

## 1923年関東地震における建物被害評価に関する研究

## その2 調査資料および常時微動測定結果による鉄筋コンクリート造被害分析

# 1923年関東地震　被害　鉄筋コンクリート造建物 調査資料

## 1. はじめに

本論では、1923年関東地震における鉄筋コンクリート造建物被害について、建物の耐震性能を詳細に評価するために、調査資料<sup>6)7)</sup>の中で被害が顕著であった個別建物の評価・考察を行う。また、建物被害と地盤の震動性状との関係を考察するため旧東京市区域で実施した常時微動測定結果についても報告する。

## 2. 個別建物の被害評価

個別建物を評価する上で、同一建物において調査者が異なるものを選定し、調査結果を比較・考察した。本論で対象とした建物は、同構造、同規模、同用途、同時期の竣工であり、近接した地域に建設された博文館印刷工場と精美堂印刷工場とした（表1）。

博文館印刷工場は地震発生直後に建物全体が崩壊している。そのため被害後の詳細調査はほとんどなされず、文献 2 には、構造的な被害要因の記述はない。一方で、文献 3 には、崩壊箇所の中にあった鉄筋継手などの状態などが記録されている（表 2）。博文館印刷工場の主な被害状況を表 3 に整理した。被害の原因として示される項目としては、鉄筋に関わるものが多い。一方、精美堂印刷工場では内部に一部の亀裂などがあるだけで、大きな被害は認められていない。ほとんどが同条件の中で、帳壁構造、鉄筋の構成、地盤条件、構造設計方法が異なっている。本論では、これらの中で、特に被害原因として様々な側面からあげられている鉄筋に着目して取り上げる。

鉄筋の構成については、博文館印刷工場では「カーンバー及びリブバー、計算トラスコン」であり、精美堂印刷工場では「丸棒(梁、床板)、リブバー(柱)、計算設計部」とある。当時多くの建物では、梁はカーンバー、柱はリブバー、床はリップメタルが用いられていた。これらの耐震設計方法については、製作された米国においても提示されていなかった<sup>8)</sup>。また、梁、柱の接合部の定着長さ

表 1 個別調査建物概要

構造種別	博文館印刷工場	精美堂印刷工場
耐震等級	鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造
位階	東京市小石川区久堅町	東京市小石川区久堅町
地質	泥土	ローム層・泥土層上に跨る
周囲の状況	構内構内道路、背面小川、左側面構内木造工場、右側面木造陳家	左側面には構内道路、他は隣家に接する
竣工年	大正11年10月	大正11年10月
用途	印刷工場	印刷工場
建築面積	298	292
階数	3	3
軒高(尺)	38	40
基礎	鉄筋コンクリート、杭打地形 杭松丸太長2間半木端6寸 安全耐重量4トン	鉄筋コンクリート、杭打地形 杭 松丸太長2間半木端6寸 安全耐重量3トン半
外壁	柱胴差鉄筋コンクリート造	柱胴差鉄筋コンクリート造
帳壁	煉瓦	鉄筋コンクリート造
間壁	内部柱鉄筋コンクリート造 帳壁 木造	内部柱鉄筋コンクリート造 帳壁 鉄筋コンクリート造及び木造 併し三階は木造壁板
床	鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造
屋根	陸屋根鉄筋コンクリート造	陸屋根鉄筋コンクリート造 併し一部は木造小屋屋根に網子嵌込 垂鉄引鉄板瓦葺
鉄筋	カーブバー及びリブバー 計算トラス構	丸棒(棒、床板) リブバー(柱) 計算
コンクリート	一、二、四	一、二、四

表 3 被害とその要因

被害状況	被害原因
柱と梁、梁と床の接続が強固ではない	横力によるモーメントの増加を見込んでいた
柱、梁の曲げによる塑性が頗るある	コンクリート断面、鉄筋量が不足
小大、梁の鉄筋が梁から抜け出し	鉄筋束手の繋合の強度不足
床筋の鉄筋不足、平面剛性の不足	柱、梁の鉄筋端末の形状加工が充分でない
内部空間に耐震性がある壁があるほどない	鉄筋束長さの不足
	スターラーフ、ブーフの不足
	帳面の有無、帳面の種類

は、現在のものに比較し非常に短い。そのため部材断面の性能が発揮される前に、接合部での鉄筋の引抜きや、コンクリート破損が進展し、その部分が端緒となって全体崩壊が生じたと類推される。

