

タイプ1の圧縮鋼材量は、全断面積の2.3%を占めており、タイプ2の桁の曲げ剛性よりも約15%程度大きくなるように決定した。

その他、配筋・プレストレス・材料等は両タイプとも同一とし、導入プレストレス力は30tfとした。

今回の実験に用いた材料の一覧を表-1に示す。コンクリートは早強コンクリートを使用し、施工性を考慮して流動化剤によりスランプを16cm程度にまで落として打設した。また、コンクリートに関しては、圧縮強度・引張強度・静弾性係数試験を実施し、その値を計算値に用いた。各試験結果を表-2に示す。

(2) 載荷方法

載荷試験は、200t油圧ジャッキ(ストローク:1m)を用いて行った。支間を6mとし、純曲げ区間が150cmの2点集中載荷とした。

載荷サイクルは、以下に示す3つのステップに分け、各ステップごとに載荷と除荷を繰り返すものとした。ここで設計荷重とは計算上、試験桁コンクリート下縁に許容曲げ引張応力度が生じる時の荷重とした。

- ・STEP 1: 設計荷重まで
- ・STEP 2: ひびわれ発生まで
- ・STEP 3: 破壊まで

荷重の管理は、ジャッキと載荷梁の間に、100t用ロードセルを設置して行った。

(3) 計測方法

試験では、ひずみ、たわみ、ひびわれ幅等をSTEP 2までは1tfごとに、以降は2tfおきに計測した。

ひずみは、図-3に示すように(A)~(E)の5断面に着目し、それぞれ鉄筋・圧縮鋼材(タイプ1のみ)・PC鋼材・コンクリート表面等について計測を行った。せん断力が作用する(C)、(D)断面については、ウェブの鉛直方向ひずみにも着目した(図-4)。

また、たわみに関しては、試験体中央と支間1/4点で3点、支点沈下計測用に2点の合計5点(①~⑤)について計測した。

表-1 使用材料

材 料	規 格 ・ 記 号	備 考	
鉄筋	D10	SD295A	軸方向筋・他
	D13	SD295A	スターラップ ^o
PC鋼棒	SBPR	785/930	φ32
鋼材	形鋼	SS400	圧縮鋼材
	角ジベル	SS400	

表-2 コンクリート試験結果

圧縮強度	引張強度	静弾性係数
52.5	4.7	2.96×10^5

(材令21日, 単位: kgf/cm²)

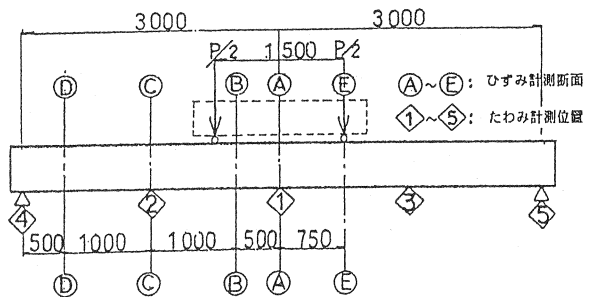


図-3 載荷方法と計測位置

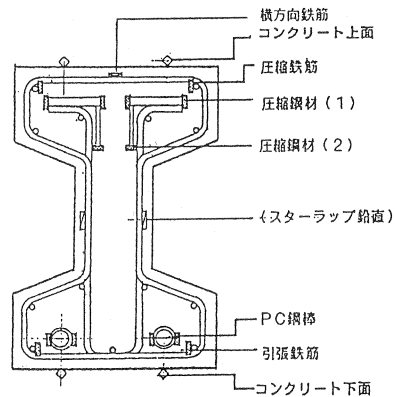


図-4 ひずみゲージ貼付位置

3. 実験結果と考察

(1) たわみ性状と曲げ剛性

図-5は、ひびわれが発生する荷重付近のたわみの測定結果を示す。まずはじめに、設計荷重時とひびわれ発生荷重までのたわみについて述べる。

いずれのタイプにおいても、ひびわれ荷重までは線形的な荷重-たわみの関係を示し、除荷後の残留たわみもほとんどなかった。

計算上の設計荷重時(下縁側に -1.8 kgf/cm^2)に相当する荷重は、タイプ1では9.3tf、タイプ2では8.8tfであり、ひびわれ荷重(下縁側に -4.7 kgf/cm^2)は、タイプ1が1.6tf、タイプ2が1.5tfであったが、これに対し、実測におけるひびわれ荷重はグラフからそれぞれ1.6tfと1.3tfであり、ほぼ一致した結果が得られた。

