

보강 토 옹 벽 에 대 한 모 형 실 험  
- Model Test of Reinforced Earth Retaining Walls -

안양공업전문대학 토목과

조교수 류연길

## 목 차

1. 서 론
2. 실험  
2-1 사용 재료  
2-1-1 전면판  
2-1-2 보강재  
2-1-3 뒷채움 흙  
2-1-4 전면판과 보강재의 연결부  
2-2 실험장치 및 측정기구  
2-3 실험방법
3. 실험결과 및 고찰  
3-1 흙과 보강재의 마찰  
3-2 보강재의 인장응력과 변형본포  
3-3 최대인장응력의 위치와 파괴면  
3-4 벽체의 변형과 붕괴
4. 결 론  
참 고 문 헌

## 1. 서 론

흙 입자 그 자체는 고체이지만 강철과 같은 결정체가 아니므로 이들이 강하게 부착되어 있지 않다. 즉 불연속체 (Discrete Material) 이다. 따라서 흙 입자는 쉽게 분리될 수 있으며, 외력을 받으면 입자 상호간의 변위가 일어나 그 의 이용에 적지 않은 제약을 받는다.

이와같이 흙의 약점을 보강하는 방법에 대한 연구는 오래 전부터 시도되어 왔다. 최근에 와서는 이론적 및 실험적인 연구가 진행되어 왔고, 실용화에도 큰 진전을 보아 실제로 많은 토질구조물이 축조되었다.

흙을 보강하는 방법은 인장력, 압축력, 전단력, 휨력 등에 저항할 수 있는 요소를 흙속에 넣어 변형이나 파괴 등에 저항하여 흙의 성질을 개선하는 방법이 대부분이다. (7)(23)(25)(28)

이들 흙의 보강방법중에서 흙속에 인장력이 큰 스트립 (Strip) 모양의 보강재를 넣어 흙과 보강재 사이의 상호 마찰작용에 의하여 내적으로 안정시킨 것을 보강토 (補強土)라 한다. 보강토는 프랑스어로 Terre Armée 로 표기하며, Terre란 흙을 의미하고 Armée란 보강한다는 뜻이다. 영어로는 Reinforced Earth라 하며, 일본과 우리나라에서는 보강토 또는 강화토라 한다. 또한 보강토의 원리를 토류구조물의 축조에 이용한 것을 보강토 옹벽 (補強土擁壁, Reinforced Earth Retaining Walls)이라 한다. 보강토 옹벽은 전면판 (Skin 이라고도 함), 보강재, 뒷채움 흙, 전면판과 보강재의 연결부로 구성되어 있으며, 외관상 종래의 철근콘크리트 옹벽이나 석축, Block 옹벽과 유사하나 설계 및 시공방법과 안정기구 (機構)가 전혀 다르다. 보강토 옹벽에 있어서 토압에 저항하는 기본적인 원리는 뒷채움 흙과 보강재 사이의 마찰력이다. 일반적으로 뒷채움 흙은 내부 마찰각이 큰 비점성토가 사용되며 전면판은 보강재를 고정시키고 흙이 흘러 내리는 것을 방지하는 역할을 한다.

보강토공법을 처음으로 개발한 것은 프랑스의 Henri Vidal 로 1963년 에 특허를 취득한 후 프랑스의 토목학회지에 발표하여 RC 및 PC 이후의 훌륭한 발명품이라 평가되고 있다. 그 후 프랑스의 LCPC 에서 본격적으로 연구가 시작되었으며, 미국, 영국, 일본 등 각국에서 이와 유사한 연구가 활발히 진행되었다. 또한 보강토공법에 관한 국제 심포지움이 열렸다.<sup>(20)</sup> 이와 같은 연구 결과, 보강토공법의 원리를 이용한 각종 토목구조물이 상당수 축조 되었으며, 특히 토류구조물의 축조에 많이 이용되었다. (10)(17)(24)(30)

우리 나라에서는 보강토공법의 원리를 이용한 보강석축에 대한 모형 실험<sup>(1)</sup>과 보강토공법에 관한 연구<sup>(2)</sup>가 발표되었으나, 이 공법의 이용에 관한 인식 부족과 특히 관계로 몇 개소의 시험시공된 보강토 옹벽에 관한 시공 보고서<sup>(3)(4)</sup>가 있을 뿐이다.

실제로 보강토 구조물의 설계에 있어서는 거의 대부분이 Composite Model 의 거동을 이용한 전설계요소 (Global Parameters)를 고려하지 않고 흙과 보강재의 두 구성요소 사이의 각각 제시된 설계요소를 사용하여 계산되고 있다. 이와 같은 주요 이유는 복합토(Composite Soil)의 비균질 (Heterogeneity)로 보강밀도가 균질하지 않기 때문이다.

