東京市建築條例学会案から市街地建築物法施行規則に至る 構造計算にかかわる算出式規定の変遷とその背景

—構造関連規定の成立過程に関する研究—

STUDY ON THE CHANGE AND BACKGROUND OF NUMERICAL FORMULAS IN REGULATIONS FOR STRUCTURAL CALCULATION FROM THE DRAFTS OF TOKYO CITY BUILDING ORDINANCE PLANNED BY MEMBERS OF A. I. J. TO THE URBAN BUILDING LAW ENFORCEMENT REGULATIONS

石川孝重*, 平田京子**

Takashige ISHIKAWA and Kyoko HIRATA

We study the historical changes and backgrounds of the numerical formulas appeared in the regulations for structural calculation. The regulations and their drafts, from the Drafts of Tokyo City Building Ordinance planned by members of A. I. J. to the Urban Building Law Enforcement Regulations, are surveyed in this study.

The majority of formulas had been deleted once in the Drafts of Tokyo City Building Ordinance. But later all of them restored to the Drafts of Tokyo Prefecture Building Regulations planned in the Metropolitan Police Department, or to the Urban Building Law Enforcement Regulations. The Urban Building Law Enforcement Regulations had new formulas which had been prescribed in the Drafts of Tokyo Prefecture Building Regulations.

The formula regulations started to be independent from copy of foreign regulations.

Keywords : *Drafts of Tokyo City Building Ordinance planned by members of A. I. J., Drafts of Tokyo Prefecture Building Regulations planned in the Metropolitan Police Department, Urban Building Law, structural regulations, formulas for calculation, historical change*
東京市建築條例学会案, 東京府建築取締規則案, 市街地建築物法, 構造規定, 算出式, 歴史的変遷

1. はじめに

1.1 目的

本研究は, 建築構造における設定安全水準を探ろうとするものである。本論文では, その指標として最低ラインを表す法規制を取り上げる。法規制は, 災害から得られた教訓や学問の進展などにしがたい改廃され, 歴史の積み重ねによって練り上げられたものである。

これまでに, 建築にかかわる法令類の全体概要の把握, つまり法令類の数や制定・改正・廃止等の概括を行っており, その上で構造分野において重要な法令を選び出し, 考察を加えた。その結果, 総合的な建築法令の元祖である東京市建築條例妻木案の構造規定を明らかにした¹⁾。さらに, それに続く東京市建築條例学会案から市街地建築物法公布時に至るまでの諸法令における構造規定の全体概要を明らかにし²⁾, 特に重要な役割を果たしている

構造計算にかかわる数値規定の考察を行った³⁾。本論文では, それに続き, 構造計算にかかわる算出式規定を取り上げ, 変遷の特徴とその背景について述べる。

1.2 調査資料

本研究は, Table 1 に示す 4 つの条例・法に関する資料に基づき考察を行う。ここで特に, 市街地建築物法はドイツの建築法規の組み立て方に類似し, 法律, 施行令, 施行規則, 施行細則に分かれている⁴⁾。本研究では構造規定が主に存在する施行規則を考察対象とする。なお, 文中では同表に示すように条例名を略し, 各案はこの略称に番号を付けて識別する。

一方, 参考にされた諸外国条例は, すべてが現存するわけではなく, その年代や条例名を特定することは困難である。特に構造規定を作成する上で, 最も参考にされたと考えられる外国条例翻訳書が現存しない²⁾。これら

* 日本女子大学 助教授・工博

** 日本女子大学 助手・家修

Associate Professor of Japan Women's Univ., Dr. Eng.
Assistant of Japan Women's Univ.

Table 1 各資料の概要

略 称	番号	草 案 名 称	日 付	構造規定 主立案者
学会案	①	第一回 東京市建築條例草案	明治40. 4. 30	佐野利器
	②-1	第二回 東京市建築條例草案	明治43. 5下旬	
	②-2	東京市建築條例草案		曾福達蔵 中村 達太郎 内田祥三
	③	第二回 東京市建築條例草案	明治44. 11. 29	
	④-1	統一案 東京市建築條例草案	明治44. 11. 29	
	④-2	第二回 東京市建築條例草案	明治44. 11. 29	
	⑤-1	第三回 東京市建築條例草案	明治45. 3. 14	
	⑤-2	第三回 東京市建築條例草案	明治45. 3. 14	
	⑤-3	第四回 東京市建築條例草案	明治45. 3. 14	
	⑥	東京市建築條例案	大正 2. 5. 20. 大正 2. 5. --- 大正 2. 5	
警視庁案	⑦	東京府建築取締規則		佐野利器 内田祥三
	⑧	「秘」東京府建築取締規則草案	大正6. 9. 19受	
	⑨	建築取締規則草案	大正 7	
大連規則	—	大連市建築規則	大正 8. 6. 9	倉塚良夫
物法規則案	⑩	建築法第廿八條ニヨル勅令案	大正 7頃	内田祥三 佐野利器
	⑪	市街地建築物法施行規則	大正 8. 6. 15	
	⑫	市街地建築物法施行規則	大正 8. 7. 14	
	⑬	市街地建築物法施行規則案	大正 8	
	⑭	市街地建築物法施行規則案	大正 8. 11頃	
物法規則	—	市街地建築物法施行規則	大正 9. 11. 9	

を考慮した上で本論文では、入手しうる当時の外国条例を基に考察を行った。また、文中では特に3つの外国条例を次のように略称する。

1911年「倫敦市鉄筋混凝土建築取締規定草案」⁵⁾

→ロンドンRC規定草案

1899年制定「紐克市建築條例」⁶⁾→ニューヨーク條例

1911年制定紐育市「鉄筋混凝土建築條例」⁷⁾

→ニューヨークRC條例

1.3 欧米と日本における学問の発展状況

これらの条例における算出式規定は、当時日本が海外の学問や法体系を導入中であったことから、諸外国における学問の発展状況と密接に関連している。そこで本項では、物法規則公布時に至るまでを中心に、海外の構造力学、材料力学、物理学・数学、技術、世相に関する諸状況を概括する^{8)~17)}。各構造理論の法規制への影響は対応する箇所ですべて詳述する。

まず、現在我々が用いている構造力学上の諸々の発見は、西洋ではすでに1600年代からなされている。しかし、実際の構造技術とこれらの学問とが結び付くまでにはまだ長い時間を要した。その後1678年のフックの法則を基にする弾性体の力学がベルヌーイー家、オイラーらにより次第に発展し、1794年のエコール・ポリテクニクの創立で設計のための基本力学が構築され、この学校の卒業生・教師を主体として構造力学が展開されることになる。さらに、19世紀前半には静力学、動力学ともほぼ基本理論ができ上がっている⁸⁾。警視庁案、物法規則が作成されたのは、たわみ角法・塑性解析法等が発表された後のことである。

また、材料力学では、その始まりとされるガリレイ・ガリレイの『新科学対話』が1638年に発行されている。日本では明治39年頃に佐野により断面の性質等に関する理論が紹介される¹⁸⁾。

