

レンガ構造物の補強

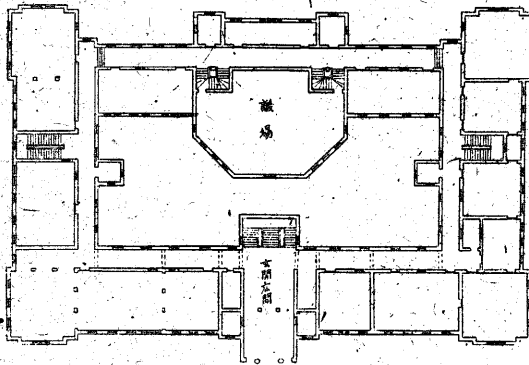
坪井善勝・坪井研究室

まえがき

昭和 24 年に千葉縣から、縣廳舎の耐震強度調査と補強計畫の立案とを當研究所建築學教室に依頼してきた。これは廳舎が關東震災前に建てられた煉瓦造で、耐震ということとはほとんど考えてない建物であることと、現在床、屋根その他に腐朽箇所が多いためである。そこで當教室では煉瓦積の強度の測定、木部の強度試験および屋根トラスの腐朽箇所の調査などを行つて、要補強箇所を推定し、補強計畫を數案提示した。これをもとにして補強案が數回練りなおされ、昨年の秋から大規模な改修工事ははじめられた。當研究室ではあらためて工事施工に必要な實驗を委託され、現在これを行つている。

縣廳舎の構造

廳舎は明治の末年に建てられたもので、煉瓦造地上二階、地下一階、延約 1800 坪、壁厚 2 枚半乃至 2 枚積の建物である。さきにものべたように、特に耐震構造とし



第 1 圖

て設計されておらず、關東震災によつて生じた被害箇所を一應補修した程度で、現在煉瓦壁のあちこちに龜裂が見られる。その他木造の床組、小屋組に腐朽箇所があつて耐震的に不十分な點が少くない。

千葉縣と關東震災

關東大地震で千葉市はどの位ゆれたであろうか。千葉縣は震域の東方の境界に近く、家屋の倒潰率から震度 K を出してみると 0.1 位である（これは建物の自重の 0.1 だけの水平力が建物に働いたとゆう意味）。従つて龜裂の發生程度で倒潰をまぬがれたとはいえ、今後の地震に對して安全とはいえない。補強の設計には震度 0.2 位を目標とすべきであろう。

煉瓦の強度

建物がどの位の地震に耐え得るかを知るためには、まず煉瓦自身の強度と、これを積んだ場合（主として目地

の強さが關係する)の強度とを知る必要がある。それで建物の上部と下部とから煉瓦數個と、煉瓦數個からなるブロックとをきり出して試験した。煉瓦自身の強度は第

第 1 表

	重量 (kg)	壓縮強度 kg/cm ²	曲げ強度 kg/cm ²	剪斷強度 kg/cm ²
上部煉瓦	2.47	79.4	18.8	4.0
下部煉瓦	2.50	47.5	21.7	4.7

1 表のようであつて、これによると上部と下部の煉瓦に差があるが、これは上部の煉瓦は乾燥し、下部のは湿つてゐるためである。次に目地モルタルは分析の結果割合 1:3 モルタルで、膠着材は石灰が使用してあり、ポルトランドセメントはぜんぜん入つてゐない。従つて強度も第 2 表に示すように低い。これは煉瓦數個がついたま

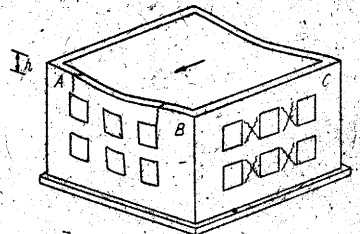
第 2 表

	壓縮強度 kg/cm ²	曲げ強度 kg/cm ²	剪斷強度 kg/cm ²
上部煉瓦	73.0	3.7	1.9
下部煉瓦	53.8	11.3	6.0

まきりとつたブロックを試験して得られたものである。なおこれらの値をみると、壓縮強度は上部と下部とで大差ないが、曲げと剪斷では差が非常に大きいことがわかる。これはモルタル自身の差よりも、上部で施工が非常に悪いことを物語つてゐる。