결론적으로 보강토 옹벽에 관한 이론식 및 모형실험, 현장의 모형 실험<sup>(8)(12)(14)(15)(16)(22)(27)(29)</sup> 등에 관한 연구가 상당수 발표되어 있으나 보강토 옹벽의 내부 거동에 관해서는 아직도 잘 이해되지 않는 부분이 많다.

본 논문에서는 보강토 옹벽의 합리적인 설계 및 시공방법의 기초적인 자료를 마련하기 위하여 보강토 옹벽을 실험실에 축조하여 모형실험을 실시하였다. 모형 보강토 옹벽내의 보강재상에는 Strain Gage를 부착하여 모형 보강토 옹벽의 내부 거동특성이 분석되었으며, 또한 벽체의 이동과 붕괴 형태가 조사되었다.

실험결과, 보강토 옹벽의 거동특성은 매우 복잡하며 이에 대한 이해를 얻기 위하여 각종 실험조건에 따른 계측과 분석이 필요하다. 또한 본 실험에서 만족스러운 결과는 얻지 못하였지만 이 새로운 축조방법에 의하여 축조된 옹벽은 매우 안정함을 알았다.

## 2. 실험

### 2-1 사용 재료

본 모형실험에 사용한 각 재료는 전면판과 보강재, 뒷축움모래 및 전면판과 보강재의 연결부로 그 성질은 다음과 같다.

#### 2-1-1 전면판

전면판은 5×5×5 cm 크기의 Mortar Block 을 실험실에서 제작하여 주로 사용하였으며, Block 의 평균 단위용적중량은 1.73g/cm<sup>3</sup> 이다. Block 의 각 면은 Grinder 로 갈아서 평활하게하여 Block 면에서의 마찰을 적게 하였다. 이는 모형 보강토 옹벽의 붕괴시 파괴 양상을 관찰하기 위한 것이었다. 또한 본 모형실험에서 전면판의 모양과 크기를 Pi.5 (d)와 같이

선택된 것은 실제 보강토용벽의 원형을 축소하여 모형실험하기에는 매우 어렵으며, 또한 연직의 보강토용벽이 많이 축조되고 있기 때문이다.

### 2-1-2 보강재

보강재는 인장력이 크고 적당한 마찰계수와 내식성을 갖는 판상(板狀), Wire상, 망상(網狀), 대상(帶狀)의 모양을 갖는 것이 사용되며, 재질은 강판(鋼板), 아연도금강판(亜鉛鍍金鋼板), 합성섬유 등이 사용된다.

본 모형실험에서는 비교적 재질이 굳질이고 본 모형실험에 적당한 인장강도와 마찰계수를 가진 Aluminium Foil 을 시중에서 구입하여 사용하였다. 보강재로 사용한 Aluminium Foil 은 폭이 1 cm, 길이 50cm, 두께 2/1000 in.(약 0.0508 mm) 이다. 보강재의 인장강도와 응력 - 변형 관계를 알기 위하여 보강재상에 Strain Gage 를 부착하고 Shimadzu Autograph Type S - 500의 일계 섬유인장강도시험기를 사용하여 측정된 결과 Fig.1 과 같은 응력 - 변형률곡선을 얻었다. 보강재의 파괴 인장강도는 약 7 kg/cm<sup>2</sup>이며 또한 탄성계수는 약 3100 kg/cm<sup>2</sup>의 값을 나타내고 있다.

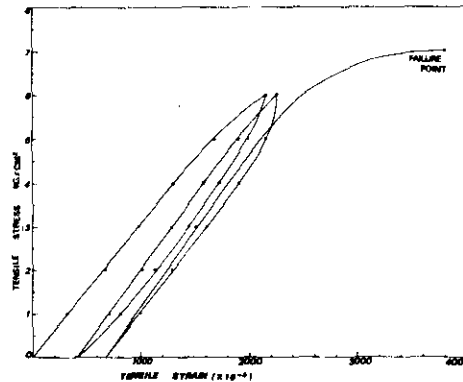


Fig. 1 Relationship Between Tensile Stress - Strain Curve of Aluminium Foil Strip.

### 2-1-3 뒷 채움 흙

보강토에 사용되는 흙은 원리적으로 모든 자연에 존재하는 흙층에서 물리적, 화학적으로 처리된 흙이 가능하지만, 실제로는 충분한 마찰력이 생기는 모래, 자갈, 모래와 자갈의 혼합, 쇄석 등 비점성토가 주로 사용되며 점성토도 사용되고 있다.

