

(15) 鋼管・コンクリート合成壁式橋脚の耐荷性状に関する実験的検討 — 載荷方法と基部鋼管内へのコンクリート充填の影響 —

An experimental Study on Load Carrying Behavior of Wall-type Composite Bridge Piers using Steel-Pipes
- Influence of Loading Width and Filling Concrete at Base of Steel-Pipes -

池田憲二*, 皆川昌樹**, 岸 徳光***, 三上 浩****, 篠崎裕生*****
Kenji Ikeda, Masaki Minakawa, Norimitsu Kishi, Hiroshi Mikami and Hiroo Shinozaki

* (独)北海道開発土木研究所室長, 構造研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

** (独)北海道開発土木研究所, 構造研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

*** 工博, 室蘭工業大学教授, 建設システム工学科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

**** 博(工), 三井住友建設(株)技術研究所室長, 土木構造研究室 (〒270-0132 流山市駒木518-1)

***** 三井住友建設(株)技術研究所, 土木構造研究室 (〒270-0132 流山市駒木518-1)

Applying composite structure using steel-pipes with outer ribs to wall-type bridge pier, its construction cost can be saved and construction period can be shortened. In this paper, in order to investigate earthquake-resistant performance of this type of bridge piers, lateral cyclic loading tests were conducted. The influences of loading width and filling concrete at the base of steel-pipes were experimentally discussed. From this study, following results were obtained: 1) the influence of loading width and filling concrete at the base of steel-pipes on load carrying behavior is not remarkable; and 2) in case of not filling concrete and decentralized loading, load share ratio for each steel-pipe may not be improved.

Key Words: wall-type composite bridge pier, steel-pipe with outer ribs, ultimate capacity, toughness, loading width

1. はじめに

近年,社会資本整備にコスト削減の命題がより一層強く課せられるようになった。一方で,山岳橋梁に代表される高橋脚では,コスト削減の他に工期短縮,省力化施工が望まれている。また,兵庫県南部地震以降,橋脚などの重要構造物に対する耐震性の向上が強く求められている。

外面リブ付き鋼管とコンクリートからなる合成構造橋脚は,高橋脚の工期短縮,省力化施工に資する構造として提案されたもので,断面内に外面リブ付き鋼管を補強材として複数列,複数本配置するところに特徴がある。扁平比(断面の幅/高さ比)が1に近い高橋脚に関する実験検討は既に多数実施され^{1)~5)},実構造物への適用⁶⁾もなされている。これら一連の検討から,提案した合成構造橋脚はRC橋脚と同等以上の耐力を有し,数段優れた靱性能を発揮することが明らかとなっている。

一方,河川橋脚は河積阻害率を低く抑制するために一般的には扁平比が大きい壁式となっている。また,施工中の河積阻害期間を短くするため,早期に工事が完了できる工期短縮型工法の実用化が強く望まれている。一般的な河川橋脚は橋脚高さが最大でも30m程度以下であり,扁平比は2.5程度以上であることが多い。試算では,提案する合成構造壁式橋脚は従来のRC壁式橋脚に比べて1割程度以上の

コスト削減および3割程度以上の工期短縮が期待できることが明らかとなっている。

このような観点から,著者らは河川橋脚への本構造の適用を目的として扁平比が3程度以上の合成構造壁式橋脚(図-1参照)模型を用いて検討を実施してきた^{7)~8)}。その結果,1)合成構造壁式橋脚はRC橋脚と同等以上の耐力および靱性能を有するものの扁平比の小さい合成構造橋脚に比べて靱性能が低いこと,2)鋼管のせん断力分担が

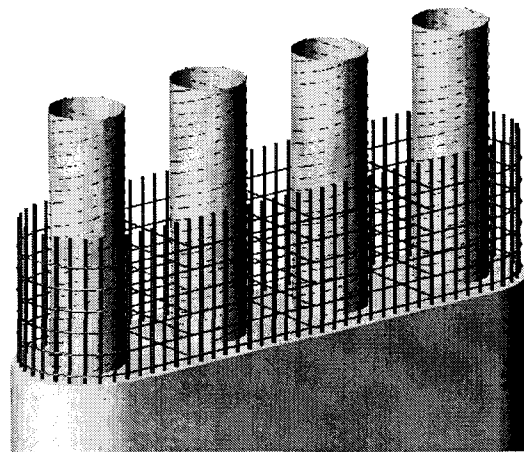


図-1 合成構造壁式橋脚概念図

大きいために帯鉄筋や中間帯鉄筋の分担張力は小さく、基部の損傷はRC橋脚よりも軽微であること、3) 靱性能に与える鋼管の降伏強度の影響は大きく、強度の小さい鋼管を用いた方が靱性能に優れること、などを明らかにしている。

一方、壁式橋脚では橋脚への荷重作用が支承を介して行われるため、支承位置、支承数などが耐荷性状に影響を与えることも考えられる。そこで、橋脚天端に全面的に荷重を作用させた場合と局部的に作用させた場合で耐荷性状を比較検討した。また、鋼管・コンクリート合成構造橋脚では、基部鋼管内部にコンクリートを充填し、鋼管の内側への座屈を防止するのが一般的である。しかし、鋼管内部へのコンクリート充填は作業が煩雑であり、かつ躯体の温度が上昇するために温度ひび割れの発生も懸念されるため、可能であればコンクリート充填を不要とすることが望ましい。そこで、本研究では荷重方法（全面載荷と部分載荷）および基部鋼管内コンクリート充填の有無を実験因子とした4体の壁式橋脚模型を製作し、水平交番載荷実験によって耐荷性状を比較検討した。なお、橋脚頭部には上部工死荷重を模擬して140kN（0.5MPa）の軸力を作用させている。

