印	1:1	0.49	30分
●印	1:2	0.50	5時間
△印	1:2	0.50	30分

最高温度に於て所定の時間熱した後は炉内に放置して徐冷した。

強度低下の百分率は図-3 に示す如くである。

この図から次の如き傾向を知ることができる。

(i) 200°C 以上に加熱したのものには強度低下が認められる。

(ii) 最高温度の高いものほど強度がさがる。

(iii) 最高温度継続時間の影響は最高温度が低いときは認められるが、高いときには認められない。

(iv) (ii) と (iii) とを合せ考えると、強度にはある一定の限界温度よりも高い温度の継続する時間が影響するのではないと思われる。吉田教授の著書によると、コンクリートは 260°C に至ると脱水作用が始まり 480°C で終る。この位の温度が上記の限界温度と考えられるのではないと思われる。

(v) 同じ水セメント比のモルタルでは、セメントの量が多くなる程強度の低下率が大きい。

3. ヤング係数の減少

モルタルのヤング係数は加熱によつて低下する。実験は次の 2 種について行つた。

配合	W/C	最高温度継続時間
1:1	0.49	30分
1:2	0.50	5時間

配合 1:1 のものの応力歪曲線はほぼ直線状であつたので大体一定のヤング率が得られたが、配合 1:2 のものは応力歪曲線が非常に曲つたので夫々 $\sigma = 115 \text{ kg/cm}^2$ と $\sigma = 45 \text{ kg/cm}^2$ に於ける割線弾性係数を比べた。後の方の応力歪曲線が前者のものよりひどく曲つたのは配合の関係の他に加熱時間が非常に永いことも影響があるのではないと思われる。測定したヤング係数の低下は図-4 に示す如くである。これから次の傾向がみとめられる。

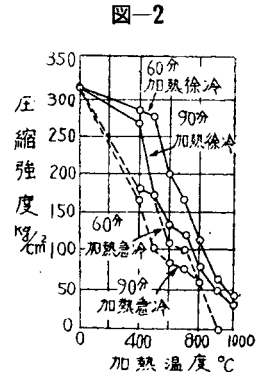
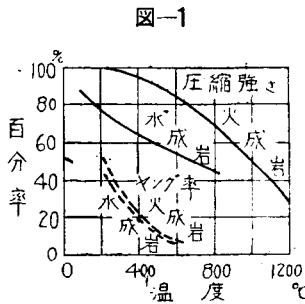


写真-1

A 焼けないコンクリートの圧縮破壊状況 B 焼いたコンクリートの圧縮破壊状況

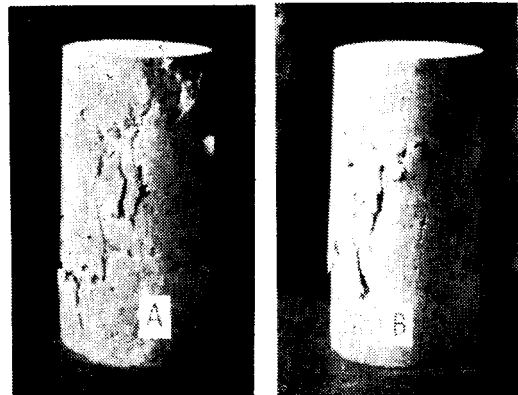
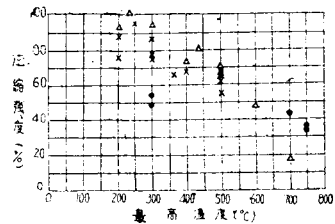


図-3



- (i) ヤング率は大体 200°C を超えると急激にさがる。
- (ii) それ以上の最高温度の影響は著しくない。

4. クリープの増大

一般にコンクリートは長期載荷に対してクリープをおこすが、短時間の載荷で目に見えるほどの歪を増すものではない。しかるに焼けたモルタルではクリープが著しい。加熱温度とクリープ量との関係を示すことは資料不足のため未だ出来ないが、クリープの著しいことを示す1例をあげると次の如くである。図-5 は加熱温度 750°C の場合と 500°C の場合とのクリープを示す。その破壊強度は夫々 $\sigma_b = 160\text{kg/cm}^2$ 及び 230kg/cm^2 であつて、載荷として夫々 $\sigma' = 127\text{kg/cm}^2$ と 199kg/cm^2 を与えた。共に破壊強度の約 8 割にあたる。加熱しないモルタルでは 120 分位の短時間ではクリープは全く認められなかつた。図-5 でみるとクリープに対しては加熱の影響が著しいように思われる。

5. 附着強度の低下

モルタルと鉄筋との附着強度の温度による低下について実験した。径 5cm 高さ 9cm の円筒供試体の中央に径 4mm の丸鋼をうめて、引抜試験により附着強度を測つた。実験に用いたモルタルは配合 1:2 水セメント比 50% のものと配合 1:1 水セメント比 49% のものである。加熱は 10 分間に 100°C の速さで所定の温度に達せしめ、30 分継続した後、炉の内部で緩冷せしめた。その結果は図-6 の如くであつて○印は配合 1:2 の場合×印は配合 1:1 の場合の値を示す。