본 모형실험에서는 보강토의 원리에 가장 접근하기 위하여 한강 모래를 No. 4번체로 사용하여 물로 깨끗이 씻고, 2 주 동안 실내에서 공기 건조시켰다. 본 시험에 사용된 모래의 성질은 Table 1과 같고, 입경가적곡선은 Fig. 2와 같다.

Table 1. Soil Properties of Backfill Sand in Model Test

Coefficient of Uniformity	Specific Gravity	Void Ratio	Relative Density	Unit Weight (g/cm <sup>3</sup> )
3.0	2.65	e <sub>max.</sub> 0.902	0.176	r <sub>dmax.</sub> 1.79
		e <sub>test</sub> 0.827		r <sub>dtest</sub> 1.45
		e <sub>min.</sub> 0.477		r <sub>dmin.</sub> 1.39

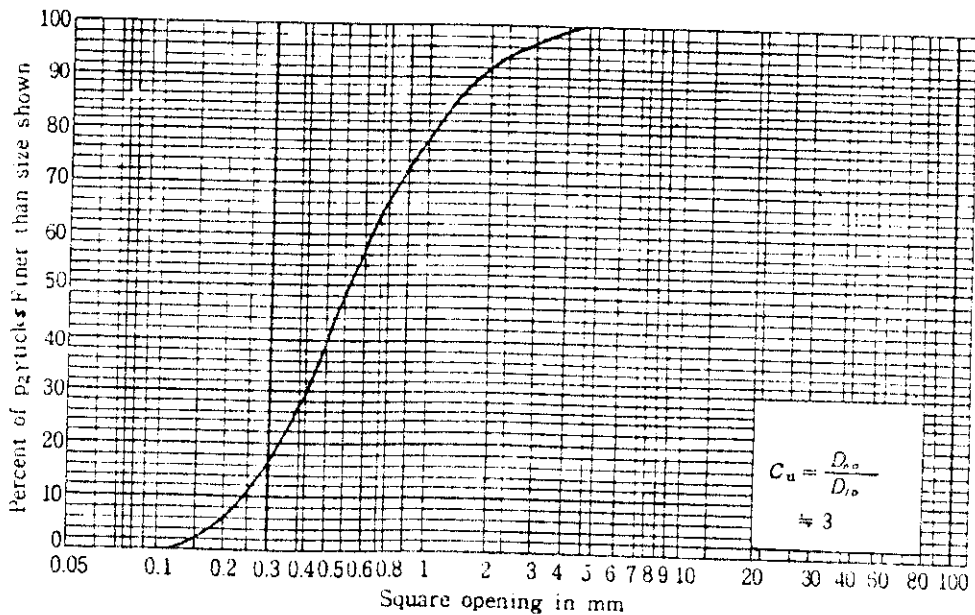


Fig. 2 Particle Size Accumulation Curve of Sand Used in Model Test

또한 공기건조시킨 모래의 내부 마찰각과 모래와 보강재 사이의 마찰각은  
 일면전단시험기를 사용하여 측정한 결과 Fig.3 및 Fig.4 와 같은 결과를  
 얻었다.

