

都市建築の世界的新記録補強工事

有樂館に於ける斜狀鐵筋の耐震壁、鐵骨 補強工事の防音に電弧熔接法施工の新例、 補強工事完成後の振動週期等に就て

工 學 博 士 谷 口 忠 (談)

丸ノ内の有樂館は日本石油株式會社が米國のフラー建築事務所を依頼して大正十一年八月に竣工したものである。然るに大正十二年九月一日の關東大地震に際し被害を受けたので、大地震直後應急の修理をなし、各室とも暫らく使用されてはゐるが、地震のため建物の剛度も幾分減じ、又雨漏其他の故障が起るので、結局大補強工事を施さねばならない事になつた。

補強工事の設計は當時東京帝大教授であつた佐野利器博士と、博士の門下たる谷口忠博士とに依頼された。谷口博士は昭和三年八月に有樂館の地下室と七階とに地震計を据付けて、同年十二月まで半ケ年間毎日連續して有樂館ビルの地震の時と常時の振動状態とを調査し、所謂建物の病態を診斷した。而して診斷の結果、どの程度に弱つてゐるかを確かめ、それに應じて新に補強工事の設計に着手し、昭和四年八月其設計を完了して警視廳に出願した。

補強工事は、建物の内部を主とし、外部の裝飾の多き部分は成るべく避けた。即ち中庭を圍む壁及びそれを延長した即ち井型の間仕切を耐震壁の構造となし、之れに依つて建物の剛度の増大を計つたわけである。

耐震壁には耐震壁として最も有効である所の斜狀鐵筋を使用し、柱と梁との接合部は之れを剛にする最も有効な方杖を加へた。斜狀鐵筋が耐震的に最も有効であることは理論的

に明かな事柄であり、又實驗的にも田邊博士によつて説明されて居り、良い事は既に知られてゐるが、其實際の工事にあたりて、施工が面倒だらうと考へられて今日迄建築物の全壁體には未だ使用された例が無かつた。今度有樂館の補強工事に於て、耐震壁全部地下室より七階迄に通して、此の斜狀鐵筋を使用した事は、耐震建築工事として將に劃期的の試みである。而して此斜狀筋の施工が、從來の鐵筋職工に依つて作業され、少しも困難を感じる事なく、設計通り豫定の日數で完全に施工された事は工事技術上の一進歩と言ふべきであつて、將來この斜狀鐵筋の耐震壁が續出するものと考へられる。之れが本工事に試みた新しい事項の第一である。

次に耐震壁の柱と梁との接合部に方杖を取付けて之を剛にしたものであるが、之れを取りつけるには設計寸法のもの鐵骨工場にて鋸綴により製作し、之を現場に運び來り、柱と梁の接合部の設計の位置に當て、圖に示す様にボルト締と、電弧熔接を併用してリベツチングによる騒音無しに取りつけた。之れが本工事に試みた新しい事項の第二である。

電弧熔接は圖示の如き「フイレットウエルド」とし尙ほ「ボルト」は「ターンボルト」として其の「ナット」と「ボルト頭」を熔接して「ボルト」とナットとの緩みを防いだのである。

而して以上の鐵骨とりつけを終へ補強の斜

斜鐵筋を配置して之れに混凝土を流込んで斜狀鐵筋「コンクリート」構造の剛な耐震壁が出来たわけである。寫眞は地下室の一部で最も剛強なる斜狀鐵筋の模様を示したものである。

電弧銲接使用の理由

何故に電弧銲接を使用したか。元來市街地建築物法施行規則第八十三條に「建物ノ構造ニ使用スル鋼又ハ鍊鐵ノ主要ナル構材ノ接合ニハ已ムヲ得サル場合ノ外「リベット」ヲ使用スベシ」とあつて電弧銲接の使用は簡單に許可されてゐないのである。

此の工事は補強工事で舊建築物に方杖を取つけるのであるが、舊鐵柱は圖の様に添板二枚乃至四枚を使つて、相當肉厚の鋼板である。之れに接合アングルをつけると、其の厚さが3/4吋乃至7/8吋となり「リベット」接合の最大厚みを超過する。之れを銲接とするには、1吋乃至1.5吋の「リベット」を要する。所が既存の銲孔が3/4吋乃至7/8吋「リベット」の最小間隔で開けられてゐるもので、之れより大きなリベットは使用が出来ないといふ困難があつた。

又梁の方ではIビームを鐵筋コンクリートで圍んで出来上つてゐるので、之れに方杖を銲接するには折角密着してゐるコンクリートを剝落し、床も破らねば銲接工事が出来ないといふ困難があつた。即ち構造上已むを得ざる場合と見做される事になる。その上に、この方杖は剛な斜狀鐵筋コンクリート壁によつて包まれて、横力の大部分は剛壁が抵抗するので主要なる構材と見做さなくともよい。

