

4. 昭和9年9月21日颱風による大阪 附近の木造建築物の被害に就いて

地震研究所 齊 田 時 太 郎

(昭和9年10月16日發表——昭和10年1月30日受理)

内容——本文は木造建築物に對する颱風の性質、建築年齡と倒壊時の風速とに就いて若干の考察をなしたものである。

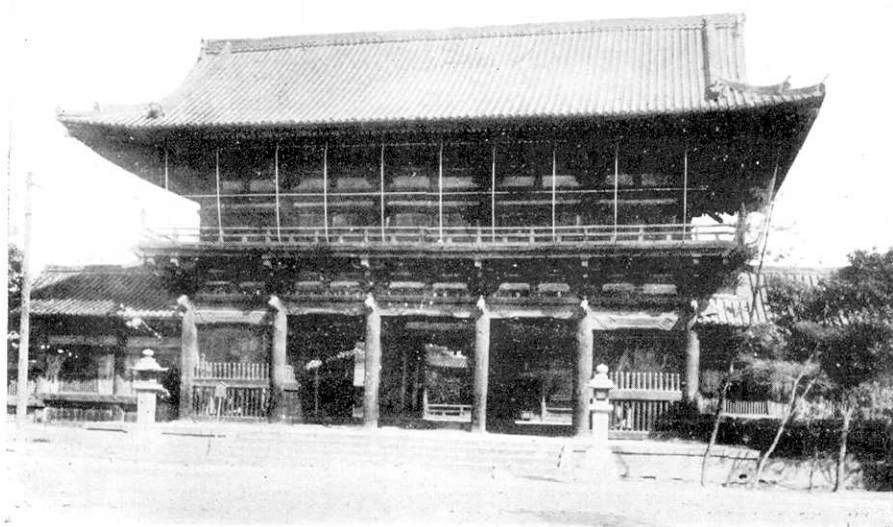
緒 言

最低氣壓 684.0 mm (溫度、高さ、重力の更正済み、氣象要覽第 421 號に依る) を室戸岬に記録せしめ、其の附近に上陸せる未曾有の暴風雨は近畿地方を襲ひ、甚大なる災害を誘起せしめた。就中岡山縣下の大洪水による被害、高知縣東半部、徳島縣、和歌山縣、兵庫縣、大阪府沿岸の高潮による家屋の浸水破壊、船舶の漂流による被害及び大阪、京都其他に於て多數の兒童の死傷者を生ぜし學校々舎の倒壊、瀬田川鐵橋上に於ける急行列車の轉覆等は最も著しきものであつた。

これ等の災厄は颱風により發生せしものなれば、地震研究所の研究調査項目にあらざるも當時新聞紙上に大阪市に於て耐震構造になれる木造小學校(大阪市に於ては昭和3年1月學校建築の規格を文部省震災豫防評議會編輯になる木造小學校建築耐震上の注意書を参照して決定し、爾來この規格によつて建築をしてゐる由)が多數倒壊せる如く報道せられた。耐震は同時に耐風なるを必要とするは當然のことにして調査研究をなすも敢て咎むべきでないのみならず、進んで攻究し其の欠陥を明かにすべきである。私はかゝる構造物の被害を特に調査すべく單身出張せるもので廣く個々の建築物について其の被害の狀況並に其の數量的事項を測量して災害豫防研究の資料を蒐輯することは他に適當なる機關もあることなれば私のなさざる所であつた。私は災害地に到着後、直に大阪府廳に中澤建築課長を訪ひ新聞紙上に傳へられたるが如き耐震構造になる校舎倒壊の有無を糾せるにかゝる事實なしと言明せられ、但し屋根被覆材料に若干の損傷ありしもの二三校はあるべしとのことであつた。かくて私の調査を進むる必要なことになつたので調査の對象を變更し大阪府建築課の作製になる木造小學校被害概況調査を一讀し倒壊校舎の中若干校に就いて、破壊狀況を調査し以て外力としての颱風の性質及建物の抵抗性について知識を深め、新建築設計並に既存建物の補強上の資料を得んとした。



