

帝都高度交通宮団 正員 渡辺 健

〃 〃 佐藤明正

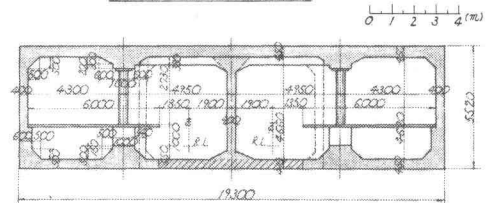
〔1〕 まえがき

高層ビルの林立により、都市交通は、飽和状態に達している。その混雑緩和の一環として、地下鉄銀座線、赤坂見附～虎ノ門間に、溜池駅の新設を余儀なくされた。溜池駅新設区間のずい道は、昭和12年頃建設された複線鉄筋コンクリートずい道である。新設駅の施工は、銀座線電車の運行を妨げる事なく、より安全な施工法として、各種検討した結果、銀座線の軌道を下付けせずに、既設ずい道の下床版を新設駅断面下床版の一部(図-1ハッチ部分)として利用する工法とした。

この場合、既設下床版は、スパンの拡大によって強度不足を来すことになる。そこで、これに接続させる新規構造物には大きな剛域を設ける事により、正のスパン曲げモーメントを助ける工夫を行った。土木学会コンクリート標準示方書には、新たにラーメンの構造解析法として剛域を考慮した変断面による計算法が規定されたので、このケースは、その応用例の一つとも見なされる。溜池駅の設計計算に、この変断面解析を導入することによって、駅断面下床版の一部として、既設ずい道下床版をそのまま利用することが出来た。本文は、溜池駅の設計計算に当り、ハンケを考慮した変断面ラーメン解析についてのものである。

図-1

溜池駅標準断面図



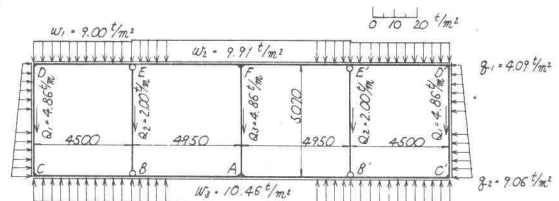
〔2〕 断面形状および荷重

断面の形状は図-1のように、既設トンネルの構造物の側壁を取りこわす以外は、すべてそのまま残して新規建造の構造物と一体化になるようにした。既設上床版は、構造計算には考慮せずに、そのまま残し、中央柱はこれを壁構造として補強する。

完成断面は、一層四径間対称箱形ラーメン構造でハンケの大きさは、一般に用いられている地下鉄箱形ラーメンとほぼ同じである。荷重は図-2に示す。

図-2

荷重図



〔3〕 変断面ラーメンの解析

ラーメン構造物のハンケは、部材の断面二次モーメント I_x (図-3参照) に大きな影響を与える。このハンケを考慮した部材の断面二次モーメントより、部材の切線角 θ (図-4参照) を導き出す事によって、撓み角法による変断面解析のモーメント式が誘導出来る。

変断面解析の主な仮定は、次の通りとする。イ) 各節点は完全剛接とする。ロ) せん断力および軸力による部材の変形は無視する。ハ) わん曲による部材の径間長は不変とする。ニ) 各部材のヤング係数は同一とする。ホ) ラーメン軸線はハンケを無視した重心線とする。以上の仮定に基づく変断面ラーメンのモーメント式は、次のようである。

$$\begin{aligned} M_{mn} &= E K_{mn} (d_m \cdot \theta_m + \beta_{mn} \cdot \theta_n - r_m \cdot R) - d_{mn} \cdot C_{mn} \quad \dots (1) \\ M_{nm} &= E K_{mn} (d_n \cdot \theta_n + \beta_{mn} \cdot \theta_m - r_n \cdot R) + d_{nm} \cdot C_{nm} \end{aligned}$$

