アラミドロープを用いたＲＣ橋脚の鉄筋断落し部のじん性補強に関する研究

（独）土木研究所寒地土木研究所　○三田村　浩
（株）高速道路総合技術研究所　本間　淳史
長岡技術科学大学　下村　匠
長岡技術科学大学　丸山　久一

１．目的

我が国では，平成7年度の兵庫県南部地震以降，緊急輸送道路における橋梁の耐震補強が進められている．特に積雪寒冷地域においては，冬季の低温環境や施工期間が短いといった耐震補強工事の施工部分に不利な条件を有するため，多数の橋梁の耐震補強工事を効率的かつ経済的に実施するためには，これらの条件に適応した新たな耐震補強工法を検討し，採用していくことも必要である．本報告では，積雪寒冷地域での経済性と施工性に配慮した耐震補強工法としてアラミドロープ巻付け補強の各ケースにおける実験およびその結果について報告するものである．

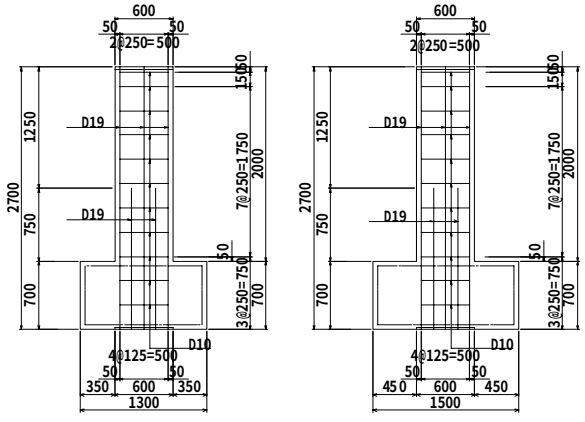
２．実験概要

実験は，鉄筋段落しを有する既設ＲＣ橋脚に対して，アラミドロープ巻付け補強を用いた場合の耐震補強の効果を確認することとした．試験体は，軸方向鉄筋の段落しを有する一般的なＲＣ橋脚を想定し，実験装置の関係から実構造の1/4の規模とした．柱高は2.0m，断面は0.6×0.6mの正方形とし，基部より0.75mの高さに軸方向鉄筋の段落しを設けた．**図－1**に試験体の形状寸法と配筋を示す．コンクリートの圧縮強度はf'_c=24Mpa，鉄筋はSD345材を用い，軸方向鉄筋はD19，帯鉄筋はD10である．鉄筋段落し部のせん断補強効果を検証するため，段落し部で曲げ破壊からせん断破壊移行型の破壊形態を示すように配筋した．実験は，**表－1**に示すように，アラミドロープ補強の効果を確認するため，ケース１を補強無しの基本試験体とし，ケース2～6をアラミドロープ補強で実施した．また，アラミドシート補強と対比するために，ケース7としてアラミドシート巻立て補強を実施した．**図－2**に試験体補強の概要を示す．実験パラメータは，ロープの巻付け間隔，樹脂含浸の有無による違い，アラミドロープのひび割れへの食込み防止対策として４隅のコーナー部に鉛直方向の等辺山形鋼の設置とした．

表－1 実験ケース

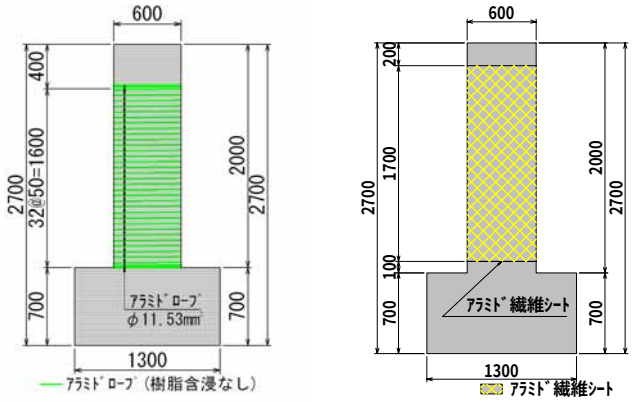
実験ケース	補強方法	巻付け		補助工法
		間隔 (mm)	断面積 (mm^2)	
1	補強無し	－	－	－
2	アラミドロープ巻付け	25	11.5	全体を樹脂含浸
3		25	11.5	－
4		12.5	11.5	－
5		50	11.5	－
6		25	11.5	コーナー部に等辺山形鋼
7	アラミドシート巻立て	－	－	－