第 1 圖 倒潰前の天王寺建物
五重塔高 24 間 3 尺，3 間 5 尺四方



第 2 圖 倒潰前の天王寺仁王門
桁行 10 間 2 尺 5 寸，張間 4 間 2 寸



第 3 圖 倒潰せる天王寺建物 仁王門及び廻廊下部の残存せるに注意



第 4 圖 天王寺第一小學校の被害の一部
柱上部枘の完全に残されたるに注意

建築物に對する颶風の性質

一般に構造物設計上、外力の性質並に其の數量に關する判斷は重要なものゝ一つであることは今更説明を要しない。外力として颶風の建物に及ぼす性質は實際に建物の各所に於て觀測されて始めて解明せらるゝものであるが、未だかゝる觀測あるを知らない。こゝで私は被害建物の破壊狀況より其の性質を推察するのであるが其の對象として天王寺五重塔及び仁王門をとつた。被害前の狀態は寫眞に示す如くである。私が現場に臨みしときは取片付中にて各部材の位置倒壊當時のまゝでなかつたが五重塔が風下の方へしかも横に其のまゝ倒れしにあらず其の高さよりも短く挫折してゐるやうな位置を占めて倒潰したこと及び仁王門が其の階上部を取り去られ下部の大部分を其の位置に残してゐることは明かに認め得た。これと同様な狀態を仁王門に接續する廻廊に於ても亦見られた。廻廊も屋根を取り去られ其の下部を完全に残してゐるのである。これ等の現象は從來多數の技術者間の常識となつてゐる風を地表面に平行に流動し建物の垂直部には其のまゝの全壓力を考へ、斜面には其の垂直分壓力を考へ、或は軒先の下部には壁面に一旦あたつた風が立ち昇つて渦卷をつくることや、建物の風下の部分には風上よりも氣壓の低き部分を發生することや、屋内に風を孕むことなどを考へてゐるが、要するに破壊の主力を水平横壓力に在りとしたのでは解釋に無理があるやうに思ふ。颶風の建物に對するかゝる考へ方は實際の颶風の性質とは全く異なるものではなからうか。例へば颶風による樹枝や煙突より出る煙や、飛散する物體の運動を見るときは瞬時にして其の方向をかへ、或は旋回し、或は壓しつけられたかと思ふと俄に壓力を除去されたるかの如き狀態を示すことを見ると颶風を單純なる平行線で引かれるやうな流動狀態と考へるのが誤であつて、これとは反對に旋風の如き大小の渦動群の通過と考へた方が實際に近いものではないだらうかと云ひたいのである。この私の判斷には颶風の破壊力は前述の水平横壓力を主力とするに對して水平横壓力の他に吹き上げの力を無視することが出来ない、寧ろ場合によつては後者が主力となることを含むでゐる。

當時天王寺門前に於て倒壊する直前の狀態を目撃せる寫眞師田原氏の語るところによれば、仁王門の階上部は時々風上の方が浮き上り屋根の瓦は木の葉の如く直上に舞ひ上つた。五重塔は風の強くなるに従ひ獨樂の心棒の如く空間に動搖してゐたが遂に倒れる直前には二階及四階附近で風上の方が仁王門と同様に浮き上つたと思ふと俄にくの字型に倒れたと語つた。なほ當時境內を警戒巡視せる大工某氏より全く同様なことを聞くことを得た。兩氏の語るところはこれ等の建物の破壊狀態とよく一致するので、私はこれによつて倒壊時の風壓は建物に水平に作用し或は一旦水平にあたつた

ものが軒先に作用せるとせず、寧ろ直接軒先へ殆ど直下より吹き上げる旋風作用によると考ふべきであると云ひたい。この五重塔の重量、大きさを精確に知ることを得ざるも大森博士の論文¹⁾によれば

日光五重塔:- 高さ 114 尺, 総重量 276000 封度,

法隆寺五重塔:- 高さ 110.7 尺, 総重量 1006000 封度,

にして總重量約前者は 125194 kg 後者は 456322 kg にあたる。風壓と重量との關係を考慮するに日光塔と天王寺塔と相似の法則があてはまると假定し、こゝで日光塔について大體の勘定をすると一重の重量は約 25000 kg となり軒の全長を約 9 m とし斗組による凹凸面積を合計すれば 90 m² 位はある。なほ風壓をスタントン公式