技術面では、鉄筋コンクリート（以降文中ではこれを

RCと略す）について、1824年アスプディングのポルトランドセメントの特許取得により、セメント工業化への道が開かれたが、コンクリートだけでは引張強度が不足し、単独で曲げ材に利用することができなかった¹⁹⁾。その後、モニエが1867年にモニエ式鉄筋コンクリートを考案し、RC普及の基礎をつくった。鉄の長い歴史からみれば、RC技術はかなり新しい技術といえる。このため、RCに関する力学の発展も遅れをとったが、1886年にケネンにより断面計算理論が発表され、発展する。日本では、佐野や内田が梁、スラブに関する西洋の計算方法の紹介を行っている²⁰⁾。佐野は、特にこれらに改良を加え、計算上の簡式などを提案している²¹⁾。

一方、鉄は歴史が古く、また蒸気機関等の発明により、製鋼法も飛躍的に進歩した。鉄骨造に関する当時の日本における研究は、特に柱の座屈に関するものが多い。しかし、大部分が西洋の学問の紹介であった。

このほか、明治時代の日本では壁に関する研究が少なく、ほとんど論文がみられない。床版については、1811年頃にラグランジュにより微分方程式が見いだされている。日本では、明治44年内田により様々なスラブにおける曲げモーメント算定式が紹介されている²⁰⁾。

2. 算出式規定の変遷とその背景

2.1 杭の許容荷重算出式規定

杭1本に対する許容荷重を求める算出式規定の変遷を、Table 2にまとめた。これらは、従来から用いられていた杭打ち公式の形で規定されているが、杭打ち公式はあくまでも杭の動的抵抗であり、杭の静的支持力そのものではない²²⁾。

昭和30年代までの文献²³⁾によれば、杭打ち公式は、粒状土壌（砂のような土）にのみ適用できる動力的杭公式と、粘性土に適用しうる静力的杭公式の2種に大別できる。動力的杭公式は一般に広く用いられており、学会

Table 2 杭の許容荷重算出式規定の変遷

資料番号	公 式	杭 1 本 に 対 す る 許 容 荷 重
学会案 ①	サンダー公式 に類似する	$\frac{(打撃留に於ける引上り高) \times (錘/重量)}{j \times (打撃留に於ける杭/沈下)}$
学会案 ②-1, 2	イング・フリック ニース' 公式	杭1本の荷重(貫) = $\frac{2 \times 錘/重量(貫) \times 落下/高(尺)}{1.2 \times 沈下(寸) + 1}$
学会案 ③~⑤-1 (⑤-2~ ⑥削除)	イング・フリック ニース' 公式 (落錘の式)	$L \leq \frac{2WH}{P+1}$ L: 杭一本上ノ安全荷重 (噸) W: 錘ノ重量 (噸) H: 錘落下ノ高 (呎) P: 杭最後ノ沈下 (吋)
警視庁案 ⑦~⑨ 物法規則 案 ⑩	イング・フリック ニース' 公式 と実質的には ほぼ等しい式 (尺貫法)	$P \leq \frac{3WH}{15D+1}$ P: 杭一本ニ対スル許容荷重 W: 錘ノ重量 (尺) H: 錘落高 (尺) D: 杭ノ最終沈下 (尺)
物法規則 案⑩~⑭ 物法規則	イング・フリック ニース' 公式 と実質的には ほぼ等しい式 (メートル法)	$P = \frac{WH}{5D+0.1}$ P: 荷重 W: 錘ノ重量 (米) H: 錘ノ落高 (米) D: 杭ノ最終沈下 (米) 「コンクリート」杭ニシテ其ノ完全ニ凝結セルモノニ對シテハ前項ノ算式ヲ適用セス 前項ノ場合及汽錘ヲ使用シタル場合ニ在リテハ地方長官ハ荷重試験ノ施行ヲ命スルコトヲ得

注: ウェリントンにより提唱されたエンジニアリング・ニース公式は、ウェリントン公式とも呼ばれる。

案から物法規則に至るまでの規定中の杭打ち公式はすべて、この動力的杭公式型に属する。これらの動力的杭公式は、杭が貫入する際の平均仕事量とハンマーにより杭に与えられる有効エネルギーが等しいという動力学的な釣合条件を基礎として求められたヒーレイ（ハイリー）公式（Hiley Formula）と呼ばれる一般式に、それぞれの状況を踏まえた値を代入すると等価になる²²⁾。

学会①案の式はサンダー公式（Sanders Formula）に類似する。サンダー公式では、安全率 j を 8 として用いるが、条文中には j の値が規定されていない。②-1 案ではウェリントンの提唱したエンジニアリング・ニューズ公式（Engineering News Formula）またはウェリントン公式（Wellington Formula）と呼ばれる式で規定される。ここでは、尺・寸の単位をフィート・インチに換算するため、式に 1.2 等の係数が付されているが、貫の単位はポンドには換算されておらず、このような形になっている。③案では、単位が異なるエンジニアリング・ニューズ公式となっている。この公式は、基本式のエネルギー損失の総量が常に一定と仮定することと同質の修正を行い²²⁾、分母の定数に経験値を与えたものである²⁴⁾。したがって、落錘（Drop Hammer）か汽錘（Steam Hammer）かで式の分母が異なり、案の式は落錘の式に相当する。また、この式はニューヨーク条例の 25 条と同じ式であり、25 条は「When a pile is not driven to refusal, its safe sustaining power shall be determined by the following formula: Twice the weight of the hammer in tons multiplied by the height of the fall in feet divided by least penetration of pile under the last blow in inches plus one.」⁶⁾ という内容である。②-2 案の書き込みにも「New York Building Code Sec. 25.」とあり、この条例が影響を及ぼしていることを裏付ける。以降、学会案中では式内容は変わらないが、⑤-2 案で条文ごと削除される。

しかし、警視庁案で復活し、エンジニアリング・ニューズ公式の変形として改めて規定される。この式はエンジニアリング・ニューズ公式と実質的にはほぼ等しい式である²⁵⁾が、エンジニアリング・ニューズ公式における安全率が 6 であったのに対し、この式では 5 になっている²⁶⁾。この式は、常に打撃エネルギーに関するすべてのロスとして、10 cm の変形に相当する仕事量を見込んでいることになる²⁷⁾。物法規則（案）と警視庁⑦～⑨案の式は見かけ上異なっているが、単位を換算すれば一致する。なお、物法規則⑩案でコンクリート杭の場合のただし書きが付加され、公布時にはさらに汽錘のただし書きが付加される。

物法規則式は「形もきわめて簡略で、現場に於ける測定も簡単であるにかかわらず、複雑な…諸式に比べて殆んど遜色ないのは注目に値する。」²⁵⁾ という特徴があっ

た。しかし、「古い経験式であるので、近年の長大なくいに対しては適用性が小さいと思われる。」²⁷⁾とも述べられている。

変遷全体として、公式がかなり変化したこと、また安全率がサンダー公式で 8、エンジニアリング・ニューズ公式で 6、その変形式で 5 と低下しているのが特徴であるが、このように変化した一因には、「想定荷重と計算結果の比からその妥当性を比較すると Sander の式は甚だ危険な場合と極めて不経済な場合が多く公式として不適当であり、E. N. R（注：Engineering News Record の略）の式は安全ではあるがそれだけ不経済」（昭和 11 年からの土木学会における検討）²⁸⁾との考え方に由来しているとも考えられる。

