

鋼管で拘束した無筋コンクリートの押し抜きせん断耐力に関する実験的検討

JR 東日本(株) 正会員 井口 重信
 JR 東日本(株) 正会員 坂本 真紀

1. はじめに

鉄道用ラーメン高架橋の杭、柱、地中梁の接合部においては、杭と柱の主鉄筋の定着長が長く地中梁の高さが大きくなりコストや施工性の面で課題となることが多かった。そこで、図 - 1 (a)に示すように、杭および柱の主鉄筋端部に機械式定着体を設け、その周囲を鋼管等で拘束して、主鉄筋の定着長を短くする構造を検討した。本論文では、両主鉄筋のすべてに引張荷重が作用した場合を想定し、鋼管で拘束された無筋コンクリートのせん断耐力の評価方法について、縮小模型試験体による載荷試験により検討したので、以下に述べる。

2. 載荷試験の概要

試験体略図を図 - 2 に、試験体の諸元および材料試験結果を表 - 1 に示す。なお、表 - 1 には後述する載荷試験結果についてもあわせて示す。試験体は、杭、柱、地中梁の接合部を要素的に摸したものであり、接合部周囲のコンクリートや内部に配置される鉄筋を省略し、杭と柱の定着体部分のみを載荷支点として残したものである(図 - 1 (b))。実構造物においては接合部周囲にフーチングや地中梁のためのさらに鉄筋コンクリート等で拘束され、また杭および柱の軸方向鉄筋の付着力なども期待されるため、

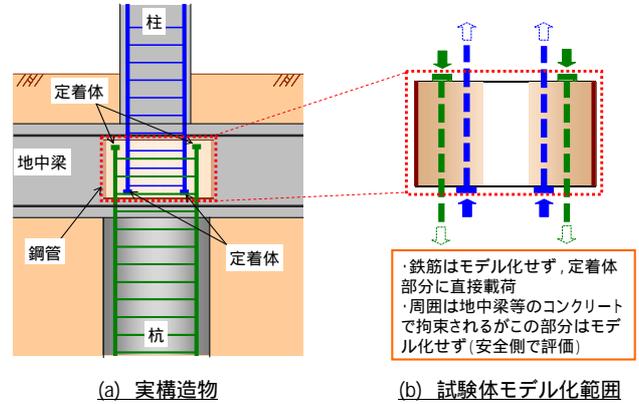


図 - 1 試験体モデル化範囲

耐力はさらに大きいものと考えられるが、本試験では現象を簡略化し安全側の評価が出来るような試験方法とした。

本試験では、鋼管による拘束効果の違いによる耐力の差を評価するため、鋼管外径(D)、鋼管板厚(t)、をパラメーターとした。上側の載荷点および下側の支点には D16 の鉄筋に用いられる一般的な定着体寸法を参考に径 43mm、高さ 100mm の鋼製円柱治具を用いた。上側に置いた治具の上から載荷板を介して鉛直ジャッキにより鉛直下方へ静的に載荷を行った。計測項目は、載荷荷重、載荷板位置での鉛直変位のほか、鋼管周方向に貼付したひずみゲージによる鋼

表 - 1 試験体諸元および載荷試験結果

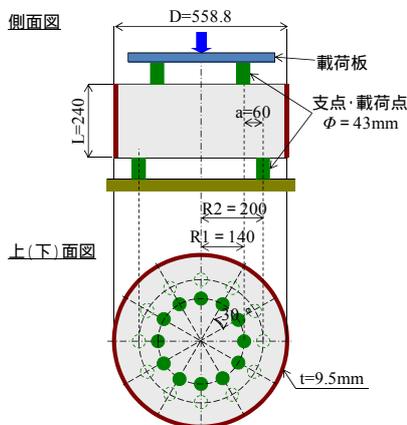


図 - 2 試験体略図(E5-9)

