

鋼製地中連続壁とRC内壁との一体壁の水平方向せん断耐荷挙動について

新日本製鐵(株)鋼構造研究開発センター

” 建材開発技術部

正会員 豊島 径
正会員 広沢規行
正会員 田崎和之
正会員 石田宗弘

1. はじめに

大深度化の傾向にある地下鉄駅舎やシールドトンネル発進・到達立坑等、土留め構造物を経済的に建設する目的で、鋼製地中連続壁(略称:鋼製連壁)とRC内壁との一体壁化(図-1参照)を指向している。立坑等、水平方向断面の隅角部には水平方向面外曲げせん断力が発生するため、一体壁水平方向せん断力の力学性状を解明しその設計法を確立することは重要な課題である。本報告は、この鋼製連壁とRC内壁との一体壁の水平方向断面のせん断耐荷性能について実験的に検討を行ったものである。なお、本一体壁の水平方向断面は、鋼製連壁部がフランジに継手を有するダイヤフラムタイプのサンドイッチ構造で、それとRC内壁部とをずれ止めを介して一体化した新しい形式の合成構造となっている。



図-1 鋼製連壁の一体壁(水平方向断面)

2. 試験概要

図-2に試験体ならびに載荷概要を示す。表-1に示す3つのパラメータに着目した4ケースについて梁型試験体を用いて4点曲げ試験を実施した。使用材料を表-2に示す。なお試験体寸法は実大の1/3~1/5の縮小を想定し、せん断スパン比 a/h は2.5とし鋼製連壁とRC内壁の高さの比は経済的に有利になると思われる1:2とした。また鋼製連壁部材の内面は、泥膜付着を考慮しグリスを塗布して

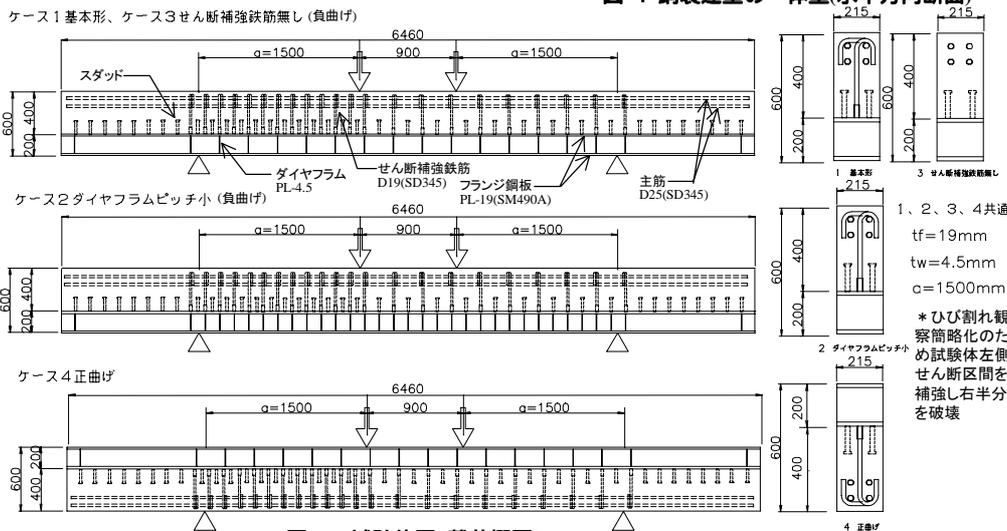


図-2 試験体図(載荷概要)

中詰コンクリートとの付着を切り、RC内壁との境界面は無処理とし頭付きスタッド等のずれ止めを配置した。フランジの継手はダイヤフラムタイプサンドイッチ構造のせん断耐力を低下させないことが、単独壁の実験で明らかになっている¹⁾ので、本試験体では継手を省略した。

表-1 試験ケース

パラメータ	ダイヤフラム	せん断補強鉄筋比	正 / 負曲げ
試験ケース名	ピッチ (mm)	(%)	
1 基本形	270	0.49	負曲げ
2 ダイヤフラムピッチ小	135	0.49	負曲げ
3 せん断補強鉄筋無し	270	0	負曲げ
4 正曲げ	270	0.49	正曲げ

表-2 材料試験結果

鋼材材料試験結果		
使用材料	鋼材種類	降伏点 (N/mm ²)
ダイヤフラム(PL4.5)	SM490	393
フランジ(PL19)	SM490	346
RC内壁部主筋(D25)	SD345	406
RC内壁部せん断補強鉄筋(D19)	SD345	383
コンクリート材料試験結果		
試験ケース名	圧縮強度 (N/mm ²)	備考
ケース1	32.9	鋼製連壁部
	38.0	RC内壁部
ケース2	33.6	鋼製連壁部
	39.2	RC内壁部
ケース3	35.7	鋼製連壁部
	34.6	RC内壁部
ケース4	36.2	鋼製連壁部
	36.4	RC内壁部