実験時の計測項目は、載荷荷重、変位、帯鉄筋および中間帯鉄筋ならびに鋼管の歪である。特に、変位や各歪は壁式

表-1 試験体の一覧

試験体の名称	コンクリート充填	載荷方法
f-1	あり	全面載荷
f-2	あり	部分載荷
e-1	なし	全面載荷
e-2	なし	部分載荷

橋脚高さ方向および幅方向に計測し、実験因子の影響を比較検討した。また、鋼管のせん断応力分担を明らかにするため、鋼管の加力方向中央腹部に3軸歪ゲージを貼付け、せん断力の分担性状を検討した。なお、実験終了後にはひび割れを観察し、基部のコンクリートをはつり取って鋼管の概観を調査している。

2. 実験の概要

試験体の一覧を表-1に示す。試験体は、載荷方法および基部コンクリート充填の有無を因子とした全4体である。試験体名のうち第1項目は鋼管内コンクリート充填の有無を示し、fが充填あり、eが充填なしを示す。第2項目の-1は全面載荷を示し、-2は部分載荷したことを示す。

図-2に試験体の概要を示す。試験体断面の長辺、短辺長は各々940,300mmであり、扁平比は3.1程度である。試験

体の断面内にはφ165、板厚2.5mmの鋼管3本を一列に配置した。また、軸方向鉄筋としてD10を22本配置した。軸方向鉄筋には直角フックを設け、フーチング下端から立ち上げた。帯鉄筋、中間帯鉄筋にはD6を用い、橋脚高さ方向に75mm間隔で配置している。また、帯鉄筋、中間帯鉄筋は鋼管を埋め込んだ範囲のフーチング部にも橋脚部と同様に配筋している。なお、中間帯鉄筋の両側には鋭角フックを取り付け、鋼管と鋼管の間に全2本を配置している。

外面リブ付き鋼管はシームレスの厚板鋼管を用い、所定の板厚になるように外面を削り出して製作している。外面のリブは、市販の外面リブ付き鋼管と同様に間隔40mmのスパイラル状を呈し、高さは2.5mm、リブ天端幅は4.0mmである。また、母材とリブの付け根部で応力集中しないようにリブの形状はリブの天端から30°の角度を有する台形状とした。外面リブ付き鋼管は既往の研究²⁾を参考として、フーチング内部に鋼管外径の2倍である

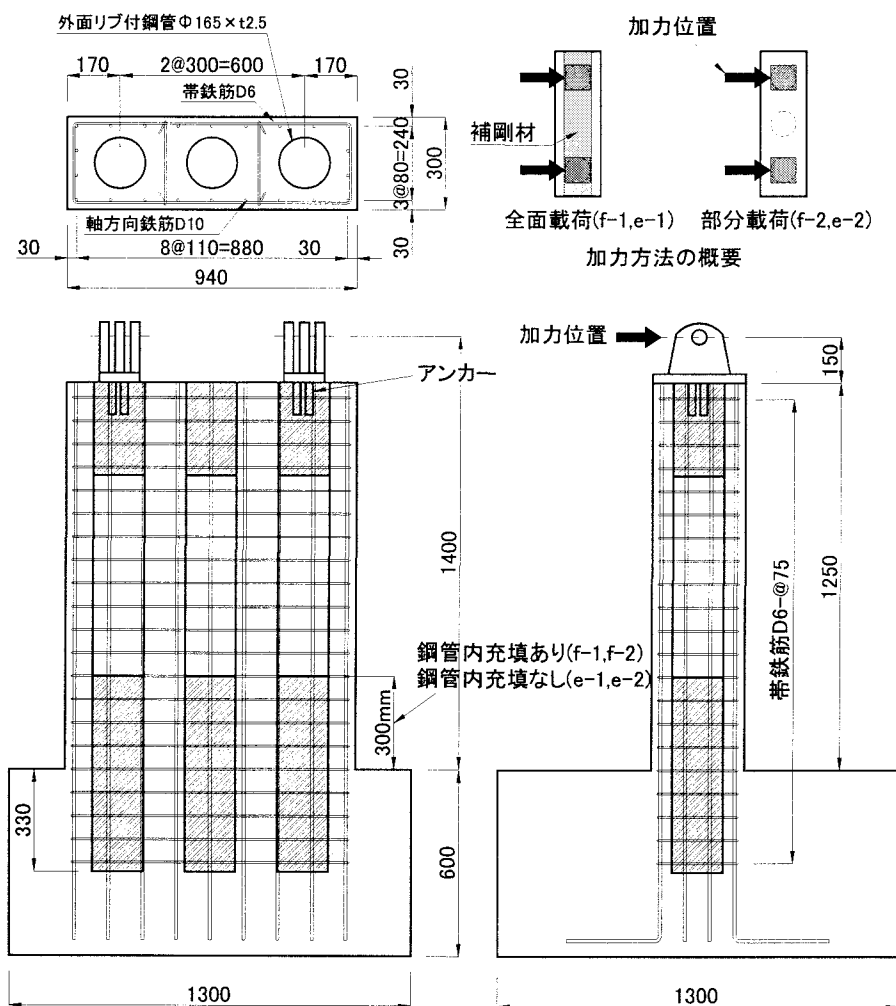


図-2 試験体の概要

330mm を埋め込んでいる。なお、鋼管内部へのコンクリート充填高さはフーチング天端から大略塑性ヒンジ長さとし、橋脚断面の短辺長である 300mm とした。

水平力は、試験体天端に取り付けたピン結合部の中央に

表-2 コンクリートの力学的特性

項目	
弾性係数(kN/mm ²)	23.1
圧縮強度(N/mm ²)	30.7

表-3 鋼材の力学的特性

鋼材の種類	鋼管(STK400)	鉄筋(SD295)
弾性係数(kN/mm ²)	206	206
降伏強度(N/mm ²)	367	379
引張強度(N/mm ²)	428	533

