

外面リブ付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 ー鋼管強度の影響についてー

(独)北海道開発土木研究所 正会員 ○皆川 昌樹
(独)北海道開発土木研究所 正会員 池田 憲二
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

扁平比の大きい壁式橋脚の耐荷性能の向上、施工の省力化および工費縮減を図るため、橋脚断面内に主鉄筋の代わりに外面リブ付鋼管を配置した鋼管・コンクリート合成構造(以下、SRC)橋脚を提案した。著者らはRCおよびSRC大型壁式橋脚試験体の載荷実験¹⁾を行い、SRC構造は、1)RC構造と同程度以上の耐力、靱性能を有する、2)鋼管が大きなせん断力を負担し、帯鉄筋のせん断負担が小さい、などの知見を得ている。

一方、加力軸方向に複数列の鋼管を配置した試験体の靱性能²⁾は、RC構造と比較して大きく改善されるのに対し、当該実験ではあまり改善が見られなかった点、鋼管に輪切り状の破断が生じた点、など解明すべき点が残っている。これは、文献1)で使用した鋼管の強度が規格値より大幅に大きかったためか、あるいは加力軸方向の鋼管配置が一系列の壁式構造特有のものか検討する必要がある。そこで本研究では、鋼管の強度が壁式橋脚の耐荷性状に及ぼす影響に着目し、文献1)と同じ試験体で鋼管の強度を変えた場合の交番載荷実験を行い、耐荷性状を比較検討した。

2. 実験概要

本研究に用いた試験体は、高さ3.5m、扁平比が1:3.125のRC試験体と外面リブ付鋼管($\phi 500$ 、板厚6mm、リブ間隔40mm、リブ高さ2.5mm、リブ天端幅4.0mm)を一行に3本配置したSRC試験体の2種3体である(図-1)。RC、SRC-2試験体は材料の規格値を用いて断面分割法によって計算した耐力が同等になるよう計画した。SRC-1試験体は鋼管の力学的特性が規格値を大幅に上回っているため(表-1)、実験での耐力は大きくなっている。

実験は実規模二径間連続桁橋模型の中間橋脚位置に各試験体を設置して実施した(図-2)。上部工と試験体はピン接合し、死荷重が試験体に約980kN(0.49MPa)作用するよう重量を調整した。載荷荷重はロードセル、水平変位はワイヤ式変位計にて測定している。載荷はピン部分に油圧ジャッキを設置し、降伏変位 δ_y の整数倍の変位を振幅とする変位制御により、漸次変位を増加させ終局状態に達するまで3回ずつ繰り返し行った。

3. 実験結果および考察

各試験体の荷重ー変位履歴関係(図-3、表-2)では、SRC-2試験体は3 δ_y でほぼ最大耐力に達した後、その耐力を保持したまま6 δ_y まで変位が増加し、その後被りコンクリートの剥離と主鉄筋の破断に伴い耐力が低下し、10 δ_y の3回目に降伏荷重 P_y を下回り試験を終了した。SRC-1試験体は

キーワード：外面リブ付鋼管、合成構造橋脚、靱性能

連絡先：〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目 北海道開発土木研究所、TEL(011)-841-1698、FAX(011)-820-2714

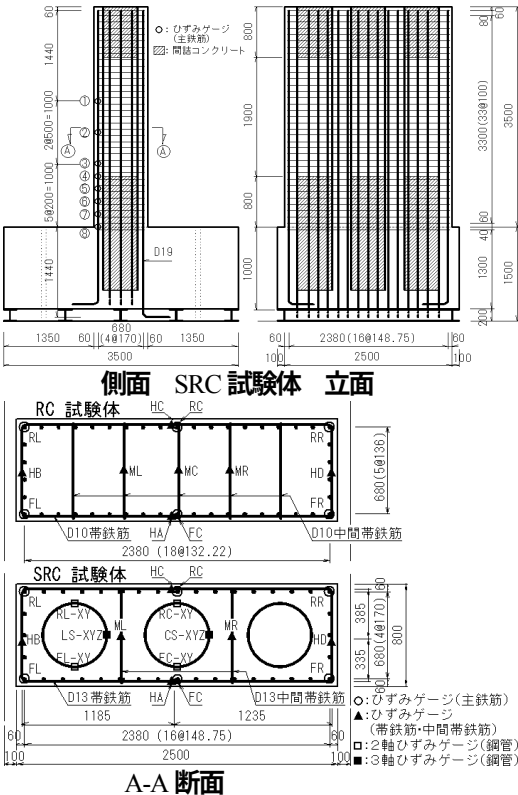


図-1 試験体の概要と計測位置図(単位:mm)