3. 実験結果および考察

3.1 耐荷挙動の特徴について

表-3に試験結果の一覧を、図-3,4にケース1,4の最大荷重直後の試験体ひびわれ状況を、図-5に荷重-中央たわみ関係を、図-6に縦軸に全せん断力を横軸に鋼製連壁のダイヤフラムの軸力つまり鋼製連壁の負担するせん断力を示したグラフを示す。表-3より全ケースのせん断耐力は、鋼製連壁とRC内壁との累加型せん断耐力評価式による計算値以上のせん断耐力を有することがわかる。しかし4ケースの終局耐荷特性には、以下のような2つの類型が見られた。図-3よりケース1では、RC内壁部において載荷点付近で伸びてきたひびわれが貫通し破壊したが、鋼製連壁部においては支点寄り2ヶ所のコアコンクリートに対角線上に斜めひびわれが生じたのみで破壊は見られなかった。ケース2でも同様であった。これに対し図-4よりケース3,4ではRC内壁部の圧壊と同時に鋼製連壁部のコアコンクリートの圧壊が生じ終局を迎えた。また図-5よりケース1,2については荷重-変位曲線が最大荷重までほぼ直線的に変化し、最大荷重後、荷重が急に低下する挙動を示したのに対し、ケース3,4については最大荷重付近でなだらかに変化する挙動を示したことがわかる。さらに図-6よりケース1,2の鋼製連壁部のせん断耐力負担割合は最大荷重までほぼ直線的に変化したのに対し、ケース3,4のそれはそれぞれ

キーワード：鋼製地中連続壁、一体壁、サンドイッチ構造、水平方向断面、せん断耐荷性能
連絡先：〒293-8511 千葉県富津市新富20-1 Tel 0439-80-2206 FAX 0439-80-2745

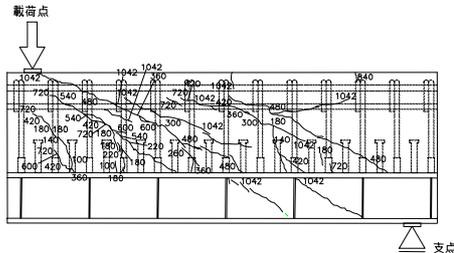


図-3 最大荷重直後の試験体ひびわれ状況(ケース1右半分)

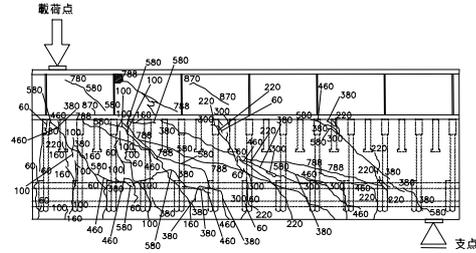


図-4 最大荷重直後の試験体ひびわれ状況(ケース4右半分)

表-3 試験結果一覧

試験ケース名	鋼製地下連続壁部: Vou(KN)	せん断耐力計算値 RC内壁部 (KN)			合計値: Vou+Viu(KN)	試験最大荷 重時せん断 Vmax(KN)	Vmax/Vou+Viu
		コンクリート棒部 材: Vcu	せん断補強鉄 筋: Vry	合計: Viu=Vcu+Vry			
1 基本形	112	104	145	249	361	520	1.44
2 ダイヤフラムピッチ小	204	105	145	250	453	568	1.25
3 せん断補強鉄筋無し	117	101	0	101	218	339	1.55
4 正曲げ	106	84	145	229	335	443	1.32