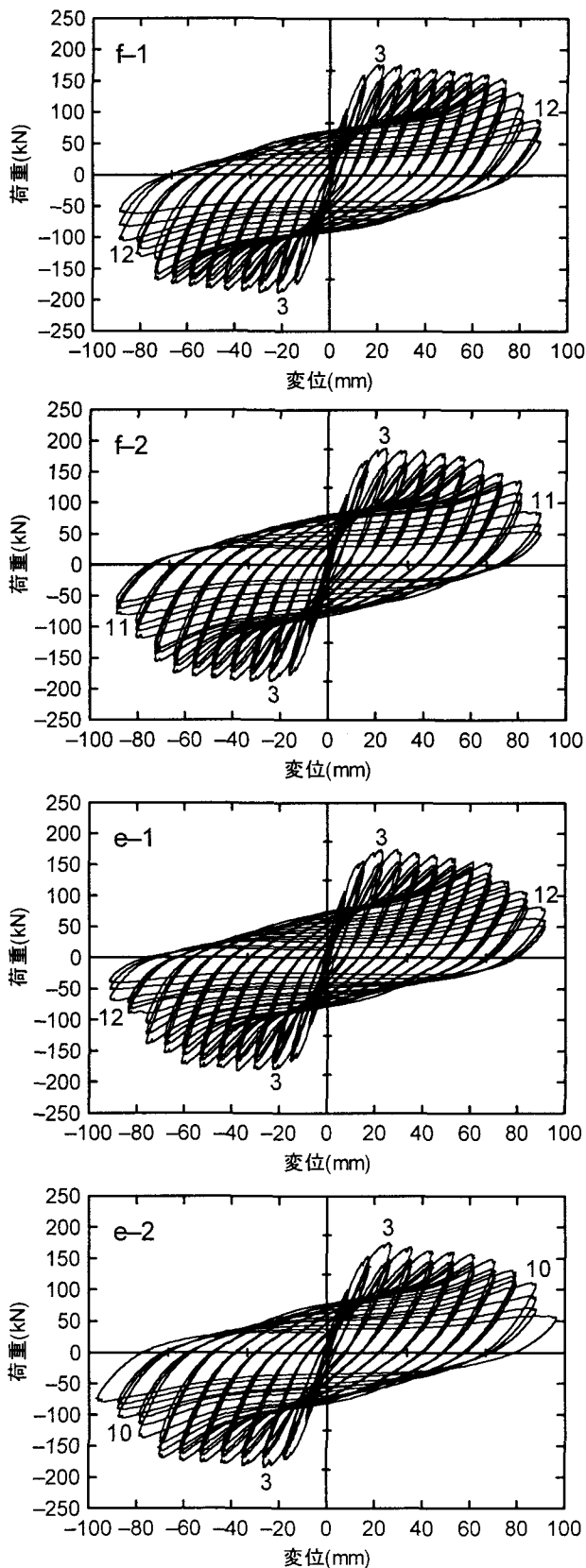


図-3 荷重-変位関係

油圧ジャッキを水平に取り付けて作用させ、軸力は鉛直方向油圧ジャッキを用いてピン結合部に作用させた。なお、鉛直ジャッキはリニアレール上を水平移動可能であり、水平力および軸力作用部の構造は、橋脚が水平方向に変形しても常に鉛直下向きに軸力が作用するピン・ローラー構造となっている。部分載荷の場合は独立した 2 個のピン結合部下端にアンカー筋を溶食し、上部鋼管内に充填したコンクリートと一体化させた。また、全面載荷の場合は、2 個のピン結合部を厚鋼板で補剛して一体化し、補剛板の下端にはアンカー筋を溶食して試験体上部コンクリートと一体化している。なお、フーチングには PC 鋼棒を上下方向に貫通させてプレストレスを導入することで水平力作用による移動および回転を抑制している。

水平交番載荷実験は変位制御で行い、降伏変位の整数倍の変位振幅に対して正負各 3 サイクルずつの繰り返し載荷を行った。降伏変位は橋脚基部の鋼材（鋼管または軸方向鉄筋）が材料試験結果の降伏歪に達した時点の橋脚中央における載荷点変位とした。なお、破壊は載荷荷重が降伏時荷重を下回った時点とした。

使用したコンクリートの力学的特性を表-2 に示す。コンクリートは呼び強度が 30MPa の普通コンクリートである。また、鋼材の力学的特性を表-3 に示す。使用した鋼管の材質は STK400 であり、降伏強度、引張強度は各々 370, 430N/mm² 程度であり、文献 8) における引張強度が低い部類の材質を使用している。

3. 実験結果

3.1 変位性状

各試験体の幅方向中央の載荷点高さにおける荷重-変位関係を図-3 に示す。図-3 から、各試験体の荷重-変位関係は大略同様であり、従来の RC 壁式橋脚⁷⁾ に比べて優れた靱性性能を有することがわかる。全ての試験体は正負載荷において 3 δ_y において最大荷重を示し、その後荷重レベルは徐々に低下する傾向を示している。e-2 試験体を除く各試験体では、3 δ_y 以降において荷重が徐々に減少し、9~10 δ_y において荷重が急激に低下した後破壊に至っている。一方、e-2 試験体は荷重レベルが全般的に他の試験体に比べて低く、より小さい載荷振幅で破壊に至っている。なお、各試験体の破壊時における橋脚基部の損傷は、後述するようにかぶりコンクリートの剥離・剥落が顕著には見られず比較的軽微であった。しかし、試験終了後に基部

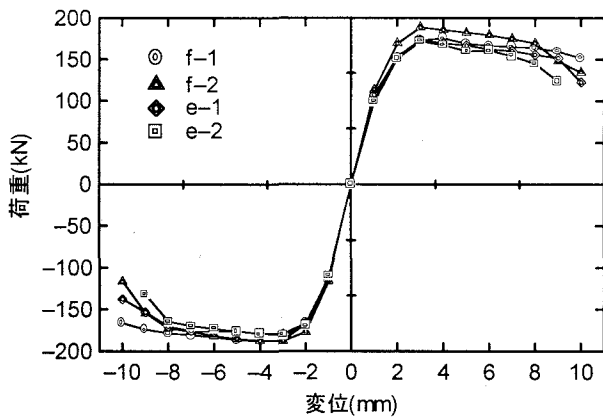


図-4 荷重-変位関係の包絡線

コンクリートをはつり取って観察したところ、全ての試験体で一部の鉄筋の破断および鋼管の破断が確認された。すなわち、終局近傍での荷重の急激な低下は、一部の鉄筋および鋼管の破断が原因であるものと考えられる。