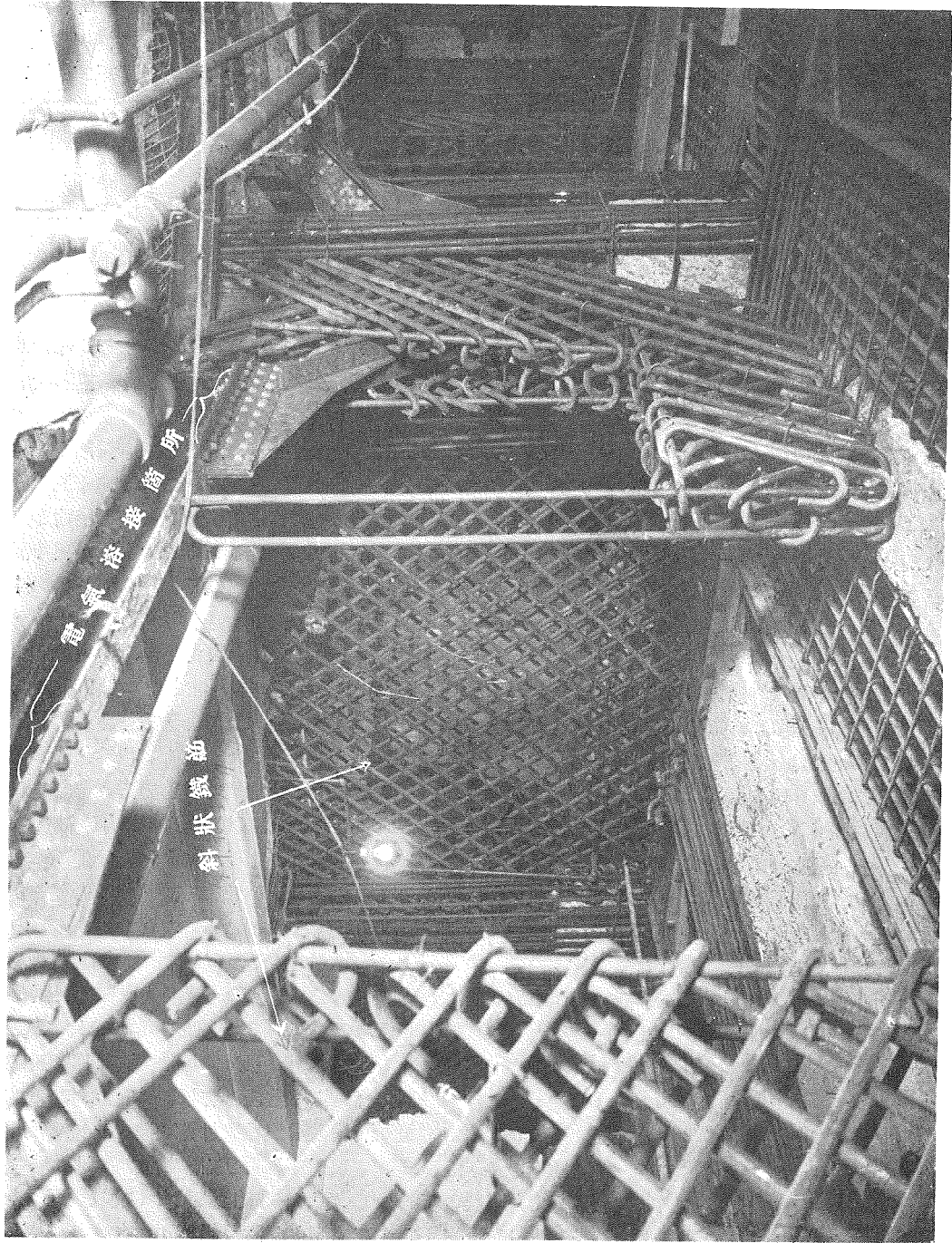
以上は構造上止むを得ない理由であるが、今一つ重大な理由は都市の防音であつた。この工事は之れを三期に分ち、連續一ケ年で完成の豫定でその期間支障のない室は之れを現状の通り使用して進む計畫を立てた。その理由はこの館内にある多くの銀行會社事務所を他に移轉することは、先方にも甚だ迷惑であり、有樂館側としても此の總貸室料一年分は