これらの公式が日本に取り入れられた時期をみると、サンダー公式は 1851 年に発表され²⁹⁾、日本では明治 20 年にすでに紹介されている³⁰⁾。また、エンジニアリング・ニューズ公式は 1888 年に発表され³¹⁾、その後約 20 年を経て学会案の規定に取り入れられたことになる。

2.2 応圧材の許容荷重算出式規定

学会①案から物法規則に至る応圧材（圧縮材）の許容荷重算出式規定の内容を Table 3 にまとめた。木材と鉄材の算出式はすべての条例に存在し、RC 材に関する算出式が途中から追加される。

まず、鉄材に関して、学会案では主な支点間距離が断

Table 3 応圧材許容荷重算出式規定の変遷

資料	学会案 ①	学会案 ②-④	大連 規則	警視庁案 ⑦-⑨	物法規則 案⑩-⑪	物法 規則
鉄材	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 鋼、鉄鋼、鉄鉄 1/18000 (1/9000) 鉄鉄 1/3200 (1/1600) () 内: 両支点間回転自在のもの値	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 鋼、鉄鋼、鉄鉄 1/18000 (1/9000) 鉄鉄 1/3200 (1/1600) () 内: 両支点間回転自在のもの値	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 鋼、鉄鋼、鉄鉄 1/18000 (1/9000) 鉄鉄 1/3200 (1/1600) () 内: 両支点間回転自在のもの値	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 鋼、鉄鋼、鉄鉄 1/18000 (1/9000) 鉄鉄 1/3200 (1/1600) () 内: 両支点間回転自在のもの値	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 鋼、鉄鋼、鉄鉄 1/18000 (1/9000) 鉄鉄 1/3200 (1/1600) () 内: 両支点間回転自在のもの値	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 鋼、鉄鋼、鉄鉄 1/18000 (1/9000) 鉄鉄 1/3200 (1/1600) () 内: 両支点間回転自在のもの値
式	$P \leq \frac{A f_c}{1 + C \left(\frac{l}{K} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + C \left(\frac{l}{K} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + C \left(\frac{l}{K} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + C \left(\frac{l}{K} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + C \left(\frac{l}{K} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + C \left(\frac{l}{K} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)
木材	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 100 l が d の 10 倍を超えるとき	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 250 l が d の 10 倍を超えるとき	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 250 l が d の 10 倍を超えるとき	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 250 l が d の 10 倍を超えるとき	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 250 l が d の 10 倍を超えるとき	公式 ゴルドン・ランキン式 定数 C 250 l が d の 10 倍を超えるとき
式	$P \leq \frac{A f_c}{1 + \frac{1}{C} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + \frac{1}{C} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + \frac{1}{C} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + \frac{1}{C} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + \frac{1}{C} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)	$P \leq \frac{A f_c}{1 + \frac{1}{C} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$ P: 安全荷重 (噸) A: 有効断面積 (平方吋) f _c : 安全應力強度 (平方吋に付噸)
鉄筋コンクリート材	公式 ヤング係数比からの式 P = f _c (A _c + 15 A _s) 主要な支点間距離が最小径の 1.5 倍を超える時は別に適当な算式に依る	公式 ヤング係数比からの式 P = f _c (A _c + 15 A _s) 主要な支点間距離が最小径の 1.5 倍を超える時は別に適当な算式に依る	公式 ヤング係数比からの式 P = f _c (A _c + 15 A _s) 主要な支点間距離が最小径の 1.5 倍を超える時は別に適当な算式に依る	公式 ヤング係数比からの式 P = f _c (A _c + 15 A _s) 主要な支点間距離が最小径の 1.5 倍を超える時は別に適当な算式に依る	公式 ヤング係数比からの式 P = f _c (A _c + 15 A _s) 主要な支点間距離が最小径の 1.5 倍を超える時は別に適当な算式に依る	公式 ヤング係数比からの式 P = f _c (A _c + 15 A _s) 主要な支点間距離が最小径の 1.5 倍を超える時は別に適当な算式に依る

注1: この算出式そのものを文獻で見ることができないが、日本土木学会示方書の式と類似するため、直線式の種類である可能性がある。

注2: 物法規則⑩案には、構架材間距離が最小径の 1.5 倍を超えるものは長柱の算式により求めるという条文はあるが、算出式は明記されていない。

面の最小環動(回転)半径の30倍を超えるものについて、ゴルドン・ランキン公式 (Gordon Rankine Formula) の形で規定される。この式は「佛國にありては「ナヴィエ」式…獨國にありては「シュワルツ」式³²⁾と呼ばれていた。規定式中の最小環動(回転)半径 K とは、現在の断面二次半径 (Radius of Gyration of Area) の翻訳の違いと考えられる。

ゴルドン・ランキン公式は、 $P_c = f_c A$ で示される短柱 P_c と、 $P_e = \pi^2 EA (r/l)^2$ で示されるオイラー式 P_e との逆数の和から導かれた式である。すなわち、座屈荷重 P には、 $1/P = 1/P_c + 1/P_e$ の関係が成り立つとし、これに P_c と P_e を代入した式である²⁶⁾。

ゴルドン・ランキン公式が採用された理由には、「試算式は数多く出来て居けれども何を云つても廢らぬのは…ゴルドンランキン式なるもので有らう。」³³⁾と述べた佐野の意見が影響していると考えられる。また日比の論文には、当時(明治39年頃)の諸外国において、長柱の計算について各国が異なる算式を用いていることが記されている。すなわち、「獨逸にありては専ら「オイラー」式 (Euler's Formula) を用る英米佛の各國にありては l/r の割合に従ひて應挫力度を異にせる「ゴルドン」若くは「ランキン」式 (Gordon of Rankine's Formula) を用ふ近來澳、瑞、米の各國にありては l/r の割合或る限度より大なる場合には「オイラー」式を用る其限度以内にありては直線式形状を有する「ジョンソン」式 (T. H. Johnson's Formula) 若くは「テットマイヤー」式 (Tetmajer) を使用せる者多し」³²⁾(原文のまま)と述べられている。したがって、規定中の算出式が警視庁案に至ると、テットマイヤー公式 (Tetmajer Formula) に変化するのは、この外国の傾向を受けていたとの推測が可能である。

なお、テットマイヤー公式の定数 C は、一端が自由端と両端自由の2種類の定数が定められ、定数自体は変化しない。比較のため、1913年3月頃のアメリカ諸都市における法令中の同種規定式を Table 4 に示す³⁴⁾。アメリカだけでも様々な式に分かれることが特徴的である。

次に、木材について学会案では、主な支点間距離が断面最小径の10倍を超えるものについて規定されている。しかし、別に柱の小径の限度が規定されており、式で計算しなくても定まる場合がある。この木材の式は、支点間距離を断面の最小径で除しており、ゴルドン公式 (Gordon formula) そのものの形である。このことは②-2案の同条文欄外に「Gordon's formula for one end fixes」(fixedの誤りと思われる)と書き込まれていることから明らかである。しかし、この書き込みに従えば一端固定の定数 $2/250$ になるが、①案では $1/100$ を、②-1案以降は両端固定の値である $1/250$ を採用している。 $1/100$ という値の採用は、佐野が明治38年に「普

