V-54　鉄骨鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に関する研究

日本道路公団試験所 正員　○酒井 秀昭
同 上　石原 静夫
同 上　中村 正人

1、まえがき

日本道路公団においては、高速道路の山岳地への延伸に伴って、地形的要因・線形的要因などにより橋梁が長大化し、それに伴い橋脚も高橋脚とせざるを得ないケースが増大し、鉄骨鉄筋コンクリート（以下、SRCという。）構造の高橋脚を用いる場合も多く見うけられる。このような高橋脚においては、特にその耐震性が重要な要素となり、橋梁の耐震性を検討するうえでの重要なポイントである強さ（最終破壊強度）と粘り（靭性）を明確にする必要があると思われるが、既往の研究において、SRCの靭性に着目したものは皆無に等しいと言える。したがって、SRC橋脚の最終破壊強度や靭性などについて試験研究を行うことが急務であろうと思われる。

このような主旨から、高速道路の本線橋の橋脚のうち、高さ30m程度以上のSRC橋脚を対象として、以下に述べる様な模型試験を行い、その耐震性（特に靭性）について検討を行った。

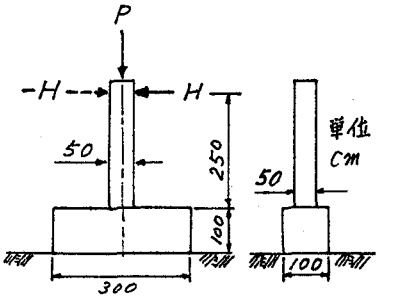

図-1 供試体形状及び載荷状態

2、試験概要

2-1、供試体

高さ30m以上のSRC及びRC橋脚では、引張鉄筋比0.5～1.5%程度、軸方向圧縮力による応力度10～20kg/cm²、せん断スパン比5.0～10.0が一般的である。また、SRC及びRC橋脚の最終破壊強度と靭性とに影響を与える要因としては種々の項目が考えられるが、本試験においては、橋脚躯体の挙動を解明することを目的としているので、以下の項目に着目し、表－1に示す11供試体を図－1の形状で製作した。

(i)、正負交番載荷と一方向繰返し載荷　(ii)、鋼材量比（鉄筋比）
(iii)、鉄骨鉄筋比　(iv)、コンクリート強度
(v)、軸方向圧縮力（鉛直力）　(vi)、帯鉄筋の継手

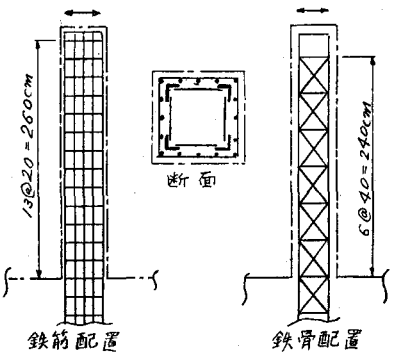

図-2 躯体部の鉄筋及び鉄骨配置

躯体部の鉄骨及び鉄筋の配置方法は、図－2に示す様に主筋16本を各供試体とも柱状に配置し、帯鉄筋を全供試体ともD13として20cmピッチに配置した。鉄骨については、L状に加工した鋼材4本を主鉄骨として組み立てた。

2-2、載荷方法

供試体はPC鋼棒で床に固定し、供試体が一定の軸方向圧縮力（鉛直力）を受けたまま水平荷重による水平変位が自由に生じるように、ローラ支承を利用した載荷装置を用いて載荷を行った。載荷は、軸方向圧縮力を表－1に示す値で一定とし、水平荷重については図－3に示す様に、No.1, 2の供試体では一方向繰返しで、No.3～11では正負交番で変位制御により行った。各々のサイクルにおける最大変位は、5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75,