表-1 鋼材およびコンクリートの力学的特性

強度(MPa)	RC		SRC-1		SRC-2	
	降伏	引張	降伏	引張	降伏	引張
鋼材種						
鋼管 SKK490	—	—	478.0	627.0	349.0	477.0
帯鉄筋						
SD295	375.1	588.7	—	—	—	—
D13	—	—	377.2	559.5	377.2	559.5
軸鉄筋						
D19	—	—	383.9	596.3	383.3	590.4
SD345	373.6	602.7	—	—	—	—
材令	34 日		43 日		29 日	
圧縮強度	31.0 MPa		32.8 MPa		31.0 MPa	
弾性係数	19.9 GPa		18.9 GPa		32.3 GPa	
ポアソン比	0.217		0.169		0.210	

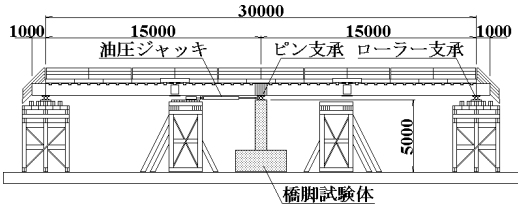


図-2 実験装置の概略図(単位:mm)

ほぼ同様の耐荷挙動で、9 δ_y の2回目に鋼管破断により荷重が急激に低下し試験を終了した。以上のように鋼管の強度が荷重－変位関係に与える影響は比較的小さいものと考えられるが、6 δ_y 以降の荷重の低下傾向は、鋼管強度の大きいSRC-1試験体の方が顕著であり、終局変位にも若干の差異が見られることから、両試験体で鋼管とコンクリートの曲げ負担の割合が異なることなどが影響を与えているものと考えられる。

荷重－変位関係の包絡線を横軸 δ_y で正規化して各試験体で比較した(図-4)。SRC試験体は、RC試験体よりも最大耐力を保持できる変位振幅が大きく、また最大耐力以降も急激な耐力低下を起こすことなく大きな塑性率を示している。以上から、SRC構造はRC構造よりも耐震性に優れた構造であり、また他の条件が同じであれば、鋼管の強度を上げること

で耐力は向上するが、靱性能の向上には寄与しないと考えられる。

壁式橋脚におけるSRC構造の損傷領域(塑性ヒンジ領域)検討のため、鋼材の高さ方向歪み分布を整理した(図-5)。RC試験体の主鉄筋歪みは4 δ_y で基部から約1,000mmまで、SRC-1試験体の鋼管歪みは6 δ_y で基部から600mm程度までの歪み分布が不連続になっており、RC試験体と比較すると損傷領域が小さい。SRC-2試験体では6 δ_y で基部から800mm程度であり、やはりRC試験体と比較すると損傷領域が小さいが、鋼管強度の大きいSRC-1試験体と比較すると、その領域は若干広がっており、鋼管の強度(材質)が塑性ヒンジ領域の形成に影響を与えていると考えられる。

SRC 構造のエネルギー吸収能力と減衰性を評価するため、各試験体の載荷振幅と等価粘性減衰定数 h_{eq} の関係を検討した(図-6)。SRC-1 試験体は h_{eq} の増加勾配、最大値ともにRC 試験体よりも小さく、SRC-2 試験体は h_{eq} の増加勾配はRC 試験体より小さいがSRC-1 試験体よりも大きく、10 δ_y という大きな変形領域まで h_{eq} が増加する傾向は変わらず、最大値もRC 試験体より大きくなった。 h_{eq} の増加勾配は前述の塑性ヒンジ領域の関係と一致しており、SRC 試験体の方が鋼材軸ひずみの不連続領域(損傷領域)が小さく、それに使われるエネルギーも小さいため、 h_{eq} にそれが反映されていると考えられるが、通常程度(規格値に近い)の強度の鋼管を用いれば、合成構造特有の粘り強い特性を得ることができ、RC 試験体よりも高いエネルギー吸収、減衰性能が得られるものと考えられる。