Table 4 アメリカにおける応圧材の許容荷重算出式規定状況

City	Columns in compression	Cast Iron Round columns in compression
New York Newark Jersey City Atlanta	$15,200 - 58 \frac{L}{R}$	$11,300 - 30 \frac{L}{R}$
Chicago	$16,000 - 70 \frac{L}{R}$ 14,000 max.	$10,000 - 60 \frac{L}{R}$
Philadelphia	$\frac{16,250}{1 + \frac{L^2}{11,000R^2}}$	$\frac{11,667}{1 + \frac{L^2}{400D^2}}$
Boston	$\frac{16,000}{1 + \frac{L^2}{20,000R^2}}$	$11,300 - 30 \frac{L}{R}$
St. Louis	$\frac{12,500}{1 + \frac{L^2}{36,000R^2}}$	$11,100 - 220 \frac{L}{D}$
Baltimore	$\frac{15,000}{1 + \frac{L^2}{13,500R^2}}$	$\frac{11,000}{1 + \frac{L^2}{10,000R^2}}$
Buffalo	$\frac{17,100 - 57 \frac{L}{R}}{12,000 \text{ max.}}$	$\frac{14,000}{1 + \frac{L^2}{600D^2}}$
Detroit	$\frac{16,000 - 70 \frac{L}{R}}{12,000 \text{ max.}}$	$\frac{10,000}{1 + \frac{L^2}{800D^2}}$
Minneapolis	$\frac{17,100 - 57 \frac{L}{R}}{12,000 \text{ max.}}$	$\frac{13,330}{1 + \frac{L^2}{400D^2}}$
Rochester	$15,200 - 58 \frac{L}{R}$	$11,300 - 30 \frac{L}{R}$
Syracuse	$15,200 - 58 \frac{L}{R}$	$9,000 - 40 \frac{L}{R}$
Louisville	$\frac{17,100 - 57 \frac{L}{R}}{12,000 \text{ max.}}$	$\frac{10,000}{1 + \frac{L^2}{800D^2}}$
San Francisco	$\frac{15,000 - 50 \frac{L}{R}}{13,500 \text{ max.}}$ 12000 max. for 1/16" metal	$\frac{8,000}{1 + \frac{L^2}{800D^2}}$
Seattle	$\frac{16,000 - 70 \frac{L}{R}}{14,000 \text{ max.}}$	$10,000 - 61 \frac{L}{R}$

通の「フレームド、ストラクチュア」に用ふるゴルトンの式は次のやうな式であります。

$$P = \frac{pA}{1 + \frac{1}{100} \left(\frac{l}{d} \right)^2}$$

…(後略)³⁵⁾(原文のまま)と述べていることから、①案当時にはこの定数が使われていたと考えられる。②-1案以降の定数は、ランキンによる実験値である。この式は、学会案中で定数が変化した以外は変わらない。警視庁案に至ると、鉄材と同様、テットマイヤー公式あるいは直線式と呼ばれる公式に変わる。テットマイヤー公式が採用された理由のひとつとして、「ゴルドンランキンの公式は (l/r) の二次式を含み其の運算複雑であつて誤謬を來し易しいから (l/r) の一次式(即直線式)を以て之に代へたものである。」²⁶⁾との意見がある。

RC材に関する式は警視庁④案で初めて取り入れられ、Table 3のように直線式の一つと思われる式を用いている。この式は日本土木学会示方書の式³⁶⁾とも類似している。しかし、物法規則⑧案には式が示されていない。物法規則⑨案では、支点間距離が最小径の15倍を超える長柱については算出式を定めず、各自適当な式で求めさせ、それ以下の短柱に対する式のみ規定している。規

定式中 $15As$ の 15 はヤング係数比を 15 としたもので、基本的には $P=\sigma A$ の形態である。

このほか材料に関係なく、部分的に大きなモーメントを生ずる柱については、そのモーメントによる応力を加算して柱の大きさを定めよという規定が⑧案から新設される。

2.3 応曲材の許容曲率算出式規定

Table 5 に示すように、規定は応曲材の曲げモーメントを求める基本的公式である。この算出式は、学会①案から物法規則に至るまで変わらない。また、①～②-2案では曲率を「折力率」と呼んでおり、これは Bending Moment の翻訳の違いによるものと思われる。同様に、式中の断面率 (S) は、現在の断面係数 (Section Modulus) の訳が異なったものである。

2.4 合成応圧力度・応張力度算出式規定

断面に曲げと軸方向力がかかる場合の応力度算出式の規定状況を Table 6 に示す。まず、学会①案には合成応張力度と合成応圧力度の算出式が別個に規定され、応圧力度式は①案の座屈荷重算出式と同じ座屈係数になっている。一方、学会②-1～⑤-1案の式は張力にも圧力にも併用できるものとなっている。結局、圧縮材の座屈および曲げによる横座屈の両方とも考慮されていないことになる。⑤-2案に至ると条文自体が削除されるが、座

Table 5 応曲材許容曲率算出式規定の変遷

条 例 名	算 出 式
学会案 大連規則	$M \leq f_b S$ M : 安全彎曲率 (吋・吋) f _b : 安全應折力強度 (一平方吋・吋) S : 断面率 ((吋) ³)
警視庁案 物法規則案 物法規則	$M \leq f_b S$ M : 許容曲率 f _b : 許容應曲強度 S : 断面率

Table 6 合成応圧力度・応張力度算出式規定の変遷

	算 出 式
学 会 案 ①	<p>《木材の場合》 (合同応張力) = $\frac{(総張力) \times \left(1 + \frac{1}{100} \left(\frac{\text{主材支間距離}}{\text{断面最小径}}\right)^2\right)}{\text{断面率}} + \frac{(折力率)}{(\text{断面率})}$</p> <p>《鉄材の場合》 (合同応張力) = $\frac{(総張力) \times \left(1 + \frac{\text{主材支間距離}}{\text{断面最小半径}}\right)^2}{\text{断面率}} + \frac{(折力率)}{(\text{断面率})}$</p> <p>※定数は応圧材の荷重算式と同じ</p> <p>(単位断面積二起り合同張力) = $\frac{(総張力)}{(\text{断面率})} + \frac{(折力率)}{(\text{断面率})}$</p>
学 会 案 ② -1 ⑤ -1	<p>$f = \frac{F}{A} + \frac{M}{S}$</p> <p>f : 合同應張(圧)力強度 (一平方吋・吋) F : 張力(壓力) (吋) A : 有効断面積 (平方吋) M : 彎曲率(折力率) (吋・吋) S : 断面率 ((吋)³)</p> <p>(⑤-2～⑧案は削除)</p>
警 視 庁 案 の ↓ 物 法 規 則	<p>$f_c \geq \frac{M}{S} + \frac{P}{A} \cdot \frac{1}{1 - C \frac{l}{r}}$</p> <p>f_c : 合成應圧力度 M : 曲率 S : 断面率(應壓側二對スル断面率) P : 應壓力 A : 断面積 r : 木材ニアリテハ 最小径 鉄材ニアリテハ 最小二次率半径 (曲率率ニ依ル断面/中軸ニ對スル二次率半径但シ木材ニ在リテハ曲率率ニ依ル断面/中軸ニ對スル角徑) l : 主要ナル支間距離 C : 木材ニアリテハ 0.02 鋼及鉄鉄ニアリテハ 0.003 但シ両支間距離自在ナルトキハ 0.004 鉄鉄ニアリテハ 0.005</p>