試験体名称	諸元						材料試験結果				載荷試験結果	
	外径 D(mm)	内半径 Ri(mm)	鋼板厚 t(mm)	t/Ri	上部載荷点位置 R1(mm)	下部支点位置 R2(mm)	コンクリート圧縮強度 $f_c(N/mm^2)$	コンクリート割裂強度 $f_t(N/mm^2)$	鋼管降伏ひずみ $\epsilon_y(\%)$	鋼管降伏応力 $f_{py}(N/mm^2)$	最大荷重 P_{max}	最大せん断応力 τ_{max}
E4-1	400.0	200.0	0.0	0.000	100	160	35.6	3.2	-	-	839	5.88
E4-2	406.4	200.0	3.2	0.016	100	160	35.6	3.2	1850	228	1646	11.54
E4-3	406.4	196.8	6.4	0.033	100	160	35.6	3.2	1774	319	2353	16.50
E5-1	550.0	275.0	0.0	0.000	100	160	37.7	3.3	-	-	965	6.77
E5-2	558.8	276.2	3.2	0.012	100	160	32.5	2.4	1850	228	1468	10.29
E5-3	558.8	273.0	6.4	0.023	100	160	37.7	3.3	2229	356	2224	15.59
E5-4	558.8	269.9	9.5	0.035	100	160	32.8	2.3	3097	359	1973	13.84
E5-5	558.8	266.7	12.7	0.048	100	160	23.1	2.1	2780	365	2225	15.60
E5-6	550.0	275.0	0.0	0.000	140	200	26.5	2.4	-	-	988	5.75
E5-7	558.8	276.2	3.2	0.012	140	200	28.8	2.7	1850	228	1628	9.48
E5-8	558.8	273.0	6.4	0.023	140	200	33.3	2.6	2229	356	2261	13.16
E5-9	558.8	269.9	9.5	0.035	140	200	33.3	2.6	3097	359	2685	15.62
E5-10	558.8	266.7	12.7	0.048	140	200	32.8	2.3	2780	365	2298	13.37
E7-1	700.0	350.0	0.0	0.000	100	160	31.8	3.0	-	-	976	6.84
E7-2	711.2	352.4	3.2	0.009	100	160	23.1	2.1	1850	228	1533	10.75
E7-3	711.2	349.2	6.4	0.018	100	160	31.8	3.0	2135	364	2079	14.58
E7-4	711.2	346.1	9.5	0.027	100	160	31.8	3.0	2135	364	2242	15.72
E7-5	711.2	342.9	12.7	0.037	100	160	32.8	2.3	2101	439	2114	14.82

キーワード せん断耐力, 無筋コンクリート, 拘束

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6 番 26 号 JR 東日本上信越工事事務所 工事管理室 TEL027-324-9369

管のひずみである．ひずみゲージは高さ方向に中央から 50mm ピッチ，周方向に 90 度ピッチで 20 枚貼付した．

3．載荷試験の結果

(1) 損傷過程

載荷初期において支点あるいは載荷点から割裂ひび割れが生じた．しかしその後も荷重が増加し続け，載荷点を結ぶ同心円から支点を結ぶ同心円の内側のコアコンクリート部分が押し抜かれるようにして耐力が低下した．試験終了後の損傷状況の例を図 - 3 に示す．試験終了後に，鋼管を撤去し中央の断面で切断して内部のひび割れ状況を確認したところ，載荷点の治具の中心と，支点の治具の中心を結ぶひび割れが見られた．このことから，載荷点治具を結ぶ円周から，支点治具を結ぶ円周へつながる円錐台状のひび割れが生じているものと思われる．鋼管による拘束がない試験体については，割裂ひび割れが発生し側面まで到達すると，円錐台状のコアよりも外側のコンクリート塊が剥落し荷重が低下した．

(2) 最大荷重

各試験体の最大荷重 P_{max} およびせん断応力 τ_{max} を表 - 1 に示す．せん断応力 τ_{max} は，最大荷重 P_{max} を上下載荷治具の中心を結んだ同心円同士を結んだ円錐台の表面積で序したものである．鋼管板厚 t が大きいほど，鋼管外径 D が大きいほど，せん断応力 τ_{max} は大きくなり拘束効果が見られた．また，鋼管で拘束しなかったものに比べて，鋼管で拘束したものは，最大で 2.8 倍のせん断応力となり，拘束することによるせん断耐力の向上が見られた．