6. 化学的変質

コンクリートは通常弱いアルカリ性である。それが鉄筋の防錆に役立ついるからコンクリートが中性化すれば、鉄筋の保護の上に有害な結果を与える。火害がコンクリートの中性化に及ぼす影響をみるために火害をうけた躯体に穿つた円錐孔(表面の径 7~8cm) にフェノルフタレンの 1% を 20% のアルコール溶液にとかした試薬を注射器で注ぎ、その中性化の深さを調べた。その結果は次表に示す。これによ

構造種類	測定箇所数	平均深度
壁	18	4.0cm
梁	2	5.1cm
床版	2	2.3cm
柱	4	4.9cm

ると梁の主鉄筋の深さは 4cm 位であるから、鋼の防錆に支障を来していることが考えられる。又コンクリートは加熱されると徐々に結合水が脱水してゆくことが知られている。したがつて

火害をうけた程度と結合水の減量にはある関係があるものと思われる。それでかなり火害をうけた径 50cm の円形柱の種々の深度から試料をとり結合水量を調べた結果は図-7 の如くで深さ 15cm の所は健全部である。表面から健全部迄のコンクリートには結合水が少い。この図ではかなりはつきり出ているが被害の著しくないものでは結果がまちまちで、これにより火害を適確に判定することは困難なることを示した。

以上の諸化学変化がすべて今回の火害によるものであるかどうかは速断し難いが火災が化学変化を著しく促進したことは想像しうるものと思う。

§ 2. 軟鋼の温度による強度変化について

軟鋼の引張強さは図-8 の如く 400°C を超えると常温における強さより漸次低下し 700°C になると設計荷重 1000kg/cm^2 程度になる。又クリープ限度は 500°C に於て 1000kg/cm^2 であるから 500°C 位になると普通の荷重でもクリープをひきおこす。一度熱せられたものも冷却して

図-4

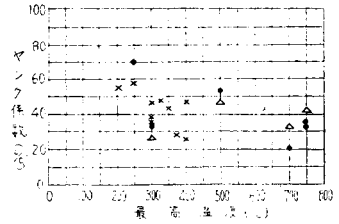


図-5

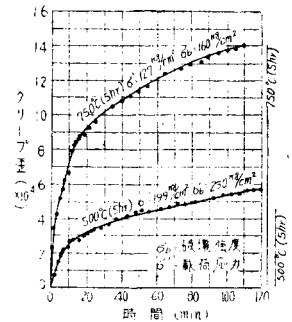


図-6

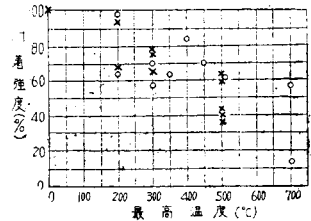


図-7

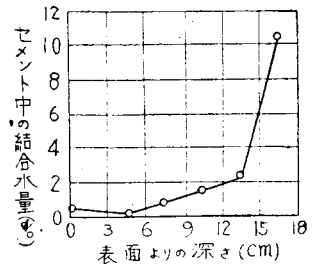
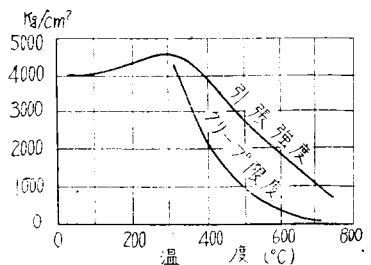


図-8



後は強度も弾性係数ももとに復する。

§ 3. 火災温度について

1. 室内温度

鉄筋コンクリートの建物の火災温度については、欧米では規定が作られている(図-9)。実際の火災温度及び継続時間は当時の風速、湿度や建物の窓の広さ、室の広さ、可燃物の量、種類などで変つて来ることは予想される。

図-10は深川の同潤会アパートの火災実験の結果を示す。実線は室内中央部高さ 1.60m の炎の温度で大体室内の最高温度である。破線は天井における温度である。

図-11は大阪駅前プレミヤハウスにおける火災実験である。①②は天井部における最高及び最低温度、③は床の温度である。

これらの既往の資料からみると火災温度は出火後 10~20 分で最高温度にのぼり、それから可燃物の量に応じてしばらく最高温度を保持し、火熱が劣えると漸次温度が降ることがわかる。

最高温度は Burton の理論的計算では 1210°C まで上るといふ結果もでていますが、先の実験では大体 1000°C 内外に達している。その継続時間は条件にもよるが、普通の火事では 15 分乃至 30 分位と思われる。

