

首都高速道路公団東京保全部設計課

正会員 ○ 小松 信夫

首都高速道路公団湾岸線建設局次長

正会員 西山 啓伸

首都高速道路公団湾岸線建設局設計工事第三課

正会員 佐藤 重尚

1. まえがき

版と柱が接合されて、X,Y,Z軸方向に要素を持った構造物の接合部付近の応力状態を論じたものは少く、あつても格子理論、板理論によつて解析したものである。このような構造物を設計する場合に、版と柱の接合部の応力集中率について考える必要があろう。しかし従来の方法では断面急変によるこの応力集中は取扱えない。さらに二次元応力分布の場合としてではなく、三次元応力分布の場合として扱う必要がある。この目的のためには、光弾性実験によつても知りえるであろうが、近年電子計算機による構造解析が進み、この種の構造も解けるようになってきた。よつて三次元有限要素法で応力集中率を求めることにした。電子計算機種は CDC 6600 を用い、要素は八節点をもつ六面体アイソパラメトリック要素を用いた。

2. 実構造物の形状と解析モデル形状

本解析を必要とした構造は、図-1の通り PC 連続中空床版と、単柱を剛結合した立体 PC 連続中空床版橋である。本解析を行う必要のある部分は、柱と版の接合部であるから、図-1に実線で囲んだ部分を取り出して単純モデル化して解析した。

3. 想定した曲げモーメントの概要

本解析に当つて、曲げモーメント、軸力、せん断力を想定しているが、曲げモーメントの形状を図-2(a)~(c)に示す。

4. 解析結果

着目する位置は版と柱の接合部付近であり、図-3に示す位置について主応力の大きさ、方向、分布性状について説明する。ここに応力集中の分布性状等を説明するに当り、応力集中の原因が二つあるのでこれを区別しておく。

応力集中Ⅰ；これは版及び柱を平面的に見た場合、柱の近傍の位置によつて応力の大きさ、方向が異なる。

(図-4(a))

原因は二軸応力及び断面急変のための遅れせん断によるものが複合して生じたものと思われる。

応力集中Ⅱ；これは柱と側面から見た場合、柱の圧縮縁、引張縁で応力分布が急変する。これは一般に応力集

(図-4(b))

中と称せられているもので、原因は断面急変のための遅れせん断によるものと思われる。

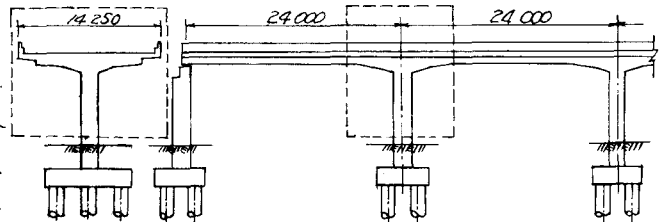


図-1 実構造物形状

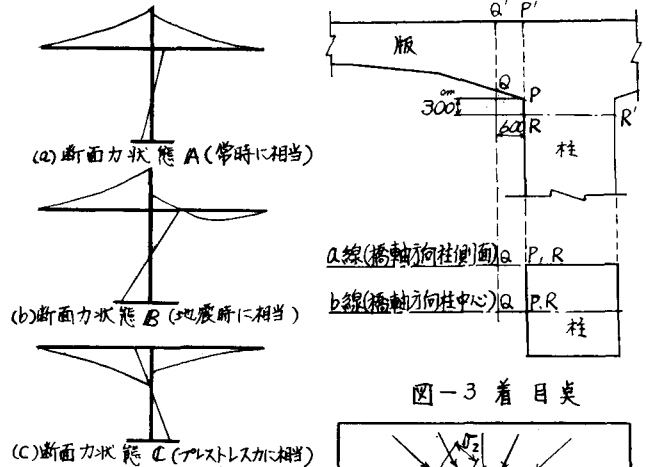


図-2 断面形状

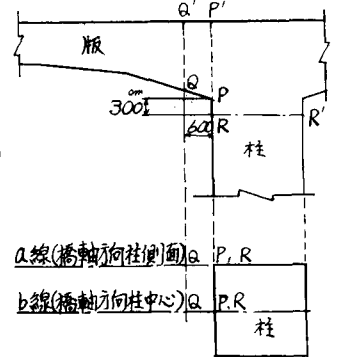


図-3 着目点

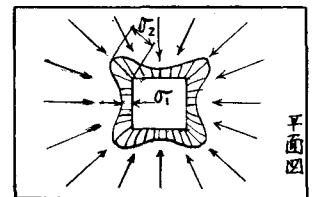
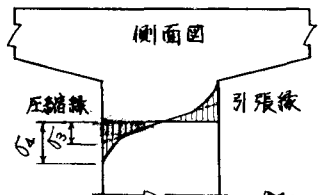
図-4(a) 応力集中Ⅰ. 変化率 = σ_2/σ_1 図-4(b) 応力集中Ⅱ. 変化率 = σ_2/σ_3

