

信頼性理論を用いた鋼橋現有性能の 評価に関する研究

大阪市立大学大学院 都市系専攻 橋梁工学研究室 高井 俊和

目的 信頼性理論に基づき橋梁構造の合理化を提案する

国内の道路橋は、一部を除き許容応力度設計法で設計され、この設計法では、主に降伏に対して安全率が確保されています。これは、構造の最大耐力を示す終局状態が考慮されておらず、いわば構造の破壊に対する安全性より、むしろさらに安全側となる使用性に着目¹⁾した設計といえます。また、作用荷重や、強度のばらつきの不確定要因が個別に考慮されていません。そのため、終局状態の考慮や不確定要因を個別に考慮することで、合理的な設計ができると考えられます。

そこで、本研究では、作用荷重、強度、損傷・劣化などのばらつきを考慮し、信頼性理論に基づいた橋梁部材や、橋梁全体の破壊確率を評価する手法を検討し、構造の合理化の提案をします。

研究目的: ①破壊確率 P_f の指標に基づき構造の合理化を提案する
②腐食など構造の劣化を破壊確率 P_f の評価に反映する

許容応力度設計法

$$\sigma \leq \sigma_a = \frac{\sigma_y}{\nu} \quad \text{式(1)}$$

作用応力 許容応力 降伏応力 安全率

信頼性設計(レベルIII)

$$P_f \leq P_{fa} \quad \text{式(2)}$$

対象構造の破壊確率 許容破壊確率

破壊確率 P_f の厳密解で評価

限界状態設計法のレベルIIIに基づき、破壊確率 P_f で構造を評価します。

破壊確率の計算に対して、確率分布形の影響が非常に大きい²⁾ことが明らかになっています。ばらつきの分布は正規分布の当てはめが一般的ですが、誤差の少ない最適な分布形状を検討します。

モンテカルロ シミュレーションでは膨大な回数の計算が必要ですが、応答曲面法を用いて、破壊確率算出の精度と効率化を両立させます。

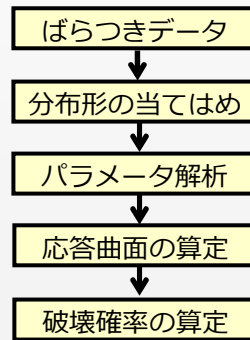


図1 破壊確率の算定手順

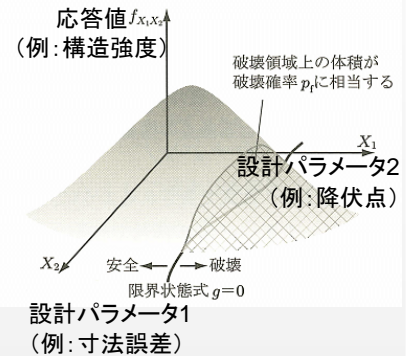


図2 応答曲面の例¹⁾

さまざまな限界状態を評価

限界状態が異なれば、許容破壊確率 P_{fa} も異なります。さまざまな限界状態を評価し、最適な構造を検討します。

例えば、高力ボルト摩擦接合継手を対象した評価では、すべり耐力、支圧終局耐力を対象に破壊確率を算出して評価し、複数の観点から構造の合理化を提案します。

プレートガーダー橋のリダンダンシー解析では、共通の荷重の下、各部材の評価を行います。

表1 P_{fa} の設定概念³⁾

結果の重大性 (破壊)	破壊モード	
	安定破壊	不安定破壊
重大でない	P_{fa} 大	P_{fa} 小
大変に重大		

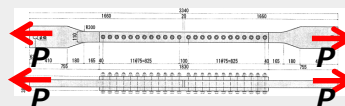


図3 継手体力の評価のイメージ図

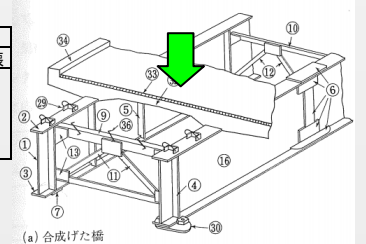


図4 リダンダンシー評価のイメージ図 (文献4)より図を引用)

劣化のばらつきも考慮

材料のばらつき、作用荷重のばらつきのほかに、経年劣化(腐食=板厚減少)のばらつきも考慮します。構造のライフサイクルを通じた破壊確率の算定に適用します。

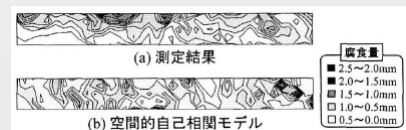


図5 腐食のモデル化(空間的自己相関)⁵⁾

参考文献

- 鈴木基行: 構造物信頼性設計法の基礎, 森北出版, 1986.5
- 宮田喜生, 中村聖三, 高橋和雄: 鋼桁橋の破壊確率の対する確率分布の影響に関する検討, 鋼構造年次論文報告集, 第19巻, pp. 63-68, 2011.11
- 星谷勝, 石井清: 構造物の信頼性設計法, 鹿島出版会, 1986.5
- 橋善雄: 橋梁工学, 第5版, 共立出版, 2000.3
- 藤井堅, 海田辰将, 平井勝志, 奥村誠: 腐食鋼板表面形状モデル作成における空間的自己相関モデルの適用性, 構造工学論文集, Vol. 48A, pp. 1031-1038, 2002.3