タイプ1の断面二次モーメントの計算値は、圧縮側の鋼材面積をコンクリートとのヤング係数比 $n=7.1$ として、またPC鋼棒は $n=6.7$ として換算して求めたが、これによればタイプ2とタイプ1の曲げ剛性の比は $E I \text{ ②} / E I \text{ ①} = 0.86$ となる。

一方、実測値から求めた比率を表-3に示すが、そのたわみ比は0.83~0.85となり、ほぼ同一の値となった。

ひびわれ荷重までの初期剛性(荷重/たわみ)は、タイプ1が 58.33 tf/cm 、タイプ2が 49.18 tf/cm であり、ほぼ計算値と一致している。

このことから、桁にひびわれが生じるまでは、鋼材とコンクリートとは完全に一体となっており、計算上は鋼材面積をヤング係数比倍して換算した抵抗断面とする従来の考えかたの妥当性を証明している。

ひびわれ発生後の挙動を調べるために、図-6に曲げモーメント-曲率の関係を示す。ここでの曲率は支間中央(A)断面上縁のコンクリートひずみとPC鋼棒ひずみの合計をその間の距離で除した値から求めた。

ひびわれ直後の剛性の変化は、タイプ1よりもタイプ2の方が多少大きいものの、その後の変化率には明確な違いは認められず、急激な剛性の低下はない。

タイプ1とタイプ2のひびわれ後の曲げ剛性の差は、たわみ測定値および曲げモーメント-曲率の関係から求めると、タイプ1の方が12~14%程度大きい値を示し、圧縮コンクリートが破壊するまで、その傾向は変わらなかった。

(2) ひずみの分布性状

図-7はタイプ1とタイプ2の(B)断面における荷重-ひずみの測定結果を示す。

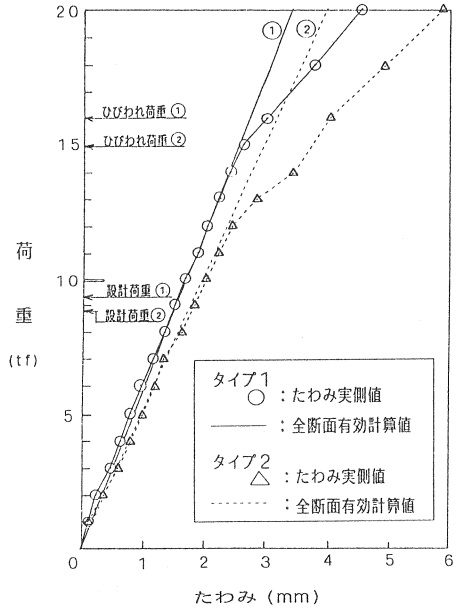


図-5 荷重-たわみ図

表-3 たわみの実測値 (mm)

荷重	タイプ1 たわみ①	タイプ2 たわみ②	①/②	計算値
5tf	0.80	0.96	0.833	——
7tf	1.16	1.36	0.853	——
9tf	1.52	1.84	0.826	②設計荷重(8.8) ①設計荷重(9.3)
10tf	1.68	2.00	0.840	——
11tf	1.88	2.24	0.839	——
12tf	2.04	2.44	0.836	——
15tf	2.64	——	——	②ひびわれ荷重
16tf	3.00	4.00	——	①ひびわれ荷重
20tf	4.52	5.84	——	——

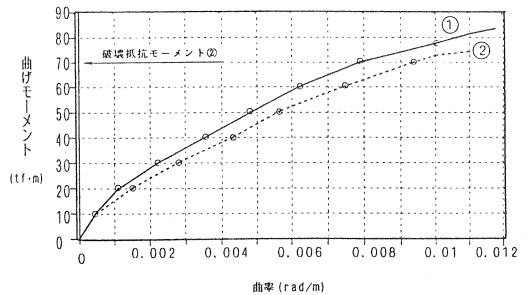


図-6 曲げモーメント-曲率曲線

ひびわれ発生荷重までは、各位置のひずみ変化は、たわみの場合と同様に線形性を示し、計算値ともよく一致する。例えば、換算断面における計算上の中立軸の位置は、上縁から29cmであるが、図-8に示す $P=10$ tfの時のひずみ分布から求める中立軸の位置にはほぼ一致している。