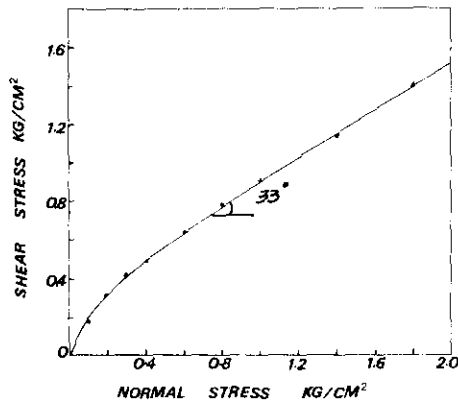


Fig. 3 Results of Direct Shear Test for Backfill Air-Dried Sand

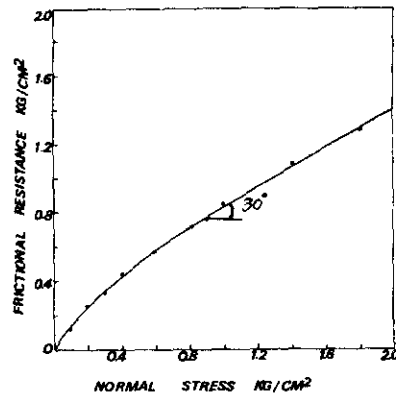


Fig. 4 Friction Resistance between Aluminium Foil and Backfill Air-Dried Sand

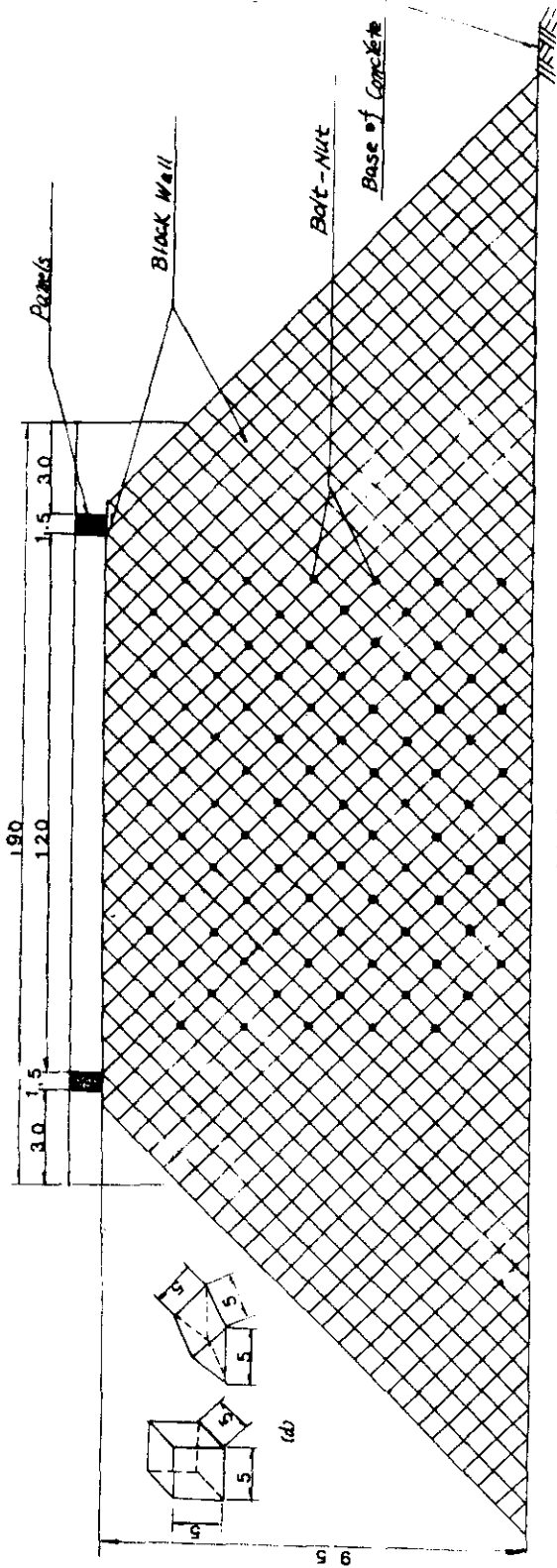
#### 2-1-4 전면판과 보강재의 연결부

전면판과 보강재의 연결부는 Fig.6 과 같이 제작하여 사용하였다.

#### 2-2 실험장치 및 측정기구

모형 보강토 용벽의 표준크기는 파괴면의 위치, 보강재의 배치간격 및 길이, 작업량, Side Friction<sup>(13)</sup>의 영향 등을 고려하여 Fig.5 와 같이 택하였다. 모형의 크기는 나비 120cm, 길이 90 cm, 높이 100 cm로 두께가 1.5 cm 인 판재를 사용하여 견고히 만들었다.

보강토 용벽내의 보강재에 생기는 인장응력 과 변형량은 일본의 Shinkok 회사의 Static Strain Meter 와 Switching and Balancing Box 를 사용하여 측정하였다. 또한 보강재에 부착하여 사용한 Strain Gage 는 형식이 KFC-5-C1-11 이고, Gage 길이가 5mm, 저항 120Ω, Gage Factor 2.12 ± 1% 인 Kyowa Denkyo 제품을 사용하였다.



