

清水建設株式会社 正会員 ○河井 徹
 同 上 正会員 黒崎富士美
 同 上 坪沼 義雄

1. まえがき

山留壁には、所定の耐力、鉛直度、剛性などの品質が要求される他、地下水位の高い地盤では、特に完璧な止水性が要求されるが、従来の場所打ちモルタル杭（PIP杭）による柱列山留壁では、その止水性が不十分である。そこで、新たに、貧配合モルタルを使用した杭をラップ施工することにより、止水性の完璧な柱列止水山留壁工法（以下PIPL工法と称す）を開発した。本報告は、そのPIPL工法の施工方法、開発過程における貧配合モルタルの配合試験と模型耐力実験の一部を紹介するものである。

2. PIPL工法の概要と施工方法

PIPL工法の標準断面を図-1に示す。施工方法は、一本おきに $\sigma = 25 \sim 30 \text{ kgf/cm}^2$ の貧配合モルタルから成る先行杭を打設し、その後杭相互がラップするように後行杭を打設する。後行杭は、図-2に示すように、特殊なオーガの回転を停止したまま引上げるため、先行杭にはぼ部を形成することになり、杭相互の一体化を図っている。その後、山留耐力材である形鋼を杭一本おき、あるいは杭全数に挿入する。

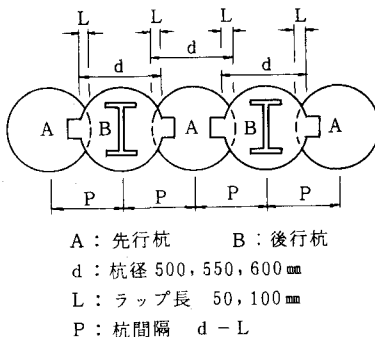


図-1 PIPL工法の標準断面

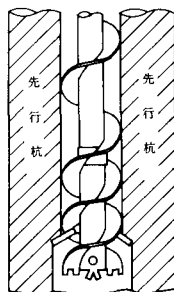


図-2 後行杭の施工方法

3. 貧配合モルタルの配合試験

3.1 実験方法 PIPL工法に使用する貧配

合モルタルは、オーガによるラップ施工が可能なこと、および、山留壁としての耐力があることが要求される。その必要な圧縮強度を $\sigma_{28} = 20 \sim 40 \text{ kgf/cm}^2$ と想定して、モルタルの配合試験を実施した。要因と水準を表-1に示す。セメントは、N社製普通ポルトランドセメント（OP）、フライアッシュセメントB種（FB）、高炉セメントB種（BB）、普通ポルトランドセメントに高炉スラグ粉末を内割りで66%および80%混入したもの（B66、B80）の5種類とし、水結合材比は3水準とした。材料分離防止の目的で、H社製ベントナイト（比重2.58、300メッシュ）を結合材に対して、Be/C=20.8%使用した。細骨材は利根川産川砂（比重2.58、粗粒率1.80）とした。練りまぜは注入モルタル用ミキサで3分間行なった。砂結合材比は、モルタルの練り上がり直後のプロートの流下時間が10～13秒になるよう定めた結果1.97～3.23であった。供試体寸法は $\phi 5 \text{ cm} \times h 10 \text{ cm}$ とし、材令7日で脱型し、その後は水中で標準養生した。

3.2 実験結果と考察 材令28日の圧縮強度試験結果を図-3に示す。セメントの種類によらず、圧縮強度は結合材水比

表-1 試験配合の要因と水準

要 因	水 準
セメントの種類	OP, FB, BB, B66, B80
水結合材比 (%) (結合材水比)	235, 195, 175 (0.426, 0.513, 0.571)

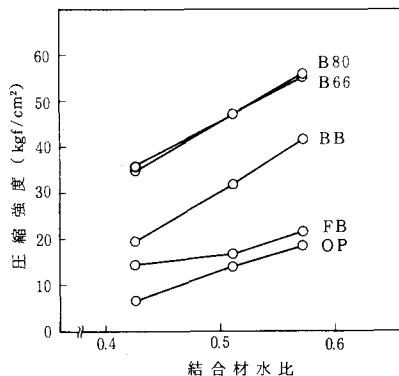


図-3 結合材水比と圧縮強度との関係

の増加にほぼ比例して増加しており、本実験の範囲では、ベントナイトを混入した貧配合モルタルでもセメント水比説の理論の延長ができるものと考えられる。また、圧縮強度はセメントの種類により相違し、 $OP < FB < BB < B66 \approx B80$ の順に大きくなっている。この傾向は一般のコンクリートの場合と異なり、ベントナイトを混入した貧配合モルタルでは、混和材による圧縮強度の増加効果が非常に大きいことが判る。