可燃物が燃えつくしてくると温度は漸次降るが、鉄筋コンクリート建物では木造に比して、冷えるのに長くかゝる。プレミヤハウスの実験では最高温度から 500°C までさがるのに 2 時間かゝつており、200°C までさがるには 3 時間半かゝるものと推定され、同潤会アパートの実験では 200°C までさがるのに 1 時間半かゝっている。殊に燃焼物の堆積せる床ではもつと長い間高温がつづくことが予想される。

2. コンクリート内の温度

建物の温度は火災温度よりひくい。その表面温度は谷口教授の実験式によると

$$\frac{dT_s}{dt} = \frac{1}{15} (T_o - T_s)$$

$$\therefore T_s = \frac{1}{15} e^{-\frac{1}{15}t} \int e^{\frac{1}{15}t} T_o dt$$

但し T_o = 火災温度(°C) T_s = 表面温度(°C) t = 時間(分) によつて定められる。又同氏により実験的に定められた温度伝導係数は

$$k = 0.22 \text{ cm}^2/\text{min}$$

である。吾々はこれらの結果を使つて火災における梁の内部の温度を推定してみた。梁として径 40cm の円管を考え、それが全周囲から一様に熱せられたとして、その内部の温度を上式及び熱伝導方程式から計算した結果は 図-12 の如くである。こゝに火災温度は 10 分間に最高 1000°C に達し、20 分間同温度を継続せる後 10°C/分の割合で低下するものと仮定した。図の d はコンクリートの表面からの深さである。これで見ると梁内の温度は表面にて 900°C、主鉄筋のある部分にて約 550°C、ずつと内部は約 380°C に達することを知る。

§ 4. 梁の強度低下について (室内実験)

前述の如く焼けたコンクリートは化学的にも変質し、強度や弾性係数が低下する。このことは構造としての強

図-9

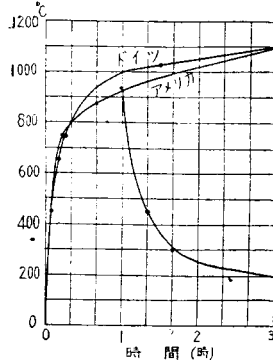


図-10

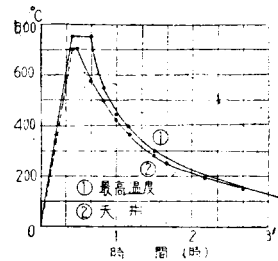


図-11

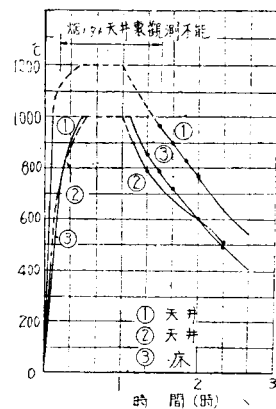
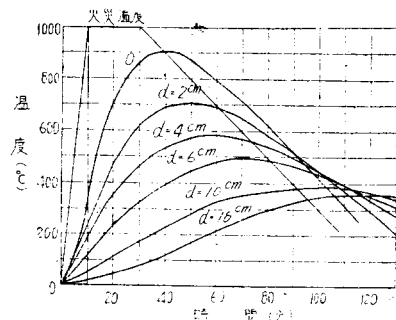


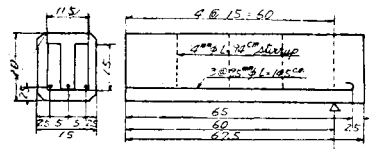
図-12



度にも影響を与えずにはおかない。吾々はこれに関して鉄筋コンクリート梁の曲げ実験を行つた。梁の主要な寸法其の他は次の如くである(図-13)。

- 梁 長： 1.35m
- 断 面： 高 20cm 幅 15cm
- 鉄 筋 比： 0.0081
- コンクリート： 1:2.25:3.75 (重量比)
- 水セメント比： 0.56 (重量比)
- 骨 材： 鬼怒川砂利，片岩，風化せる安山岩を主とし石灰岩をいくらか含む

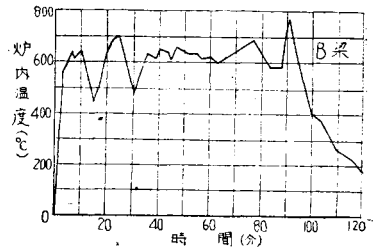
図-13 曲げ試験供試体設計図 (単位 cm)



製作 (3月 15 日) 後 14 日間水中養生し，ついで 7 日間空中養生し，21 日目に炉にかけて加熱し，24 日目に曲げ試験を行つた。

加熱方法は炉上に 3 点を支持して梁を据え，薪をたいて加熱した。炉内 2ヶ所の温度を随時測つたが，大体一様に熱がまわつていることが認められた。加熱は最初の 6 分間に 600°C まであげ，1 時間半だけその温度に保ちそれから約 40 分間のうちに 200°C まで漸次低下せしめることとし，3 個の供試体 B, C, D について炉内の温度はなるべく同一になる如くつとめた。図-14 はその一例である。