$$P=0.080 V^2$$

にて計算すれば、 $V=58$ m/sec の風が吹き上げるときは塔は浮き上ることとなる。當時大阪府測候所に於て最大瞬間風速 60 m/sec を觀測せるほどなれば、天王寺五重塔仁王門が倒壊直前に於て風上の方が浮き上つたと語るも何等不思議のものでない。要するに天王寺のこれ等の建築物の倒壊は軒出深きところへ異常に大なる吹き上げ作用を受け建物の重量と風壓との平衡を失ひしによると考へられる。急流中に立つ棒が流線に直角に振動することは人の知るところである。颱風中に於て五重塔も亦これに似た振動をなし次第に振幅を増加し遂に倒壊に至れりと解釋することも可能であるが、かくては倒壊方向が風下にあり且つ二階四階部に浮き上りの現象を仁王門に於ても同様に考へるときは不適當に思はれる。

颱風の建物に對する作用として旋風の吹き上げ作用（時としては屋内に孕みし風の内壓力が加はることもある）が横壓作用と同等寧ろそれ以上の役目をなしてゐると考へられるのは木造小學校々舎及民家の被害に於ても見られた。例へば城東小學校其他二三校に於て屋根小屋組の墜落せるため二階上部を破壊されしこと、天王寺第一小學校に於て寫眞第4圖に示す如く柱上部の杓が何等の損傷を受けずに残存せること及び各倒壊校舎に於て土臺との連結の柱下部の杓は例外なく損傷せるに反して、小屋組との連結をなす柱上部の杓の完全なるもの著しく多きこと等は、震害に於て例外なく柱の杓は上下とも損傷を受けるものと著しき相違であると感じた。一般民家の被害に於ては軒先部の瓦が飛散してゐるのが特に目についた。これによつて見ると建物を破壊する風壓は横壓と同等寧ろ横壓以上に吹き上げ壓の存在を考へるのが至當である。軒先部の瓦の飛散するは單なる靜力學的壓によるのではなく一陣の吹き上げ壓により軒先は振動を始めることによつて其の上の瓦は躍り出し飛散を容易ならしむるものと考

1) 震災豫防調査會報告, 97 (甲) (1921), 32~33.

へられる。社寺建築の如き軒出深きものにありては旋風の吹き上げ作用に對して軒のうける壓力が胴體にうける横壓より大となるは容易に考へられるが普通家屋の如く軒出浅きものにも屋根の重量輕きときは優に軒にうける壓力のみで屋根の一侧を吹き上げうる況や風速の増加に従ひ瓦の如き重き材料も逐次剝取られ大いに屋根の重量を減少し剩へ小屋組と軸部とに何等の連結なきに於ては容易に屋根を吹き飛ばされてしまふものである。大阪府建築課の調書に其の場に挫折状態なるもの少からず記載してあつたがこれ等は主として上述の屋根軸部の離脱墜落が主なる原因と考へられる。後述の豊南高等小學校、守口第一小學校の如き最近の建築になり小屋組と軸部との連結を稍々堅固にせるものにては屋根は軸部と離脱せざる故胴部の横壓力にて倒壊するに至る。これ等の二校は風下に建物の高さと同程度に横倒しの姿勢をとつてゐたのを見たが大部分の建物は屋根被覆材料及小屋組と軸部との緊結が薄弱なりしたため旋風の吹き上げ作用に征服せられ、これ等の緊結が堅固なりしも軸部の水平變形を防止する處置を欠きしものは横壓力に征服せられたのである。

風壓の計算には一般に平均風速を用ひてゐるやうであるが建物の破壊は平均風速によるものでなく瞬間風速によるは當然のことである。風壓は風速の自乗に比例すると信じられてゐるから瞬間風速は平均風速の 4~5 割の増加となることを考へると建物の耐壓力に對して注意すべき結果を生ずる。今風速 35 m/sec にて風壓 100 kg/m² とするも約 4 割増の 50 m/sec の瞬間風速を用ふれば風壓 200 kg/m² となり風速に於て約 4 割の増加は壓力に於て 10 割の増加となるから安全度少き建物にありては危險に瀕することのあるは鐵筋コンクリートと同様施工上の優劣の開きの大なる木造家屋に於ては容易に想像せられる。なほ建物に作用する風壓力 F は

$$F = CpA,$$

こゝで

A : 風向に垂直なる面積

p : 單位面積に作用する風壓

C : 建物の表面及び形態による定數

で表はされるが、定數 C の決定には實驗を要すべきも今回の校舎の倒壊より推察せられるところに依れば建物の大きさにより相當の差異を認められる。例へば最近の建築になる豊南高等小學校は梁間 5.5 間桁行 36.5 間、守口第一小學校は梁間 5 間桁行 39.5 間、其他にもこれに近き桁行の大なるものゝ倒壊せるは周囲の地形地物の關係にて風壓の大なりしも考へられるがこゝに一方に長き建物にありては C の數値が小なる建物に比して大なることを示すのではないかと想像せらるゝので建物の形態に無關係に風

