

I-273

信頼度に基づく設計施工一貫品質保証システムの構築

東京電力㈱ 正員 一樹好充、中村隆幸、田中裕一
鹿島建設㈱ 正員 見坊東光、山本正明、清水保明

1. まえがき

構造物を建設する際には、安全であるとともに経済的であることを目的として、設計部門及び施工部門において最善の努力が行われている。しかし、施工管理の結果が設計で目標とした安全性にどのように影響しているかが必ずしも明確であるとは言えない。本研究では、安全性の評価指標として信頼度を用い、設計で目標とする安全性と施工管理により達成していく安全性とを一貫させる品質保証システムを提案する。本システムを構築することにより、施工において管理を実施する意義が明確になり、実際の工事においてどの程度の管理をしなければならないかが明らかとなる。

2. 信頼度に基づく設計施工一貫品質保証システム

本システムの特徴は、設計計画から施工まで“信頼度（又は信頼性指標 β ）”という指標に基づき安全性を評価する点である。本システムは大きく分けて次の3つから構成される。

① 設計計画（図-1参照） ② 設計（図-2参照） ③ 施工管理（図-3参照）

①では、既往の設計・施工例の信頼度解析を実施し、安全性の目標値を設定する。

②では、検討対象地域の実際のデータを用いて安全性の目標値を満足する構造寸法を決定するとともに、施工管理で対象とする重要設計パラメータを抽出する。

③では、重要設計パラメータに対する施工における重要管理項目（計測項目）の設定、さらに各施工段階毎に追加収集されたデータを用いた安全性の確認及び必要な対策工の決定を行う。なお、実際の管理を考えた場合には、目標とする信頼性指標 β_T を満足する設計パラメータの管理値を設定し計測により施工管理を行うのが現実的である。

3. 事例

水圧鉄管を対象に“設計計画”の事例を示す。

1) 限界状態の設定……既往の設計例等を調査した結果、検討の対象となる限界状態は、内圧による鉄管の引張破壊、外圧による鉄管の座屈破壊があることが判明した。本事例では、内圧による鉄管の引張破壊を取り扱う。

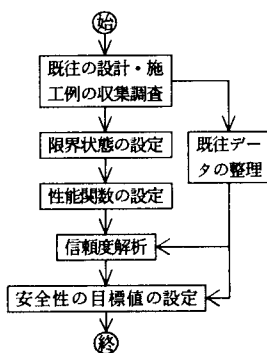


図-1 設計計画フロー

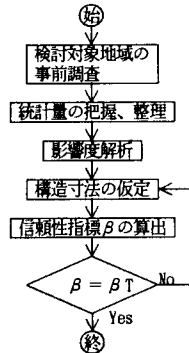


図-2 設計フロー

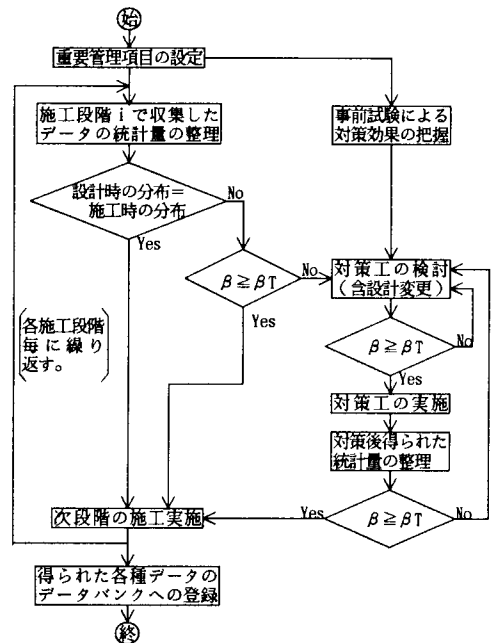


図-3 施工管理フロー

2)性能関数の設定……内圧の引張破壊の性能関数を (1)式に、また式中の岩盤負担率 λ を (2)式に示す。

$$Z = \eta \cdot \sigma_y - \sigma_\theta = \eta \cdot \sigma_y - \frac{(P - P_0) D}{2t} (1 - \lambda) - \sigma_0 \quad (1)$$

σ_θ : 鉄管の引張応力度 (kgf/cm²) λ : 岩盤負担率 P_0 : σ_0 に対応する内圧 (kgf/cm²)

σ_0 : 半径方向の変形量が初期間隙量に至った場合の鉄管の応力度 (kgf/cm²)

