

鋼橋の耐震性能設計に反映するための住民参加支援システム

関西大学大学院 学生員 ○片岡宏文 関西大学総合情報学部 正会員 古田 均
 (株)両備システムズ 田淵仁子 (株)NTT コムウエア 正会員 小山和裕
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

近年注目されている構造物の性能照査型設計では、明確な構造物の性能設定が重要である。一方、社会資本整備事業における透明性は必定で、かつ住民との協同による事業展開が住民のニーズを反映する上で望ましい。ただし、住民との協同事業展開は極めて難しく、性能評価の決定過程における住民、事業者、技術者間の合意にはかなりの時間と労力を要するものと思われる。ここでは、鋼製橋脚の耐震設計を例に、住民、事業者、技術者間の異なる意見を活かした設計の進め方を目的に、合意に至るまでのプロセスを支援する合意形成システムを検討する。

2. 設計案の合意形成支援システム

通常、橋梁を計画する時点で性能が決定されるが、その過程に住民の参加を求め、住民が描いている構造物の安全性をアンケートから聴取し、それを設計案に反映させることを考える。この評価から各合意形成参加者の意見を考慮した設計案を導く。本合意形成支援システムの手順を Fig.1 に示す。

3. 耐震信頼性に則った鋼製橋脚の設計案

Fig.2 に示す鋼製橋脚の耐震性能設計を考える。橋脚の高さを $h=10\text{m}$ 、一辺が $b_f = b_w = 2,000\text{mm}$ の無補剛正方形断面、上部構造の反力に相当する鉛直荷重を $P=10.84\text{MN}$ 、使用鋼種を SM490Y とする。

設計変数に鋼製橋脚の板厚 ($t_f = t_w$) を選び、42mm から 70mm の範囲で断面設計した多数の設計案に対する安全性いわゆる信頼性指標 β と、経済性いわゆる総建設費用を求め、住民、事業者、技術者の設計案に反映させる。

鋼製橋脚の地震時限界状態を終局限界状態とし、その限界状態関数 Z を

$$Z = P_a - P_{yn} \quad (1)$$

のように仮定する。ここに、 P_a は構造物の地震時保有水平耐力、 P_{yn} は設定した塑性率に対する必要降伏強度である。信頼性指標 β は確率変数である限

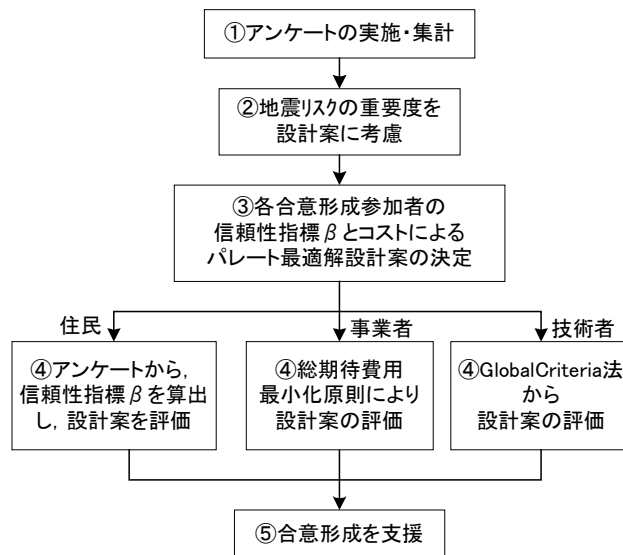


Fig.1 合意形成支援の手順

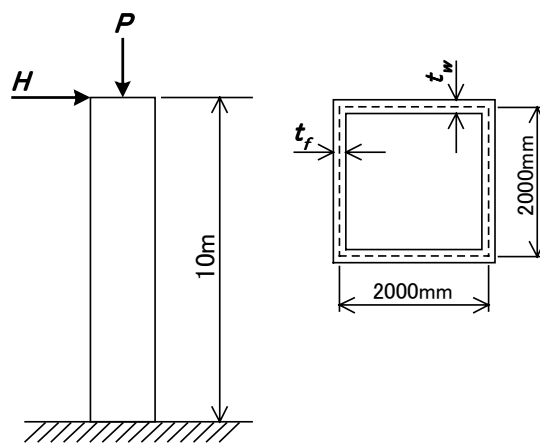


Fig.2 対象構造物とその断面形状

界状態関数 Z の平均値 μ_z と標準偏差 σ_z によって

$$\beta = \mu_z / \sigma_z \quad (2)$$

から求められる。また、破壊確率 P_f は信頼性指標 β と標準正規分布関数 Φ によって、

$$P_f = \Phi(-\beta) \quad (3)$$

で与えられる。

4. 地震リスクを設計へ反映する方法

地震動が構造物に作用するとき、構造物の破壊が考えられる。管理者である事業者や利用者である住

キーワード：合意形成支援システム、性能設計、耐震、鋼製橋脚

連絡先：564-8680 吹田市山手町 3-3-35 関西大学工学部都市環境工学科

民は，社会基盤の損傷によって社会的・経済的な損失を被る．ここでは，社会的・経済的影響を初期建設費用 C_I と地震リスク R によって表現する．すなわち，総費用 C_T は

