

I-170 信頼度に基づく設計施工一貫品質保証システムの構築（その2）

東京電力㈱ 一桝好充
 鹿島建設㈱ 正員 山本正明
 正員 清水保明
 正員○見坊東光

1. はじめに

報告その1（第43回年次講演会）では、施工管理で得られるデータを用いて信頼度を算出し、設計で目標とした信頼度を満足するように管理する設計・施工一貫品質保証システムを提案した。本報文では、施工時に抜取検査により管理を行う場合の検査個数を、信頼度に基づき設定する方法を提案する。

抜取検査方式は土木構造物の建設において最も一般的に用いられる計量規準型一回抜取検査方式（JIS Z 9003）を対象とし、検討を実施した。

2. 計量規準型一回抜取検査方式（JIS Z9003）の概要

この抜取検査方式では、標準偏差が既知であることが条件である。品質指標として、生産者危険 α 、消費者危険 β 、なるべく合格させたい母集団の不良率の上限 p_0 、なるべく不合格としたい母集団の不良率の下限 p_1 を設定すれば（1）式により検査個数 n が定まる。また（2）式により下限合格判定値 X_L （又は上限合格判定値 X_U ）が求まる。

$$n = \left(\frac{K_\alpha + K_\beta}{K_{p_0} - K_{p_1}} \right)^2 \quad (1) \text{式} \quad , \quad X_L = m_0 - \frac{K_\alpha}{\sqrt{n}} \cdot \sigma \quad (\text{又は} \quad X_U = m_0 + \frac{K_\alpha}{\sqrt{n}} \cdot \sigma) \quad (2) \text{式}$$

ここに、 K_x ：標準正規分布の上側確率 $x\%$ の値（一般に $K_\alpha = 5\%$ 、 $K_\beta = 10\%$ の値を採用する）

m_0 ：合格させたい母集団の平均値

σ ：合格させたい母集団の標準偏差

3. 本報文で提案する検査個数の設定フロー

ここでは、各管理項目の管理精度が信頼度に与える影響を同等とするように検査個数を設定する。

検査個数の設定フローを図-2に示す。主な手順は、（1）既往の施工管理事例等を参考に、管理目標値を設定する、（2）管理目標値を満足する抜取検査個数を設定する、（3）合格判定値を設定する、となる。

4. 検討事例

単純梁を例として抜取検査個数の設定例を示す。工事用仮設道路に設けられた橋にT-20相当のトラックが通る場合を想定する。検討モデルを図-1に示す。鋼材の降伏応力度 σ_y （2400kgf/cm²）、断面係数 z_x （641cm³）、荷重 P （8000kgf）、スパン L （500cm）を管理項目とし、検査個数を設定する（カッコ内の数値は設計値を示す）。本事例の性能関数 Z を（3）式に示す。

$$Z = \sigma_y \cdot z_x - \frac{P(1+i) \cdot L}{4} \quad (3) \text{式}$$

ここに、 i は衝撃係数=0.2（確定値）

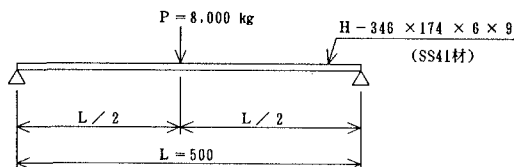


図-1 検討モデル

(1) 検討条件および管理目標値の設定

- 各管理項目の統計量……信頼度算出に用いる σ_y 、 z_x 、 P 、 L の平均値、標準偏差を表-1に示す。
- 検査個数 n の実績……本例の場合、JISを参考に品質指標（危険率、不良率）を設定し、（1）式により求まる値を検査個数 n の管理実績と仮定する（表-1）。
- 管理目標値 $\Delta\beta_{st}$ の設定……各管理項目の管理内容のうち母集団の平均値の推定精度が信頼度に与える影響度を感度としてとらえ、ここでは各管理項目毎に平均値の推定誤差を考慮した場合の信頼度の変化量 $\Delta\beta_s$ を求める。本例では、管理目標値をこの $\Delta\beta_s$ の平均と考える。

