

大偏心外ケーブル方式 PC 桁の解析に関する研究

名古屋工業大学

学生員

○齊藤 光徳

正会員

梅原 秀哲

正会員

上原 匠

正会員

糸山 豊

1. はじめに

外ケーブル方式 PC 桁は、ケーブルとコンクリートの間に付着が存在しないため、数値解析の際にはケーブルひずみの計算方法が重要となる。大偏心外ケーブル方式は、ケーブルの大部分が桁高の範囲外に配置されるため、ひずみの適合性^[1]を用いることが出来ない。そこで本研究では、ケーブルひずみが固定端および偏向部（デビエータ）の変位量のみ依存している点に着目し、さらにデビエータ部での摩擦を考慮してケーブルひずみ式を算定するとともに、解析結果と実験結果と比較することで本手法の妥当性を検証した。また偏心量や導入時のプレストレスが与える挙動の影響に加え、従来型の外ケーブルはりモデルを対象にした従来の解析手法の解析結果との相違について考察を行なった。

2. 解析概要

ケーブルひずみ式を算定するにあたり、図 1 に示す摩擦（ μ_i ）を考慮したデビエータ部の力の釣り合いをケーブルひずみ増分によって表すと次式が得られる。

$$[\cos\theta_i + (-1)^{k_i} \mu_i \sin\theta_i] \Delta\epsilon_{si} + [-\cos\theta_{i+1} + (-1)^{k_i} \mu_i \sin\theta_{i+1}] \Delta\epsilon_{s(i+1)} = 0 \quad (1)$$

またケーブルひずみは固定端およびデビエータの変位量のみ依存しており、ケーブル伸び量の和とデビエータおよび固定端の伸び量の和が等しくなるため、次式が得られる。

$$\sum_{i=1}^n l_i \Delta\epsilon_{si} = \sum_{i=1}^n \Delta l_i \quad (2)$$

さらに大偏心外ケーブル方式はデビエータの変形がケーブルひずみに大きく関わってくるので、図 2 に示すデビエータの図より、ケーブル伸び量は次のように表される。

$$\Delta l_i = \cos\theta(\Delta x_2 - \Delta x_1) + \sin\theta(\Delta y_2 - \Delta y_1) \quad (3)$$

式(1) (2) (3)を結合することによりマトリクスが得られ、ケーブルひずみは次のように表される。

$$\{\Delta\epsilon_s\} = [M]^{-1} [N] \{d\} \quad (4)$$

式(4)を用いて解析を行なう。解析手順は、まずはり要素を微小分割し、プレストレスの導入による各断面のひずみ分布を求める。そして変位制御点に変位量を導入することにより剛性マトリクスを作成し、変位量に基づいて変位ベクトル増分および外力を計算する。そして変位ベクトル増分より、コンクリートひずみ増分およびケーブルひずみ増分を求め、断面力を計算する。この手順を内力と外力の釣り合いが満足されるまで行なう。この過程による計算を行なうことにより、終局時に至るまでの外ケーブル方式 PC 桁の挙動を求めることが可能となる。

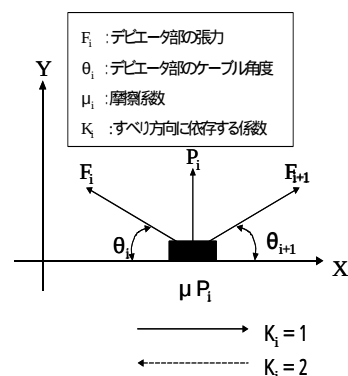


図 1 デビエータ部の力の釣り合い

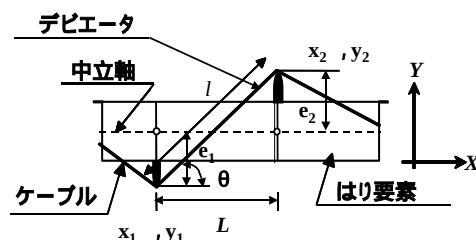


図 2 デビエータ部のケーブル変形の様子

キーワード 大偏心外ケーブル方式, ケーブルひずみ, デビエータ

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会開発工学科 Tel 052-735-5502 Fax 052-735-5503

表1 材料特性

No	実験供試体	有効高さ (e) [mm]	導入時の プレストレス力[kN]	コンクリート 強度[N/mm ²]	ケーブル強度 [N/mm ²]	
					F_{py}	F_{pu}
A1	従来型	250	265.0	35.0	1500	1750
A2	単純はり		177.0			
B1	大偏心型		118.0			
B2	単純はり	375	177.0	42.4	1600	1900
C1	従来型連続はり	445/75	164.0			
C2	大偏心型連続はり	750/-320	382.0			