図-14



供試体は 4 個 A, B, C, D を作り次の 4 種にわけて処理した。

- A 梁 加熱せず
- B 梁 無筋側表面のみ外気にさらし他の 3 面を加熱
- C 梁 梁全体を炉内に入れて 4 面共加熱
- D 梁 鉄筋側表面のみ外気にさらし他の 3 面を加熱

梁を支間 1.20m にて単純に支え，中央部に間隔 50cm の 2 点荷重をかけ破壊荷重と中央断面の撓ミとを測定した。

図-15 a, b, c, d は各梁の集中荷重の大きいさと撓ミとの関係を示す。

荷重 P は 2 点荷重として

$P/2$ ずつにわかれて集中

して梁に働くのであるが，

$P=1\text{ton}$ の場合に普通の

鉄筋コンクリート理論に

よる鉄筋及びコンクリート

の応力の計算値が許容

応力になる。それ故まず

$P=1\text{ton}$ まで荷重し，再

び荷重を 0 に戻し，次に破

壊に至るまで荷重を増大

することにした。撓ミは

ダイヤルゲージによつて

中央断面のものを測定し

た。図-15 a, b, c, d は各

梁について P と撓ミとの

関係を示すものである。

又写真-2 は各梁の試験

前後における龜裂を示

すものである。

以上の結果から次のことが明になつた。

1. 焼かない梁に比して焼けた梁は最大荷重が小さい。即ちその最大荷重は次の如くである。

梁	P_{max}
A	7.45t
B	3.85t
C	5.35t
D	4.86t

図-15 a

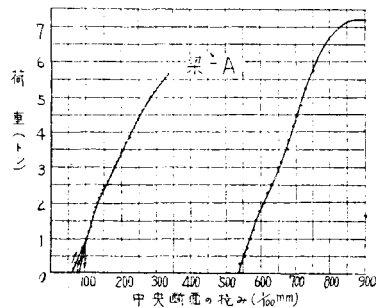


図-15 c

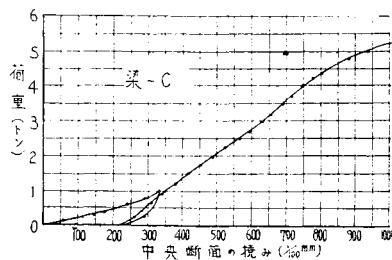


図-15 b

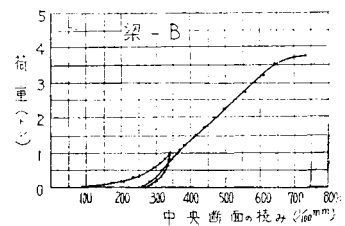
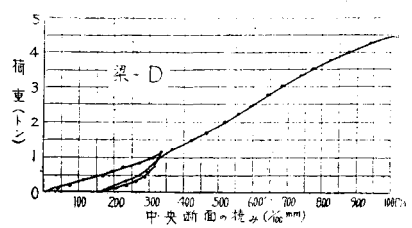


図-15 d



焼き方による違いは明でなく、何とも結論しえない。猶同じコンクリートで作った標準抗压試験供試体の抗压強度は焼かない場合 273kg/cm²、図-14 の如く加熱せる場合 120kg/cm² であつた。

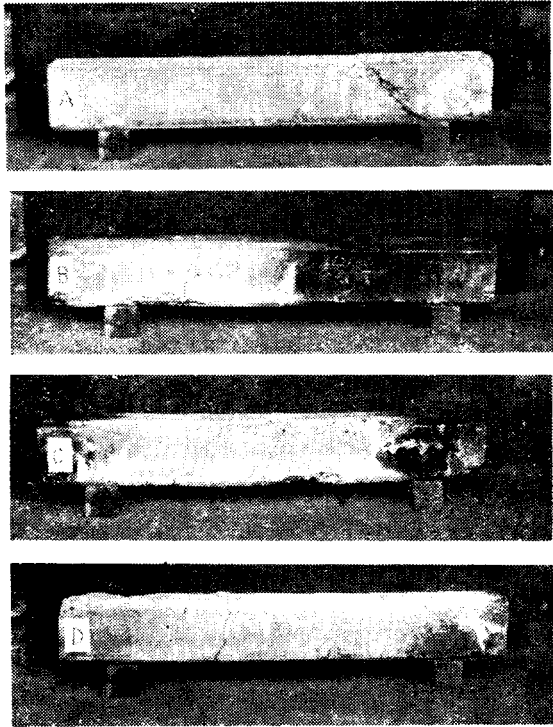
2. 許容応力程度の大いさの応力を加えた後復元せしめた結果によると焼けた梁は焼けない梁に比して第1回の残留撓ミが非常に多い。即ち次の如くである。

梁	残留撓ミ
A	0.2mm
B	1.7mm
C	2.0mm
D	1.5mm

3. 焼けた梁の撓ミは焼けない梁に比して数倍大きい。その比はPによつて異なるので、はつきり比べ難いが大体の様子をみるために P=1ton に対する撓ミを繰返し前及び繰返し後について比べると次の如くなる。