4. まとめ

- 本研究の範囲内で得られた結論は以下の通りである。SRC 構造は、
- 1) 鋼管強度の小さい方が、塑性ヒンジ長、等価粘性減衰定数(エネルギー吸収能)ともに大きくなり、結果的に大きな塑性率を示した。
 - 2) 壁式橋脚の場合、RC 構造と比較して塑性ヒンジ長が短くなる傾向にあるが、鋼管構造特有のねばり強い特性により大きな塑性率を確保できるため、RC 構造と同等以上のエネルギー吸収能が発揮される。

[参考文献]

1) 池田, 皆川, 三上, 岸: 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報告集 Vol.24, No.2, pp.1591-1596, 2002.6

2) 跡部, 田村, 岡本, 水谷: 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, Vol.6, No.2, pp.107-116, 1995.7

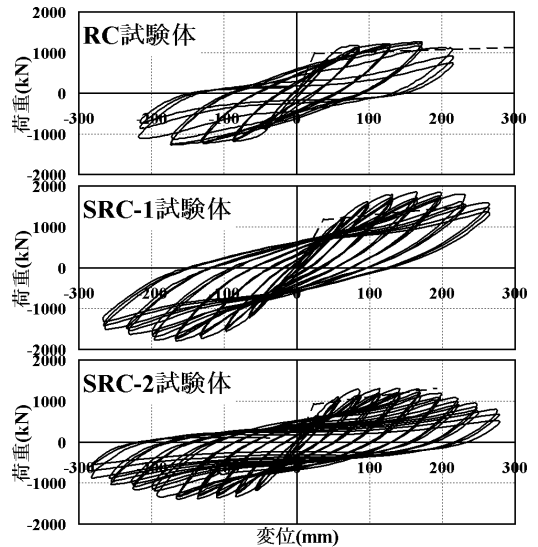


図-3 荷重－変位関係

表-2 実験および計算結果の比較

試験体名	RC		SRC-1		SRC-2	
	降伏	終局	降伏	終局	降伏	終局
実験						
$P(kN)$	836.8	1241.0	748.3	1839.0	644.9	1307.3
$\delta(mm)$	42.9	215.0	32.9	264.0	27.5	275.4
計算						
$P(kN)$	986.5	1145.4	1181.7	1512.2	920.5	1321.2
$\delta(mm)$	25.0	321.0	36.8	229.6	23.0	192.3

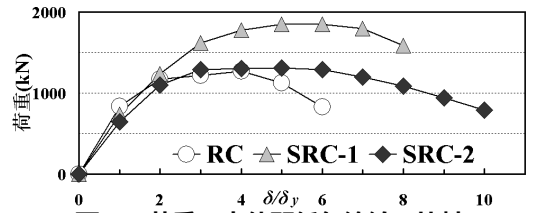


図-4 荷重－変位関係包絡線の比較

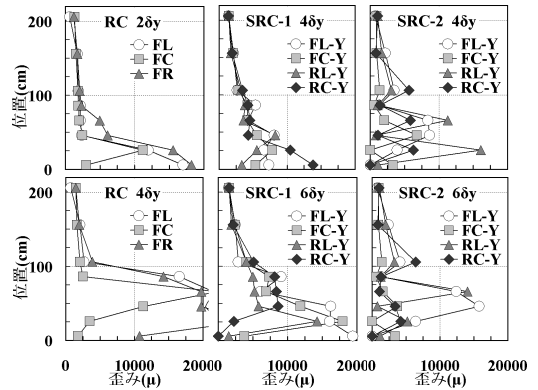


図-5 鋼材の高さ方向歪み分布

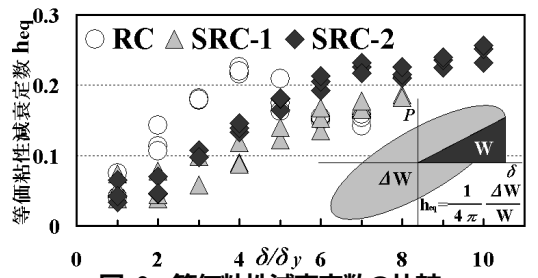


図-6 等価粘性減衰定数の比較