屈係数を加えたかたちで、警視庁⑦案から合成応圧力度の算出式のみが復活し、式の座屈係数には応圧材の許容荷重算出式の変化に対応して、テトマイヤー公式が用いられる。この式は物法規則にまで引き継がれる。

また、学会④～⑤-1案や警視庁案では、求めた合成応圧(張)力度と、許容応圧力度のどの値を比べればよいかが記述されておらず、不十分である。物法規則⑧案で初めて「前項ノ合成應壓力度ハ第 一ノ應壓力度ヲ超過スヘカラス」(115条)(原文のまま)という部分が追加される。

2.5 鉄筋コンクリートスラブ等分布荷重の分配規定

RC スラブにかかる等分布荷重をどのようにスラブ各辺に分配するかを数式で表した条文が、警視庁⑦案から規定され、④案を除く物法規則案および物法規則中に存在する。内容を Table 7 にまとめたが、あまり変更なく物法規則まで受け継がれる。これに類似するニューヨーク RC 條例の内容を同表に示す。同條例の訳者は、^{ヨシカズ}内田祥三と考えられ、彼が警視庁案を立案していることから、この規定に同條例が参考にされたと考えられる。また、現行の RC 構造計算規準 (1988 改定)³⁷⁾における長方形スラブの等分布荷重の分担荷重算出式も同じ式である。

また、この算出式は交差梁理論に基づいている。交差梁理論は、平板の略算法として従来から用いられている方法で、長方形板の応力を 1 次元的に取り扱っている。この方法は、大きさ $l_x \times l_y$ (ただし $l_y > l_x$) の長方形板において、そこに作用する等分布荷重を w とすると、中央で直交する単位幅で張間 l_x と l_y の梁を仮想し、それらによるたわみが等しくなるよう、各々の梁にのる荷重 w_x , w_y を定めている。明治 44 年にはグラスホフ・ランキン³⁸⁾の解法等による長方形 RC 床版の曲げ

Table 7 鉄筋コンクリートスラブ各辺への等分布荷重分配規定の変遷

条 例 資 料 番 号	条 文 内 容
警視庁案 ⑦～⑧ 物法規則案 ⑥～⑧ 物 法 規 則	<p>鉄筋「コンクリート」構造ニ於テ縦横ニ鉄筋ヲ以テ補強セル長方形版カ四邊ヲ通シテ支承物ヲ有スル場合ニ強度計算ニ適用スヘキ両張間ニ對スル分賦荷重ハ左記ノ算式ニ據ルモノトス</p> <p>$w_1 \geq \frac{b^4}{l^4 + b^4} w$ w : 版ノ等布荷重 l : 一ガノ張間 $w_2 \geq \frac{l^4}{l^4 + b^4} w$ w : 之ニ直交ナル張間 w_1 : l ノ張間トスル方ニ分賦サルヘキ等布荷重 w_2 : b ノ張間トスル方ニ分賦サルヘキ等布荷重</p> <p>(内容にあまり変更がないため、例としての案の条文内容を記す)</p>
組市市鐵筋混凝土建築條例 (1911.12.28 発布)	<p>四周を支端とし縦横に鐵筋を以て補強せるスラブにして且其支端上に相隣接せるスラブを通ずる補強鐵筋を有するものに等布荷重を加へしとき…兩張間に對する荷重分配の割合は左式に依て之を算定すべし。</p> <p>$r = \frac{l^4}{l^4 + b^4}$ r : 徑間に沿ひたる鐵筋及混凝土に依て負擔さるゝ分配荷重の割合 l : スラブの徑間 b : 徑間に直交なるスラブの幅</p>
鉄筋コンクリート構造計算規準 (1988 改定)	<p>周辺固定とみなすことのできる長方形スラブが等分布荷重をうけるとき</p> <p>$w_x = \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} w$ w_x : 短辺方向假想梁の單位面積についての分担荷重 l_x : 短辺有効スパン l_y : 長辺有効スパン w : 單位面積についての全荷重</p>

モーメント算定式が内田により日本に紹介されている²⁰⁾。この解法のなかでも、荷重分配式をマルクスが活用し、多数の矩形版の解を学術雑誌上に公表したのが1918年のことである。この結果を一つの近似解として取りまとめた公式は1925年のドイツ鉄筋コンクリート構造物規定に採用され、普及した³⁶⁾。従来の交差梁理論が、スラブのねじれを考慮していなかったのに対し、マルクスの近似解はねじりモーメントを考慮している。

2.6 鉄筋コンクリート梁材算出式規定

2.3で述べた応曲材の許容曲げモーメント算出式規定のほかに、学会①案からRC梁の許容曲げモーメントを求める算出式規定が設けられる。具体的には中軸比、弾率比、許容曲能率の3点が規定されており、これをTable 8に示す。これら3点すべてが、⑤-2案でいったん削除されるが、弾率比は警視庁案から、ほかは物法規則案から復活し、物法規則に至る。