図-4に各試験体中央の荷重点高さにおける荷重-変位関係の包絡線を取りまとめた。図より、e-2試験体は他

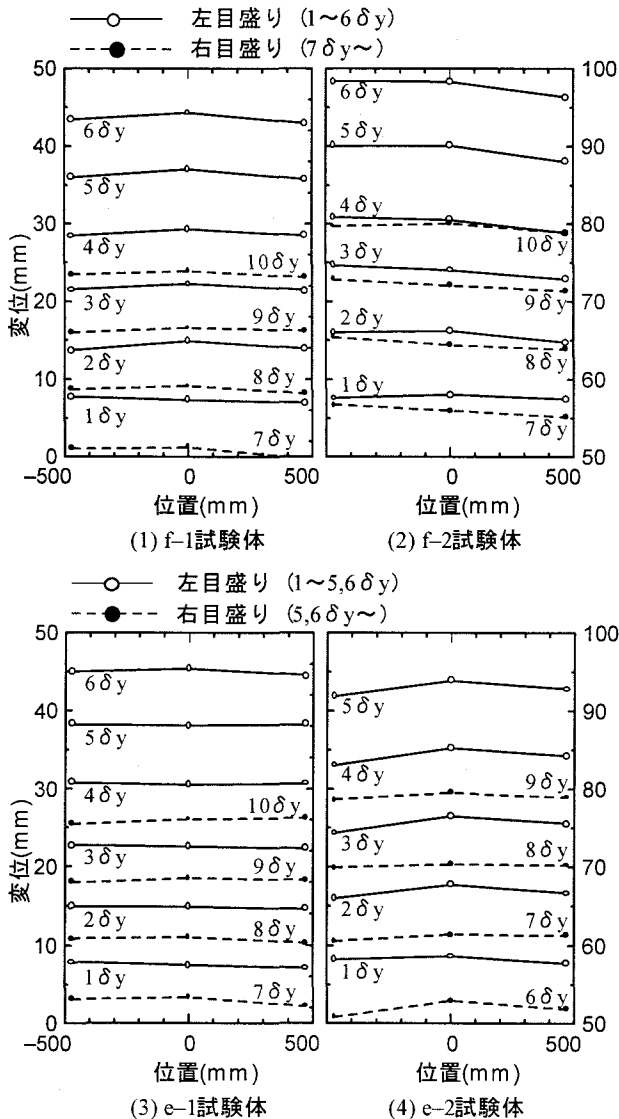


図-5 加力点変位の幅方向分布

の試験体に比べて全般的に荷重レベルが低く、破壊が他の試験体に比べて小さな荷重振幅で急激に生じたことがわかる。その他の試験体の包絡線は終局直前を除いて大略同様である。

図-5に各試験体の幅方向における変位分布を荷重初期から終局近傍までについて示した。図中、実線は5~6 δy 程度までの変位分布を示し、破線は終局近傍の変位分布を示す。なお、幅方向の変位分布は荷重点高さにおける橋脚中央および両端の3測線での計測結果である。

上段の鋼管内にコンクリートを充填したf試験体の結果から、全面荷重したf-1試験体の幅方向変位分布は、橋脚中央で多少大きいものの荷重初期から終局までほぼ水平であることがわかる。一方、部分荷重したf-2試験体では荷重初期から左端面で変位が多少大きく、右端面で小さい傾向を示している。しかし、左右端面での変位差は1~2mm程度であり、この傾向には荷重振幅の大きさの影響は見られない。

下段の鋼管内にコンクリートを充填していない試験体の結果から、全面荷重の場合は荷重初期から終局まで変位分布はほぼ水平であることがわかる。一方、部分荷重の場合は、荷重初期の段階から6 δy 程度までは右端面で変位が大きく左端面で小さい傾向が見られる。ただし、変位差は最大でも3mm程度以下である。また、左右端面の変位差は終局に近づくにつれて小さくなる傾向にあり、終局近傍ではほぼ水平な変位分布を示している。

このように、鋼管内へのコンクリート充填の有無は、壁式橋脚の幅方向変位分布に顕著な影響を与えないことがわかる。なお、部分荷重の場合は両端に変位差が生じる傾向が見られるもののその差は最大でも3mm程度であり、実験計測誤差程度に小さいことが明らかとなった。

図-6にコンクリート充填の有無が橋脚の高さ方向変位分布に与える影響を検討するため、全面荷重における橋脚変位の高さ方向分布を取りまとめた。なお、変位分布は橋脚中央での計測結果であり、6 δy 以降の結果は変位が40mmまでについて示している。

図から、e-1試験体において、5 δy 程度まではコンクリート充填高さ（基部より300mm）前後の変位分布に角折

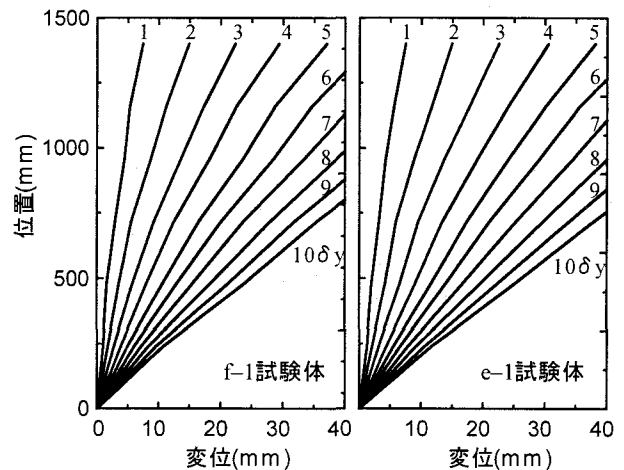


図-6 変位の高さ方向分布

表-4 実験および計算結果の比較

試験体名	降伏時				終局時			
	耐力 P_y (kN)		変位 δ_y (mm)		最大耐力 P_{max} (kN)		変位 δ_{max} (mm)	
	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値
f-1	104.6	114.6	7.4	6.0(9.3)	175.7	174.7	74.0(10)	57.7(93.6)
f-2	113.3	114.6	8.0	6.0(9.3)	188.8	174.7	80.0(10)	57.7(93.6)
e-1	107.4	114.6	7.6	6.1(9.3)	173.7	174.6	76.0(10)	57.8(93.7)
e-2	99.5	114.6	8.7	6.1(9.3)	171.9	174.6	78.3(9)	57.8(93.7)