* B2にはデビエータによる引張力に対する内ケーブルを導入

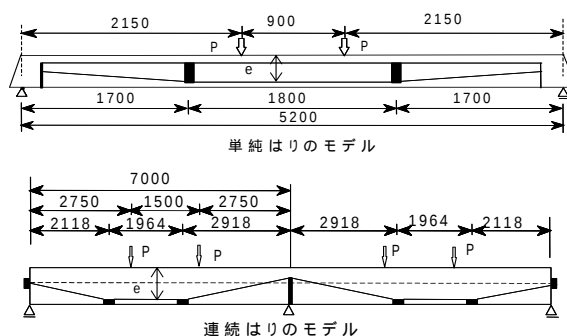


図3 実験供試体

3. 解析結果

表1の材料特性、図3の実験供試体での実験^[2]を対象に解析を行ない、実験結果と比較をすることにより、提案手法の妥当性を検証した。図4～7より解析結果が実験結果とよく一致していることがわかる。しかし B2 の荷重-変位関係だけは多少の誤差を生じている。今回の解析では内ケーブルを考慮できず、鉄筋と仮定して解析を行なったため、プレストレス力が小さく見積もられ、変位が大きく現われたと考えられる。また偏心量の違いによる影響を考えるため A1 と B1、C1 と C2 をそれぞれ比較すると、大偏心型は従来型の約半分のプレストレスしか与えなくても、同等の曲げ耐力が得られることがわかった。さらに C1 では見られなかったケーブルの降伏が C2 では生じており、大偏心外ケーブル方式はケーブルの高強度を有効に活かせることがわかる。

4. 従来の解析手法との相違

提案手法と従来の解析手法の解析結果の相違を比較するため、A1, A2 を対象とし両手法で解析を行なった。最大荷重の比率は大偏心型の誤差が約 1.8%に対し、従来手法の誤差は約 1.4%となった。図8, 9においても従来手法の解析結果の方が高い精度が得られた。しかし提案した解析手法においても従来の解析手法と同程度の解析結果が得られ、提案手法の従来型単純はりへの適用性は十分と判断された。

5. まとめ

- (1) 導入プレストレスや構造形式の異なる大偏心外ケーブル方式 PC 桁および従来の外ケーブル方式 PC 桁に対して、提案手法の妥当性を検証できた。
- (2) 提案手法は従来の解析手法と同程度の精度を得られ、従来型単純桁への適用性が確認された。

【参考文献】[1] 田辺忠顕 Hong P.W: アンボンド PC 構造物の組み立て工程を考慮した応力解析, 土木学会論文報告集, 第 303 号, 1980.11

[2] 梅津健司ら: 外ケーブル方式二径間連続はりの曲げ終局耐力に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No2, pp743-748, 1995.6

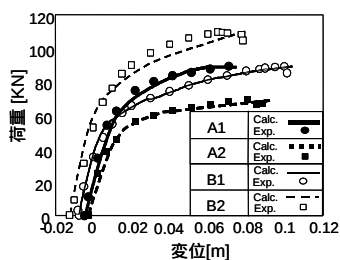


図4 単純はりの荷重-変位関係

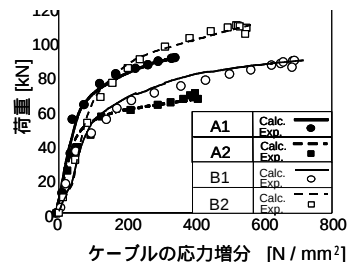


図5 単純はりの応力増分

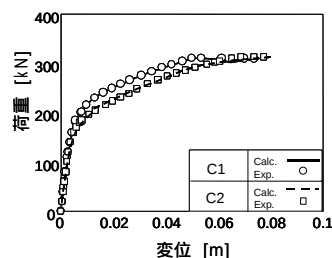


図6 連続はりの荷重-変位関係

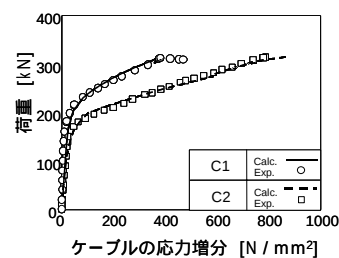


図7 連続はりの応力増分

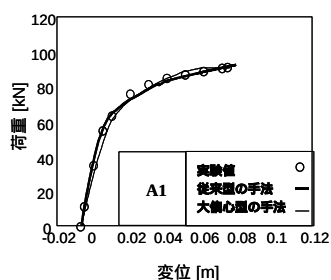


図8 A1での比較

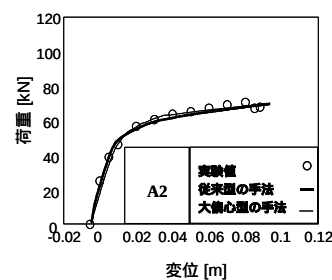


図9 A2での比較