2.6.1 弾率比

学会③案より、数式から独立して弾率比すなわちヤング係数比が定められ、④-1案に至るまでこれが10と

Table 8 鉄筋コンクリート梁許容曲げモーメント算出式規定の変遷

案	弾率比	中軸比算出式 曲能率算出式
学会案①	10	$(イ) = \sqrt{100(ロ)^2 + 20(ハ)(ニ)} - 10(ロ)$ $\text{折力率} = (\text{鉄筋}/\text{適用応張力}) \times \left\{ \frac{(イ)^3}{30(ニ)} + (ロ) \times (ニ) \right\}$ $\text{折力率} = (\text{エクリット}/\text{適用応張力}) \times \left\{ \frac{(イ)^2}{3} + \frac{10 \times (ロ) \times (ニ)^2}{(イ)} \right\}$ <p>(エクリット/適用応張力の誤りかと思われる)</p>
学会案②-1-2	10	$(イ) = \sqrt{\frac{100(ロ)^2}{(ホ)^2} + \frac{20(ロ)(ハ)}{(ホ)}} - \frac{10(ロ)}{(ホ)}$ $\text{折力率} = (\text{鉄筋}/\text{適用応張力}) \times \left\{ \frac{(イ)^3}{30(ニ)} + (ロ)(ニ) \right\}$ $\text{折力率} = (\text{エクリット}/\text{適用応張力}) \times \left\{ \frac{(イ)^2}{3} + \frac{10 \times (ロ) \times (ニ)^2}{(イ)} \right\}$
学会案③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿	③~⑩ ④-1 ⑤-1 ⑥-1 ⑦-1 ⑧-1 ⑨-1 ⑩-1 ⑪-1 ⑫-1 ⑬-1 ⑭-1 ⑮-1 ⑯-1 ⑰-1 ⑱-1 ⑲-1 ⑳-1 ㉑-1 ㉒-1 ㉓-1 ㉔-1 ㉕-1 ㉖-1 ㉗-1 ㉘-1 ㉙-1 ㉚-1 ㉛-1 ㉜-1 ㉝-1 ㉞-1 ㉟-1 ㊱-1 ㊲-1 ㊳-1 ㊴-1 ㊵-1 ㊶-1 ㊷-1 ㊸-1 ㊹-1 ㊺-1 ㊻-1 ㊼-1 ㊽-1 ㊾-1 ㊿-1	$x = \sqrt{\frac{m^2 A^2}{b^2} + \frac{2mAq}{b}} - \frac{mA}{b}$ $M \leq \frac{A f_1}{3} (3q - x) \quad M \leq \frac{b f_2 x}{6} (3q - x)$
警視庁案	15	—
物法規則案①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜㉝㉞㉟㊱㊲㊳㊴㊵㊶㊷㊸㊹㊺㊻㊼㊽㊾㊿	15	$n_1 = \frac{15}{m} \left(\sqrt{1 + \frac{2m}{15}} - 1 \right)$ $M = \frac{n_1 (3 - n_1)}{6} f_c b d^2 \quad M = \frac{3 - n_1}{3m} f_c b d^2$ $M = \frac{1}{n_1} \left[\frac{n_1^3}{3} + \frac{15(n_1 - 1)^2}{m_c} + \frac{15(1 - n_1)^2}{m_1} \right] f_c b d^2$ $M = \frac{1}{1 - n_1} \left[\frac{n_1^3}{45} + \frac{(n_1 - 1)^2}{m_c} + \frac{(1 - n_1)^2}{m_1} \right] f_c b d^2$

なっている。この根拠として、「 $e=10$ といふ事は随分異論の出る数かも知れないけれどもよしんば之を13にせようと又は15にせようと最後の結果には大なる變化を來さない、而して算式は誠に扱ひ易ひものとなるのみならず $e=10$ といふ事は日本のセメントでは確然たる値が見出されては居りませんけれど外國の實驗などを見ますと六箇月後のセメントならば凡そ $e=10$ 位と考へてもよからう」³⁸⁾との意見が佐野から出されている。しかし④-2案で15に改められ、⑤-2案で削除される。この値の變化は外国条例すなわち1904年のプロシアの建築條令³⁹⁾、ロンドンRC規定草案、ニューヨークRC條例等で15が採用されていたことに影響を受けているものと考えられる。なお、この値の修正は佐野の留学中になされている。この規定は警視庁⑦案で復活し、物法規則案まで引き継がれる。

2.6.2 中軸比を求める算出式

各案の式は、中立軸に関する断面一次モーメントが0になることから求められたもので、学会①案から⑤-1案まで存在する。前述の弾率比の値が学会案中で変わることから、式の値に差は生じるものの、根本的には単筋矩形梁についての同一の式で規定されている。この式は物法規則③案で復活し、単筋矩形梁に加えて雙筋の中軸比も規定されるが、⑩案で単筋のみに戻され、そのまま物法規則に引き継がれる。なお、版内に中軸を有する単筋丁梁は単筋矩形梁と同一と考えられる⁴⁰⁾と物法規則解説で述べられている。

2.6.3 鉄筋コンクリート梁の許容曲能率

RCの単筋矩形梁または版内に中軸を有する単筋丁梁についての許容曲能率(曲げモーメント)算出式規定は、学会①案から⑤-1案まで存在する。物法規則③案で復活した時には、雙筋矩形梁および版内に中軸を有する雙筋丁梁についての式も加えられたが、⑩案で雙筋の式は削除される。これらの式内容は皆、基本的には $M = Cbd^2$ の形であり、現在と同じ考え方である。

2.7 連梁・連版の曲能率計算法規定

連梁または連版に生じる曲げモーメント(中央部と端部)を求める計算方法が、警視庁⑦案から規定されている。警視庁案では、荷重の種類やスパン等の条件を明記していない。これらの規定内容をTable 9に示し、それによって算定された曲げモーメントがどのような場合をFig. 1に示す。まず、等分布荷重がかかる場合には、Fig. 1(a)になる。さらに対称集中荷重 P がかった場合は(b)になる。

この規定に類似する外国条例としてニューヨークRC條例があげられる。表現は警視庁案等とは異なるが、第17、20条は同じものになる。前述のように、この条例の訳者である内田祥三が警視庁案にかかわっており、年代的にも警視庁案に近く、この条例を参考にした可能性が

Table 9 鉄筋コンクリート連梁・連版の曲率率計算法規定の変遷

資料番号	条文内容 (内は変更された数値)
警視庁⑦案 (修正後) 第128条	鉄筋コンクリート構造に於て単梁ナラサル総テ梁若クハスラップニ對スル強度計算ニ適用スヘキ正負曲率率ハ左記計算法ニヨリ得タル値ヨリ小ナルコトヲ得ス 一、正曲率率ハ各間隔ニツキ單梁ト假定シテ得ヘキ曲率率圖ニ於テ最大曲率率ノ値カ其位置ニ於テ其三分ノ二トナル様基線ヲ平行ニ移動シタル場合ニツキテ測ルコト 二、負曲率率ハ各間隔ニツキ單梁ト假定シテ得ヘキ曲率率圖ニ於テ其支點ニ於ケル負曲率率カ單梁トシテノ最大正曲率率ノ値ノ三分ノ二ニ連スル迄基線ヲ平行ニ移動シタル場合ニツキテ測ルコト 三、但最終支點カ固定ナラサル場合ニハ終端間隔ニ於テ前項規定ニ準シテ定メタル最大正曲率率ニ割テ加ヘ最終支點ノ曲率率ヲ零トシ次ノ支點ニ於テ前項規定ニ準シテ定メタル負曲率率ニ六五割ヲ加ヘタル場合ニツキテ測ルヘシ 荷重狀態著シク特殊ナルトキハ前項規定ノ曲率率ノ値ヲ増減スルコトヲ得ヘシ又ハ減小スルコトヲ許可スルコトアルヘシ
物法規則 第116条	鐵筋「コンクリート」構造ニ於テ三個以上ノ等間隔ヲ有スル連梁又ハ連版等布荷重又ハ一様ナル對稱集中荷重ヲ受クル場合ノ強度計算ニ適用スヘキ正負曲率率ハ左ノ規定ニ依リモノヲ用ルヘカラス 一 兩端以外ノ間隔ニ於ケル正曲率率ハ各間隔ニ付單梁ト假定シテ得ヘキ曲率率圖ニ於テ最大曲率率ノ値カ其位置ニ於テ其三分ノ二トナル様基線ヲ平行ニ移動シタル場合ニ付テ之ヲ度ルコト 二 兩端以外ノ間隔ニ於ケル負曲率率ハ各間隔ニ付單梁ト假定シテ得ヘキ曲率率圖ニ於テ其ノ支點ニ於ケル負曲率率カ單梁トシテノ最大正曲率率ノ三分ノ二ニ連スル迄基線ヲ平行ニ移動シタル場合ニ付テ之ヲ度ルコト 三 最終支點單ニ支持セラレタル場合ニ在リテハ終端間隔ニ於ケル最大正曲率率ハ第一號ノ規定ニ依リテ定メタル最大正曲率率ニ其ノ十分ノ二ヲ加ヘ最終支點ノ曲率率ヲ零トシ次ノ支點ニ於テ前第二號ノ規定ニ依リテ定メタル負曲率率ニ其ノ十分ノ五ヲ加フルコト 荷重、間隔又ハ支承ノ狀態前項以外ノ場合ニ於テハ前項ノ主旨ニ基キ適當ニ其ノ正負曲率率ヲ定ムヘシ
ニューヨーク RC條例	第17条 二個以上の支承物を有する連桁の中央及中間支承部分に於ける彎曲率は $1/12Wl$ として之を算定すべし 第20条 一端支端にして他方連桁なる梁の中央に於ける彎曲率は $1/10Wl$ 其支端ならざる一端に於ける彎曲率は $1/8Wl$ として之を算定すべし 第22条 中間に二個若しくは二個以上の支承物を有する連桁の中心及中間支承上に於ける彎曲率は $1/12Wl$ として算定すべし 第23条 等布荷重以外の荷重を受ける梁及スラップの彎曲率は適當なる法に依て之を算定すべし