変位計算値の括弧内は、鉄筋と鋼管の伸び出しを考慮した値。終局時変位実験値の括弧内は塑性率を示す。

れ等は見られず f-1 試験体と同様な分布性状を示していることから、コンクリート充填の有無が高さ方向変位分布に与える影響は少ないことがわかる。一方、 $6\delta_y$ 以降においてもこの傾向は変わらず、基部を中心としたより直線的な変位分布性状を示すことから、コンクリート充填の有無は載荷初期から終局まで橋脚の高さ方向変位分布に大きな影響を与えないことが明らかとなった。

表-4 に耐力および変位量の観点で実験結果と計算結果を取りまとめた。計算は前述した材料の力学的特性値を用いてコンクリート標準示方書⁹⁾に準拠し、断面分割法によって行った。なお、降伏時、終局時変位のうち軸方向鉄筋および鋼管の基部からの伸び出しを考慮した変位を表に括弧付きで示している。また、各計算耐力は伸び出しを考慮した計算変位に対応する軸力による付加モーメントを差し引いて算出している。

表より、降伏時耐力 P_y の計算値は f-2 試験体では実験値とほぼ対応するものの、他の試験体では実験値よりも 5～15%程度大きく、特に e-2 試験体でこの傾向が顕著であることがわかる。これは、実験の降伏時耐力および変位が軸方向鉄筋の降伏で決定されたものの、鋼管は未だ降伏に至っていないためと推察される。また、特に e-2 試験体で整合性に劣るのは、e-2 試験体の軸方向鉄筋が鋼管内にコンクリートを充填していないことや部分載荷であることによって早期に降伏したためと推察される。なお、実測の降伏時変位は、伸び出しを考慮しない計算変位と考慮した計算変位の中間程度であることがわかる。一方、f-2 試験体の最大耐力の計算値は実験値に比べて多少小さいもの

他の試験体の最大耐力の計算値はほぼ実験値と対応している。また、実測の終局時変位は降伏時変位と同様に伸び出しを考慮しない計算値と考慮した計算値の中間程度の値を示している。

3.2 鋼材の歪性状

図-7 に全面載荷試験体における鋼管軸方向歪の高さ方向分布を中央鋼管および端鋼管に着目して、各々 $3\delta_y$ までについて示した。なお、図中の破線は $1\delta_y$ 時における計算値を示している。図より、 $1\delta_y$ における実測値は両試験体の中央、端鋼管ともに同程度であり、ほぼ計算値と対応していることがわかる。これは、両試験体で幅方向にも平面保持の仮定が成立していることを示すものである。鋼管内にコンクリートを充填した f-1 試験体の $2\delta_y$ では、端鋼管の歪レベルが全体的に中央鋼管よりも大きく、この傾向は $3\delta_y$ においても同様に見られることがわかる。一方、鋼管内にコンクリートを充填していない e-1 試験体でも同様に端鋼管の軸方向歪が中央鋼管よりも大きいことが

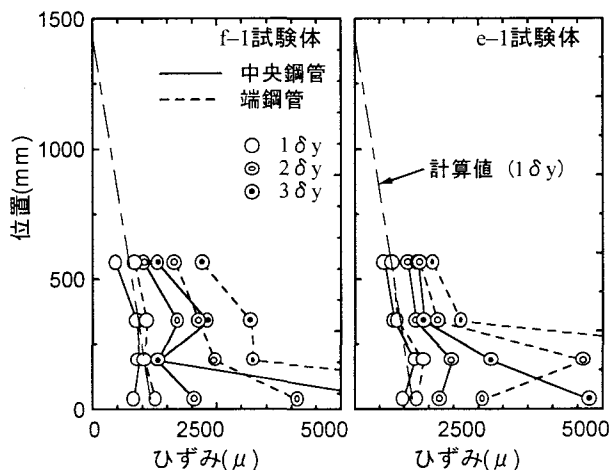


図-7 鋼管の軸方向歪分布

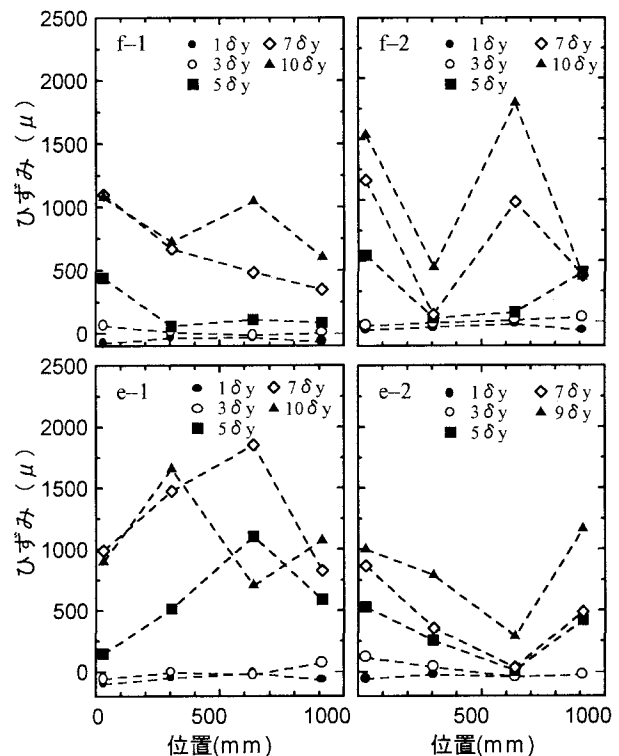


図-8 帯鉄筋、中間帯鉄筋の歪分布

わかる。また、この傾向はe-1試験体の方がより顕著である。以上を要約すると、鋼管の軸方向歪は中央鋼管よりも端鋼管で大きくなる傾向にあり、この傾向は特に鋼管内にコンクリートを充填しない試験体で顕著である。