(但し、 M_{mn}, M_{nm} : m, n 梁の節点モーメント。E : 部材 m, n のヤング係数。

K_{mn} : 部材 m, n の等断面剛度、即ち $K_{mn} = \frac{I_{mn}}{l}$ 。

θ_m, θ_n : m, n 梁の節点角。R : 部材 m, n の部材角、即ち $R = \frac{\Delta}{l}$ 。

C_{mn}, C_{nm} : m, n 梁の等断面荷重項。

d, β, r : 部材 m, n のハンチによる剛度係数値。

d_{mn}, d_{nm} : 部材 m, n のハンチによる荷重項係数値。

この場合、 $E \theta_m = \varphi_m, E \theta_n = \varphi_n, -ER = \psi$ 、則ち β_{mn} とすると、(1)式は次のように変形出来る。

$$\begin{aligned} M_{mn} &= k_{mn} (d_m \cdot \varphi_m + \beta_{mn} \cdot \varphi_n + r_m \cdot \psi) - d_{mn} \cdot C_{mn} \quad \dots (2) \\ M_{nm} &= k_{mn} (d_n \cdot \varphi_n + \beta_{mn} \cdot \varphi_m + r_n \cdot \psi) + d_{nm} \cdot C_{nm} \end{aligned}$$

剛度係数値 d, β, r は、部材 m, n のハンチの大きさ、また荷重項係数値 d は、ハンチの大きさ及び荷重の形状によつて決定出来る値である。つぎに節点方程式及び層方程式は、それぞれ曲げモーメント及びせん断力の釣合条件式であるから、要断面部材で構成されているラーメンにおいても、等断面の場合と同様である。

図-5

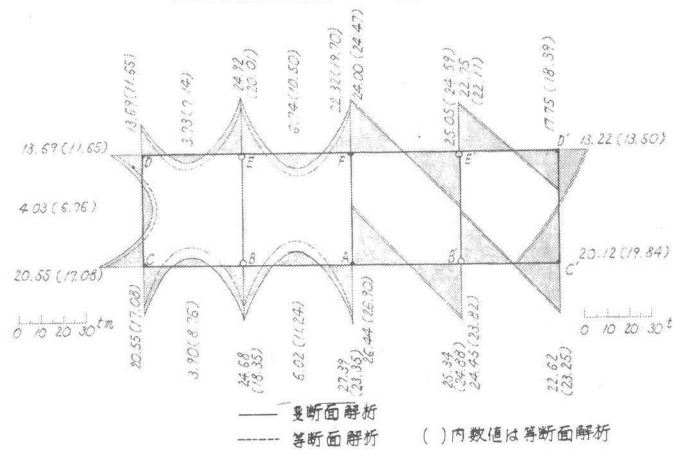
曲げモーメント図

せん断力図

[4] 変断面材としての設計

変断面材としての設計計算も行、

た断面力は、図-5の実線で示したもので、実線は等断面としてこれを行つた断面力である。図-1に示すようなハンチを有するラーメン構造物は、ハンチを考慮するが否かにより、曲げモーメントに大きな影響を与えるが、せん断力には差程相異が認められない(図-5参照)。溜池駅箱形ラーメン



に於ける変断面解析の節点モーメントは、等断面解析の1.13~1.34倍で、一方、前者に於けるスパン中央付近の最大曲げモーメントは、後者の0.44~0.64倍と小さな値も示している。断面算定用の曲げモーメントは、ハンチの影響を考慮した変断面解析の値とした。

[5] おまけ

今後、電算機によつて変断面材としての数値計算が容易となるならば、断面力は、多少の向違ひを含むにしても実際の状態に一歩近づくものと思われる。それによつて、ラーメン構造物の長径円化及び経済化が促進出来る。特に地下鉄箱形ラーメンにおいては、水密性、施工等を考慮するに、ある程度の部材厚を必要となるが、駅断面や渡り型のように部材が比較的薄い場合においては、この様な変断面解析を導入する事によつて、施工中 掘さく量等を減少出来、経済化が期待出来ると思われる。

参考文献 (1) 武藤 清, "耐震計算法", (2) 金田 繁, 金田由紀子共訳 "ギャーラーメンの美学的解法,"