

定着板方式による面外せん断補強法の研究

(その1) 研究概要

正会員○鶴巻 静雄\*1 同 西川 孝夫\*2  
同 北山 和宏\*3 同 姜 柱 \*4  
同 氏家 浩司\*1 同 速水由紀夫\*1

1. はじめに

原子力発電所の原子炉建屋ではシェル壁や基礎スラブに多量の主鉄筋の他に面外せん断力に対して数多くのせん断補強筋を配置する設計が行われている。このためせん断補強筋の配筋作業は非常に困難を伴っており、通常のフックによる定着方式を変更し、せん断補強筋端部を一端は135度フック付き、あるいは定着板方式で、他端は90度折り曲げフック型としている。また、ボルト付き定着板方式のせん断補強筋を用いた部材の力学的性状も明らかでない。本研究ではせん断補強筋の端部定着方式の違いが部材の構造的挙動に与える影響を実験により検討した。原子炉建屋の断面例を図-1に示す。

2. 実験計画

2.1 予備検討 実験に先立ち定着板方式としてネジフシ鉄筋の端部にナットと定着板を用いる工法に関する調査を行い、定着板方式の定着機構(鉄筋の付着力負担50%+定着板の支圧力負担50%)に基づく試験体の設計を行った。主要パラメータであるせん断補強筋端部の定着形状を図-2に示す。また、定着板方式を用いたせん断補強筋の基本性状を把握するため軸対称非線形有限要素解析による引き抜きシミュレーション解析を行い定着板方式の性能を把握した。アンカー定着板型とテーパ型ボルト解析モデルを図-3に示す。コンクリート軸対称ソリッド要素を用い、解析にはコンクリートの応力-歪関係、引張強度を超えた主応力の解除と一様分布ひびわれを仮定、塑性性状(Drucker-Prager の降伏条件)等を考慮している。解析結果を図-4に示す。初期剛性はテーパ型が低い、ある荷重を超えると逆にアンカー定着板型の剛性が急激に低下し、15.5tfで両者共ボルト降伏している。両者ほぼ同等の定着性能を有すると考えられる。

2.2 試験体 試験体の試験区間の寸法・形状はシェル壁の壁厚を約1/6に縮小した厚さ0.3m試験体で、幅はアンカーボルトの引き抜き耐力評価領域(厚さの約2倍)を考慮し0.6m、長さは実機シェル壁の応力状態(シアスパン比 M/Q=1.18)を模擬し0.6mとした。尚、試験体の全長は加力方法を考慮し約4mとした。図-5に試験体の寸法・形状を示す。

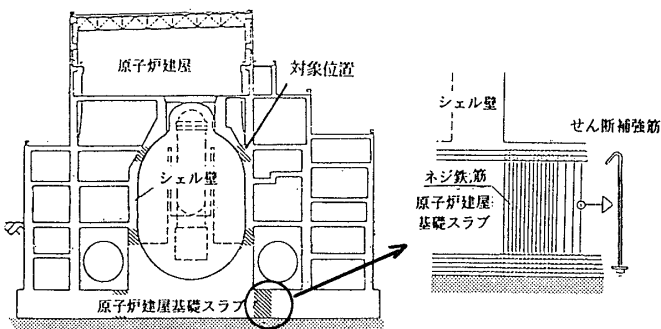


図-1 原子炉建屋断面(例)

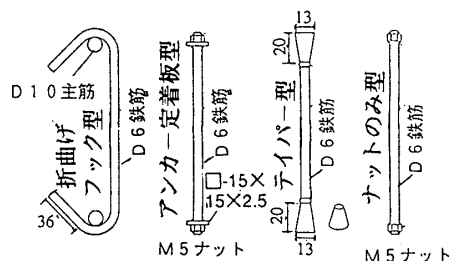


図-2 せん断補強筋定着部形状

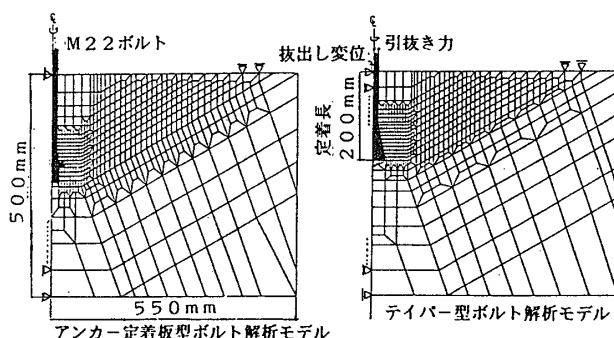


図-3 定着板の引き抜きシミュレーション解析モデル

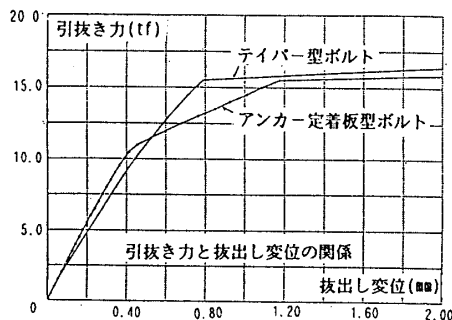


図-4 軸対称非線形FEM解析結果

A Study on Plate Anchor Detailing System of Shear Rebar with Out of Plane Force.  
Part1 Outline of Study

TSURUMAKI Shizuo, NISHIKAWA Takao, KITAYAMA Kazuhiro  
JIANG Zhu, UJIIE Koji and HAYAMI Yukio

