

PC ケーブルを用いた落橋防止構造の桁取り付け部の強度解析

名古屋工業大学 学正員 松尾 奈緒美
 名古屋工業大学 正員 小畑 誠
 名古屋工業大学 正員 後藤 芳顕
 名古屋高速道路公社 前野 裕文

1 はじめに

地震時に桁が橋脚から逸脱するという被害を防ぐために橋梁にはいくつかの対策が講じられている。しかしながら 1995 年の兵庫県南部地震ではいくつかの橋梁で桁の落下が生じ落橋防止システムの見直しが行われた¹⁾。ここでは落橋防止構造は桁の下部構造からの完全な逸脱に対するフェイルセーフ機能を持つものとして規定され、支承の機能を妨げず桁の移動や回転に対しても機能を損なわないことが明記されている。その要求を満たす構造のひとつに図 1 にあるようにケーブルを用いて 2 連の桁を相互に連結するものがある。このような構造は最近になって数多く採用されているが、その構造の桁定着部(ブラケット)の終局強度や破壊特性などは必ずしもあきらかにされておらず、したがって十分に合理的な設計法が確立しているわけではない。本研究では有限要素法を用いてその終局挙動を求め、名古屋高速道路公社が行った破壊実験結果²⁾との比較検討を行う。

2 解析の概要

実験ではおよそ 4 分の 1 の桁模型に対し地震時の橋梁の挙動を考慮して両側のケーブルに均等に荷重がかかる場合(両側载荷)と片側のケーブルのみに荷重がかかる場合(片側载荷)の両方を行っているので解析対象および载荷条件もそれに準じた。解析には汎用有限要素法プログラム ABAQUS Ver.5.8³⁾を用いた。桁はシェル要素(S4: 四角形要素, S3: 三角形要素)を用いて離散化した。図 2 に要素分割と両側载荷に対応した境界条件を示す。ブラケット部分では図 3(a)のように座金を通じてケーブルの荷重を伝達する構造になっている。この構造に対しては図 3(b)に示すように剛性の大きい板を置きケーブルがとおっている板の中心点(図 2, 図 3 の A 点)のみに载荷されるというモデル化、つまりケーブルの曲げ剛性を完全に無視したもの(ケース 1)とケーブルの曲げ剛性が非常

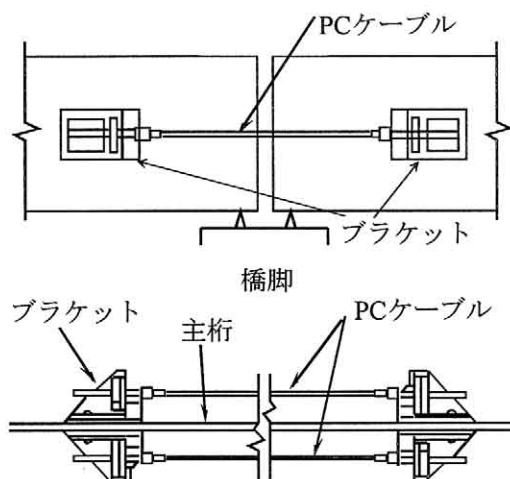


図 1 PC ケーブルを用いた桁連結装置

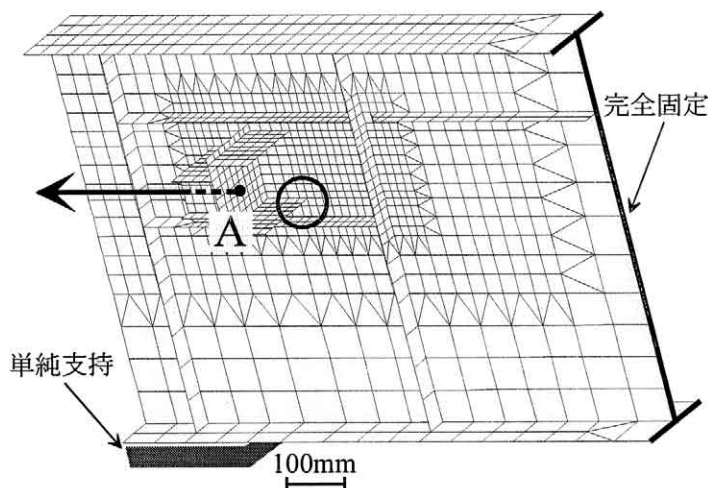


図 2 要素分割と境界条件

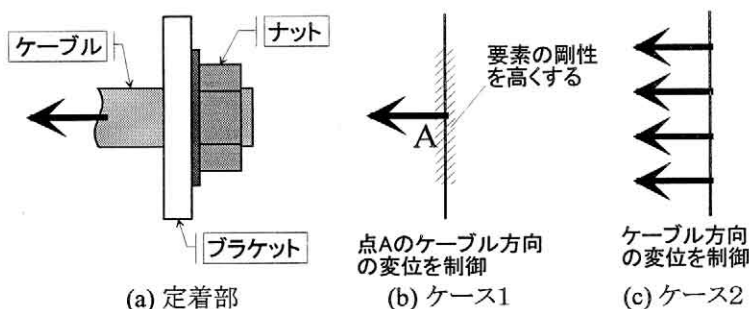


図 3 ケーブル定着部の境界条件

キーワード 落橋防止構造, 耐震

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)