この他の記号は表-1を参照。

$$\lambda = \frac{1 - \frac{E_s}{P} \cdot \alpha_s \cdot \Delta T \cdot \frac{2t}{D}}{1 + (1 + \beta_c) \cdot \frac{E_s}{E_c} \cdot \frac{2t}{D} \ln \frac{DR}{D} + \frac{E_s}{Dg} \cdot \frac{mg + 1}{mg} \cdot \frac{2t}{D}} \quad (2)$$

記号は表-1を参照。

3)既往データの整理……水圧鉄管の設計・施工例のデータ整理結果の1部を表-1に示す。

4)信頼度解析……各設計パラメータの安全性への影響度を算出し重要な設計パラメータを把握する。例えば性能関数の平均値に対する設計パラメータ X_i の影響度は (3)式により算出される。

$$\frac{\left| \left(\partial Z / \partial X_i \right) \bar{X}_i \right|}{\sum_{j=1}^n \left| \left(\partial Z / \partial X_j \right) \bar{X}_j \right|} \times 100\% \quad (3)$$

表-1の値を用い影響度を算出した結果を図-4に示す。設計パラメータの中で影響度が大きく、かつ施工時にコントロールが可能である σ_y 、 Dg 、 DR 、 E_c を確率量として扱い信頼度を算出する。これらパラメータの平均値、標準偏差、変動係数の整理結果の1部を表-2に示す。既往の設計施工事例に対して信頼性指標 β を計算した結果を図-5に示す。

5)安全性の目標値の設定……実績の信頼度の最小値を目標値とすればSM58材の場合目標値 $\beta T=7.4$ 、HT80材の場合 $\beta T=6.8$ と決定される。

4.あとがき

信頼度に基づく設計施工一貫品質保証システムの概念を明らかにし、システム構築研究の一部として水圧鉄管を例とした設計計画事例を報告した。

実際の施工管理では簡便性が要求されるので、施工段階毎に β を算出することは極力避けるべきである。このためには、 βT を満足するような計測管理値を設定することにより施工管理を行うのが望ましいと考える。したがって、今後は計測値と安全性との関係を明確にしておく予定である。

参考文献……1) (社) 水門鉄管協会, 水門鉄管技術基準—付解説—, S56.11月。2) (社) 水門鉄管協会, 水門鉄管技術基準 水圧鉄管解説追補, S49.6月。

表-1 既往データの整理結果 (1部)

設計パラメータ		入力値
耐力	溶接継手効率 η	0.95
	鋼材の降伏応力度 σ_y	8.060 (kgf/cm ²)
	設計内圧 P	63.73 (kgf/cm ²)
	鉄管内径 D	550.15 (cm)
荷重 岩盤負担率関係	有効管厚 t	37 (mm)
	鋼材の弾性係数 E_s	2.1×10^6 (kgf/cm ²)
	鋼材の線膨張係数 α_s	1.2×10^{-5} (1/°C)
	鉄管の温度変化 ΔT	20 (°C)
	コンクリートの塑性変形係数 β_c	0
	コンクリートの弾性係数 E_c	2.35×10^5 (kgf/cm ²)
	掘削径 DR	702 (cm)
	岩の変形係数 Dg	8.7×10^4 (kgf/cm ²)
	岩のポアソン数 mg	4

(HT80材, 砂岩CH級の場合)

表-2 既往データの統計的性質の整理結果 (1部)

設計パラメータ	平均値	標準偏差	変動係数
σ_y	8.060 (kgf/cm ²)	209 (kgf/cm ²)	0.03
Dg	8.7×10^4 (kgf/cm ²)	7.3×10^4 (kgf/cm ²)	0.8
DR	702 (cm)	24 (cm)	0.03
E_c	2.35×10^5 (kgf/cm ²)	1.0×10^5 (kgf/cm ²)	0.04

(HT80材, 砂岩CH級の場合)

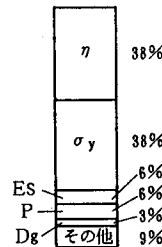


図-4 影響度解析

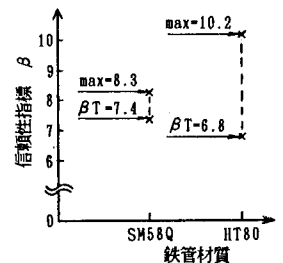


図-5 信頼性指標