耐震度

次にこのような煉瓦が積まれたとき、壁として、あるいは建物として、どの位の地震に耐えうるであろうか。これを説明するために第 2 圖のような煉瓦造を考えよう。木造の小屋組や床組はほとんど煉瓦壁の強度に關係しないので、これを取除いて考え



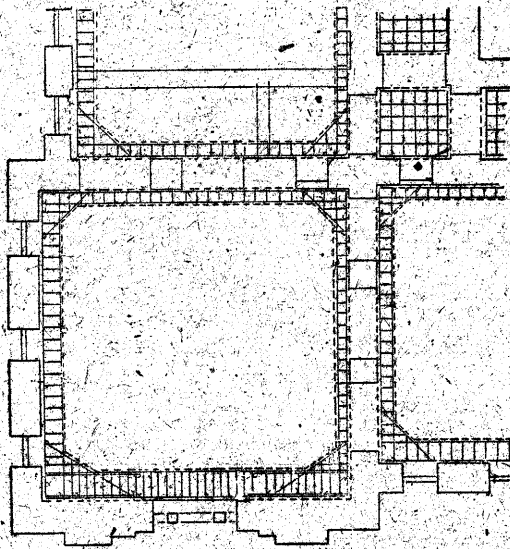
第 2 圖

る。地震力が圖のようにはたらくと、AB 壁は壁面外にはらみ出そうとし、窓から上の部分の壁は巾がなくて兩端を固定した梁のような作用をしてこれに耐えるが、地震力が大きくなって支えきれなくなると圖のような龜裂ができる。現に關東地震の際にできたこのような龜裂が數多く残つてゐる。これはこの建物に臥梁 (AB の最上部におく梁型) がないからであつて、上にのべたようにこの建物が耐震的でないゆゑである。次に BC 壁には面内に水平力が働くから、もしこの力によつて起る剪斷應力が強度以上になると圖のように斜に龜裂が入る。しかしこの種の龜裂は支關まわりにみられるだけである。これは計算によつてもうなづかれることで、大部分の壁は面内

の力に対しては相當の耐力をもっているが、たゞ支關まわりは壁の長さにくらべて重量が非常に大きいためこのような龜裂がでているのである。この場合注意しなければならないのは、床が全部コンクリートでできていれば、建物全體が一體となるから、たとえこのように一部分に弱所があつても他の部分が協力して倒潰をまぬかれるのであるが、木造床をもつ煉瓦造では弱いところがあればそこだけくづれることである。さて建物の全部の壁について、どの位の地震(震度)で上のような二種類の龜裂がでるかを計算してみた。これによつてどの部分を補強しなければならないかが一目でわかる。

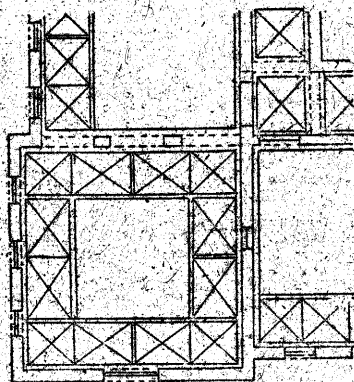
補強計畫案

この建物の補強としてまず必要なのは臥梁を各階の天井



第 3 圖 (a)

