

「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン」対応

## 複合管の耐震設計の“Cs”とは？

### ●はじめに

今回のガイドラインの改定で、複合管の耐震設計で新たにCsという補正係数が導入されました。この値について解説します。

### ●補正係数Csの登場

下水管路施設の耐震設計においては、『下水道施設の耐震対策指針と解説（2014年版）』の4.2.4照査方法と耐震対策（145頁）でCsが登場しました。今回のガイドライン改定により、鉄筋コンクリート管に引き続いて複合管でも採用になりました。

### ●Cs導入の背景

2014年に新しい耐震指針が発刊され、管径800mm以上の管きよにおいて新たに周面せん断力を考慮して設計することになりました。その結果、地震時断面力がこれまでの数倍大きくなるケースもあります。鉄筋コンクリート管業界では、本来下水管が持っている靱性に着目し、それに関わるCsを線形設計に導入することで合理的な設計を図っております。

今回、複合管で外圧試験を行いCsデータを蓄積し、鉄筋コンクリート管と同程度の結果が得られました。この結果を踏まえて、複合管でもCsを導入することとなりました。

### ●Csとは何ですか？

Csとは、構造物の靱性を考慮した補正係数です。靱性が高い構造物ほどCsが小さくなり、大地震でも破壊しにくく粘り強い構造物となります。従来の線形解析による設計では構造物の靱性は考慮されませんでした。Cs値を導入することで靱性を考慮した設計に変わりました。

Csは、次の場合に適用されます。

- 既設管が鉄筋コンクリート管（円形管）
- 地震時断面力を線形解析で算出する場合
- レベル2地震動に対する照査

### ●Cs値を算出する試験方法

Cs値は、外圧試験（JSWAS A-1）を実施して算出します。図1外圧試験参照。

荷重を徐々に増やし、破壊するまでの荷重と変位の関係を測定します。

### ●Cs値の算出方法

図2は、補正係数Csの考え方を表しています。破線で示された非線形応答は、実際の外圧試験の結果を単純化したものです。この図で□OCBδ<sub>B</sub>の面積は、破壊するまでに下水管が蓄えたひずみエネルギーと見なすことができます。

線形解析の場合には、ひずみエネルギー一定則により、非線形応答のひずみエネルギーと等しい面積を持つ線形応答に置き換えて照査してもよいことになりました。

つまり、

$$\text{面積}\triangle OE\delta e = \text{面積}\square OCB\delta_B$$

このとき、最大荷重比P<sub>B</sub>/P<sub>e</sub>をCs値といいます。

$$Cs = P_B / P_e$$

ところで、P<sub>e</sub>はどのように求めるのでしょうか。三角形の相似を利用すると求めることができます。

図2において、△OCδ<sub>c</sub>と△OEδ<sub>e</sub>は相似関係にあります。そこで、相似比を1:nとします。すると面積比は1:n<sup>2</sup>となります。

つまり、

$$\begin{aligned} \text{面積}\triangle OE\delta e &= \text{面積}\triangle OC\delta c \times n^2 \\ &= \text{面積}\square OCB\delta_B \end{aligned}$$