に大きいものと想定して座金の外周に同一変位を与えるという場合（ケース2）の二通りを行った。なお、座金の剛性は荷重－変位曲線に影響がなくなるまで十分に大きい値を用いた。実際の境界条件はこのふたつのケースの中間的なものになると思われる。

鋼材は弾性的には等方性をもつものとし、塑性変形は等方硬化を仮定した J2 流れ理論にしたがうものとした。塑性域において応力ひずみ関係は相当応力を σ ，相当塑性ひずみを ε^p とすると以下の式によって与えた。

$$\sigma = h(\varepsilon^p - \varepsilon_{st} + \alpha)^n, \quad \varepsilon_{st} : \text{加工硬化開始時のひずみ} \quad (1)$$

材料定数を表 1 にまとめる。これらは材料実験結果より決めたが最大荷重時の伸びは計測していないのですべて 15%とした。なお残留応力や初期不整はすべて無視した。以上の条件のもとでそれぞれの载荷条件および境界条件のもとで変位を制御し最大荷重が得られるまで幾何学的非線形性を考慮した弾塑性解析を行った。

3 解析結果と考察

図 4, 5 に静的引張り実験値と比較した荷重－変位曲線を示す。変位測定点はブラケットのケーブル側面である。解析でも実験でも両側载荷の方が高い耐荷力を得た。実験では片側载荷では両側载荷の 80%程度の耐荷力しか得られず、初期の剛性も小さくなっている。ただ実験では载荷条件にかかわらず最大荷重点での変位は数値解析が予想するものに比べて小さいものになっている。これはいずれの载荷条件においてもブラケットとウェブの取付部（図 2 の○印付近）の母材からき裂が発生し破壊したためである。数値解析では今のところ材料の破断は考慮することができないため、変形が集中しやすい構造では材料からの延性的なき裂の発生も視野にいれておかないと耐荷力を大きく見積もる可能性がある。次にケーブルからブラケットへの荷重伝達構造の境界条件の違いを見ると、片側载荷ではこの影響が大きく初期の挙動はケーブルの曲げ剛性を無視したケース 1 に近いが変形が大きくなるにしたがいケース 1 とケース 2 の中間的なものになる。一方両側载荷ではその影響は耐荷力も含めて小さい。ただ実験の荷重変位曲線はどちらのケースよりも下回っているが、これは初期不整のために厳密には両側载荷に対応しないためである。いずれの場合も数値解析により変形形状や耐荷力について有用な情報が得られることがあきらかになった。

表 1 材料定数

板厚(mm)	2.23	4.53	5.82
ヤング率(GPa)	208		
ポアソン比	0.3		
降伏応力(MPa)	309	288	276
n	0.140		
h (MPa)	591	646	646

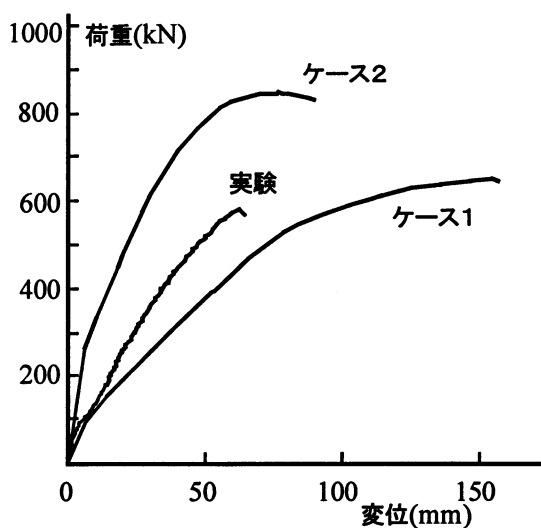


図 4 荷重変位曲線（片側载荷）

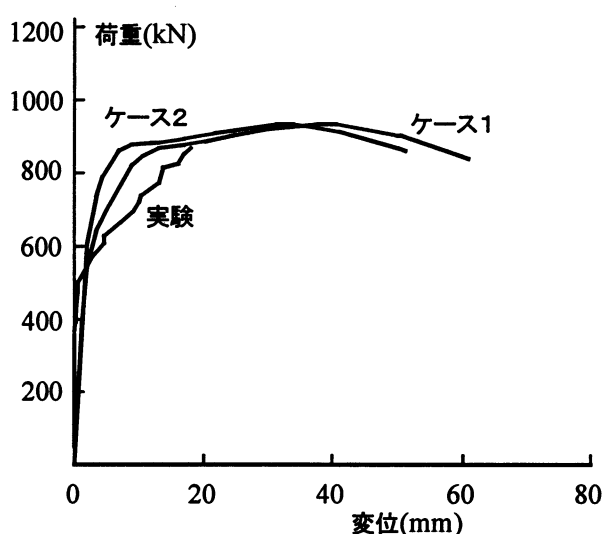


図 5 荷重変位曲線（両側载荷）