4. 模型耐力実験

P I P L 工法では、根切り深さが10m程度までは、耐力材である形鋼を杭一本おきに挿入する場合が多い。その際のモルタル杭部分の耐力が不明なため、模型供試体を作製して耐力の推定を行なった。なお、モルタルの配合は、 $\sigma_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$ とし、前述3の結果を基にして、表-2の配合とした。

4.1 実験方法 供試体は標準杭径 550mm の $1/2$ とし、厚さ10cmとした。型わくは木製とし、先行杭部分の打設後7日で、後行杭部分を打設した。打継ぎ目はグリースを塗布した。供試体の種類は、形鋼の挿入が先行杭と後行杭の場合の2種類および一体化の計3種類とした。載荷方法は図-4に示すようにモルタル杭部分に等分布荷重が作用するようにし、供試体の回転と横移動を押える目的で、両側の形鋼を固定した。

4.2 実験結果と考察 表-3に実験結果を示す。表中換算土水圧とは、山留壁に作用する土圧は形鋼挿入杭とモルタル杭との剛性に比例して作用し、水圧は両杭に均等に作用すると仮定した場合の土水圧を等分布荷重に換算した圧力であり、根切り深さが10mの場合の換算土水圧の最大値 10.4 tf/m^2 を大きく上回っている。また、図-4に示す有効高さ h のせん断面を仮定して、破壊時の平均せん断強度 τ を求めてみると、供試体AおよびBでは $\tau = 3.68 \sim 5.61 \text{ kgf/cm}^2$ 、供試体Cでは $\tau = 6.79 \sim 6.86 \text{ kgf/cm}^2$ が得られている。これらの値は、同一配合のモルタルを J I S 原案「せん断・圧縮荷重によるコンクリートの見かけのせん断強度試験方法（案）」に準じた試験で得られたせん断母強度 $\tau = 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ と比較して、供試体AおよびBではやや小さく、供試体Cではやや大きい。この理由は、供試体AおよびBでは接合面の形状の影響のため、また供試体Cでは横方向の拘束力の増加のためであると考えられる。

5. 結論と今後の課題

- (1) ベントナイトを混入した結合材水比が $0.426 \sim 0.571$ の貧配合モルタルでも、セメント水比説の理論がほぼ適用できること、また、混和材がそのモルタルの圧縮強度の増加に非常に有効であることが判った。
- (2) 形鋼を一本おきに挿入した P I P L の模型供試体を作製してモルタル杭部分の耐力実験を行った結果、その耐力は、根切り深さが10mの場合の土水圧に対して十分であると推定された。しかし、接合面の影響、供試体寸法のスケール効果による耐力低下など、不明な点もまだ多く残されている。それらを解明して、適切な設計方法を確立していくことが今後の課題であると考えられる。

表-2 モルタル配合 ($\sigma_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$)

水結合材比 W/C (%)	砂結合材比	Be 結合材比 Be/C (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
			C	S	W	Be
235	3.22	20.8	249	802	585	52

C : B 80

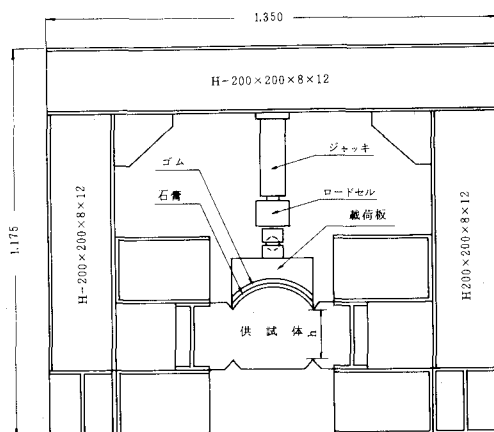


図-4 載荷方法

表-3 模型耐力実験の仕様と結果

供試体	形	入	杭の間の距離 (mm)	ラップ長 (mm)	供試体形状と破壊形状	破 壊 時		
						換算土水圧 (tf/m ²)	τ (kgf/cm ²)	
A	先行杭	—	450	100		4.67	51.7	3.68
						5.29		
						5.55		
			500	50		4.08	39.3	4.29
						3.95		
						3.76		
B	後行杭	—	450	100		8.02	78.7	5.61
						7.90		
						7.69		
			500	50		3.28	34.3	3.74
						3.36		
						3.64		
C	—	—	450	100		9.36	95.4	6.79
						9.48		
						9.78		
			500	50		6.68	62.8	6.86
						6.00		
						6.16		