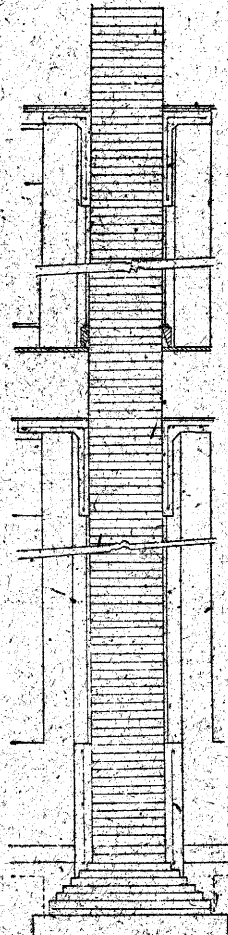
面に設けることと、剪斷強度の不足している壁を補強することである。第一の臥梁は、床を鐵筋コンクリートに



第 4 圖

すれば不要である。そこで床をコンクリートにする案、鐵筋コンクリートの臥梁を設ける案、それから鐵骨の臥梁を設ける案の三つを提案した。鐵筋コンクリートの臥梁は第 3 圖 (a), (b) のように各室内の天井部にまわし、施行はセメントガン吹付けを行うものである。この工法によれば普通のセメントモルタルの強度の約 2 倍位の強さが得られ、又煉瓦面への附着強度も非常に大きいことが當研究室の研究によつてわかつてゐる。次に鐵骨の臥梁は第 4 圖に示すように、鐵骨で水平トラスを組んでコンクリートの場合と同じように各階の天井面に配置する。

耐用年數推定と利用價値の認定



第 3 圖 (b)

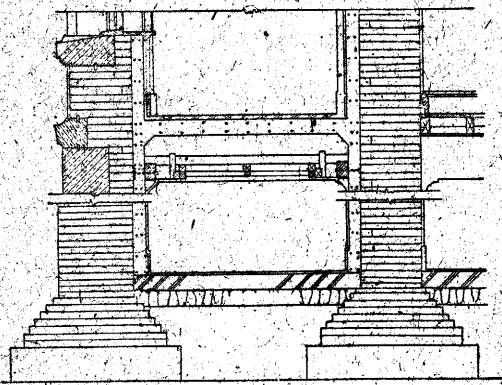
さてまだ重要な問題が一つ残つてゐる。前述のように古い建物であるから、これを改修するより思ひ切つて現在の建物を放棄して、應舎を新築した方が結局は得ではないかという事も考えられる。そこで本應舎は一體あと何年もつてあろうか、又これに關聯して改築するとすればいつごろがよいかを検討してみた。まず第一に本應舎をそのまま使用するとすると一體何年もつてあろうか(物理的考え方による耐用年數)。そこで R. P. Bolton 氏の方法により、建物の構成要素別の材料の數量とその壽命とから建物の壽命を求めると 40~45 年となる。第二に本應舎は數回の増築をして使ひにくくなつてゐるが、使ひよかつたのはいつごろであらうか(平面的耐用年數)。建物設計はある程度の豫想をもつて行つ

が、使用目的の変更とか利用人員の増加等によつて増築、改築が行われる。本應舎も數回の増築を行つてゐるが、時間と延面積との曲線をプロットしてみると、建物ができてから何年位が一番よかつたかがわかる。これによると約 30 年である。第三にもし改築するとすれば、經濟的には何年後迄に行つたらよいか(經濟的耐用年數)。建物はある年數たつと維持管理費が多くなつて新築した方が經濟となる。このような考で壽命を求めると 40~50 年となる。このよ

にしてみると明治以來約 40 年を経過したこの建物の壽命はあと 10~15 年位しかないことになる。そこで廳舎としては改修せずに建設費を積立てて新築した方がよいことになる。しかしこの建物をたとえば記念館として残すにしても、補修と補強は必要である。

工事の實施

以上のような報告をしたのであるが、いよいよこれを實施することになり、實施案はさきの案をもとにして結局次のように決定した。臥梁の役目をすらすらためと、建物全體を一體にするために廊下の床と 2 階の天井とを鐵筋コンクリートスラブにすること、それから壁の剪斷強度

