

V-34

合成構造地中梁の耐震設計におけるモデル化

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 ○山崎 裕史

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 古山 章一

1. はじめに

都市部などの狭隘箇所においてラーメン高架橋地中梁を施工する場合、仮土留めの施工等により地中梁の工事費が全体に占める割合が大きくなる。そこで、仮土留壁で用いる直線鋼矢板を構造部材とする合成構造地中梁を開発し、コンクリート側面に鋼板を補強した梁部材について載荷試験を行った(図1)¹⁾。本稿では、試験結果をもとに設計に用いる部材の骨格曲線の設定を行ったので報告する。

2. 試験概要

試験はラーメン高架橋地中梁部材を想定した部分縮小モデルとし、鋼板とコンクリートの一体化・鋼板座屈防止の目的で設置するジベル筋の量、間隔をパラメータとして曲げ試験および交番載荷試験を実施した¹⁾。

3. 試験結果および考察

RC 部材の骨格曲線(図2)²⁾の設定方法を参考に、試験結果をもとに骨格曲線を設定した。

(i) C点

本構造はコンクリート中に鉄筋を配置していないことから、C点の検討は省略することとした。

(ii) Y点(鋼材の引張線応力が降伏点達する点)

① 降伏曲げモーメント M_y

M_y の評価は、「鋼・コンクリートサンドイッチ構造の設計法」³⁾を参考に、鋼板を鉄筋換算したRC部材として評価した。その結果、RC部材の M_y を荷重に換算した点と、試験体のP- δ 曲線(図3)上の降伏点(P- δ 曲線上で傾きが変化する点)は、必要とするジベル筋量¹⁾を満足した試験体でほぼ一致した。したがって、本構造の M_y は、RC部材の M_y とすることとした。

② 曲率 ϕ_y

ϕ_y は M_y/EI により算定した。ここで ϕ_y の算定に用いるEIは、 $EI = \alpha(E_c I_c + E_s I_s)$ 、 α は割線剛性係数で、 $\alpha = \delta_{ytest}/\delta_{ycal}$ により算定している。その結果、表1に示すように、降伏変位の実験値と計算値はほぼ一致することが確認された。これは、図4に示す割線剛性係数 α とジベル筋補強度・軸方向鋼板比($\rho \cdot f_{sy} \cdot A_s/A_c$)の関係から、ある程度の $\rho \cdot f_{sy} \cdot A_s/A_c$ を満足させることで、ひび割れ発生後のRC部材と同等の剛性を有するためと考えられる。

(iii) M点(最大曲げモーメントに達する点)

① 最大曲げモーメント M_m

M_m の評価は、 M_y と同様にRC部材として評価した。その結果、図3に示すように試験における最大曲げモーメントは、RC部材の終局曲げ耐力に比べ小さくなる傾向を示した。これは、最大

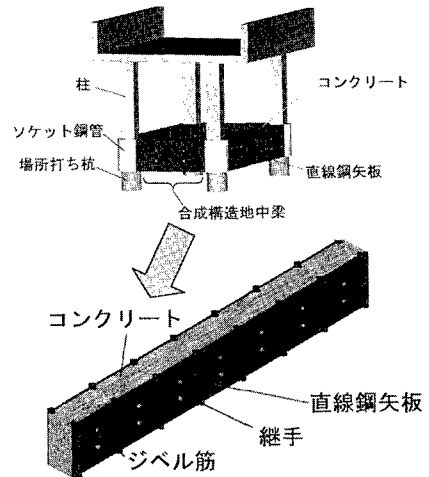


図1 構造概要図

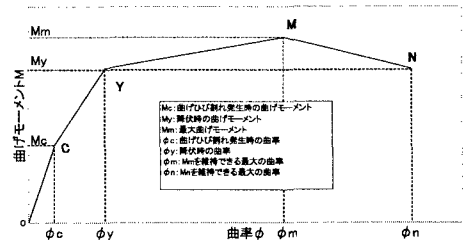


図2 RC部材の骨格曲線

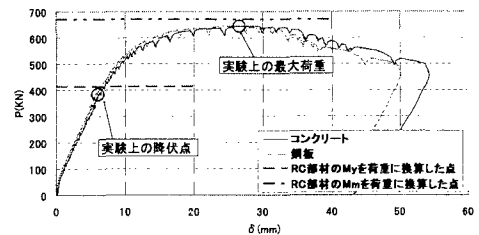
図3 P- δ 曲線

表1 $\delta_{y\text{cal}}$ と $\delta_{y\text{test}}$ の比較

No	Py (KN)	EI (KN・m ²)	δ_y (mm)		$\delta_{y\text{cal}}/\delta_{y\text{test}}$
			test	cal	
T-7	296.40	26370.65	6.5	7.32	1.13
T-8	319.48	26460.92	7.8	7.87	1.01

P_y : 実験における降伏荷重

EI: 本構造の剛性で、 $EI = \alpha(E_c I_c + E_s I_s)$ より算定

α : 割線剛性係数、 E_c : コンクリートのヤング係数、

I_c : コンクリートの断面二次モーメント、 E_s : 鋼板のヤング係数、

I_s : 鋼板の断面二次モーメント

$\delta_{y\text{test}}$: 実験における降伏変位

$\delta_{y\text{cal}}$: 計算における降伏変位(α を考慮)