梁	最初の載荷による撓ミ		繰返し載荷による撓ミ	
	撓ミ mm	焼かない梁の撓ミとの比	撓ミ mm	焼かない梁の撓ミとの比
A	0.37	1:0	0.18	1.0
B	2.52	6.8	0.81	4.5
C	3.14	8.5	1.14	6.3
D	2.98	8.1	1.70	9.4

寫眞-2



§ 5. 梁の強度低下について (現場試験)

1. 試験梁について

火害による梁の強度低下に関する現場試験として東京高等学校々舎をえらび、その戦災をうけた主梁及び受けざる主梁について載荷試験を行つた。本校は昭和 20 年 5 月 25 日空襲により類焼したものである。

実験は校舎西北隅にある化学実験室(2階)の天井の梁2本、東南隅1階の戦災を受けていない教室の天井の梁1本について行つた。簡単のために前の2本の梁を No.1, No.2, 後の梁を No.3 と名付ける。図-16 及び 17 は設計の詳細を示す。

No.1, No.2 の梁は戦災を受けたもので、コンクリートの上塗りがはげ落ちて、下側には垂直方向の龜裂が数本見えたが、鉄筋の被覆が剥落している事はなかつた。No.3 では下側は直接火にさらされなかつたのであるが上側は火害を受けている。

スラブに就いて一言すれば、No.1, No.2 の場合にはスラブの下側の被覆が剥落ちて鉄筋が露出していた。然し、梁の軸方向全般に亘つてその様な鉄筋の露出がみえるわけではなく、スパン(8.92m)の中央3分の1位の区域にそれがみられていたのみである。No.3 のスラブは下側に天井(板張り)のあつたためによくはわからないのであるが、上側は特別に変色しているようなことはなかつた。

図-17

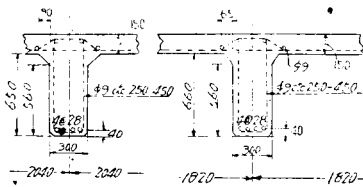
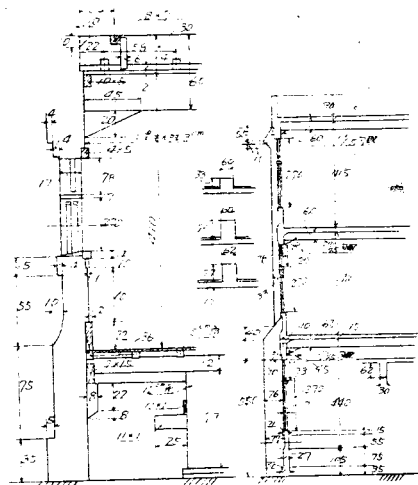


図-16



2. 試験方法

荷重としてバラスを載せてそのときの撓ミを求める事にした。バラスを 50kg を単位として、俵につめ、試験する梁を中心として3列に1段づつ載せる事にした。1段に並べた俵の数は $18 \times 3 = 54$ 俵で、その重さは 2 700 kg である(図-18)。

載荷の順序は次の如くである。

- (1) 1段分 54 俵載せ (2 700kg)
- (2) 更に1段を加へ (5 400kg)
- (3) 次に段取り (2 700kg)
- (4) 更に1段取除いて荷重を0にした
- (5) 次に1段 54 俵 (2 700kg) を載せ
- (6) 以下順次に1段づつ加へて、4段 (10 800kg) まで載荷した
- (7) 次に1段づつ除いて撓ミのもどりを求めた。

猶4段全部 (216 俵) 載荷せる時の荷重は No. 1, No. 3 の梁では 1 210kg/m であるが、No. 2 の梁には始めから梁の中心から両側に 90 cm づつ全スパンに亘つて、4 000 kg のバラスを積んであつたので、その結果、1 660 kg/m を載せたことになる。No. 2 では最後に全部バラスを取除いて撓ミを測定した。

撓ミの測定はダイヤルゲージ ($\frac{1}{100}$ mm 読み) を使用して、梁間5ヶ所について行つた。図-19 は No. 1, No. 2, No. 3 の各梁の測点位置を示す。ダイヤルゲージの支台として木製トラスを用いた。

3. 試験結果

図-19~21 は各梁についての夫々の測点に関する荷重撓ミ曲線である。

図-18

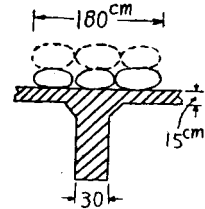


図-19

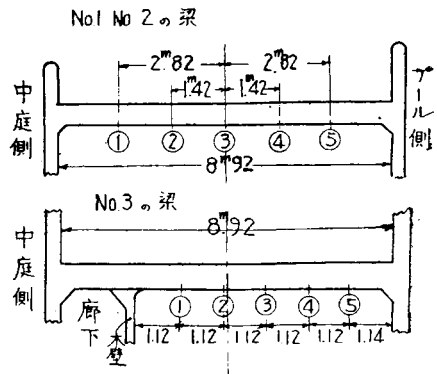


図-19-1 (梁 No.1)