(正面図)　(側面図)



図－1 試験体の形状寸法および配筋

(アラミドロープ補強)　(アラミドシート補強)



図－2 試験体補強概要

キーワード　耐震補強，アラミドロープ，正負交番載荷試験，変形性能，じん性率
連絡先　〒062-8602　札幌市豊平区平岸１条３丁目１番34号　(独)土木研究所寒地土木研究所　ＴＥＬ011-841-1698

なお，ケース7は補強範囲を柱基部より1.7mの高さまでとし，アラミド繊維シート（AK-40・1方向）を縦1層，アラミド繊維シート（AK-10・2方向）を横1層で巻立てた．

実験は鉛直方向載荷ジャッキにより上部工死荷重を想定した鉛直荷重120kN（333kN/m²）の軸力を一定に保持した状態で，水平方向載荷ジャッキにより水平方向の正負交番繰り返し載荷を行った．載荷は，各変位振幅ごとに3回とし，水平方向載荷荷重が降伏荷重以下に低下した時点を載荷終了とした．

３．実験結果および考察

3.1 ひび割れおよび破壊状況

ひび割れ状況の例を**写真-1**に示す．各試験体の破壊モードは，ケース1～6は，段落し部の降伏後の段落しの曲げ破壊，ケース7は基部の降伏後，基部耐力に達し，曲げ補強シートが剥離した．

3.2 変形性能

各ケースの変形性能を比較するため，終局変位の降伏変位に対する比で表されるじん性率を**表－2**に示す．

ケース1と比較して，ケース2およびケース3が1.2倍，ケース4およびケース5が1.5倍，ケース6が1.6倍程度のじん性率となっており，アラミドロープ補強は各ケースとも増加する結果となった．また，ケース7のアラミド繊維シート補強については0.9倍であり，じん性率の増加は見られなかった．ケース2～6でじん性率が増加しており，アラミドロープ補強工法においても，変形性能は向上することが確認された．また，ケース2とケース3の結果から，樹脂含浸の有無によって変形性能の向上度には差が現れていない．

これは，繊維シートと違ってロープ形状であることから樹脂の含浸面積がほとんど無いことに起因しているものと考えられる．

ケース3～5では，アラミドロープの巻付け間隔を変化させているが，巻付け間隔とじん性率との相関は得られていない．ケース3の1.2倍に対して，巻付け間隔が狭いケース4，および広いケース5は，いずれも1.5倍程度となっている．これは，ケース3とケース4，5の実験実施年度によるコンクリートの材料強度がそれぞれ25.2N/mm²と31.2N/mm²で若干異なったため，このような結果になったものと推定される．これらのことから，本実験で設定した範囲においては，アラミドロープ巻付間隔の変形性能への影響度は小さいものと考えられる．また，コーナー部に鋼材を設置したケース6は，他のアラミドロープ補強よりもじん性率が増加しており，鋼材による補強効果の影響が現れた結果となった．

(ケース 1)　　(ケース 3)

写真－1 ひびわれ状況写真

表－2 じん性率

実験ケース	正　負	変位(mm)		じん性率	ケース1に対する比率
		δ_{py}	δ_u	δ_u/δ_{py}	
1	＋	11	62	5.6	―
	－	-11	-56	5.1	―
2	＋	13	90	6.9	1.23
	－	-12	-82	6.8	1.33
3	＋	13	90	6.9	1.23
	－	-12	-75	6.3	1.24
4	＋	10	83	8.3	1.48
	－	-11	-85	7.7	1.51
5	＋	10	82	8.2	1.46
	－	-10	-78	7.8	1.53
6	＋	13	110	8.5	1.67
	－	-13	-93	7.2	1.41
7	＋	15	72	4.8	0.86
	－	-15	-68	4.5	0.88

４．まとめ

実験結果より得られた知見を整理すると，以下のとおりである．

(1)アラミドロープ巻付け補強により，ＲＣ柱の変形性能およびエネルギー吸収量が向上する。ただし，降伏剛性や最大曲げ耐力の増加は見られない．

(2)アラミドロープ巻付け補強において，樹脂を全面に含浸した場合と含浸しない場合では，変形性能の向上効果に差は見受けられないが，エネルギー吸収量は樹脂を含浸した場合がやや大きくなる．

(3)アラミドロープ巻付け補強において，コーナー部に鋼材を設置して補強した場合，補強無しに対して変形性能やエネルギー吸収量が向上する．