図-4

(1) 図-5に断面力状態A+Cの場合に圧縮応力が卓越しているP, Q, R臭の主圧縮応力の大きさ, 方向を示す。Q臭については要素の変化部であるので主圧縮応力のみ示した。(応力集中I)

(2) 図-6に断面力状態B+Cの場合に同様に圧縮応力が卓越しているP, Q, R臭の応力の大きさ, 方向を示す。Q臭は同様に主圧縮応力のみ。(応力集中I)

(3) 表-1に断面力状態A+C及びB+Cについて応力集中Iの変化率 σ/α を示す

(4) 表-2に断面力状態A+C及びB+Cの応力集中IIの変化率 σ/α を示す。

5. 考察

(1) 本構造形状の場合, 応力集中I, IIともその影響範囲は接合部から断面寸法の $1/3$ 以内と考えてよい。

(2) 表-1から応力集中Iの応力変化率 σ/α をみると, 版については, 1.09~1.15 柱については, 1.37~1.49 と柱の方が大きい。

(3) 表-1から応力集中Iの応力変化率 σ/α は断面力状態B+CよりもA+Cの方が大きい。これはA+Cの方が版に作用する垂直応力が大きいためと思われる。

(4) 表-2から応力集中IIの応力変化率 σ/α は1.21~1.29に変化し, 位置, 断面力状態によって大差はない。

(5) QR臭の圧縮応力の卓越している部材縁ではポアソン比 μ の影響などによって局部的に小さな引張応力が生じている。この応力については圧縮鉄筋を用いてコンクリートの圧縮応力を低減することにより, さらにスターラップを配置することにより解決できる。

(6) 応力集中I, IIについてその応力変化率を表-1, 2に示してきたが, 応力集中を考慮して実設計で許容応力を低減しようとする場合は真の応力集中率を求めなければならない。そのためには応力集中のない平均的応力である基準値を求めなければならない。その基準値及び応力集中率を次のようにして求める。

(a) 応力集中Iについては既に記したように二軸応力の影響が含まれており, 版についてこの影響は格子理論や板理論によって解析するときある程度考慮されているものである。本解析結果でもそれらが含まれているので版について設計に用いる応力集中率は求めることができない。

(b) 柱の応力集中Iについて本解析によって求めた各要素毎の応力分布から軸力, 曲げモーメントを逆算し, これから算出した応力を基準値として三次元解析で求めた最大圧縮応力をこの基準値で除して求めた。この結果断面力状態A+Cの応力集中率 $\alpha_1=1.18$, 断面力状態B+Cの応力集中率 $\alpha_2=1.15$ となる。

(c) 柱の応力集中IIについて, (b)と同様にして求めた結果, 断面力状態A+Cの応力集中率 $\alpha_3=1.26$, 断面力状態B+Cの応力集中率 $\alpha_4=1.16$ となる。

6. あとがき

版と柱が接合したコンクリート構造物における圧縮応力の応力集中について, その大きさ, 方向, 変化率等を知ることができた。またこれらを基にして応力集中率を求めた。その結果 α が1.15~1.26まで変化している。しかし厳密には本解析は鉄筋を考慮していないので実際には鉄筋の影響, クリープによる応力分散等も考えて対処する必要がある。実設計に於ては接合部近傍版柱とも60cm範囲の許容圧縮応力を20%低減して用いる事にした。

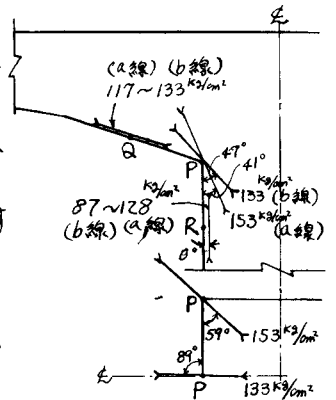


図-5 断面力状態A+Cの主圧縮応力

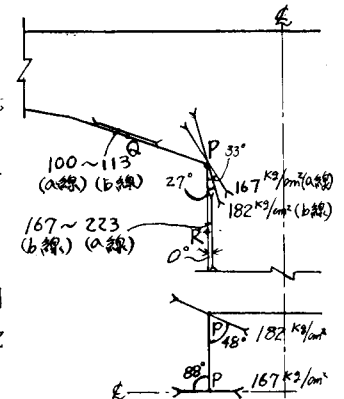


図-6 断面力状態B+Cの主圧縮応力

断面力状態	位置	Q線上	Q線上	応力変化率
A+C	P	応力小	応力小	—
	P	133	153	1.15
	Q	応力小	応力小	—
	Q	133	117	0.88
	R	応力小	応力小	—
B+C	R	86	128	1.49
	P	応力小	応力小	—
	P	167	182	1.09
	Q	応力小	応力小	—
	Q	113	100	0.88
	R	147	166	1.13
	R	163	223	1.37

表-1

断面力状態	位置	σ_3	σ_4	応力変化率
A+C	b線上	70	86	1.23
	a線上	103	128	1.21
B+C	b線上	126	163	1.29
	a線上	175	223	1.27

表-2