試験体の種類を一覧にして表-1に示す。試験体数ははり型試験体7体で、せん断補強筋として通常の135度フックとした試験体B、せん断補強筋端部にアンカー定着板の付いた試験体A1~A4、ナットのみ試験体Kc、テイパー型の試験体KA1とした。なお、試験体A4は主筋比が実機を模擬した(他6試験体の主筋比の1/2)ものである。試験体A2ではせん断補強筋端部位置は最外縁主筋と同レベルにあるのに対し試験体A3では2段目主筋と同レベルにある。試験体A1では横拘束筋なしとし横拘束の影響を検討した。

テイパー型定着部の試験体KA1の配筋を代表例として図-6に示す。主筋の配筋は、試験体A4が上下端共6-D10を3段配筋(Pt=0.84%)とし試験体A4以外は各試験体共、上下端12-D10の3段配筋である。せん断補強筋比は各試験体共、(6-D6@50)0.64%、横拘束筋は試験体A4が6-D10、A4以外で12-D10をそれぞれ6列配筋した。

試験体に使用したコンクリートと鉄筋の性質を表-2~3に示す。

2.3加力および計測 実機対象部位の応力状態を考慮して加力履歴は片振り(一方向)繰返し載荷とした。加力は油圧ジャッキを用いて、大野式の逆対称曲げせん断加力を行い、変位制御でせん断ひびわれ発生サイクル(1mm)、2mmと主筋降伏サイクル(4mm)を繰返し、最終4サイクル目に破壊に至らした。

加力装置の概要を図-7に示す。

計測は変位(加力点および試験体中央の鉛直変位)、試験区間の相対変位(軸方向、斜め方向)と鉄筋ひずみ(48点/体)等を計測した。

3. 評価項目

実験結果を耐力、靱性、破壊モードの観点より各定着方式の差による構造的挙動の違いを試験体A2を基準にして比較した。各定着方式の性能評価は実機模擬試験体A4を最終的に基準し、通常の折曲げフック型と同等かそれ以上の構造性能があるかを判断した。

謝辞

本研究は東京都立大学と鹿島建設(株)の共同研究であり協力戴いた、芳村 学、津村浩三、見波 進の各氏(以上東京都立大学)、長島博隆氏他(鹿島原子力設計部)、小林秀行氏(株)アルテス)、大森信次氏(大森E&C)および東京都立大学工学部建築学科の学生諸君に感謝致します。

(参考文献)宮下、速水「有限要素法によるヘッド付きアンカーの引抜き実験解析」日本建築学会大会論文梗概集 昭和59年 PP1123~1124

表-1 試験体一覧

シリーズ名 (P: %)	せん断耐力確認 (1.68%)		実施設計確認 (0.84%)		
横拘束筋の有無	無し		有り		
定着位置	深い	浅い	深い		
定着方式	折曲げフック型	B			
	アンカー定着板型	A 1	A 2	A 3	A 4
	テイパー型	K A 1			
	ナットのみ型	K C			

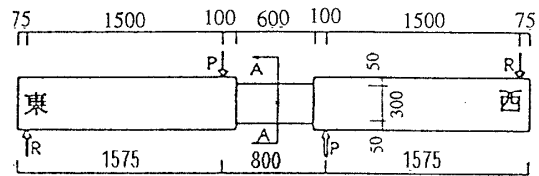


図-5 試験体の寸法・形状 (a) 試験体側面図

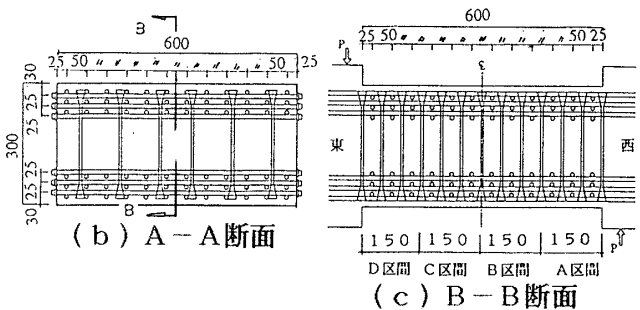


図-6 試験体の配筋

表-2 コンクリートの材料試験結果

	材令 (日)	封緘養生		
		圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	弾性係数 (10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	割裂強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
豆砂利コンクリート (10mm)*1	57*2	350	2.41	26.2

\*1 粗骨材の最大寸法  
\*2 実験開始時

表-3 鉄筋引張試験結果

使用鉄筋	使用部位	降伏点 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ (μ)	伸び率 (%)
D6	せん断補強筋	3720	4940	1.88	1980	30
D10	主筋 横拘束筋	3620	5170	1.86	1940	28

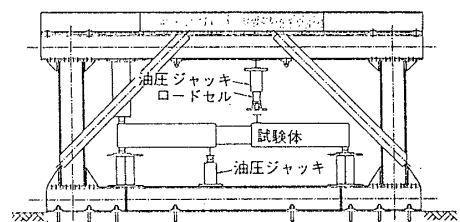


図-7 加力装置概要

\*1 鹿島建設(株)  
\*2 東京都立大学建築学科 教授・工博  
\*3 東京都立大学建築学科 助教授・工博  
\*4 東京都立大学建築学科 工修

Kajima Corporation  
Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.  
Assoc. Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.  
Graduate School, Tokyo Metropolitan University.