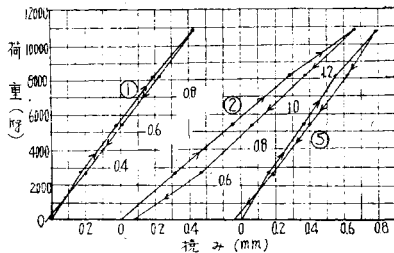


図-19-2 (梁 No.1)

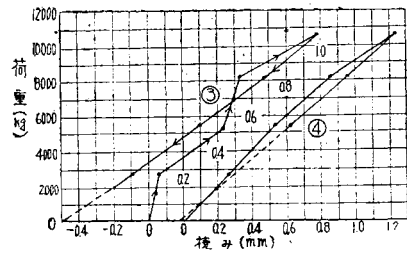


図-20-1 (梁 No.2)

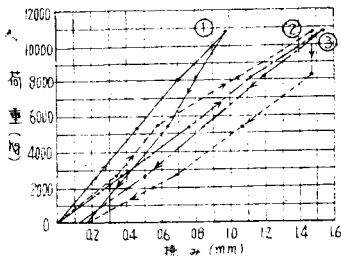


図-20-2 (梁 No.2)

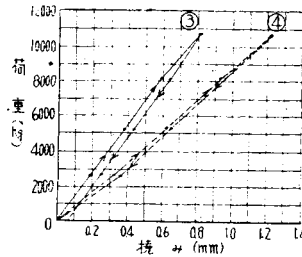
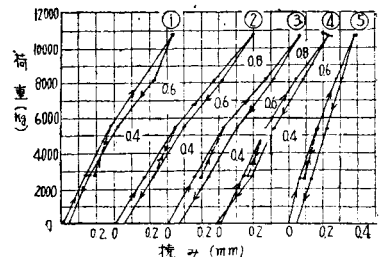


図-21 (梁 No.3)



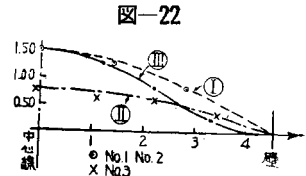
4. 結語

以上の結果をまとめてみると

(1) 中央点の撓みが 10,800kg 載せたときに No.1, No.2 の梁では 1.50mm 1.47mm であるに対して戦災にあつていない No.3 の梁では、0.73mm であつて戦災を受けた梁の 1/2 である。

(2) 表-1, 表-2, 表-3 から撓曲線を書いてみると 図-22 の如くなる。

Ⅰは戦災を受けた梁 (No.1, No.2) の撓曲線でⅡは No.3 の撓曲線である。Ⅲは中央点の撓みが 1.55 mm としたときの両端埋込梁の撓曲線の計算値である。曲線Ⅰ及びⅡは単純梁の撓曲線と非常によく一致しており、両端固定梁としての計算値Ⅲは実測値と甚だしくことなる。これから判断すれば、本校の梁は戦災を受けているものもうけていないものも共にラーメンの一部材として作用しているよりも単純支承の梁に近い特質を有していることがしられ、この建物をラーメンとして考えて計算をすることには疑問があると考えられる。



(3) 図-19~21 よりみれば、弾性的性質を失わない点では焼けた梁も焼けない梁も著しい差異はない。このことを早急に結論とするわけにはゆかないが、今回の実験の結果としてはヒステリシスループは非常に小さかつた。

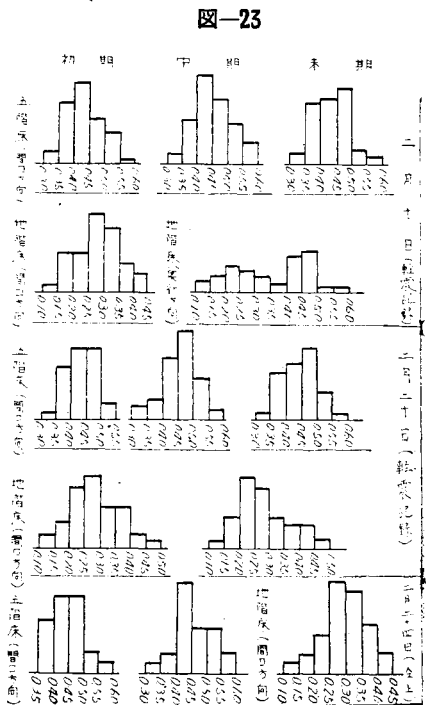
(4) 焼けた梁は著しく剛度が低下している。これはスラブの破壊により主梁相互の間の連結が不完全となり床組全体が1個の弾性体として働かなくなること、及び梁の損傷やコンクリートの変質等によつて梁自身の剛度が低下するためであると思われる。