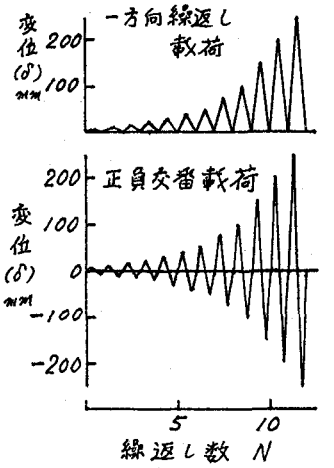

図-3 水平変位履歴

100, 150, 200, 250, 300 mm の順序とした。

表－1　供試体種類及び試験結果

供試体	断面	鉄筋量 A_{SR} (cm^2)	鉄骨量 A_{SS} (cm^2)	鋼材量 A_S (cm^2)	鉄骨鉄筋比 $A_{SS}:A_{SR}$	鋼材量比 A_S/A_C(%)	コンクリート圧縮強度 σ_{28} (kg/cm²)	軸方向圧縮力 P(ton)	正方向 降伏変位 (mm)	正方向 降伏荷重 (ton)	正方向 最大荷重 (ton)	負方向 降伏変位 (mm)	負方向 降伏荷重 (ton)	負方向 最大荷重 (ton)	靭性率	載荷方法
No.1	RC	61.94	—	61.94	——	3.27	249	25	26.5	17.0	20.1	——	——	——	10.8	一方繰返
No.2	SRC	31.78	30.24	62.02	0.95:1	3.37	246	25	26.0	18.5	22.7	——	——	——	(10.4)	〃
No.3	RC	61.94	——	61.94	——	3.27	252	25	24.0	15.9	18.8	-26.0	-18.0	-19.8	4.2	正負交番
No.4	SRC	31.78	30.24	62.02	0.95:1	3.37	243	25	22.0	15.5	20.2	-22.0	-16.0	-20.0	7.2	〃
No.5	SRC	61.94	66.24	128.18	1.07:1	6.77	248	25	28.0	27.0	35.0	-28.0	-27.5	-36.8	6.2	〃
No.6	SRC	45.84	18.72	64.56	0.41:1	3.46	252	25	24.0	17.8	21.7	-23.5	-19.2	-22.0	7.2	〃
No.7	SRC	20.27	42.24	62.51	2.08:1	3.44	263	25	19.0	15.3	20.8	-18.0	-15.7	-21.0	10.0	〃
No.8	SRC	31.78	30.24	62.02	0.95:1	3.37	411	25	18.0	16.8	22.5	-19.0	-18.0	-22.5	7.7	〃
No.9	RC	61.94	—	61.94	——	3.27	264	35	26.0	19.1	20.9	-26.0	-20.6	-22.4	3.9	〃
No.10	SRC	31.78	30.24	62.02	0.95:1	3.37	265	35	21.5	17.0	21.8	-21.5	-17.8	-22.4	6.5	〃
No.11	SRC	31.78	30.24	62.02	0.95:1	3.37	265	25	20.0	16.4	21.8	-21.5	-16.5	-21.7	7.9	〃

・No.1,3,9はRC断面とする。　・鋼材量（鉄筋量＋鉄骨量）　・鉄筋量・鉄骨量とは軸体断面の主部材の断面積
・A_Cはコンクリート断面積　・靭性率＝終局変位/降伏変位　・No.1～10の帯鉄筋は重ね継手，No.11は溶接

3、試験結果及び考察

各々の供試体の降伏変位・降伏荷重・最大荷重・靭性率は、表－1に示すとおりである。今回の試験結果より以下のことが言える。

(1)、SRCとRCとを比較すると、同一鋼材量では降伏荷重・最大荷重にほとんど差がないが、靭性率ではSRCのほうがすぐれている。これは、降伏は曲げによって生じるのに対し、最終破壊はせん断スパン比が5程度でも、正負交番のせん断ひびわれが交差してせん断破壊が生じるパターンであるので、SRCは鉄骨自体でせん断抵抗を持つことなどにより、せん断破壊に対して有利になるためと思われる。

(2)、鉄骨鉄筋比が0.4:1～2:1の範囲では、鉄骨鉄筋比が大きくなるにつれて靭性率が増加する傾向にある。

(3)、SRCの破壊荷重（最大荷重）は、鉄骨を鉄筋に換算して（鉄筋換算方式）、終局強度理論により計算した破壊荷重とよく合うと言われているが、今回の試験においてもほぼ一致した。

4、SRC橋脚の耐震性について

今回の結果より、SRC橋脚の耐震性については、概略以下のことが言える。

(1)、降伏以後の挙動も考慮して、強震時の橋脚の動的応答解析を行う際の荷重－変位のヒステリシスループは、武藤氏のDegrading Tri-linear Modelを用いれば、おおよそ近似できると思われる。また、降伏以後の減衰定数の変化については、今回の試験よりもとまった等価粘性減衰定数h_{eq}が、塑性率4以下で武藤氏の提案式にほぼ等しいので、次式を用いればよいと思われる。

$$h = \frac{1}{\pi}\left(1 - \frac{1}{\mu}\right)$$　　h：減衰定数　μ：塑性率（発生変位/降伏変位）

(2)、SRC橋脚にかかわらず重要構造物においては、現在行われて強震時の検討（水平設計震度k_h=0.2≒200gal）のみにかかわらず、激震時の検討も行う必要があると思われる。激震時においては、部材の応力は降伏を越すが、構造物全体系でみた場合に崩壊を生じない必要がある。この点から言えば、SRC橋脚はRC橋脚に比較して靭性があり、崩壊を生じる危険性が少ないと言える。

(3)、せん断スパン比が5以上で、せん断に対しても十分に安全であると思われる場合においても、降伏以後のせん断耐力の低下及び鉄骨・鉄筋の座屈等を十分に考慮して設計を行う必要がある。

5、あとがき

今回は、SRC橋脚の設計を行う際の基本的項目に着目して試験を行った。今後は、設計細目（帯鉄筋間隔・斜材量等）に関する試験を行うとともに、塑性率の増加に伴うせん断耐力の変化について把握する必要がある。また、実際の地震時の挙動をより適確に把握するため、振動台を用いた動的載荷試験を行う必要があると思われるので、昭和55年度も引き続き試験・解析を行う予定である。