

不完全合成桁の不完全度の推定に関する研究

宇都宮大学 学生会員 溝江 慶久
宇都宮大学 正会員 中島 章典

1. はじめに

合成桁においては、ずれ止めの弾性変形のために、理想的な完全合成を期待することはできない。一方、非合成桁においても、実際にはコンクリート床版と鋼桁とはある程度一体となって働いている。このように、完全合成桁と非合成桁の間の挙動を呈するのはいわゆる不完全合成桁である。

このような背景のもとに、本研究では、断面諸量およびずれ止め剛度が与えられたときの桁の不完全度、つまり完全合成と非合成との間のどの程度の合成をもっているのかを簡易に推定する方法を提案した。不完全度が推定できれば、応力やたわみも容易に推定でき、非常に便利であると考えられる。

2. 解析方法

一般に不完全合成桁に関する基礎方程式は、

$$\frac{d^2 N}{dx^2} - \omega^2 N = -\gamma M_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

の形で与えられる^{1),2)}。ここに、 N が不完全合成時に床版および鋼桁に作用する軸力であり、 M_0 が外力曲げモーメントである。また、 ω 、 γ は、

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{1}{E_C A_C} + \frac{1}{E_S A_S} + \frac{d^2}{E_C I_C + E_S I_S} \right) C} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{C}{E_C I_C + E_S I_S} \quad \dots\dots\dots (3)$$

で表される係数であり、断面諸量および単位長さあたりのずれ止め剛度によって決まる形となっている。そして、この微分方程式を解くことにより、合成桁に発生する軸力の式を得ることができる。

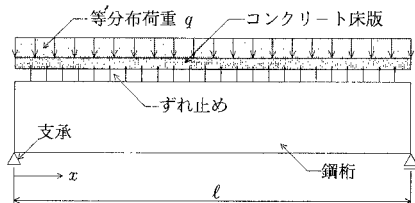


図-1 等分布荷重下等断面単純桁の形状図

3. 等分布荷重下等断面単純桁

一例として、図-1に示す等分布荷重を受ける等断面単純桁について、式(1)を解いて軸力の式を求め、変形を行うと、

$$N = N_0(1 - R_N) \quad \dots\dots\dots (4)$$

と表せる。ここに、 N_0 は完全合成時にコンクリート床版および鋼桁に作用する軸力であり、 R_N は不

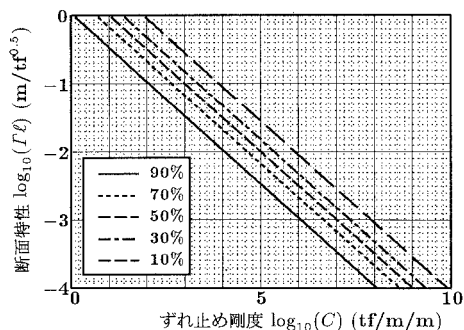


図-2 等分布荷重下等断面単純合成桁の径間中央部での断面特性とずれ止め剛度の関係

完全な合成効果による軸力の減少率である。すなわち、 R_N が不完全合成桁の不完全度を示しており、 R_N が0から1に変化するにつれ、完全合成時の軸力 ($N = N_0$) から非合成時の軸力 ($N = 0$) に移行するのである。この場合、 R_N は、

$$R_N = \frac{2}{\omega^2 x(\ell - x)} \left\{ 1 - \frac{\cosh \omega \left(x - \frac{\ell}{2} \right)}{\cosh \omega \frac{\ell}{2}} \right\} \quad \dots (5)$$

と表される。ここに、 x は左端からの橋軸方向位置であり、 ω は式(2)で与えられる係数である。また、 ℓ はスパン長である。したがって、不完全度を推定する着目点 $x (= \xi \ell)$ を決め、式(2)の ω のうち、ずれ止め剛度 C を除いた部分を Γ とおくと、 R_N は Γ とスパン ℓ の積 $\Gamma \ell$ (以下、断面特性と呼ぶ) およびずれ止め剛度 C によって与えられる関数として整理される。

この不完全な合成効果による軸力の減少率の式 R_N を用いて、着目点を径間中央部とし、軸力が完全合成時の10～90%に低減する場合の断面特性 $\Gamma \ell$ とずれ止め剛度 C の関係を両者の常用対数をとって示したのが図-2である。この関係はほぼ線形となっており、また、左側に位置している直線の方が不完全度は大きくなっている。これより、断面諸量とスパンおよびずれ止め剛度が決まれば、図-2において、縦軸と横軸の値の交わる点を見るだけで、容易に軸力から不完全度を推定することができる。