(a) Front View

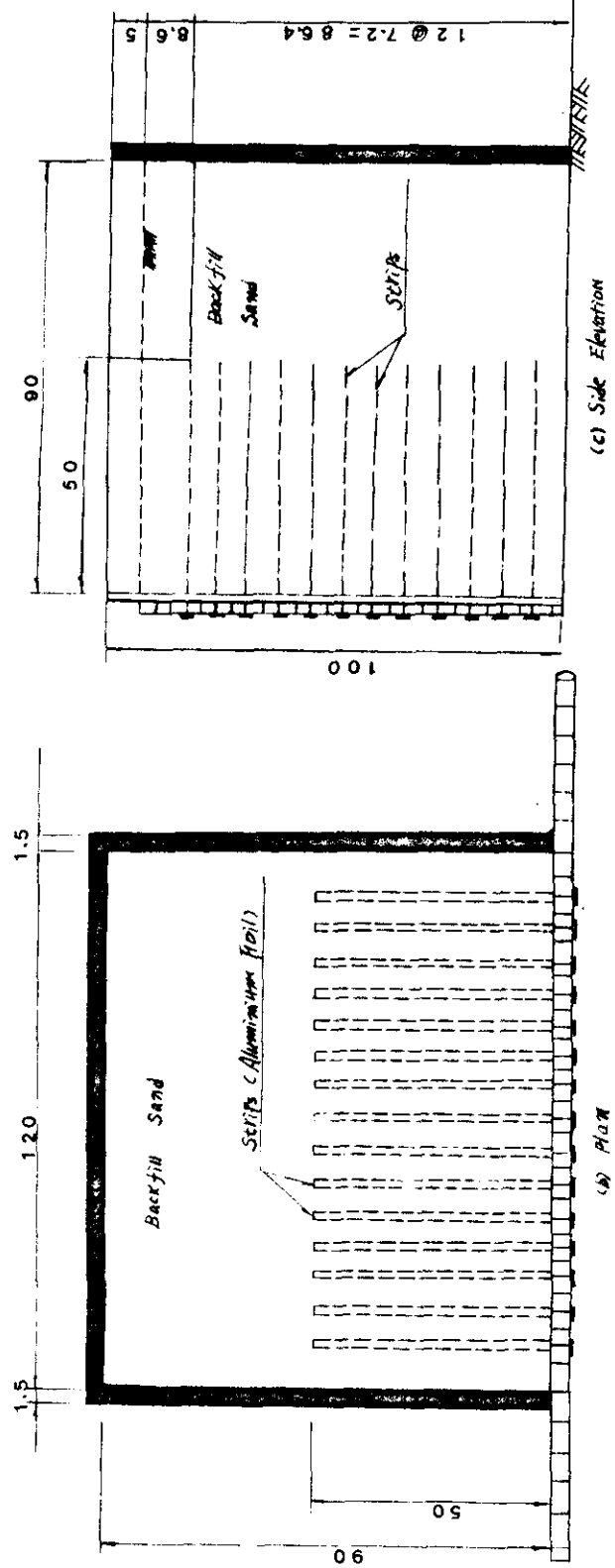


Fig. 5 Model Test Apparatus of Reinforced Earth Walls (cm)



## 2 - 3 실험방법

본 모형 실험에 앞서 모형 Block 용벽에 보강재를 넣지 않고 쌓았을 경우 붕괴 높이와 파괴 양상을 관찰하였다. 이 경우 축조 높이가 약 25.2 cm 에서 용벽 저면의 선단을 회전 중심으로 순간적으로 붕괴되었다.

본 모형 보강토 용벽은 벽 전면판을 Support 하지 않고 콘크리트 바닥면위에 Fig.5 와 같이 마름모 꼴로 하여 모트터를 바르지 않고 연직으로 쌓았다.

보강재의 배치간격은 수직 7.2 cm, 수평 14.4 cm로 하여 Fig6과 같이 정해진 위치에 Strain Gage 를 부착하고, 온도와 습도의 영향을 없애기 위하여 일제 접촉제를 얇게 Strain Gage 표면위에 발랐다. 또한 Side Friction 의 영향<sup>(3)</sup> (토류구조물의 모형실험에서 축조 높이가 약 1 m 에서 최대 10 % 정도가 된다.) 을 고려하여 Strain Gage 가 부착된 보강재를 용벽 중앙부에 수평하게 깔고 한층 약 7.2 cm 쌓았을 때 마다 보강재의 변형을 측정하였다. 그리고 모형 실험장치 내부의 면은 비닐을 사용하여 감싸었다.

벽체의 이동과 수평변위는 다이알 게이지를 벽 중앙부 전면에 설치하여 측정하였다.

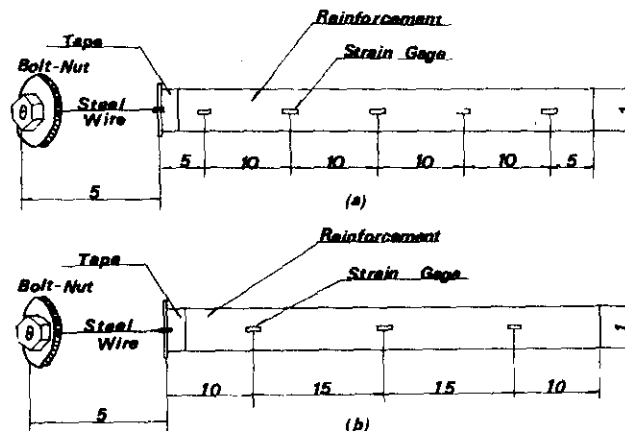


Fig. 6 Schematic Showing Location of Strain Gage on the Aluminium Foil Reinforcing Strips, Cm

