

日本橋梁（株） 正員 池田 秀夫
近畿大学 理工学部 正員 前田 幸雄
近畿大学 理工学部 正員 谷平 勉
大阪市土木局 正員 村松敬一郎

1. まえがき 構造物の強度は、(1) 使用材料の強度のばらつき、(2) 構造寸法の誤差、(3) 製作および施工の不確実性、(4) 設計々算上の仮定による不確実性から、確率変量となることが知られている。限界状態設計法あるいは荷重係数設計法の定式化における性能係数 ϕ の評価のためには、これら不確実量を把握することが必要となる。本報告では材料強度と構造寸法に関して収集したデータの統計処理結果を示し、あわせて二次モーメント法により合成桁断面の抵抗モーメントの変動に対して各構造要素の変動が与える影響について考察を加えるものである。また確率変量として抵抗モーメントを求める際の別法としてシミュレーションによる方法を示し、二次モーメント法による結果との比較を行う。抵抗モーメントの計算対象は標準的なI断面合成桁とした。なお、本調査研究は関西道路調査研究会・LDM合成構造専門委員会の研究活動の一環として行った結果をまとめたものである。

2. 材料強度と構造寸法の分布特性 材料強度に関連する調査項目は、鋼材の降伏点強度、引張強度、ポアソン比、弾性係数、およびコンクリートの圧縮強度、弾性係数、ポアソン比とした。また構造寸法に関連して、鋼桁部の板厚、板幅、桁高、およびコンクリート床版の厚さ、配筋、ハンチ高さを調査した。さらに、橋梁の寸法として主桁間隔と支間長についても調査を行った。これら構造寸法のデータは実橋の測定により得たものである。統計処理した頻度分布図の一例を図-1に示す。また本報告で計算に用いた構造寸法および材料強度の平均値と変動係数を表-1に示す。構造寸法のばらつきはほぼ正規分布を示し、鋼材強度は正規分布または対数正規分布が適合することがわかった。しかしながら、コンクリート床版の厚さ、ハンチ高さ、弾性係数、ポアソン比、配筋寸法については統計処理に十分なデータ数を得ることができなかった。またコンクリートは施工管理の良否が強度に大きな変動を与えるため、より多くの実橋データが必要である。これらは今後の課題としたい。

表-1 抵抗値の計算に用いた統計量

項 目	μ (実測値/公称値)	δ
フ ラ ン ジ 幅	1.000	0.00144
鋼 板 厚	1.000	0.0175
腹 板 高	1.000	0.0009
鋼 材 強 度	1.164	0.0850
ヤ ン グ 係 数	0.9371	0.100
床 版 幅*	1.000	0.000128
床 版 厚*	1.000	0.030
コンクリート強度	1.200	0.100