1. 検討条件および管理目標値 $\Delta\beta_{ST}$ の設定

- ①各管理項目の統計量、及び既往の構造物の施工管理における抜取検査個数を把握。
- ②なるべく合格させたい母集団の分布形（平均値＝設計平均値、標準偏差＝設計標準偏差）を設定。
- ③各管理項目の平均値の推定精度が信頼度に与える影響の把握。各管理項目毎に平均値の推定誤差を考慮して標準偏差を $\sqrt{1+1/n} \cdot \sigma$ としたときの信頼度を求め、設計目標信頼度からの変化量 $\Delta\beta_s$ を算出。
- ④各管理項目毎に $\Delta\beta_s$ を算出し管理目標値 $\Delta\beta_{ST}$ を設定。目標値は平均、上限、下限などを採用。

2. 管理目標値 $\Delta\beta_{ST}$ を満足する検査個数の設定

各管理項目毎に $\Delta\beta_{ST}$ に対応する検査個数 n を設定

3. 合格判定値の設定

合格判定値 X_L （又は X_U ）の設定。不良率 p_0 、 p_1 を一定とする場合、次の3ケースが考えられる。

ケース1 生産者危険 α を一定として、合格判定値を次式で求める。（消費者危険 β は変化する）

$$X_L = m_0 \pm \frac{K_\alpha}{\sqrt{n}} \cdot \sigma \quad (4) \text{式}$$

ケース2 合格判定値を変化させない。（生産者危険 α および消費者危険 β は変化する）

ケース3 消費者危険 β を一定として、合格判定値を次式で求める。（生産者危険 α は変化する）

$$X_L = m_1 \pm \frac{K_\beta}{\sqrt{n}} \cdot \sigma \quad (5) \text{式} \quad , \quad \text{ここに、} m_1 = m_0 \pm (K_{p_0} - K_{p_1}) \cdot \sigma \quad (6) \text{式}$$

注) $\pm$ の符号は特性値が高い方が望ましい場合は－をとる

図-2 管理基準の設定フロー

(2) $\Delta\beta_{ST}$ を満足する検査個数の算定、合格判定値の設定

検査個数の算定結果、および生産者危険 α を一定とした場合（ケース1）の合格判定値の算定結果を表-1に示す。

表-1 $\Delta\beta_s$ 一定とした場合の管理基準計算結果

管理項目	統計量		品質指標の実績（標準）				管理基準実績（標準）		β_s の変化量 $\Delta\beta_s$	管理目標値 $\Delta\beta_{ST}$	$\Delta\beta_s$ 一定とした管理基準	
	平均値	標準偏差	α	β	p_0	p_1	検査個数	合格判定値			検査個数	合格判定値
σ_y (kgf/d)	2899	261	5%	10%	0.5%	4%	13個	2780	0.103	0.044	31個	2822
z_x (cm3)	641	13	5%	10%	1%	9%	9個	633.9	0.008		2個	625.9
P (kgf)	7000	700	5%	10%	1%	10%	8個	7407	0.067		13個	7319
L (cm)	500	1	5%	10%	1%	10%	8個	500.6	0.000		1個	501.6

5. 考察

- (1) 施工管理基準（抜取検査個数、合格判定値）と設計信頼度（例えば安全性指標）とを関連づけることができる。この例では、構造物の安全性に対する管理項目の影響度に応じて施工管理精度を変化させることができる。すなわち、 σ_y と P は現状より厳しい管理を行い、 z_x と L は現状より緩い管理を行えば良い。
- (2) 管理項目間の重要度の比較ができる。この例では、必要抜取検査個数の多い σ_y と P は重要な管理項目である。

6. 今後の課題

今回提案した方法では、最適な検査個数の決定や、最適な合格判定値の決定には至っていない。今後は、期総費用を考慮する等により、検査個数と合格判定値のより合理的な決定方法を開発する必要がある。

7. 参考文献 日本規格協会 JISハンドブック品質管理