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3-1 흙과 보강재의 마찰

보강토 응력이 내부적으로 안정하기 위해서는 흙과 보강재 사이에는 충분한 마찰력이 생겨야 한다. 즉 흙과 보강재의 마찰계수는 토압에 대한 보강재의 저항력 산정 및 안정검토에 매우 중요한 설계요소이다. 또한 보강토 응력 설계에 있어서 마찰계수는 보강재상의 평균 수직응력에 대한 발생한 최대전단응력의 비로 표시되는 겉보기마찰계수( Apparent Friction Coefficient,  $f^*$ )<sup>(28)</sup>가 사용된다. 이 마찰계수를 구하기 위한 실험 방법은 직접전단시험과 인발시험(Full-Out Test)이 사용되는데, 이 둘 두 시험 방법중 인발시험이 실제 구조물의 조건과 비슷하고 직접전단시험에 비해 더 정확한 마찰계수를 얻을 수 있으나, 시험방법이 간단하지 않아 일반적으로 직접전단시험에 의하여 구한 값이 설계에 많이 이용되고 있다.

본 모형실험에 사용된 보강재와 모래사이의 마찰각은 모래의 내부마찰각 보다 작게 나타나고 있다. 실험후 Aluminium Foil 의 표면을 조사한 결과 수평변위의 방향에 무수한 선이 보였다. 이 것은 전단시 계적변화에 의하여 토립자가 Aluminium Foil 의 표면을 활동했다고 본다. 또한 수직응력이 증가함에 따라 Aluminium Foil 의 표면은 전단저항에 의하여 일부가 구멍이 난 곳과 곰이 간 것이 관찰되었다. 이 것은 전단저항시 입자가 회전과 활동이 조합된 입자간의 Interlocking 에 의한 것이라 생각된다. 島田<sup>(5)</sup>, 石堂<sup>(6)</sup>, Almi<sup>(9)</sup>, Potyondy<sup>(6)</sup> 등 의 실험 결과에 의하면, 흙과 콘크리트, 철관, 목재 등의 건설재 사이의 마찰각은 흙의 내부마찰각보다 작으며, 흙의 함수비, 밀도, 건설재의 표면상태, 재종(材種) 등에 의하여 영향을 받는다고 보고되어 있다. 특히 함수비가 증가하면 흙과 건설재 사이에는 반윤활작용(半潤滑作用)으로 마찰저항이 감소되는데, 이것은 수량의 영향보다 수막(Thin Films of Water)에 의한 것이라 하였다.

따라서 흙과 보강재 사이의 마찰저항을 증가시키기 위해서는 보강재 표면을 凹凸로 가공하여 사용할 필요가 있다고 보며, 이에 따라서 보강재의 소요 단면적이 작아질 수 있다. 즉 보강토 응력의 내부 안정을 증대시킬 수 있으며 경제적인 보강토 구조물이 축조될 수 있다.

Fig. 3과 4의 직접전단실험결과에서 수직응력이 작은 초기 부분에서는 곡선으로 나타나고 있다. 이것은 수직하중의 크기와 밀도의 크기에 따라 전단변형의 과정에서 모래의 Dilatancy 현상에 관계되는 것으로 생각되며, 특히 낮은 수직응력하에서는 흙의 내부 마찰각이 크게 나오며 이 실험결과는 Brinch Hansen<sup>(18)</sup>의 실험결과와도 잘 일치한다. De Beer<sup>(17)</sup>에 의하면 모래의 전단특성은 모래의 밀도에 매우 민감하며 평균수직응력에 따라서도 변한다. 평균수직응력의 값을 매우 적게하여 전단시험한 결과를 모형의 크기가 작은 실험의 해석에 사용하는 것은 문제가 된다고 보고되었다.

따라서 보강토 옹벽의 설계 및 내부안정해석에 전단실험결과를 사용할 경우 초기곡선 부분의 값을 택한다는 것은 매우 위험한 일이며 그 값의 선택에 신중을 기해야 할 것이다. 또한 대형의 전단상자를 사용하여 직접전단시험한 결과를 이용하는 것이 실제와 같은 결과를 얻을 것이다.

### 3 - 2 보강재의 인장응력과 변형분포

보강토에서 흙과 보강재 사이의 마찰작용으로 인한 보강재에 생기는 인장저항력을 이론적으로 정확히 구하기는 어렵다.