注：表中の下線部が追加された箇所、＝線部が削除された箇所。

Fig. 1 物法規則における RC 連梁・連版の曲率率計算規定の内容

大きい。

2.8 構造種別ごとの算出式規定状況

以上の考察を通じ、学会案、警視庁案、物法規則における算出式の密接な関係が明らかになった。学会案からあるいは警視庁案から規定された算出式は、内容は変化するが、すべて物法規則に受け継がれる。つまり、物法規則の算出式規定は、学会案と警視庁案とを合わせたものと表現できる。

では、これらの算出式は、どのような意図のもとに規定されたのか。知りうるのは、物法規則構造規定の目的についてであり、立案者内田が次のように述べている。「構造強度に関する規定は…なるべく設計の自由を拘束しない様になつて居るのであります。各種の算式の如きも略定論のあるもの丈けを規定の中に入れるに止まつて居るのでありまして且設計に當つては必ずしも規定中にある算式を用ひて計算しなければならないといふのではなく出来上つた結果が此の規定にある最小限度以上になつて居れば少しも差し支へないのであります…この法規

は低級技術者に対して構造の規準を與へたものであつて、これが爲めに著しい便利を受けるので、今迄はどうしてよいか分らなかつたこともこの法規に依て大體の見當がつくといふことになるのであります」⁴⁰⁾。

また、物法規則で新たに作られた式はなく、学会案と警視庁案とに存在した算出式と同じ式が、物法規則に存在する。各条例の立案者も共通している。これらから、学会案や警視庁案における算出式規定の立案主旨が物法規則の主旨と類似することが考えられる。

構造種別ごとにみれば、木造は条文数が少なく単純なことが特徴である。木材の座屈荷重算出式は存在するが、柱の小径規定によつても柱の最小径は定まる。

鉄骨造についても同様で、ごく基本的なことがらのみ規定されている。外国においてすでに実績があつた鉄骨造だが、鉄骨造のみに対応する算出式は座屈荷重算出式以外に規定されていない。それだけ、技術者の裁量にゆだねられていたとも解釈できる。また、鉄骨造に対して興味があつた学会の趨勢²⁾に影響された可能性もある。

対照的に RC 造については、算出式が最も多く存在

する。これには、ニューヨーク RC 條例、ロンドン RC 規定草案等が学会案・警視庁案立案中に日本に紹介され、その翻訳を担当したのが立案関係者であったことが大いに影響している。この点からいえば、物法規則公布時までは、建築技術者ひいては建築学会の意向が条文中に最も取り入れられやすかったと考えられる。つまり、佐野利器や内田祥三を始めとする人々の意向により、算出式規定の方向が定められたといっても過言ではない。

最後に、もうひとつの特徴が浮かび上がる。各条例が、外国条例の条文を参考にしながらも、修正を加えて条文に取り入れることで、外国条例の流れから発した別の流れを新たに形成し始めたことである。

例えば、当時における最新の知識が詳細に規定されているニューヨーク RC 條例や、ロンドン RC 規定草案が日本に紹介され、学会案に続く警視庁案等はそれらの算出式を取り込む形になっている。しかしこの時、そのまま条文を引用するのではなく、修正を加えていることは連梁・連版の曲能率計算法規定等からも明らかである。

3. おわりに

以上の考察から、次のことが明らかになった。

- 1) 算出式規定の大部分は学会案で一度削除されるが、警視庁案で復活し、すべて物法規則に受け継がれる。途中で削除され、姿を消したのは RC 雙筋の中軸比・許容曲げモーメントの算出式だけである。また、警視庁案で新設された算出式を、物法規則はほぼそのまま受け継いでいる。物法規則は学会案と警視庁案とを合わせたものと考えられる。
- 2) 佐野の留学中に検討された学会案では、算出式を削除していく傾向がみられ、これに対し佐野の戻った警視庁案では、詳細に算出式を規定する傾向がみられるなど、立案者により立案思想が異なる。また、国外における学問の発展に沿って、各条例案により規定に用いる公式が異なる。
- 3) 参考にされた外国条例を具体的にあげると、主としてニューヨーク條例や、ニューヨーク RC 條例、ロンドン RC 規定草案である。これらの外国条例に存在する算出式を、修正を加えた上で各条例に取り入れている。この結果、各条例規定式全体の流れは外国の流れのなかから発してはいるが、次第にその流れから枝分かれし、独自の流れになっている。

RC 造規定にみられるように、外国から取り入れたばかりの新技术に関する規定を詳細に規定したことは、学会案から物法規則に至る構造規定の特徴である。これには理想的な状態すなわち RC の普及と品質の統一を実現するための啓蒙的思想も存在したと考えられる。少な

くとも、サンフランシスコ地震視察直後に佐野が立案した学会案では、そのように考えていた可能性が大きい。学会①案立案当時にはまだ RC 造はアメリカにおいてすら数少なく、日本ではなおさらであった。しかし、その優れた耐震性をいち早く見抜いたのが佐野であり、彼はこの RC 造を理想の構造形式と考えていた⁴¹⁾。これに対し、鉄骨造については、佐野が RC 造とともに推奨したにもかかわらず、日本ではいささかなおざりにされていた観がある。当時、建築雑誌にも日比の論文³²⁾以外にほとんど論文がみられなかったように、建築技術者の目が RC 造に集中しており、それが一因となってこのような規定状況が現れたとも推測しうる。