文献2にはカーンバー使用時の注意点が、「・・然れどもカーンバーを使用して設計するものにありては特に当設計の内規により梁には丸棒またはリップバーの曲上筋を増し、繫梁（スターラップ）を入れ、中央部にても上筋を入れ、両端にありても上筋下筋とも相当数を入れ其の端末は充分延長して・・」と記されている。さらに、鉄筋の種類による被害棟数の調査がなされているが、清水組設計によるものは、カーンバーを利用したものと丸鋼を利用した建物では、被害の有無にその差は明確ではないとしている。市街地建築物法に震度法が導入された大正13年以降の建物については耐震性の評価法が提案されているものの<sup>9)</sup>、この時期の建物の耐震性評価に関しては、適当な方法はない。そこで、今後、個別建物、特に鉄筋の種類、配筋量、定着長等に着目し定量的な評価方法の検討を進める予定である。

### 3. 常時微動測定による被害評価

地盤の震動特性と建物被害との関係を検討するため、旧東京市街地域をカバーする形で、53 地点で常時微動計測を行なった。各計測地点の位置とそれぞれの H/V スペクトルを図 1 に示す。地盤特性を検討する上

表 2 個別建物被害狀況

		震災による被災		震災による被災	
		震災による被災		震災による被災	
○震災による被災	資料名	清水組	震災予防調査会、土木学会	博文館印刷工場	震災予防調査会、土木学会
概況	地震と同時に全建物崩落して30余名の死者を出す		震災第一震に至り全部崩落		
基礎	不明			原因として以下のことなどが考えられる	
備考	その他	地震当時は予定荷重以上の荷重を二階に貯蔵せしめた灾害を惹き起しだりと云う説あり		①内部に耐震接合がないこと	
○震災による被災	資料名	清水組	震災予防調査会、土木学会	精美堂印刷工場	震災予防調査会、土木学会
概況	内部構造体の一部に鉄筋を生ず				
基礎	不明				
外壁	被害を認めず				
間壁	内部柱二階梁取付箇所の上下にて縫裂を生せるものあり		内部木造間に仕切に鉄筋を生ず	内部木造間に仕切に鉄筋を生ず	内部木造間に仕切に鉄筋を生ず
床	二階梁取付箇所の上下にて縫裂を生せるものあり		1階柱の梁との接合部付近に鉄筋、1階壁板、木造帳壁上端鉄筋コンクリート床との接合部付近に縫裂を生ずる	1階柱の梁との接合部付近に鉄筋、1階南側及び北側の側柱はその途中に鉄筋を生ずる	1階柱の梁との接合部付近に鉄筋、1階南側及び北側の側柱はその途中に鉄筋を生ずる
○震災による被災	屋根	被災を認めず			
階段	同				
造作部	同				
防火扉類	同				
昇降機	同				
○震災による被災	備考	本建物は冲積層と洪積層とに跨りて建てられれば複雑なる震動をうけた		被害が軽微なのは、主として建物の3階の大部分が木造であること、3階が壁体部分	
その他					

で、微動計測地点近傍のボーリングデータ（東京都土木技術研究所、東京ソイルリサーチ（株））から、表層地盤の平均N値、表層地盤厚さ（N値50までの深さ）を算定した。また、東京市街地について東京都土木研究所により整理されている沖積層層厚を基に、山手台地、山手の中で低地、丸の内周辺、銀座・日本橋・浅草・下町低地、隅田川以東および周辺の5地域に区分した。

地域区分とH/Vスペクトルのピークから求めた表層の卓越振動数との関係を図2に示す。山手台地から丸の内周辺地域にかけて振動数は低下し、銀座、日本橋、浅草にかけて表層地盤の平均N値が大きい地域で少し高くなり、銀座・日本橋地域では山手低地と同等の1.5Hzとなっている。さらに、隅田川以東地域でもっとも低くなる。木造被害から評価された震度分布は、概ね地域区分と対比できる。震度6弱以上の地域は今回分類した山手低地、丸の内周辺地域、隅田川以東・隅田川周辺地域にあたる。また、震度5以下の地域は、概ね、山手、銀座・日本橋・浅草地域にあたる。