$$C_T = C_I + R \quad (4)$$

ここに， R は地震時の破壊損失費用 C_f と構造物の破壊確率 P_f との積

$$R = C_f(\mu_T/\alpha) \times P_f(\mu_T/\alpha) \quad (5)$$

で求められる．ここに， μ_T ：塑性率， α ：加速度である．それゆえ，地震リスクの重要度を取り入れた総費用 C_{TR} は

$$C_{TR} = C_I + R \times (\text{地震リスク重要度}) \quad (6)$$

地震リスクの重要性はその認識によって住民，事業者，技術者間で異なる．例として，住民の重要度をアンケートに基づいて 1.17，事業者と技術者の重要度をそれぞれ 0.85，1.00 のように仮定する．なお，安全性と経済性の間にあるトレード・オフの関係は地震リスクを加味した総費用 C_{TR} で勘案されている．それゆえ，住民，事業者，技術者による設計案のうち，設定された最小総費用の下限値を下回る案は削除した．地震リスクを考慮した3者の設計案を Fig.3 に示す．

5. 住民，事業者，技術者の設計案とその合意

(1)住民の設計案：これは，橋脚の初期建設費用に関するアンケート結果を用い，算出された信頼性指標 β から求められる¹⁾．住民が容認する初期建設費用を20代～50代の男女43名にアンケートし，それに対応する構造物の信頼性指標 β を Fig.4 の流れにしたがって算出する．その結果，地震時保有水平耐力の平均値と標準偏差がそれぞれ13.33，1.69，必要降伏強度の平均値と標準偏差がそれぞれ0.92，0.19，信頼性指標が $\beta = 2.03$ と求められた．この場合，最適解の目的変数は $t = 66\text{mm}$ と求められた．

(2)事業者の設計案：これは総期待費用が最小になるような信頼性指標 β の設計から求められる．ここでは，地震リスクの重要度を勘案し，式(6)から求められた Fig.3 に示す多くの設計案の中から決定される．その結果，最適解の目的変数が $t = 55\text{mm}$ のように求められ，その信頼性指標は $\beta = 1.08$ である．

(3)技術者の設計案：これは Global Criteria 法から求められる案である．この方法はパレート最適解の中から解を決定する手法である．すべての目的関数の

下限値を基準とし，それに最も近い解を優先度の高い解として求める．ここでは，Fig.3 の技術者の設計案をこれによって決定する．その結果，最適解の目的変数が $t = 62\text{mm}$ と求められ，その信頼性指標は $\beta = 1.71$ である．

6. あとがき

道路橋の設計時に住民の意見を聴き，地震リスクの考慮やアンケートによる信頼性指標の算出などを通じて，設計案を評価し選定する方法を提案した．地震リスクに対する3者の考えを設計案に反映させ，アンケートから住民の意識を取り入れた信頼性指標を算出した．

参考文献 1)平田京子・石川孝重：社会的に要求される耐震安全性レベルの確率的評価 - ユーザーの要望をふまえた性能設計の構築に向けて - ，日本建築学会構造系論文集，日本建築学会，No.543，pp.23-29，2001-5.

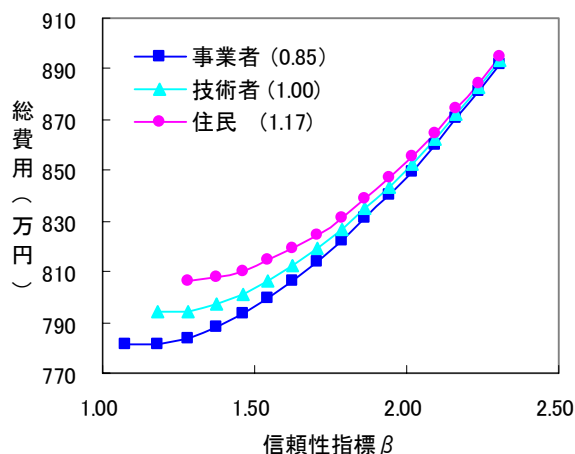


Fig.3 住民・事業者・技術者の地

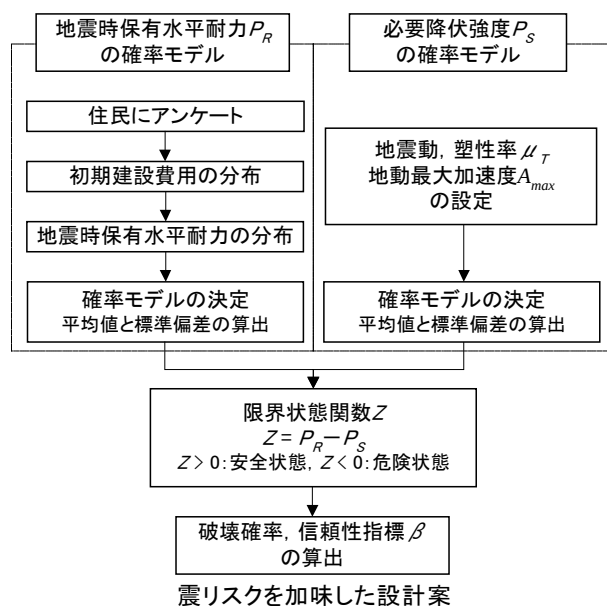


Fig.4 破壊確率と信頼性指標 β の計算過程