今後は、物法規則公布時から以後の構造規定の変遷を中心にまとめる予定である。

なお、本論文をまとめるに当たり、貴重なご教示をいただいた東京工業大学岸田英明教授ならびに東京理科大学平野道勝教授に深甚なる謝意を表する。

注

- 1) 石川孝重、平田京子：東京市建築條例妻木案が果たした役割-構造関連規定の成立過程に関する研究一、日本建築学会構造系論文報告集、第 397 号、pp. 32~41、1989 年 3 月。
- 2) 石川孝重、平田京子：東京市建築條例学会案から市街地建築物法施行規則に至る立案過程とその特徴-構造関連規定の成立過程に関する研究一、日本建築学会構造系論文報告集、第 406 号、pp. 13~23、1989 年 12 月。
- 3) 石川孝重、平田京子：東京市建築條例学会案から市街地建築物法施行規則に至る構造計算にかかわる数値規定の変遷とその根拠-構造関連規定の成立過程に関する研究一、日本建築学会構造系論文報告集、第 412 号、pp. 19~29、1990 年 6 月。
- 4) 市街地建築物法及其の附帯命令の梗概、建築雑誌、第 411 号、pp. 15~27、大正 10 年 1 月。
- 5) Y、U、生譯：倫敦市鐵筋混凝土建築取締規定草案、建築雑誌、第 306 号、pp. 261~277、明治 45 年 6 月。
- 6) T、T、N、摘譯：紐克市建築條例拔萃（強弱計算上の部）、建築雑誌、第 200 号、pp. 385~390、明治 36 年 8 月。原本は、THE BUILDING CODE OF THE CITY OF NEW YORK, 1899（日本建築学会妻木文庫所蔵）。
- 7) Y U 生：鐵筋混凝土條例、建築雑誌、第 303 号、pp. 134~172、明治 45 年 3 月。
- 8) 新建築学大系編集委員会編集、矢野克巳ほか 4 名：新建築学大系 25 構造計画、彰国社、第 1 版、pp. 22~23、昭和 56 年 8 月 10 日。
- 9) 藤本盛久：鉄骨の構造設計、技報堂、2 版、1984 年 6 月 10 日。
- 10) 遅飛士：梁材強弱發達の経路、建築雑誌、第 229 号、pp. 59~61、明治 39 年 1 月。
- 11) 藤本盛久：鋼構造学の発展、カラム、第 15 号、pp. 23~34、昭和 40 年 7 月 1 日。
- 12) 鷹部屋福平：構造力学の歴史 建築文庫・5、彰国社、初版、1957 年 5 月 10 日。

- 13) S. P. ティモシェンコ著, 最上武雄監訳, 川口昌宏訳: 材料力学史, 鹿島出版会, 昭和 62 年 5 月 10 日.
- 14) 近藤洋逸: 数学の歴史, 毎日新聞社, 改定新版, 昭和 45 年 1 月 30 日.
- 15) 山口 広: 解説・近代建築史年表 1750-1959, 建築ジャーナリズム研究所, 1968 年 11 月 15 日.
- 16) 成岡昌夫: 構造力学要論, 丸善, 昭和 49 年 6 月 30 日.
- 17) 石黒徳衛: 新建築学叢書 現代建築構造計画, オーム社, 第 1 版, 昭和 60 年 4 月 20 日.
- 18) 佐野利器: 建築構造強弱學 (五), 建築雑誌, 第 230 号, pp. 86~92, 明治 39 年 2 月. …等々
- 19) 大塚浩司ほか 3 名: 鉄筋コンクリート工学 限界状態設計法へのアプローチ, 技報堂, 1 版, 1989 年 4 月 1 日.
- 20) Y. U. 生: 鋼筋混凝土スラップの算式, 建築雑誌, 第 300 号, pp. 603~606, 明治 44 年 12 月.
- 21) 佐野利器: 鋼筋コンクリート床計算上の新しき簡式及び表, 建築雑誌, 第 259 号, pp. 288~295, 明治 41 年 7 月.
- 22) 大崎順彦: 基礎構造, コロナ社, 初版, 昭和 36 年 6 月 25 日.
- 23) 内藤多仲: 建築構造要覧 上巻, 早稲田大学出版部, 9 版, 昭和 36 年 10 月 11 日.
- 24) トーマス・ホイテカー著, 岸田英明訳: 杭基礎の設計, 彰国社, 第 1 版, pp. 26, 昭和 53 年 3 月 10 日.
- 25) 建築学会構造標準委員会基礎構造分科会: 杭打公式の適用性に関する研究, 日本建築学会論文報告集, 第 59 号, pp. 28~35, 昭和 33 年 6 月.
- 26) 内藤多仲: 建築構造学, 早稲田大学出版部, 11 版, 昭和 49 年 4 月 30 日. および内藤多仲: 最新建築構造学, 早稲田大学出版部, 再版, 昭和 7 年 4 月 6 日.
- 27) 内藤多仲監修, 南 和夫, 古藤田喜久雄, 安達健司: 建築構造学 6 土質・基礎工学, 鹿島出版会, 改訂版, pp. 157, 昭和 53 年 3 月 30 日.
- 28) 後藤正司抄: 杭の支持力公式調査委員会報告, 建築雑誌, 第 693 号, pp. 995~996, 昭和 17 年 12 月.
- 29) 杭基礎の設計法とその解説編集委員会編集: 杭基礎の設計法とその解説, 土質工学会, 第 1 版, pp. 31~33, 1985 年 12 月 20 日.
- 30) 中村達太郎: 杭打地形ノ話, 建築雑誌, 第 2 号, pp. 24~35, 明治 20 年 2 月.
- 31) Formulæ for Safe Loads of Bearing Piles., ENGINEERING NEWS, vol. 20, pp. 509~512, 1888 年 12 月 29 日.
- 32) 日比忠彦: 鐵骨構造建築學 (七), 建築雑誌, 第 239 号, pp. 719~738, 明治 39 年 11 月.
- 33) 佐野利器: 柱材の材力計算表, 建築雑誌, 第 260 号, pp. 338~341, 明治 41 年 8 月.
- 34) R. FLEMING: Municipal Building Laws in the United States, ENGINEERING NEWS, vol. 70, pp. 9~13, 1913 年 7 月 3 日.
- 35) 佐野利器: 臺灣震災談, 建築雑誌, 第 220 号, pp. 197~215, 明治 38 年 4 月.
- 36) 坂 静雄: 鉄筋コンクリート学教程, 産業図書, 改訂版, pp. 289~292, 昭和 37 年 4 月 5 日.
- 37) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 日本建築学会, 第 4 版, pp. 32, 昭和 63 年 12 月 1 日.
- 38) 佐野利器: 鐵筋コンクリート, 建築雑誌, 第 250 号, pp. 522~533, 明治 40 年 10 月.
- 39) 佐野利器譯: 鐵筋混凝土に關する普魯西國建築條令, 建築雑誌, 第 223 号, pp. 511~516, 明治 38 年 7 月.
- 40) 市街地建築物法及其附帶命令の梗概 (三), 建築雑誌, 第 414 号, pp. 163~199, 大正 10 年 4 月.
- 41) 佐野利器: 米國加州震災談 (三), 建築雑誌, 第 241 号, pp. 29~44, 明治 40 年 1 月.

(1990 年 4 月 10 日原稿受理, 1990 年 6 月 21 日採用決定)