壓公式を用ふるは慎むべきではないだらうか。この C の数値の決定をなすと共に颱風には雨を伴ふ故雨壓をも勘定に入れるか否か研究を要することであらう。

建築年齢と耐風性

建物に新古及工費の相違あれば耐風力に差を生じ従て倒壊せるときの風速に相違あるべきである。大阪府立測候所及中央氣象臺大阪支臺觀測の風速を標準として其の附近の倒壊せる校舎の時刻を學校職員に尋ねて次の表を作ることが出來た。倒壊時刻は當時各校とも授業開始前後であつたので職員の時刻觀念には大した誤は無かるべしと信ぜられる。各校の風速は勿論知り得ざるも下記の如く7kmを隔たる府立測候所と大阪支臺とに於て大差なきを以て其の附近の學校に適用するも大なる誤はなかるべしと信ぜられる。

第 I 表 暴風雨觀測表 (9月21日)

府立大阪測候所報告

時 刻	氣壓(海面) (mm)	風 向	風速度(平均) (m/sec)	時 刻	氣壓(海面) (mm)	風 向	風速度(平均) (m/sec)
7	725.9	ESE	12.8	8—20	722.7	SSW	25.0
7—20	723.7	SE	14.0	8—30	731.0	SSW	23.0
7—40	720.4	SSE	18.7	8—40	733.5	SSW	22.0
7—50	719.2	S	23.3	9	737.9	SW	20.0
7—55	715.8	S	25.5	9—20	742.1	SW	18.0
8	718.0	S	29.8	9—40	744.9	SW	16.3
8—03		S	60.0	10	746.8	WSW	13.4
8—10	719.6	S	恐らく40m 以上ならん				

備考——8時03分風力計飛ぶ其時風壓計60mに達す。8時05分頃無線柱が不幸にも風力計取付鐵柱に倒れ風力計、風壓計、風信器を大破し茲に風速觀測全く不能となり9時迄は推定による。9時20分より復舊す。但しネグレッツ風信器のみ破損を免る。

第 II 表 木津川分室觀測風速表 (9月21日)

中央氣象臺大阪支臺報告

時 刻	前5分間平均風速 (m/sec)	前20分間平均風速 (m/sec)	時 刻	前5分間平均風速 (m/sec)	前20分間平均風速 (m/sec)
7:00	10.7	8.9	8:45	25.7	29.2
7:20	12.4	11.3	8:50	25.7	27.4
7:30	18.2	12.9	8:55	32.7	28.0
7:35	22.2	15.3	9:00	29.6	28.4
7:40	25.4	18.6	9:05	26.8	28.7
7:45	28.7	23.6	9:10	28.5	29.4
7:50	36.4	28.2	9:15	30.3	28.8
7:55	44.8	33.8	9:20	28.5	28.5
8:00	54.1	41.0	9:25	26.8	28.5
8:05	56.2	47.9	9:30	25.7	27.8

(次頁へ續く)