したがって、

$$n^2 = \text{面積}\square OCB\delta_B / \text{面積}\triangle OC\delta c$$

$$n = (\text{面積}\square OCB\delta_B / \text{面積}\triangle OC\delta c)^{1/2}$$

よって、P<sub>e</sub>は次式で求めることができます。

$$P_e = P_c \times n$$

P<sub>c</sub>、P<sub>B</sub>、δ<sub>c</sub>、δ<sub>B</sub>の値は、外圧試験の結果から得ら

れますのでCs値が計算によって求められます。

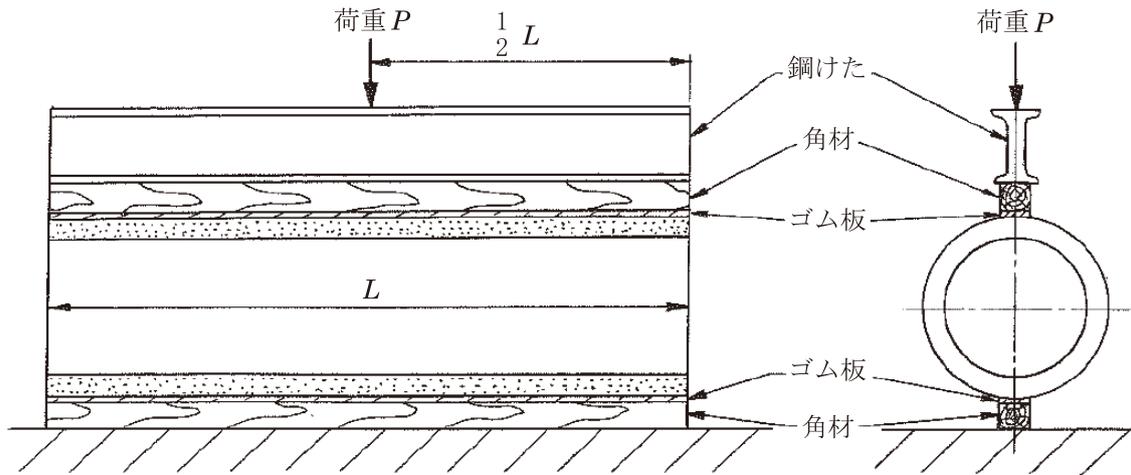


図1 外圧試験

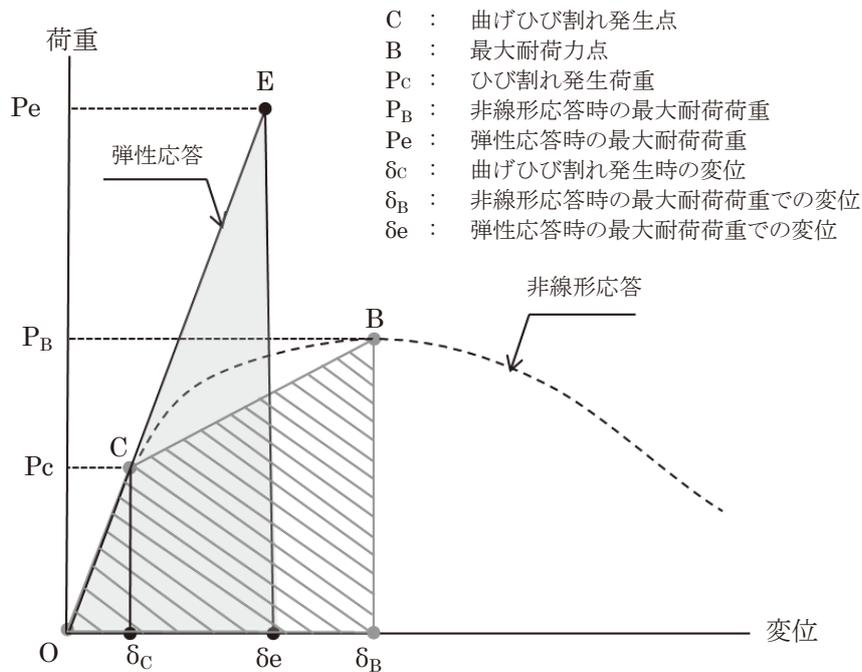


図2 補正係数Csの考え方

●Cs値の活用方法

鉄筋コンクリート管新管の場合には、等価線形計算により換算した破壊保証モーメントの算出にCs値を用いて補正を行います

しかし、複合管で同じ式を用いて計算を行うと、既設管の劣化状態を考慮できずほぼ同じ値となり、

危険となる場合もあります。

そのため、複合管の場合には、レベル2地震時RC断面耐力をCs値で除して補正を行います。

$$\text{補正されたRC断面耐力} = \text{RC断面耐力} / C_s$$