注1) 鋼製地下連続壁部のVouはダイヤフラムタイプサンドイッチ構造のせん断耐力計算式²⁾に基づき算出した。

注2) Viuは、負曲げの時はd=40.95cm、正曲げの時はd=40.91cmとしたRC棒部材のせん断耐力計算式に基づき算出した。

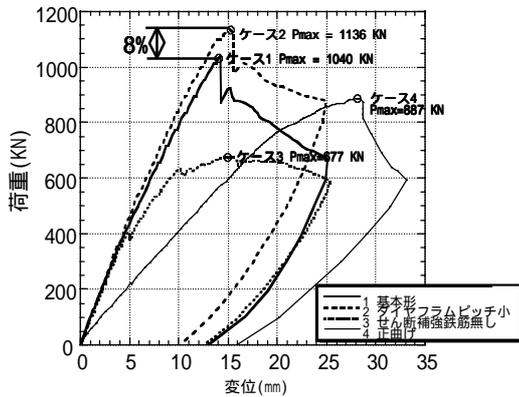


図-5 荷重-梁中央部たわみ関係

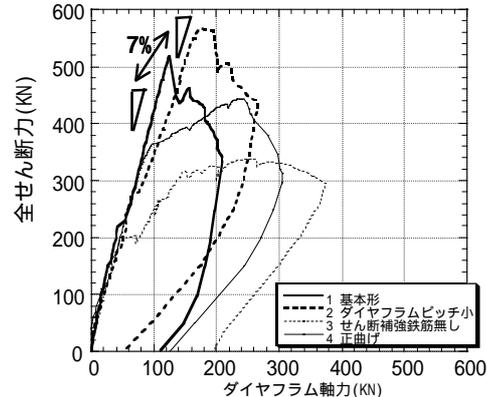


図-6 全せん断力-ダイヤフラム軸力関係

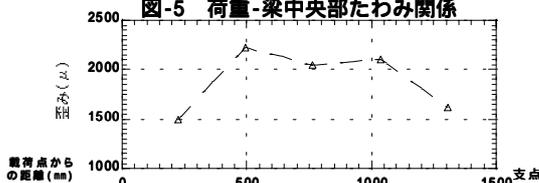


図-7 最大荷重時のせん断補強鉄筋歪み分布図(ケース1右半分)

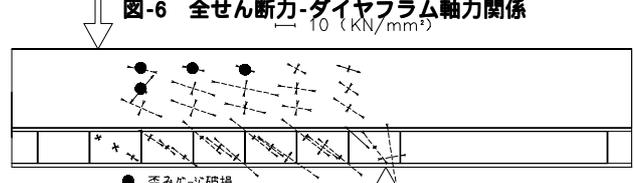


図-8 最大荷重時のコンクリート主応力分布図(ケース1右半分)

最大荷重の8割、6割の荷重で急増したことがわかる。これらより終局耐荷特性については、ケース1,2のパターンとケース3,4のパターンの2つの類型があることが判った。

3. 2 RC内壁部と鋼製連壁部の耐荷メカニズム

図-7にケース1のせん断補強鉄筋歪み分布を、図-8にケース1の最大荷重時のコンクリート主応力分布図を示す。図-7より最大荷重時せん断区間中央のせん断補強鉄筋は降伏しており、RC内壁部にはトラス的機構が発現していることがわかる。また図-8よりRC内壁部の主応力方向を見ると支点付近の傾きが大きく、せん断区間では小さくなっていることからアーチ的機構も存在していると考えられる。また鋼製連壁部のコアコンクリートには対角線上に明確な圧縮斜材の形成が認められ、鋼製連壁部はせん断力に対して明確なトラス機構で抵抗していることが判る。これら挙動はケース1以外の他全てのケースでも同様な結果となった。以上よりRC内壁部のせん断耐力はRC棒部材として評価すれば安全側となること、鋼製連壁部のせん断耐力についてはダイヤフラムタイプサンドイッチ構造のせん断耐力評価式を適用できると判断される。

3. 3 終局耐力算定方法について

以上よりケース3,4については、最大荷重時に鋼製連壁とRC内壁の両者がせん断耐力に達しているのに対し、ケース1,2については、最大荷重時にRC内壁のみがせん断耐力に達し、鋼製連壁はせん断耐力に達していなかったことがわかる。したがってケース3,4のtotalせん断耐力の算定には累加型せん断耐力評価式を適用できるが、ケース1,2のそれにはそれぞれのせん断力分担率を考慮して(例えば平面保持を仮定したせん断力分布)、一体壁の終局せん断耐力を評価する必要のあることが判った。

4. まとめ

- 1) 一体壁のRC内壁部の終局せん断耐力算定には、RC棒部材としての評価式を、鋼製連壁部のそれにはダイヤフラムタイプサンドイッチ構造せん断耐力評価式を適用できる。
- 2) せん断補強鉄筋の無い負曲げのケースならびにせん断補強鉄筋の有る正曲げのケースの一体壁終局せん断耐力の算定には、鋼製連壁部とRC内壁部との累加型せん断耐力評価式が成立する。
- 3) せん断補強鉄筋の有る負曲げのケースの一体壁終局せん断耐力の算定には、鋼製連壁部とRC内壁部各々のせん断力分担率を考慮する必要がある。

謝辞: 本研究を行うにあたり御指導頂いた北海道大学上田多門助教授に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 広沢・今福ら: 鋼製地中連続壁の水平方向合成構造梁の力学性状(その2), せん断性状, 土木学会第49回年次学術講演会, 1994.9.
- 2) 土木学会: 鋼・コンクリート・サンドイッチ構造設計指針(案), コンクリートライブラリー-73, 1992