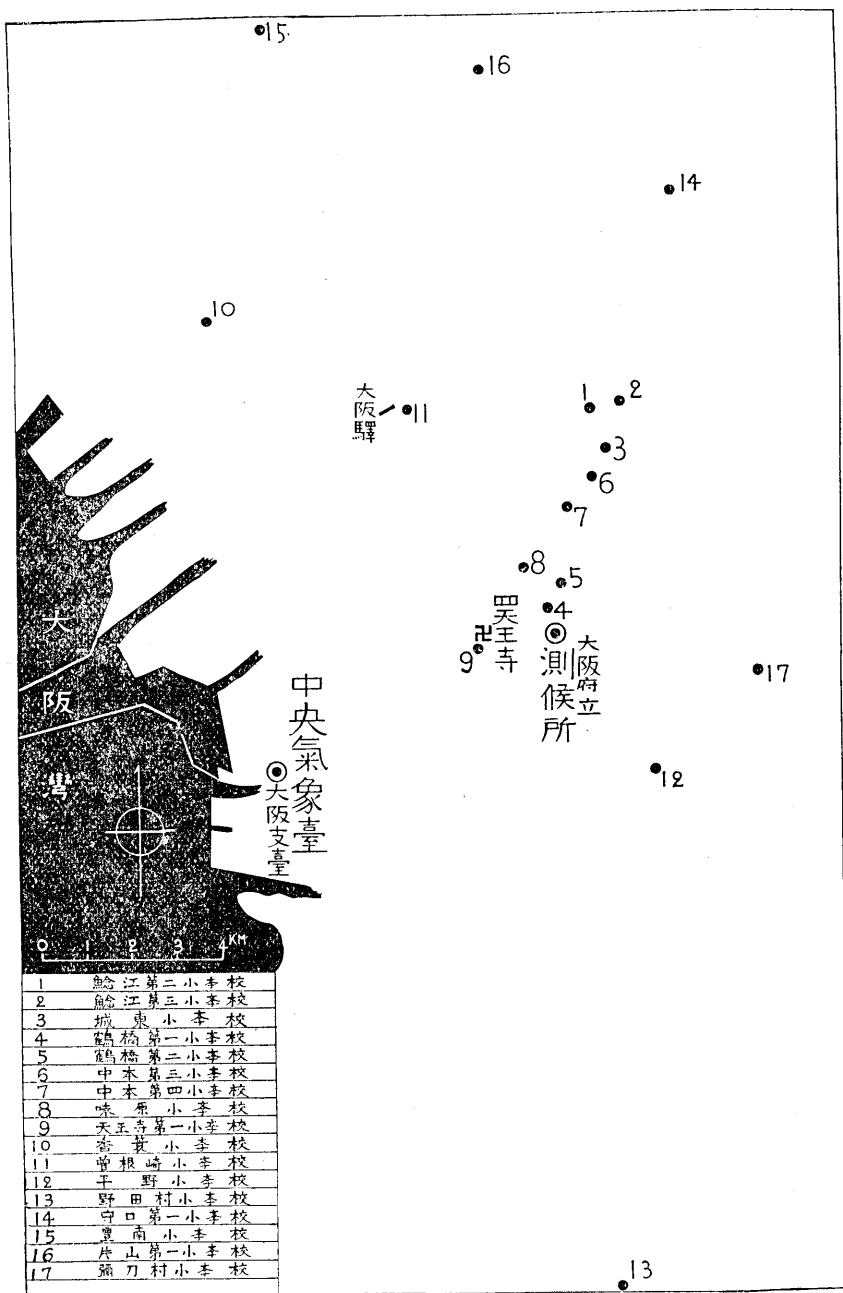
時 刻	前 5 分間平均風速 (m/sec)	前20分間平均風速 (m/sec)	時 刻	前 5 分間平均風速 (m/sec)	前20分間平均風速 (m/sec)
8・10	38・3	48・4	9・35	24・5	26・4
8・15	39・7	47・1	9・40	23・3	25・1
8・20	37・3	42・9	9・45	22・2	23・9
8・25	35・0	37・6	9・50	21・0	22・8
8・30	32・7	36・2	9・55	19・8	21・6
8・35	30・3	33・8	10・00	21・0	21・3
8・40	28・0	31・5	10・05	19・8	20・4