4. 等分布荷重下変断面単純桁

本研究では、図-3に示すような等分布荷重下変断面単純合成桁および非合成桁についても検討を行った。この場合、得られる軸力の式は非常に複雑にな

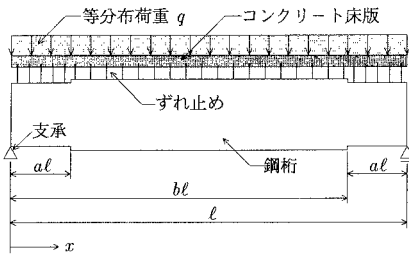


図-3 等分布荷重下変断面単純桁の形状図

り、軸力の減少率 R_N を断面特性 Γl とずれ止め剛度 C の関数として整理することは容易ではない。そこで、文献³⁾や実橋の寸法を参考に、数種類の不完全合成桁のデータ（断面諸量およびスパン）を用いて、軸力の低減にともなう断面特性とずれ止め剛度の関係を数値的に求めた。

この変断面不完全合成桁の径間中央部について、 Γl 、 C と不完全度の関係を図-4に示す。縦軸が $\Gamma_2 l$ となっているのは、径間中央部付近の大きい断面諸量で表していることを示している。図-4-aは合成桁を対象とした結果であり、この場合、断面変化点より外側のずれ止め剛度を中央部の2倍にしており、 C_2 は中央部のずれ止め剛度を表している。また、図-4-bは非合成桁を対象とした結果であり、この場合は全スパンにわたってずれ止め剛度は一定としている。

いずれも、変断面桁の結果を各マークで示し、一部図-2に示した等断面桁の結果を各直線で示している。不完全度に応じた各マークは対応したそれぞれの直線にほぼ載っていることがわかる。以上のことは変断面桁の不完全度が等断面桁の不完全度によって推定できることを意味している。

5. 水平せん断力から推定する不完全度

軸力の式を x で微分すると桁に発生する水平せん断力の式を得ることができる。そこで、図-1に示す等分布荷重を受ける等断面単純桁について、水平せん断力の式を求め、変形を行うと、式(4)と同様の形に整理できた。よって、水平せん断力が低減する場合の断面特性とずれ止め剛度の間には直線関係がみられ、水平せん断力からも容易に不完全度が推定できる。しかし、図-3に示す変断面桁について、径間端部で水平せん断力から不完全度を推定すると、等断面桁の解析結果との間には多少の差異が確認された。

6. 不完全度の推定結果

本研究では、径間中央部集中荷重下単純桁についても検討を行った。これらの結果をふまえて、実橋等の桁寸法から具体的に軸力による不完全度を推定した結果が表-1である。これより、一般に断面の小さい模型試験桁の不完全度は大きく、実橋サイズの桁の不完全度は小さいという結果になった。

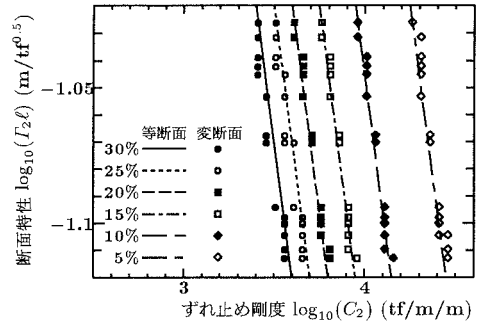


図-4-a 高合成領域、着目点：径間中央部

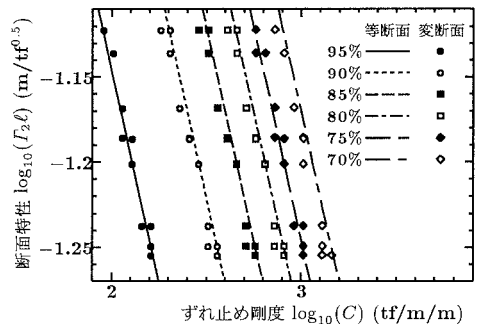


図-4-b 低合成領域、着目点：径間中央部

図-4 等分布荷重下変断面単純桁の断面特性とずれ止め剛度の関係

表-1 不完全度推定結果

桁サイズ	載荷荷重	不完全度	
		合成桁	非合成桁
実橋	等分布	1 ~ 2%	5 ~ 6%
	1/2 点集中	5 ~ 6%	15 ~ 16%
試験体	等分布	5 ~ 20%	50%
	1/2 点集中	15 ~ 30%	60%

7. おわりに

1. 等分布荷重を受ける不完全合成単純桁において、コンクリート床版と鋼桁に相互に作用する軸力および水平せん断力の不完全度は、断面特性とずれ止め剛度を用いて容易に推定できる。また、変断面桁の軸力および水平せん断力の不完全度は等断面桁の値によって推定できる。
2. 軸力と水平せん断力のそれぞれから推定される不完全度は異なる。また、載荷荷重の種類によっても推定される不完全度は異なる。

参考文献

- 1) 山本 稔：不完全合成桁の曲げ理論，土木学会論文集，No.67, pp.1~10, 1960, 3.
- 2) 橋 善雄・足立義雄：不完全合成桁について，土木学会論文集，No.112, pp.11~19, 1964, 12.
- 3) 島田静雄・熊沢周明：合成桁の理論と設計，山海堂，1983