§ 6. 建造物の振動試験

梁自身の EI が下ること、龜裂や局部的破壊のために剛度が減少すること等の為には構造物がゆるみ、自由振動週期がのびることが予想されるので、文京区内の一戦災建築物について振動実験を行った。この建物は中等程度の火害を受けたものを簡単な修理の上再使用しておるものである。この建物は地下1階、地上4階、1部分5階で間口 5m, 1層の高さ 3.5m の1径間高層ラーメンである。その地下室の床と5階の床とに石本式加速度計 (自己振動週期 0.1 秒幾何倍率 120 倍) をおいて自然地震による振動を記録した。地階には間口の方向の振動を記録するもの (B) と奥行の方向の振動を記録するもの (C) とをおき、5階には間口の方向に振動するもの (A) のみをおいた。

2月中旬に中央気象台震度階による震度1程度の軽震を3つ記録した。

図-23 は2月10日, 20日, 24日の地震の地階及び4階における頻度曲線である。観測によると振幅は5階では地階の約5倍であり、振動週期は地階では0.25秒前後のもの多く5階では0.45~0.50秒のものが多い。地階の振動は地動を示し、5階の振動は建物の固有周期を表わすものと思われる。5階建の建物の標準に比していくらかは長いようにも思えるが資料不足のためにわからず結論することはできない。



§ 7. 結論

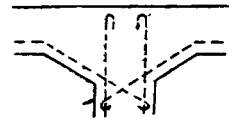
以上の研究結果からたゞちに戦災コンクリート建造物の補修に関し結論を出すことは軽率のそしりを免れないが、しかし戦災コンクリート建造物の復旧は急を要する問題であるから、こゝにいささか私見を述べる必要はあると思う。

まづ個々の構造部材の火害について述べると、スラブは天井としてみるときは激しい炎にふれるし、床としてみるときは燃焼物の堆積のために高い火熱或は長期にわたる高温をうけやすく、又厚さもうすいものであるから、その内部は一般に梁や柱よりも高温になると考へられる。したがつて火害は最もひどく、実例をみてもスラブのたれ下つたものや、孔のあいたものは相当に多い。既に述べたように 600°C 以上になると鉄筋もコンクリートもクリ-

ブが著しくなるから、火災中に大破する可能性が多い。勿論この程度に大破したものは使用に耐えないが、なかにはさほど火災が激しくなかつたり、被覆が防熱的に働いたりした為にたいした火害をうけず、鎮火後は安全に荷重に耐えるものもあるわけである。たとひ火災が激しいときは、スラブの内部はかなり高温になると予想されるので、外見上撓んでいなくても、コンクリートの強さ、付着強さ等は少くも $\frac{1}{2}$ 位には下つているものとみねばならない。したがつてその強度は相当おちているものと考えられる。この影響は単に床の強さのみならず、梁の強さ、建物全体の剛性に影響することは明である。

梁はその位置からいつて強い火災をうけるので、その内部はかなり高温になるとみねばならないが、特別ひどい火事でない限り、主桁が完全に破壊してたれ下ることは殆んどない。しかし龜裂が相当に入つている程度にやけた梁は、健全なものに比して剛性が非常にへり、その強度も相当におちていることは先の実験からも明かである。それから焼けた主桁が強度と剛性のおちる他の大きな原因として考えられることは、スラブと梁との結合がゆるむこと、又はスラブが破壊したために他の主桁との連絡がなくなることなどである。このことは荷重の広く分布することを妨げ、又床全体の剛性を著しく低下させるものと考えられる。東京高等学校の実験で No.1, No.2 の梁が No.3 のものの2倍もの撓みがあるのは主としてスラブとの絶縁による他の梁との連絡の欠除によるものと思われる。なお主桁の端部の配筋は 図-24 の如き工法が多いが、これは適当でないために地震時にそこが大破したことはすでに多くの人から指摘された通りである。

図-24



非常に大きな火害をうけた柱が大破して建物全体の崩壊を来している例には業専売局倉庫、大和ビル等がある。柱が4面火に包まれた場合には火害が著しいようであるが、その理由として次の如きことが考えられる。

1. 施工が梁より悪い。殊に柱の頂部は施工中に水がうき出て、よいコンクリートがうちにくい。そんな関係から火害の有無に拘らず柱にはいくらかの弱点が始めから想像され、それが火害によつてはつきりと暴露される。
2. 全周囲を火につままれた場合鉄筋部はかなり高温となり帯鉄筋はゆるみ、したがつて主鉄筋の抗压火材としての作用がにぶくなる。
3. 周辺部のコンクリートは火熱のため中心部のコンクリートよりヤング率もひくく、クリープも大きくなる。したがつて断面内の応力分布は内部に集中的になり、設計よりはるかに大なる応力がくることが考えられる。
4. 梁の鉄筋は火熱がさめれば、又鉄筋として働くであろうが柱の場合、その外側のコンクリートが破壊され帯鉄筋もゆるんでしまえば、抗压材としての働きを取り戻すことはできない。