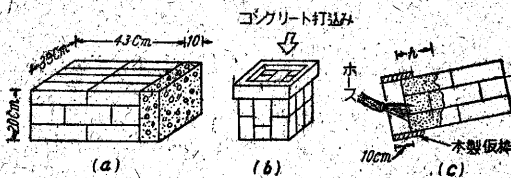


第 5 圖

を増すために約 12 cm の鐵筋コンクリート壁を煉瓦壁に添わせること(第 5 圖)、および玄関まわりを特に補強することなどである。なおここで一つ問題になるのは、ルネッサンス様式のこの古い建物の形態をどの程度こわしてよいかとゆうことである。

委託實驗

工事は昨年秋からはじめられたが、施工上いろいろの問題があるので、これに必要な研究を改めて當研究室に委託してきた。この中煉瓦の吸水に関する實驗につい



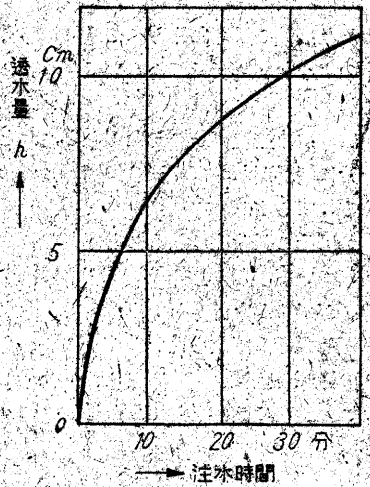
第 6 圖

て少しくわしく報告しよう。煉瓦壁體にコンクリートを添わせる場合、煉瓦壁は氣乾状態にあるので、注水をせずにコンクリートを打つと、煉瓦面との境界面の水分が煉瓦に吸収されて、附着強度の低下が心配される。そこで第 6 圖 (a) のような煉瓦のブロックを作り、これにコンクリートを打繼ぐのであるが [(b) 圖]、コンクリート打込み前に (c) 圖のように木製型枠をはめたまま、煉瓦

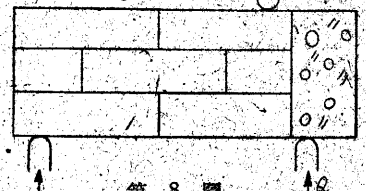
面にホースで注水した。注水時間は次の 4 種である。

- A: 全然水をかけぬもの
- B: 注水 10 分
- C: 注水 30 分
- D: 30 分間水槽に入れる

このようにして、注水時間と透水量 h [(c) 圖] との關係を求めると第 7 圖のようになる。このようにしてからコンクリートを打つた。調合は重量比で 1:2:3、水セメント比 .80%、スラブ 19.4 cm、壓縮強度は 4 週で 187 kg/cm² であつた。打込後 4 週で第 8 圖のように荷重をかけて、打繼面の剪斷強度を求めた。第 3 表はこ



第 7 圖



第 8 圖

第 3 表

試片	剪斷力 Q(t)	有効斷面積 A(cm ²)	剪斷應力度 Q/A(kg/cm ²)	備考
A	4.46	722	6.18	無注水
B	3.70	542	6.82	注水10分
C	6.92	724	9.55	注水30分
D	6.30	751	8.40	沈水30分

の値である。これによると注水 30 分 (C) のものは、無注水 (A) にくらべて 54% 増してであるが、C では煉瓦とコンクリートとの境界面ではほとんどはがれておらず煉瓦がはぎとられていることである。これからみるとこれ以上コンクリートが強くても、もはや無意味であろう。この實驗から煉瓦面への注水は數分程度が適當であることがわかつた。

むすび

既存建物の補強などということは、一見非常に簡単でせいぜい強度計算をすればよい位に思われるが、上述したところによつて強度試驗、強度計算はもちろんのこと、經濟性、様式との問題、施工上の問題等案外こみ入つたものであることに氣付かれたであろう。以上の研究は坪井研究室森央二、矢代秀雄、若林實の諸君が擔當し、耐用年限については關野研究室が分擔したものである。