図-8に基部からの高さが37.5mmにおける帯鉄筋と中間帯鉄筋の試験体幅方向の歪分布を各載荷振幅ごとに示す。図より、各試験体ともに $3\delta y$ 程度までは帯鉄筋、中間帯鉄筋歪ともに数百 μ 程度と小さく、 $5\delta y$ 以降で大きくなることがわかる。f-1試験体では、 $5\delta y$ において左端帯鉄筋歪が増大し、載荷振幅の増加とともに中間帯鉄筋や右端帯鉄筋歪も増大し、ほぼ平均化した歪分布を示している。なお、歪は最大でも1,000 μ 強であり、終局でも降伏していないことがわかる。部分載荷したf-2試験体では、左端帯鉄筋と右側中間帯鉄筋歪が載荷振幅の増加とともに増大し、右側中間帯鉄筋は終局時に2,000 μ 近くの歪レベルに達している。これは、載荷振幅の増加によるひび割れの発生・進展に伴って部分載荷の影響が出現したためと推察される。

鋼管内にコンクリートを充填していない全面載荷のe-1試験体は、f-1試験体と同様に $5\delta y$ 以降の歪も幅方向に平均化して分布する傾向を示しているが、歪レベルは全体的にf-1試験体に比べて大きい。これは、f-1試験体と異なり基部鋼管内にコンクリートが充填されていないためと考えられる。一方、e-2試験体はe-1試験体に比べて

歪レベルが小さく、中間帯鉄筋歪よりも端部帯鉄筋歪が全体的に大きい。ここで、端部帯鉄筋歪が中間帯鉄筋歪よりも大きいのは、部分載荷の影響が出現したためと推察される。一方、歪レベルが全体的にe-1試験体よりも小さいのは、e-2試験体の荷重レベルが最も小さく早期に破壊したことに関連するものと推察される。すなわち、横拘束材としての帯鉄筋、中間帯鉄筋の応力負担が小さく、結果的に鋼管のせん断力分担が大きくなり、鋼管の早期破断に繋がったことが考えられる。

図-9に鋼管の腹部に取り付けた3軸歪ゲージの値から、鋼管の最大せん断歪を計算して取りまとめた。左側に端鋼管の最大せん断歪-載荷振幅の関係を、右側に中央鋼管のそれを基部からの高さが各々75, 225, 375および600mmについて示した。なお、最大せん断歪は(1)式で求めた。

$$\gamma_{\max} = \sqrt{2((\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2)} \cdots \cdots (1)$$

ここに、 $\gamma_{\max}$: 最大せん断歪、 ε_a : 軸方向歪、 ε_b : ε_a 、 ε_c から 45° なす角における歪、 ε_c : 周方向歪、である。ただし、軸方向歪が10,000 μ を超えた場合は計測結果の妥当性に疑問が生じるためせん断歪を明示していない。