曲げモーメント時ではコンクリートと鋼板の変位差が降伏時に比べ大きくくなっていること、最大荷重付近で鋼板に座屈が発生すること等により、平面保持の法則が成り立たない状態であるためと考えられる。そこで図5に、縦軸に $M_{\text{test}}/M_{\text{mca}}$ 、横軸に $\rho \cdot f_{sy} \cdot A_s/A_c$ をとり、各試験体の傾向をみた。結果、両者には相関性があるものと判断し、最大曲げモーメント M_m は $M_m = \{1.55(\rho \cdot f_{sy} \cdot A_s/A_c) + 0.68\} M_{\text{mca}}$ とした。

② 曲率 ϕ_m

表2に試験から得られた δ_y と δ_m の比較を示す。 δ_m/δ_y にばらつきはあるものの、両試験体が必要なジベル筋量を満足したものであること、両側面に配置された鋼板のせん断耐力への寄与度が高いため、せん断破壊は発生せず、急激な耐力低下および変形が起きる可能性も小さいことから、 δ_m の算定は本試験の δ_m/δ_y の下限値で整理することとし、5 δ_y とした。

(iv) N点(降伏耐力を下回らない点)

① N点における曲げモーメント M_n

M_n の評価は、最大曲げモーメントの90%とした。これは、最大荷重付近で鋼板に座屈が発生し、図6に示す交番載荷試験結果から得られたP- δ 曲線上に示すように、鋼板が低サイクル疲労が起これ急激な耐力低下をまねくためである。なお、 M_n を M_m の90%としたのは、最大荷重以降もジベル筋がコンクリートの耐力維持に有効に働いているため、コンクリート充填鋼管部材の骨格曲線²⁾を参考とした。

② N点における曲率 ϕ_n

ϕ_n の評価は ϕ_m と同様に、試験から得られた δ_y と δ_n を表3のように比較した。 ϕ_m の整理と同様の理由から、 δ_n は δ_n/δ_y の下限値で整理し、5.5 δ_y とした。

4. まとめ

以上の検討結果から、骨格曲線の設定法は図7のように整理した。

【参考文献】

- 1) 山崎、古山、小林：地中梁の急速施工における合成構造部材の設計、東日本旅客鉄道 SED、No18、2002.6
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計：鉄道総合技術研究所編、丸善、1999.10
- 3) 土木学会：鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)、1992.7

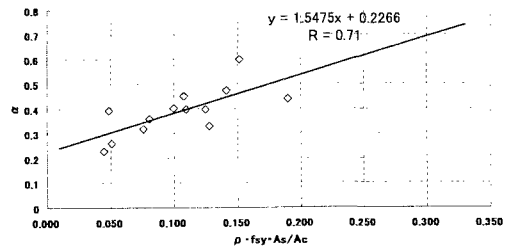


図4 α と $\rho \cdot f_{sy} \cdot A_s/A_c$ の関係

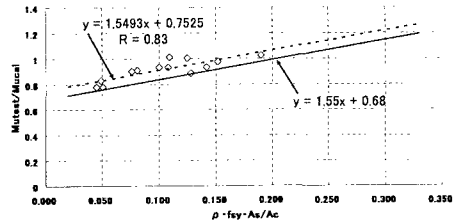


図5 $M_{\text{test}}/M_{\text{mca}}$ と $\rho \cdot f_{sy} \cdot A_s/A_c$ の関係

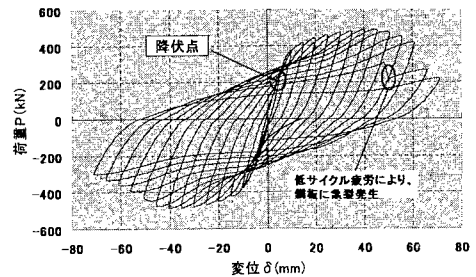


図6 交番載荷試験におけるP- δ 曲線

表2 δ_m と δ_y の比較

No	δ_y (mm)	δ_m (mm)	δ_m/δ_y
T-7	7.32	45.6	6.2
	7.32	-40.4	5.5
T-8	7.87	40.3	5.1
	7.87	-39.0	5.0

表3 δ_n と δ_y の比較

No	δ_y (mm)	δ_n (mm)	δ_n/δ_y
T-7	7.32	54.8	7.49
	7.32	-47.6	6.50
T-8	7.87	44.6	5.67
	7.87	-45.1	5.73

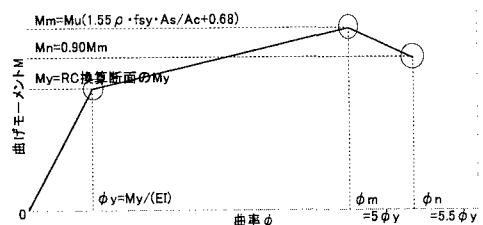


図7 合成構造地中梁の骨格曲線の設定方法