第 III 表 建物倒壊時刻風速表

建 物 名 稱	建 築 年 度	建物年齢	倒 壊 時 刻 (時一分)	同時刻の風速 (m/sec)	
				A	B
鯉江第二小學校	大 正 4 年	19	7—50	23・3	28・2
同 第三小學校	大 正 10 年	13	7—50	23・3	28・2
城 東 小 學 校	明 治 31 年 大正5年移補強	36	7—50	23・3	28・2
鶴橋第一小學校	明 治 42 年 昭和2年補強	25	7—50	23・3	28・2
同 第二小學校	大 正 6 年	17	7—40	18・7	18・6
中本第三小學校	大 正 11 年	12	8	29・8	41・0
同 第四小學校	大 正 11 年	12	7—40	18・7	18・6
味 原 小 學 校	大 正 11 年	12	7—55	25・5	33・8
天王寺第一小學校	大 正 8 年	15	7—55	25・5	33・8
香 簀 小 學 校	明 治 35 年	32	8—20~30	23・0	42・9
曾 根 崎 小 學 校	明 治 42 年	25	8	29・8	41・0
守口第一小學校	昭 和 9 年 6 月		8—05	40 以上な らん	47・9
片 山 第一小學校	昭 和 5 年	4	8—05	40 "	47・9
豊 南 小 學 校	昭 和 7 年	2	8—05	40 "	47・9
平 野 小 學 校	大 正 8 年	15	7—50	23・3	28・2
野 田 小 學 校			7—50	23・3	28・2
彌 刀 小 學 校			7—50	23・3	28・2
天王寺五重塔仁王門			8	29・8	41・0

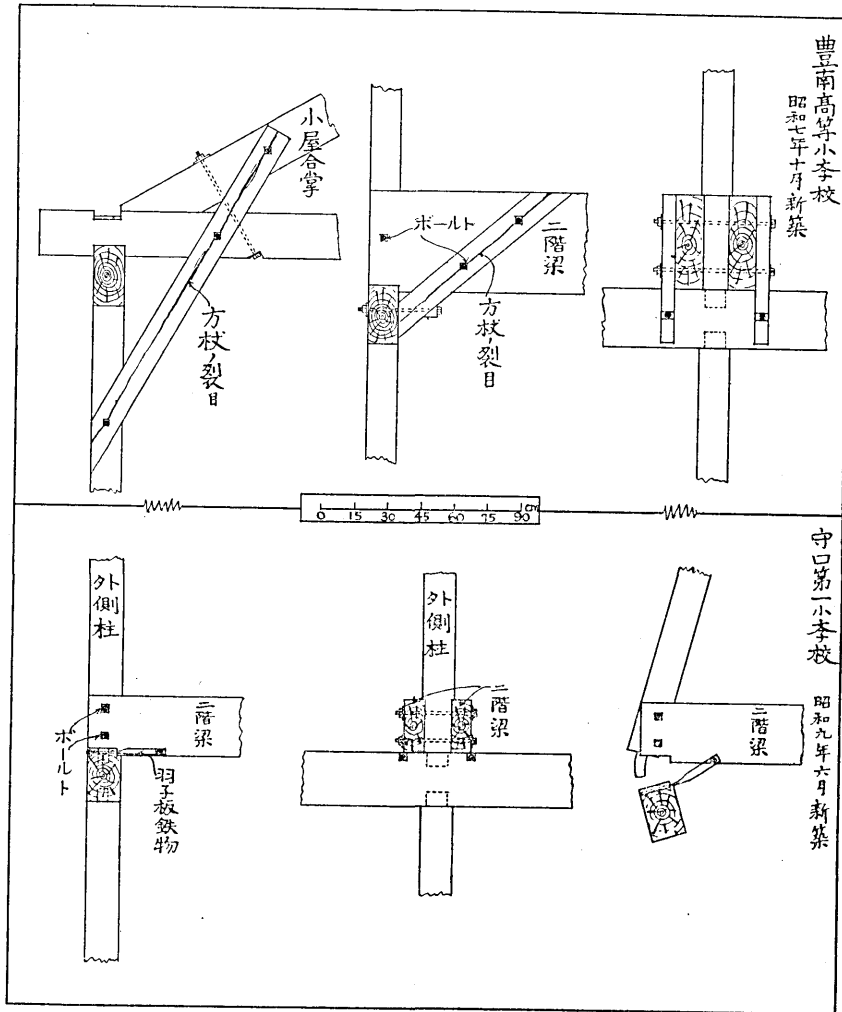
備考——倒壊時の風速にて A は大阪府立測候所のもの B は中央氣象臺大阪支臺の 20 分間平均風速を示す。

上表に示す如く平均風速約 19 m にて倒壊せる鶴橋第二小學校（60 餘の兒童の死者を出した）の構造は一般民家の構造と殆ど大差なく規模の大なる學校々舎に見るべからざるものであつた。最近の建築になる豊南、守口兩校の構造主要部及破壊狀況を示せるが第 2 圖にして豊南小學校にありては方杖あるも一本しかも米國產木材を用ひ守口第一小學校にありては方杖をかくも軸部は相當入念の施工になつてゐるにもかゝらず平均風速 40 m 以上瞬間風速 60 m にて横倒しとなつた。今回の颱風を氣壓風速其他に於て未曾有のものであり従て校舎の倒壊も不可避であるかの如く考へてゐる