* 印は統計データが十分でないため仮定した値である。

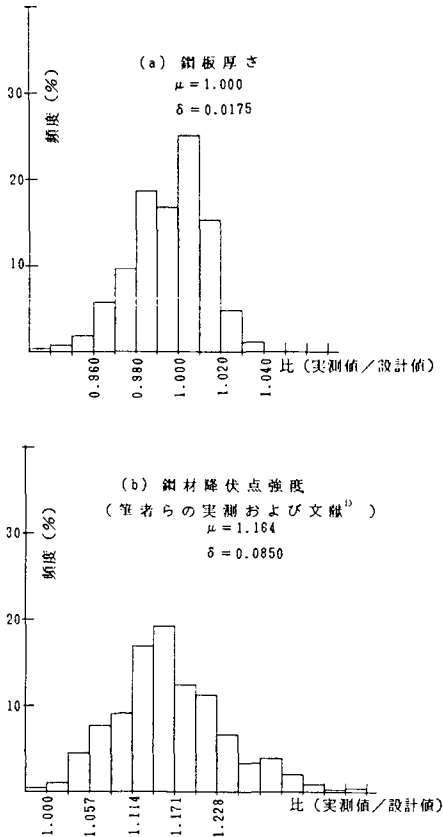


図-1 統計処理の一例

3. 抵抗値の計算と影響因子の考察 支間30m、腹板高1600mmの単純活荷重合成桁の外桁中央断面を計算対象とし、表-1の値を用いて計算した。合成断面の限界状態における応力分布モデルをNon-Compactな断面であることを考慮し、図-2のように定義した。すなわちコンクリートの作用応力度が $0.85\sigma_{ck}$ に達するか、あるいは鋼桁の上下縁のいずれかが降伏応力度 σ_y に達するときの曲げモーメントを抵抗モーメントとした。計算法は二次モーメント法とし、 $M_r = W \cdot \sigma_{cr}$ で抵抗モーメントを求めた。ここで、 W は合成断面の断面係数、 σ_{cr} (限界応力度-合成前作用応力度) は合成後に作用する死・活荷重に対する抵抗値である。図-3は断面各諸元の変動係数を一定の比率で変化させ、それに対応する M_r の変化を調べたものである。構造寸法の変動係数を前後させても M_r の変動係数の変化は比較的小さく、鋼材強度の変動係数の変化が顕著に M_r の変動係数の変化に影響していることがわかる。これは構造寸法の多少の変動も断面係数 W の変動に影響がないことを示している。一方、鋼材強度の変動係数の変化は直接的に M_r の変動に関係する。またコンクリート強度の変動が M_r の変動にほとんど関与していないのは、計算対象断面の形状と限界状態の定義から、鋼桁下フランジの応力度がもっとも早く降伏応力度に達するためである。しかしながら、通常の組立合成断面においては下フランジの応力度が支配的であることから本計算結果は必ずしも一般性を欠くものではないと考えられる。

4. シミュレーションによる断面の抵抗値の計算

抵抗値はシミュレーション法によっても求めることができる。構造寸法および材料強度にそれぞれの確率分布を設定し、それに応じて発生させた乱数を用いて計算すればよい。この方法によれば、種々の確率分布を考慮した計算を行うことができる。前節で対象とした合成断面の寸法および強度を用いて抵抗モーメントを計算した結果を、二次モーメント法による計算結果とあわせて表-2に示す。変動要因の分布形と特性値が知られており、かつ乱数が有効に利用できる場合にはシミュレーション法が有用な手法であると考えられる。

表-2 二次モーメント法とシミュレーション法の比較

	μ (t-m)	σ (t-m)	δ (%)
二次モーメント法	864.3	110.6	12.8
シミュレーション法	864.3	100.3	11.6

5. あとがき 本報告では実橋の調査結果による構成要素の分布特性を明確にした。また下フランジが σ_y に達したときを破壊限界とした合成断面の抵抗モーメントに対する変動要因に、鋼材の降伏点強度が支配的であることを示した。今後の課題として、より多くの変動要因を考慮した計算を種々の断面構成について行い、合成断面の抵抗値と性能係数を明らかにしたいと考えている。おわりに、本報告に関して、LDM合成構造専門委員会の各位の多大な御協力を得たことを付記し感謝の意を表したい。

(参考文献) 1) 鋼材の機械的性質の統計的性状 ; JSSC Vol.17, No.179, 1981-2,3

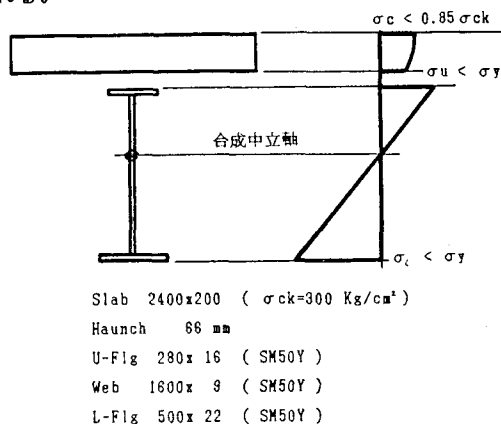


図-2 断面構成と応力モデル

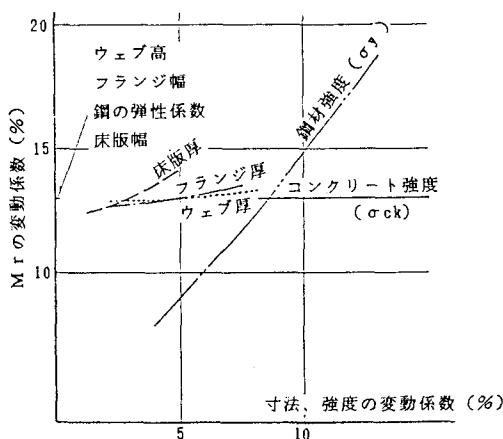


図-3 M_r の変動係数の変化