図-9より、端鋼管のせん断歪は各試験体ともに基部より375mm以上で小さく、225mm以下で大きいことがわ

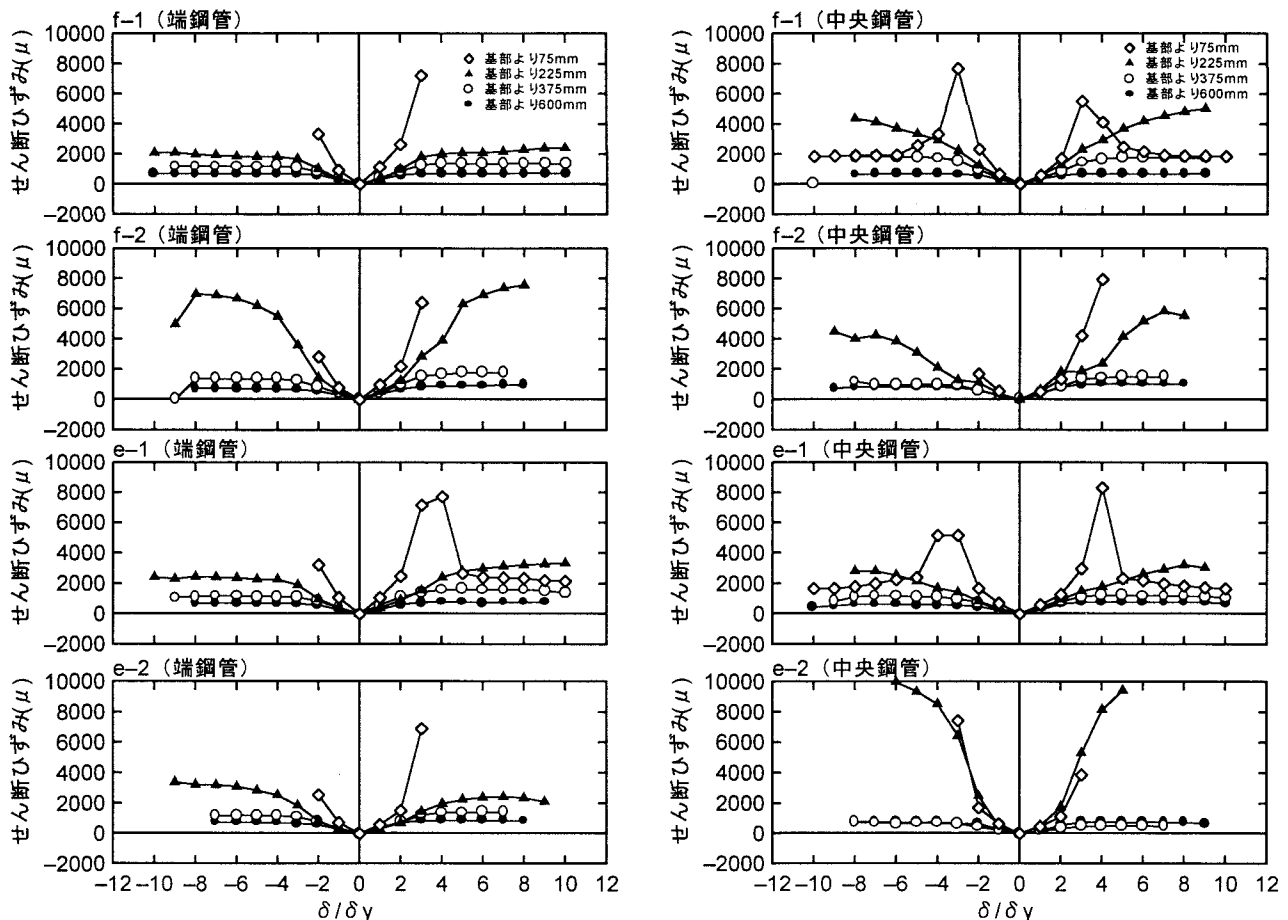


図-9 鋼管の最大せん断歪-載荷振幅関係

かる。特に、基部より 225mm の位置において f-2 試験体のせん断歪が他に比べて大幅に大きく示されている。一方、基部より 75mm の位置におけるせん断歪は各試験体ともに $2 \sim 3 \delta y$ 程度で軸方向歪が $10,000 \mu$ を越えるため明示していない。そのため、試験体間の差異は明確でない。以上、f-2 試験体の端鋼管のせん断歪は高さ 225mm において他に比べて大幅に大きく、f-2 試験体の端鋼管は上下方向により広範囲に大きなせん断力を分担していることが明らかとなった。これは、f-2 試験体の最大耐力が最も大

きいことに関連するものと考えられる。

中央鋼管のせん断歪も端鋼管と同様に基部より 375mm 以上では小さいことがわかる。ただし、f-1 試験体は他に比べて高さ 375mm におけるせん断歪が多少大きく示されている。基部より 225mm におけるせん断歪は各試験体ともに大きくなる傾向にあるが、特に e-2 試験体で大幅に大きく、基部より 75mm における歪レベルと同程度の歪が発生していることがわかる。e-2 試験体は最も荷重レベルが低く早期に破壊し、帯鉄筋や中間帯鉄筋の歪レベルも小さいことから、中央鋼管 1 本がより大きなせん断力を分担したため早期に破断して破壊に至ったことが推察される。なお、最大荷重が最も大きな f-2 試験体の高さ 225mm におけるせん断歪も端鋼管ほどではないものの大きく、端鋼管と同様に中央鋼管も広範囲にせん断力を分担したため高い耐力を示したものと考えられる。

3.3 ひび割れおよび破壊性状

図-10 に実験終了後のひび割れ性状を示す。大部分のひび割れは水平方向に進展し、この水平方向ひび割れの本数は f 試験体で多く、e 試験体で少ない傾向にある。特に、e-2 試験体の背面の水平方向ひび割れは幅方向に貫通しておらず、明らかに他の試験体と性状が異なっている。これは、e-2 試験体で荷重レベルが最も低く早期に破壊したことに関連するものと考えられる。なお、最下端の水平方向ひび割れは、いずれの試験体も基部から高さ 10~20cm の範囲で発生している。

側面のひび割れ状況から、基部における斜めひび割れの発生範囲は、基部から 20cm 程度までであることがわかる。このように、外面リブ付き鋼管を用いた壁式橋脚の基部損傷範囲は狭く、またコンクリートの剥離・剥落も顕著ではない。一方、橋脚天端付近では、載荷点が近いために鉛直および斜め方向にひび割れが発生している。特に、f 試験体では鉛直方向のひび割れが多く、e-2 試験体では斜め方向に進展する傾向が顕著に見受けられる。なお、e-1 試験体の橋脚天端のひび割れは端部近傍のみで見受けられる。このように、鋼管内へのコンクリート充填の有無および載荷方法はひび割れ性状に多少の影響を与えるものの合成構造特有の基部損傷範囲が狭く、損傷の程度も軽微である特徴は各試験体で共通に出現している。

写真-1 に実験終了後、基部コンクリートをはつり取った後における鋼管の概観を示す。全ての試験体でほぼ同様な概観であったため、ここでは例として f-2、e-2 試験体の結果のみを示す。写真より明らかなように、基部から高さ 5~10cm 程度において鋼管が部分的に破断し、一部の鉄筋も破断していることがわかる。各試験体で基部コンクリート充填の有無や載荷方法に関わらず鋼管が一部で破断していることから、この現象は本構造に特有であるものと考えられる。すなわち、鋼管を一列に配置していることから、鋼管の加力方向外縁は水平交番載荷によって圧縮と引張力を交番して受け、より破断しやすい状況にあるためと考えられる。また、試験体製作上の制約から、鋼管の板厚が外