少なからざる金額で、之を棄てることは忍び難い事であつた、而して室を使用しながら工事を進める爲には、どうしても防音工事でなければならぬ。即ちリベットの騒音は之れを絶對に避けねばならない。周圍の建築物の事務所にも迷惑をかけない様にする爲に銲接を廢して銲接ボルト縮めを撰んだ理由である。其の理由を警視廳に届け、一方かゝる補強方法によつて建築物がその剛度を著しく増し普通の七階建の健全な建築物と同様な剛度のもに復する證明として、當時振動週期約1秒に迄延びてゐるものを0.5秒に迄減じ、之れによつて健康體に復した事になるので、かくの如くなることを計算して理論的に證明し、漸くこの補強方法に對して銲接を許可されたのである。

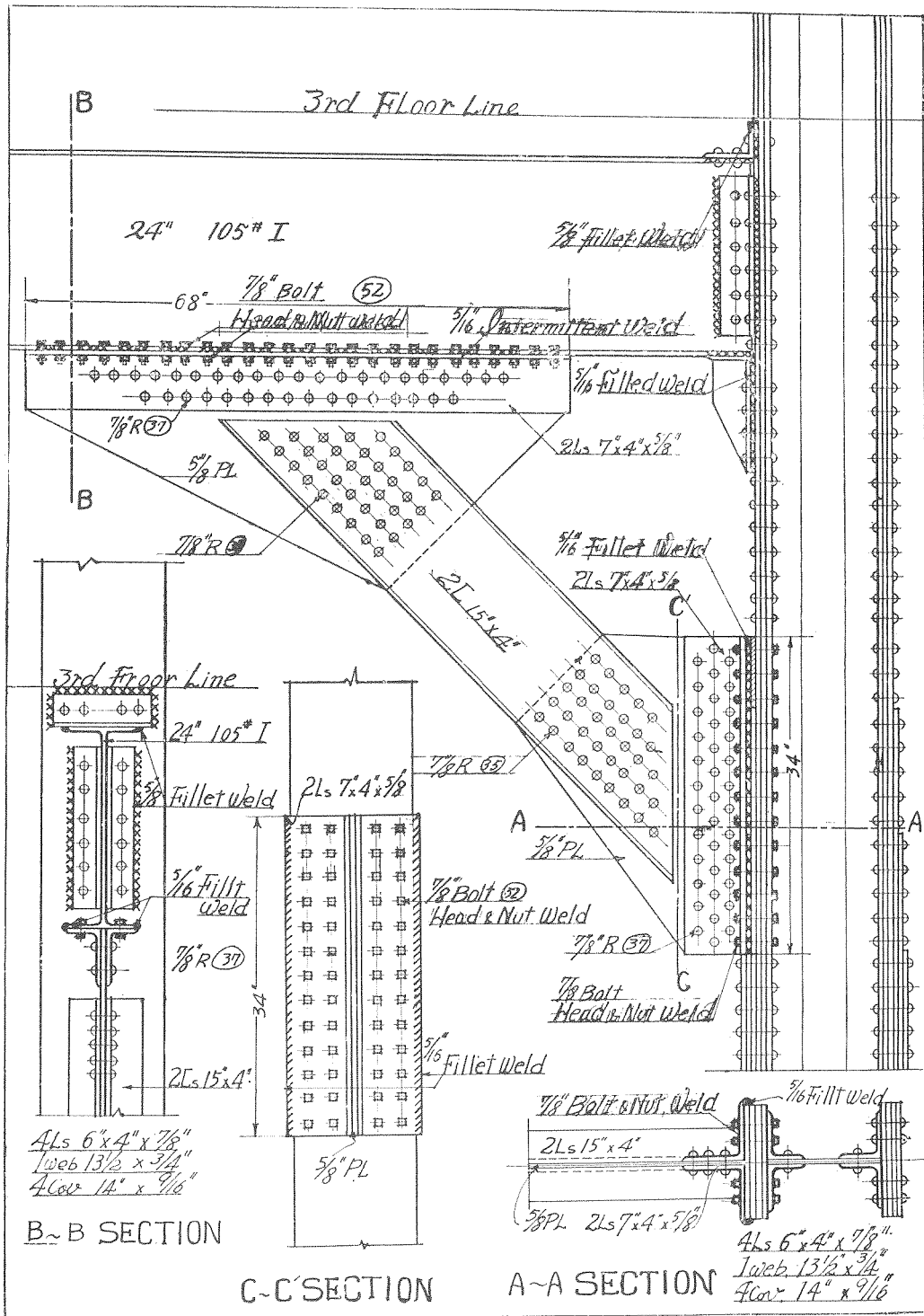
工事は五月一月に着手して、同年十二月に竣工したのであるが、工事中も地下室と七階に地震計を据付けて振動を計つて建物が剛になつてその週期が如何に減するかを一年間繼續して調査した。然して修理前即ち建物が弱つてゐるときの平均週期1.0秒であつたものが、次第に減じて行く状態を見、遂に完成に於て、豫定通り平均0.5秒といふ週期のものになつた次第であつて、豫め理論的に計算した週期と略一致した。之れに依て建物が著しく剛度を増した證明を得た理で、警視廳にも有樂館側にも申譯けが立つた理で、安心した次第である。この1秒と0.5秒とは週期に於ては僅かに二分ノ一であるが、建物の撓みから言へば1/4に減じた事になるのである。その上に地震動の主要動の週期は1秒前後のものが多いもので、それと建物が共鳴して振幅が増大することが一番恐いものであるが、それを避ける事が出来たのを考へれば、地震に對して著しく安全さを増した事がわかる。普通の七階建の建物では週期は、0.7秒前後であるが、之以下に週期を縮少し得た事は大成功であつて、之以下に縮めることは難しからう。