4．考察

鋼管の拘束による中心方向への拘束圧は，薄肉円筒理論により，(鋼管板厚 t) / (鋼管内径 R_i) に比例することから¹⁾，鋼管による拘束効果を t/R_i で評価する．図 - 4 に t/R_i と τ_{max} の関係を示す．図 - 4 で，白抜きのプロットについては，最大荷重時に鋼管に貼付したひずみゲージの値のいずれかが降伏ひずみを超えたものである． t/R_i 以外のパラメーターが同一な試験体同士で比較すると， t/R_i が 0.03 を超えると，せん断応力は一定値に収束するような傾向が見られた．一方， t/R_i が 0.03 以下では，鋼管の一部が周方向に降伏したために拘束力が弱まったため，せん断応力が収束値まで達せず押し抜きせん断破

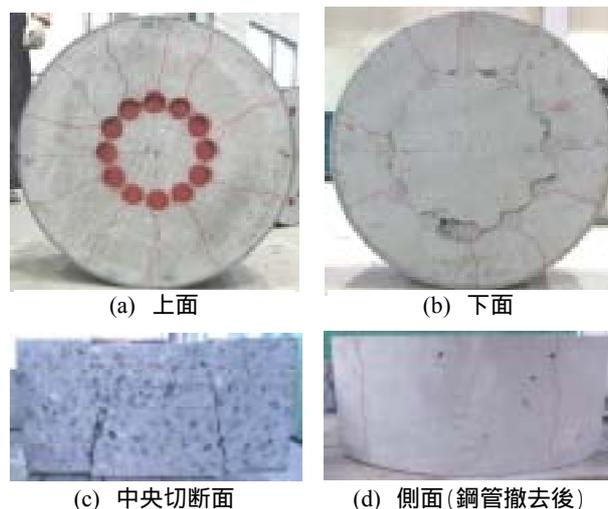


図 - 3 試験体の損傷状況 (E5-3)

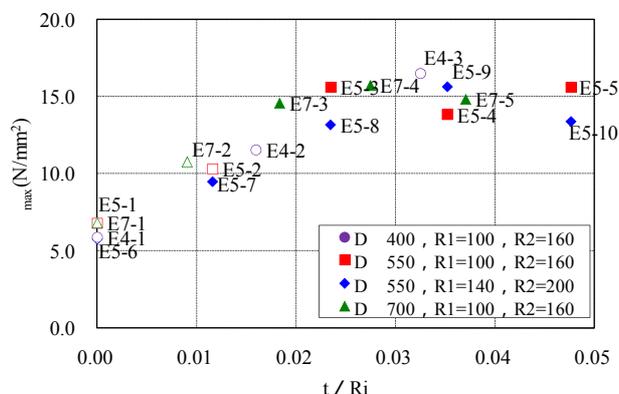


図 - 4 t/R_i と τ_{max} の関係

壊が始まったものと推測される．

5．まとめ

鋼管で拘束した無筋コンクリートの押し抜きせん断耐力について，本試験の範囲内において次のことが分かった．

鋼管で拘束することで，拘束しない場合と比較し最大 2.8 倍の押し抜きせん断耐力となった．

鋼管による拘束効果は (鋼管板厚 t) / (鋼管内径 R_i) によって評価ができると思われる．

鋼管による拘束効果には上限値があり， $t/R_i = 0.03$ 程度でせん断応力が収束した．

今後，さらに検討を加え，鋼管等により拘束を受ける無筋コンクリートのせん断耐力の評価式について検討していく予定である．

参考文献 1) 斉藤修一ら：鋼管に拘束されたコンクリートに埋め込まれた鉄塔脚の引抜き定着耐力に関する研究，土木学会論文集，Vol.63，No.2，pp.313-326，2007.6