Fig. 7은 보강토 옹벽 저면에서 14.4 cm에 위치한 보강재에 생기는 인장응력을 성토 높이에 따라 측정한 예를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 보강재의 인장응력은 성토 높이가 증가함에 따라 각각의 Strain Gage가 위치한 곳에 생기는 인장응력은 거의 일정한 크기로 증가한다. 또한 어느 높이에 이르러서는 인장응력의 증가가 둔화되었다가 다시 증가하고 있다. 이와같은 사실은 보강재가 성토 높이가 증가함에 따라 활동에 저항하는 모멘트가 약화되어 보강재에 생기는 인장응력은 감소하는 것으로 추정된다. 또한 인장응력의 증가 둔화현상은 보강재의 활동으로 보강토 옹벽이 파괴가 일어날 것이며, 일부 파괴가 일어남을 관찰하였다.

따라서 보강토 구조물의 설계에 있어서 보강재의 부착결함으로 인한 파괴에 관계되는 흙과 보강재사이의 마찰계수는 매우 중요한 설계요소이므로 정확한 측정이 요구된다.

Fig. 8과 Fig. 9는 보강토 옹벽 저면에서 14.4 cm에 위치한 보강재에 생기는 인장응력과 변형분포를 나타낸 예이다. Fig. 8에서도 성토 높이가 증가함에 따라 보강재의 인장응력은 증가함을 알수 있다. 또한

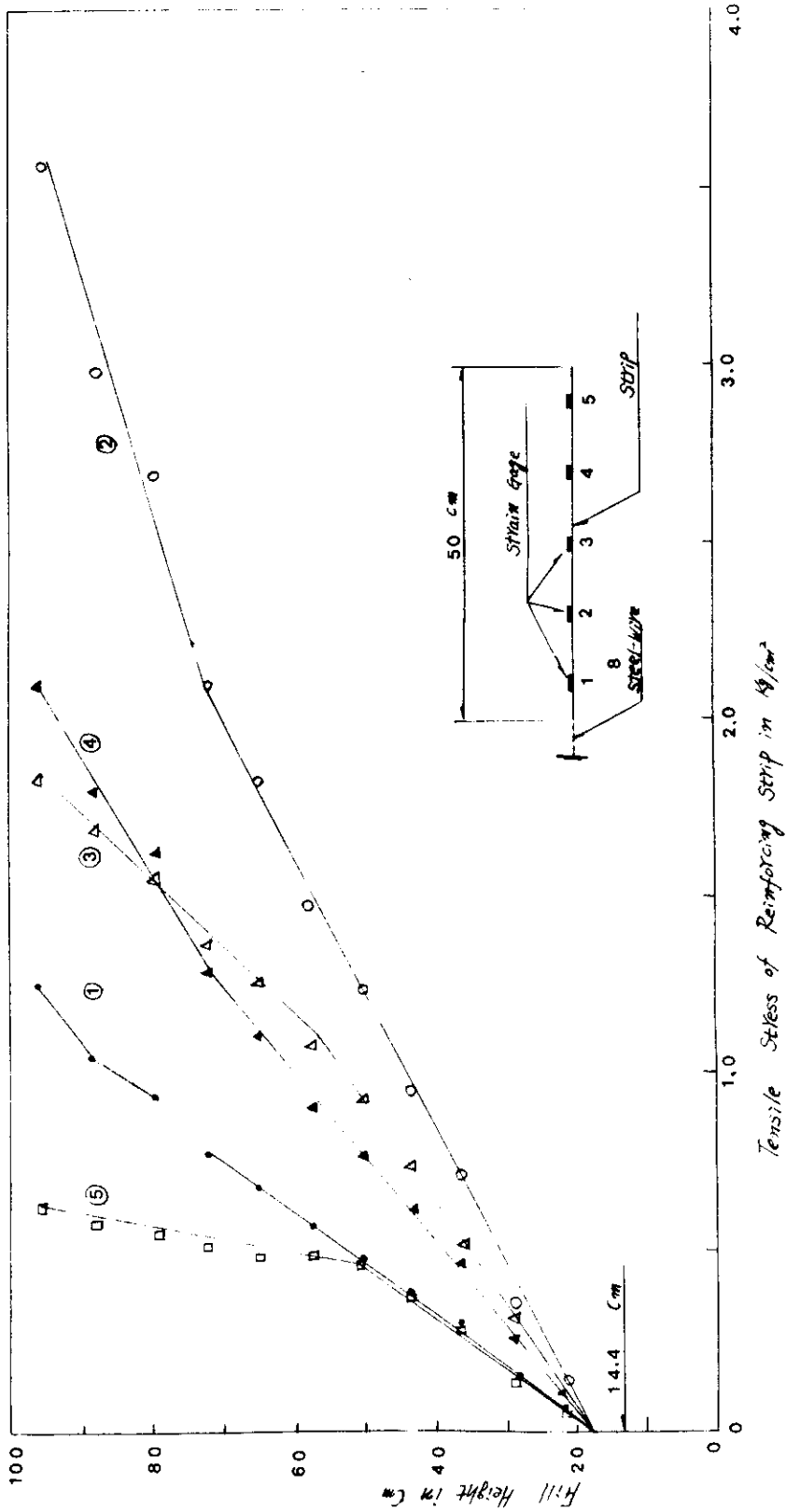


Fig. 7 Relationship between Hill height and Tensile Stress in Aluminium foil reinforcing Strip at 14.4 cm