地域別の被害棟数を図3に、建物被害率を図4に示す。

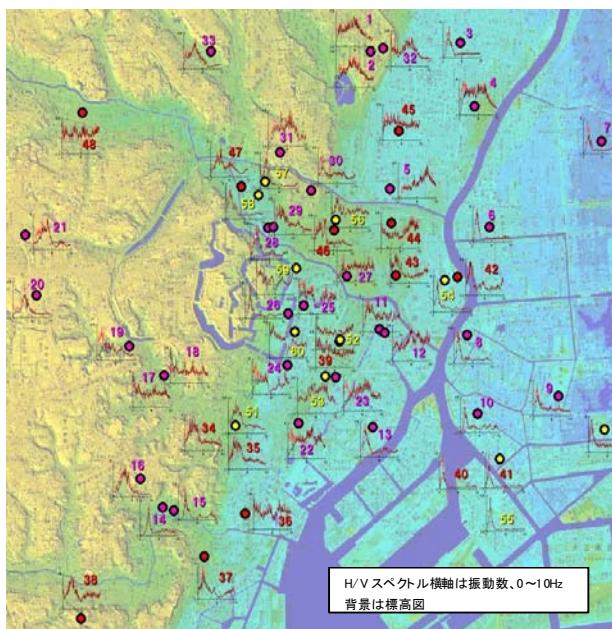


図1 常時微動測定とH/Vスペクトル形状

隅田川以東で1,2階に数棟被害がある他は大きな被害はなく、震度のわりに顕著な被害が認められない。これは、その1でも指摘したように、建物の固有周期と地盤の卓越周期との違いや動的相互作用効果によるものと推察される。この地域では木造建物の固有周期に近い振動数を持つ搖れが卓越したため、このような結果になったと思われる。

一方、山手地区に分類した中で、比較的低層の建物については被害が比較的少ないが、3階以上の建物についてみると、山手低地、丸の内周辺に被害が比較的多く見られる。この地域はもともと建物数が多い地域であるので、被害率でみると丸の内周辺と銀座・日本橋・浅草地域とに差はほとんどない。

#### 4.まとめ

1923年関東地震における鉄筋コンクリート造建物について、調査資料による個別建物に着目し評価考察を行った。また、常時微動測定から得られた地盤卓越周期等と建物被害との関係を考察した。今後は、1923年関東地震以前の鉄筋コンクリート造建物の個別建物の耐震性能について定量的な検討を進める予定である。

#### 謝辞

本研究にあたり、武村雅之氏および諸井孝文氏（鹿島建設小堀研究室）、また株式会社東京ソイルリサーチ・福元俊一氏には貴重なデータを提供して頂きました。記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 林、牧原他：1923年関東地震における鉄筋コンクリート造建物の被害調査報告の分析（その1、その2），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.669-672，2008.
- 2) 北澤五郎：東京下町の震度分布，地震，地震学会，第3巻第1号，1950.
- 3) 大崎順彦 国安珪子：鉄筋コンクリート造建物の震害と地盤—関東地震による被害の再検討—，日本建築学会論文報告集，第148号，pp.33-39，1968.
- 4) 武村雅之：1923年関東地震による東京都中心部（旧15区内）の詳細震度分布と表層地盤構造，日本地震工学会論文集，第3巻，第1号，pp.1-36，2003.
- 5) 武村雅之：関東大震災 大東京圏の揺れを知る，鹿島出版会，2003.
- 6) 合資会社 清水組設計部：大正十二年九月一日 関東地方大震災による建物の被害調査，1924.11
- 7) 永田愈郎：鉄筋コンクリート造被害調査報告，震災予防調査会報告，第100号（丙）下，pp.211-330，1925.
- 8) Trussed Concrete Steel Company：TESTS AND OTHER FACTS CONCERNING THE KAHN TRUSSED BAR, 1906.
- 9) (財)国土開発技術センター：無補強煉瓦造建築及び市街地建築物法期の鉄筋コンクリート造建築耐震性能評価ガイドライン，1998.

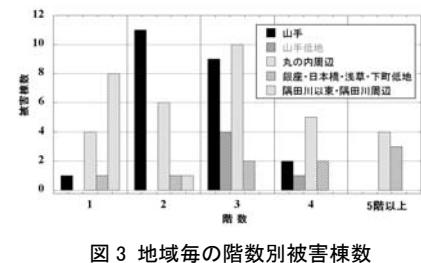


図3 地域毎の階数別被害棟数

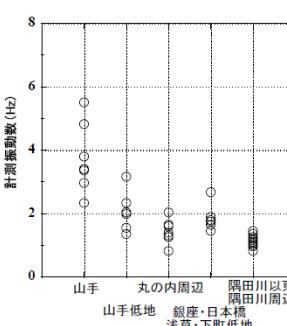


図2 地域別の計測振動数分布

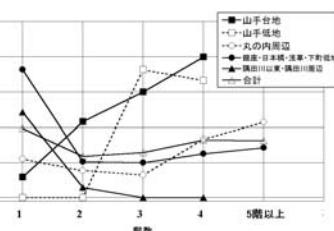


図4 地域毎の階数別被害率

\* 清水建設技術研究所・工修

\*\* 愛知県庁・修士（工学）

\*\*\* 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

\*\*\*\* 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授・工博

\* Institute of Technology, Shimizu Corporation, M. Eng.

\*\* Aichi Prefectural Office, M. Eng.

\*\*\* Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

\*\*\*\* Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.