この事項即ち振動週期を計り之れに應じて

第一圖 有樂館補強耐震工事の斜狀鐵筋及び方杖補強鋼材の取付けと共に電弧接合所を示す地階の工事寫眞。



第二圖 有樂館補強耐震工事の方杖設計圖。



設計を進め補強をなし豫定の通りの週期と爲し得た事も世界的に初めての事である。その詳細に就ては近く學會に發表される由である

電弧銲接の長短

高層建築の鐵骨工事に電弧銲接を利用する事は、都市の防音の爲に最も必要な事であるが、日本の現在では全部の鐵骨工事を電弧銲接にする事は難しいことであろう、然しながら工場に於て一部分宛を出来るだけ完全に銲接にて仕上げ、之を建築場に運び組立て、其の締付けを即ち「フィールドリベット」を銲接に代ふる事位の事は許可されてもよいと思ふ。之れによつて完全に都市防音の目的に副ひ得るからである。

ウエルドしたものは靜力に對してはリベットしたものと同等又は其以上に耐えるのであるが、地震力の様な衝撃力や反復應力に對しては施工の良、不良によつて著しい相違が出來、その點は信頼出來ない事になる。それ故それ等に對してはボルト締を用ひて其の缺點を補ふ必要がある。銲接の此等の性質に就ては只今谷口博士が東京工業大學で實驗されてゐるから何れ近く發表される事であろう。

ウエルド工作物が衝撃力や反復應力に對して良い結果を得らるゝとしても、從來造船や機械方面に多く使はれてゐるのみで、建築方面には未だ多く使はれてゐないから、特に建築工事に適した銲接様式を研究する必要がある。

米國では建築構造に盛にウエルドを利用するが、地震のない處で、垂直剪力に耐える方法のみである。日本では地震力が作用して柱と梁の取付に大きな曲能率が生ずる爲め、米國の現状を其儘使用するは危険である。

經濟上からウエルドを見ると、米國式にやれば接合型鋼が省けるから、従つて總重量が少くて結局材料費で益するわけであるが、日本の現状では銲接のみで濟まないから、リベットするより幾分高くなるのは止むを得ない様である。

電弧銲接機及び銲接方法

電弧銲接機は國産品で完全なものがある本工事では濱野式交流銲接機を四臺使用した。一般に建築作業場は木片や砂塵が取散されてゐるから銲接機は完全不燃燒物で構造されてゐるで決して發火しない事を必要條件とする。この點大いに改良する必要があると思はれる。

ウエルドの成績は職工の技量により大變に相異があるから優良な職工を使はねばならぬが、其出來上り成績の検査方法は現今肉眼で見得る、熟練すれば肉眼で視ることも出来るが、何等か定量的な方法を必要とする。最近米國では電流抵抗に依る方法や聽音器による方法や、X光線による方法など行はれてゐるが、日本でもこの研究を必要とする。

次に監督者に對しての注意であるが、ウエルドの施工の監督をすると、電弧から二間位離れて視る位でも、一日位で眼が痛んで來る次いで顔が少し腫れる、結局二日位の靜養で治るのであるが、初めての監督者は注意を要する。本工事に於ても谷内君が餘り熱心に一日中連續して監督した爲めか、その犠牲となつたことは眞に氣の毒であつた。

工事關係者

有樂館の耐震補強工事關係者は次の通りである。

設計者	工學博士	佐野利器氏
同	工學博士	谷口忠氏
施工者(清水組)	工事長	富永長治氏
同	同 現場擔當者	栗原榮次氏
同	同 現場主任	太田芳三氏
同	同 電弧銲接	
同	同 鐵筋鐵骨係	谷内弘次氏
同	同	宮地勳氏
同	同 同混凝土擔當者	高石喜久夫氏
同	同	早川竹丸氏
同	同	山川儀一郎氏
地震計係	其	他 姜學唐氏