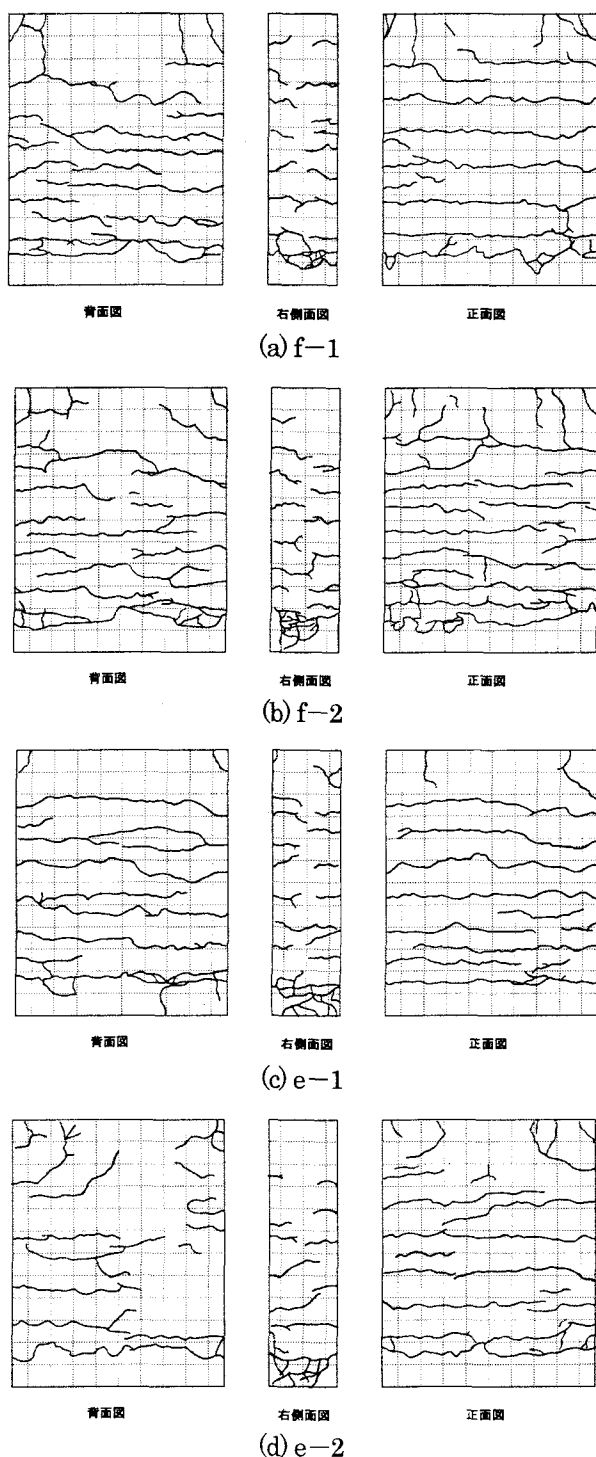
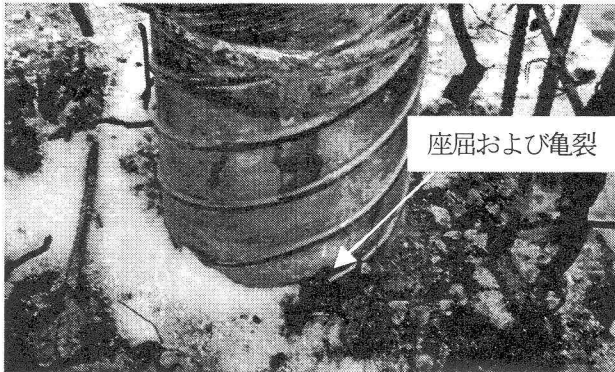


図-10 実験終了後のひび割れ性状



(a) f-2



(b) e-2

写真-1 破壊後の基部鋼管の状況

面リブの高さと同様の2.5mmと薄かったことも鋼管破断の一因であるものと考えられる。

4. まとめ

外面リブ付き鋼管・コンクリート合成構造を河川橋脚に代表される壁式橋脚に適用することを目的に、一列に配置した基部鋼管内へのコンクリート充填の有無および載荷方法（全面載荷および部分載荷）が壁式橋脚の耐荷性状に与える影響を検討するため4体の橋脚模型を用いて水平交番載荷実験を行った。本研究の範囲内で明らかになった知見を以下に要約する。

- (1) 合成構造壁式橋脚の耐力および弾性性能は、従来のRC壁式橋脚と同等程度以上であり、基部の損傷範囲はより狭くまた損傷は軽微である。
- (2) 耐荷性状に与えるコンクリート充填の有無および載荷方法の影響は顕著ではなく、いずれの場合も10程度の塑性率が期待できる。ただし、基部鋼管内へのコンクリート充填がなくかつ部分載荷の場合は、特定の鋼管がせん断力を大きく分担して早期に破断する可能性がある。

参考文献

- 1) 跡部俊郎, 田村多佳志, 岡本 隆, 水谷慎吾: プレキャストセグメントと鋼管からなる合成構造橋脚の力学特性に関する研究, コンクリート工学論文集, 第6巻, 第2号, pp.107-116, 1995.7
- 2) 篠崎裕生, 三上 浩, 岡本 隆, 水谷慎吾: 鋼管を用いた合成構造橋脚定着部の耐荷性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.18, No.2, pp.1313-1318, 1996
- 3) 篠崎裕生, 田村多佳志, 岡本 隆, 水谷慎吾: 外面リブ付き鋼管・コンクリート合成構造橋脚模型の水平力交番載荷試験, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp.673-678, 2001
- 4) 三上 浩, 田村多佳志, 岸 徳光, 池田憲二: 外面リブ付き鋼管を用いた合成構造橋脚の耐荷性状に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.1433-1444, 2001.3
- 5) 三上 浩, 田村多佳志, 岸 徳光, 池田憲二: 鋼管・コンクリート合成構造橋脚の耐荷性状に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.49A, pp.1087-1096, 2003.3
- 6) 福本英一郎, 川端 淳, 久 正, 田村多佳志, 篠崎裕生: 鋼管・コンクリート合成構造橋脚 (ML 工法) の設計と施工, 橋梁と基礎, pp.10-15, 1999.3
- 7) 池田憲二, 皆川昌樹, 三上 浩, 岸 徳光: 外面リブ付き鋼管とコンクリートを合成した大型壁式橋脚模型の載荷実験: コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.2, pp.1591-1596, 2002.6
- 8) 皆川昌樹, 池田憲二, 岸 徳光, 篠崎裕生: 外面リブ付き鋼管を用いた大型壁式橋脚模型の静載荷実験: コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.2, pp.1687-1692, 2003.6
- 9) コンクリート標準示方書構造性能照査編: 土木学会, 2002