第 5 圖 倒潰時刻を調査せる建築物の位置を示す

ならば笑止の至である。風速 60 m にて倒壊せるは豊南守口の兩校及これに類似の構造になる數校位のもので他は殆ど其以下の未曾有でない風速で倒壊してゐることを忘れてはならない。



第 6 圖 最近の建築になる校舎の軸部の一部及び其の破壊状態を示す

なほ倒壊前の校舎の状況を聞きしところによると豊南小學校に於ては若干傾斜をなして後倒壊に至り守口第一小學校に於ては突發的に一時に倒壊せりと云ふ。脆弱なる鶴橋第二小學校に於ては風速の増加と共に著しく動搖し屋根棟の蛇行狀の運動を外部より目撃し室内の土壁は龜裂を生じ柱時計は落ち兒童はすは地震よと叫び一同立上り廊下に逃げると同時に校舎は倒壊せりと云ふ。中本第三に於ても校長より當時地震が

あつたのではないかと質問を受けた位で同校も相當振動をなしたものと考へられる。構造の差により倒壊前の状態を異にすることが明かに認められる。

校舎の被害についてなほ一言すべきは輕少なながらも木材又は鐵棒にて筋違を施して補強せるものにありては倒壊をまぬがれてゐた。香簀、城東の兩校の殘存せる校舎に其の例を見た。中本第三小學校は昭昭2年の丹後地震にて南北に長き校舎が著しく動搖し土壁に龜裂を生ぜしを以て直に木材にて筋違を施したるに當時損傷なく從て補強せざる東西に長き校舎が今回倒壊したことは皮肉なものであつた。

最後に一般民家に比し木造校舎の倒壊が何故著しき高率を示すかを考へてみる。其の原因は受ける風壓と構造とによることは明かである。風速は地上より高さを増すに従ひ著しく増大する故一般民家より高く突出する校舎の受ける風壓の大なるべきは當然であるが民家の高さに於ては密集する家屋の屋根の形體方向不規則で從て氣流は複雑極まりない亂流状態となる故風速は著しく減じ方向も一定でないと想像せらるゝは街路の樹木及家屋の被害が東西南北の二方向の街路に於て著しき差異を示さないので解る。構造に於て民家は各材の配置方向稍々均等であり且つ室の小なるため柱の數が其面積に比して多いのに學校は4間5間位の室を一方向に連續せしめ床及小屋材の配置が桁行方向に對して直角であると云ふ極めて偏りたる性質を有し且つ柱の數が其の面積に比して過少となつてゐるので外觀堅固らしく見えても横力に對して殆ど無抵抗で地震颱風に際して忽ち其の缺陷を曝露し今回の如く大阪市内250校中約40校の倒壊を生ぜしむるに至るのである。

終りに臨み調査上の便宜を與へられた建築學教室の内田教授、大阪府建築課の中澤課長並びに大阪府立測候所の各位に厚く御禮申し上げる。

4. *Damages to Wooden Buildings by the Greatest Typhoon on Record.*

By Tokitaro SAITA,

Earthquake Research Institute.

The greatest typhoon on record devastated the Kwansai district on Sept. 21, 1934, and took a heavy toll of life and property. One of the greatest tragedies in connection with the disaster was the fact that a great many children were crushed to death by tumble down school buildings. On the other hand, it was a matter of note that many school buildings of earthquake-proof cons-

truction, commonly used in our country in recent years, withstood a gale of 60 meter per second velocity.

The writer of this paper on investigation found that many nonearthquake-proof school buildings fell down according to their strength and to the velocity of the wind. He pointed out too that the extent of the destruction varied with the age of the buildings and with the type of building construction. Moreover, the author investigated the damages done to Gojūnotō or the five storied pagoda at Ōsaka Tennōji, which had never been seriously injured by past great earthquake. He concluded that a typhoon has a peculiar tendency to develop a whirlwind which can lift up the building in whole or in part before throwing it down.