以上建物の火害を主として実験に基いて考察したのであるが、実際の建築を補修するに当つて最も重要なことは、それがどの程度の強さを猶もつているかに関する判定であろう。これは非常に難しいことであるが、それに対する重要な資料は施工の良否と、火熱をうけた程度である。火災のため非常に傷んでいる建物をみると、それが必ずしも火災のためによつて弱つたのではなく、施工がはじめから良くなかつたと思われるものもある。それ故同じように火災をうけても、施工の良いものは猶使用に耐え、施工の悪いものは使えないとゆうことは当然あるわけである。

一方又火災の程度を知ることは大切なことである。火災温度はかなり高温になつても、被覆がおちているときとおちていないときでは構造体のうける火熱は非常に異なるものがある。それ故当時の火災状況に関するあらゆる資料を集め火害の現況を参照しつつ、構造体のうけた火熱状況を正しく推定することにつとめねばならない。その結果構造体かなりの温度になつたことが確実になれば、たとえ現在危険の状態に見えないものでも、そのまま用いることは明に危険である。なぜなら温度とコンクリート部材の強さに関する実験結果は明に火熱による強度低下の著しいことを示しているからである。このような弱つた構造物が何故平時には安全に使用には耐えるかと云うに、それは設計荷重より以下の荷重しかきていないこと、荷重が上下方向でしかも静的であることが大きな原因であろう。したがつて一朝地震の如き動的荷重が横からかゝれば、たちまち弱点を暴露して、惨害をひきおこすに至るのである。したがつて戦災をうけた建物は慎重にその安全性の判定をせねばならないのであるが、今の所まだ一義的な判定法が見当たらないので多数の判定に従事した経験ある技術家によつて判定をうけ適当なる補修工法を計画実施せねばならないのである*。

* 本文は総合報告であるから詳細な記述を省略したが、火熱をうけたモルタルの附着強度の低下及び建物の振動試験については近い内に夫々研究担当者から詳しく発表する予定である。

参 照 文 献

- (1) R. Saliger, Der Eisenbeton, 1925年 101頁
- (2) 谷口忠, 外2名, 高熱を受けたるモルタル, コンクリート及び鉄筋コンクリートの強度に関する研究
建築学会論文集, 昭和10年4月
- (3) 材料研究会編, 工業材料便覧, 昭和19年 569頁
- (4) 内田祥文, 建築と火災, 昭和17年 90頁
- (5) 谷口忠, 外1名, 火熱せられる鉄筋コンクリート版及び墙体の表面温度並にその温度傳導に関する研究,
建築学会論文集, 第13号 昭和14年4月

軌道の横強度理論 (I)

正員 佐 藤 裕*

ON THE LATERAL STRENGTH OF THE
RAILWAY TRACK

Yutaka Sato, C. E. Member

Synopsis; When the lateral wheel pressure acts on the track, it produces lateral bending and torsion in the rail. In the lateral bending, the author clarified that the action of the lateral pressure on the track had the tendency highly concentrating near the acting point, and determined the condition producing the rapid course deflection of the track. In the torsion, he determined the limiting lateral pressure by which the dog-spike yields up from the cross-tie. Discussion was made about the dynamical property of rail torsion. Further calculation was made about the deformation and he compared it with the simpler one.

梗 概

車輪横圧によつて軌道に生ずる変形は軌条の横方向の撓ミと振レである。軌条の横撓ミでは道床の dilatancy によつて横圧がその作用点に集中して働く傾向が大であることを示し、急速な軌道通り狂いの発生する条件を求めた。軌条の振レでは各犬釘に働く力の割合を考え犬釘が抜け出す条件を求めた。次に動的横圧による軌条振レ振動を解き列車の実用速度の範囲では共振や波動が生じないことを示した。更に変形についての詳しい解法を行つて近似解法によるものと比較した。

目 次

- I 緒 言
- II 静的強度
 1. 軌条の横撓ミ
 2. 軌条の振レ
- III 動的強度
 1. 定常状態
 2. 衝撃による過渡状態
- IV 軌条振れに対する頭底部撓ミの影響
 1. 両端固定軌条の振レ
 2. 軌条支承體横撓係数が一定値である軌条の振レ
- V 結 言

I 緒 言

従来、軌道は車輛の横圧に対して何等強度不足のないものとされて、専ら輪重に対する強度のみを云々してきた。ところが国鉄に於ては十数年前から原因不明の途中脱線事故が頻発し、その状況は車輛の蛇行動によつて、軌道が横方向に破壊されたらしい形跡が認められた。此の種の重大事故原因を究明するためには軌道の横強度を検討することが急務となつた。ところがこれについては詳しく取扱われた例がないので先づ基礎理論から組立てることが必要となつた。

今図—1 (次頁)に示すように輪重 W と横圧 H が働くとき、軌条底は犬釘で押さえられているから変形は H による軌条横撓ミと M による振レとに分けられる。