ひびわれ性状は両タイプとも同一であり、はじめに荷重点付近の曲げひびわれが生じ、その後支点側に斜めひびわれが生じ、さらに荷重をかけると最終的に荷重点から内側に向かってコンクリートが圧壊した。(図-9)

今回の実験での破壊性状は、コンクリートのひびわれ、下側の鉄筋降伏、上縁コンクリートの圧縮破壊となる。破壊段階でのP C鋼棒ひずみは、有効プレストレスひずみをくわえてもいわゆる領域Ⅱにあり、圧縮鋼材は弾性領域内であった。

図-7の①は、圧縮側の鉄筋とコンクリートひずみの変化を示しており、この位置におけるひずみが -3500μ に達した時を仮に破壊と定義すると(実際にはさらに耐力があるが)、タイプ1では78tf、タイプ2では67tfであり、タイプ1の方がほぼ16%破壊耐力が大きい結果となった。なお、道示Ⅲに示されている破壊抵抗曲げモーメント式より求まる計算上の破壊荷重は、タイプ2では62tfとなる。

図-8に示すタイプ1の断面ひずみ分布結果では、ひびわれの進展とともに中立軸が上昇するが、荷重が大きく作用すると断面全体のひずみの直線性が失われる傾向にあり、今後さらに破壊時における鋼材の影響を調べる予定である。

4. まとめ

今回の結果から次のことが言える。

- 設計荷重時およびひびわれ荷重時までは圧縮鋼材はコンクリートと完全一体であり、弾性的挙動を示す。
- 圧縮鋼材のある桁の曲げ圧壊耐力は、鋼材がない桁の場合よりも大きく、曲げ破壊時においても圧縮鋼材が有効に作用している。

なお、今回の実験にあたっては、中央大学の西沢教授、堤先生に貴重な助言を戴き、心より御礼を申し上げます。

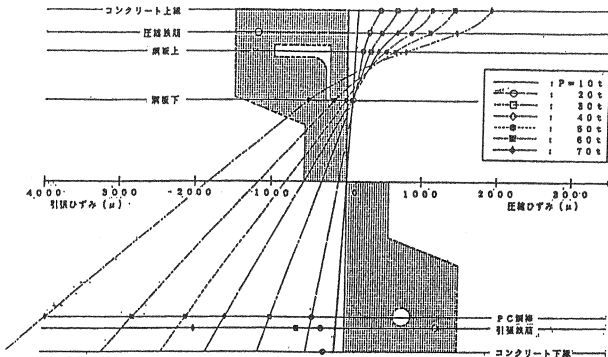


図-8 タイプ1 ①断面ひずみ分布図

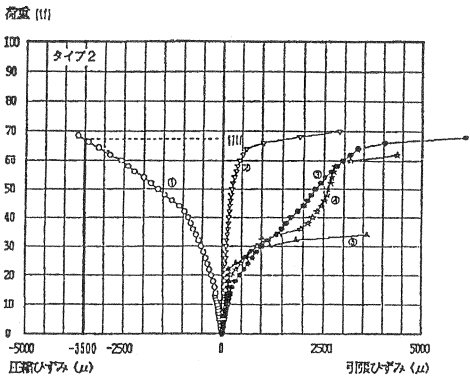
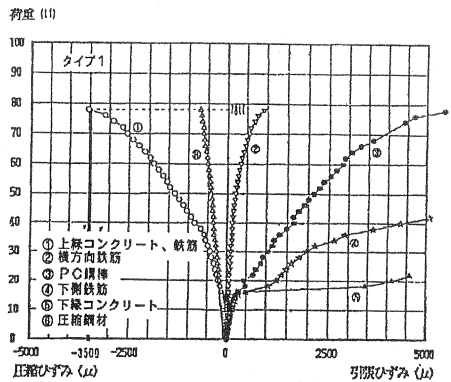


図-7 ②断面ひずみ変化図

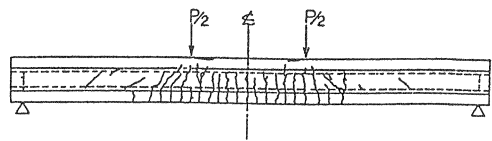


図-9 タイプ1 ひびわれ図