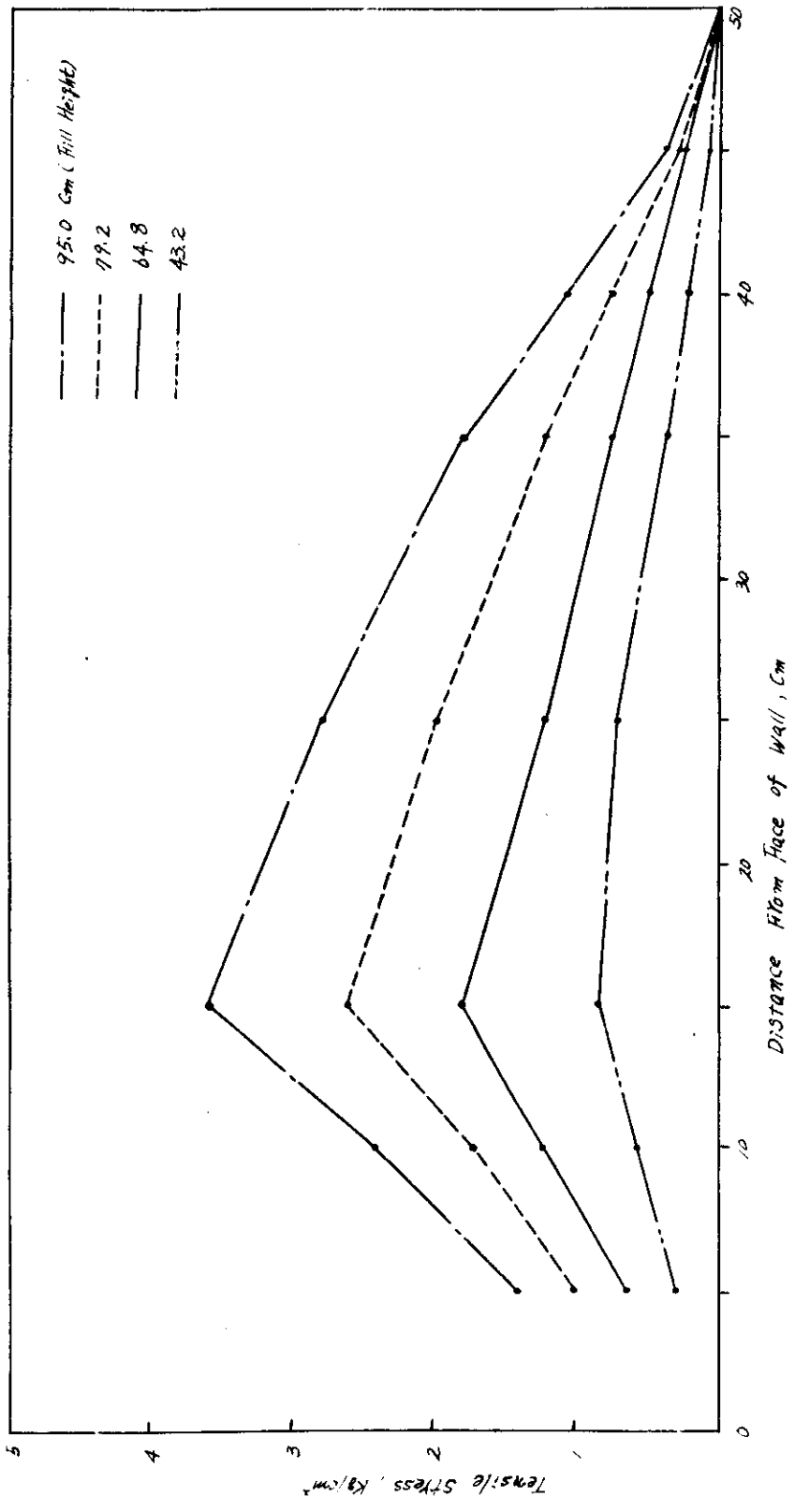


Fig. 6 Typical Examples of Distribution of Tensile Stress along the Aluminium Foil Reinforcing Strip at 14.4 cm

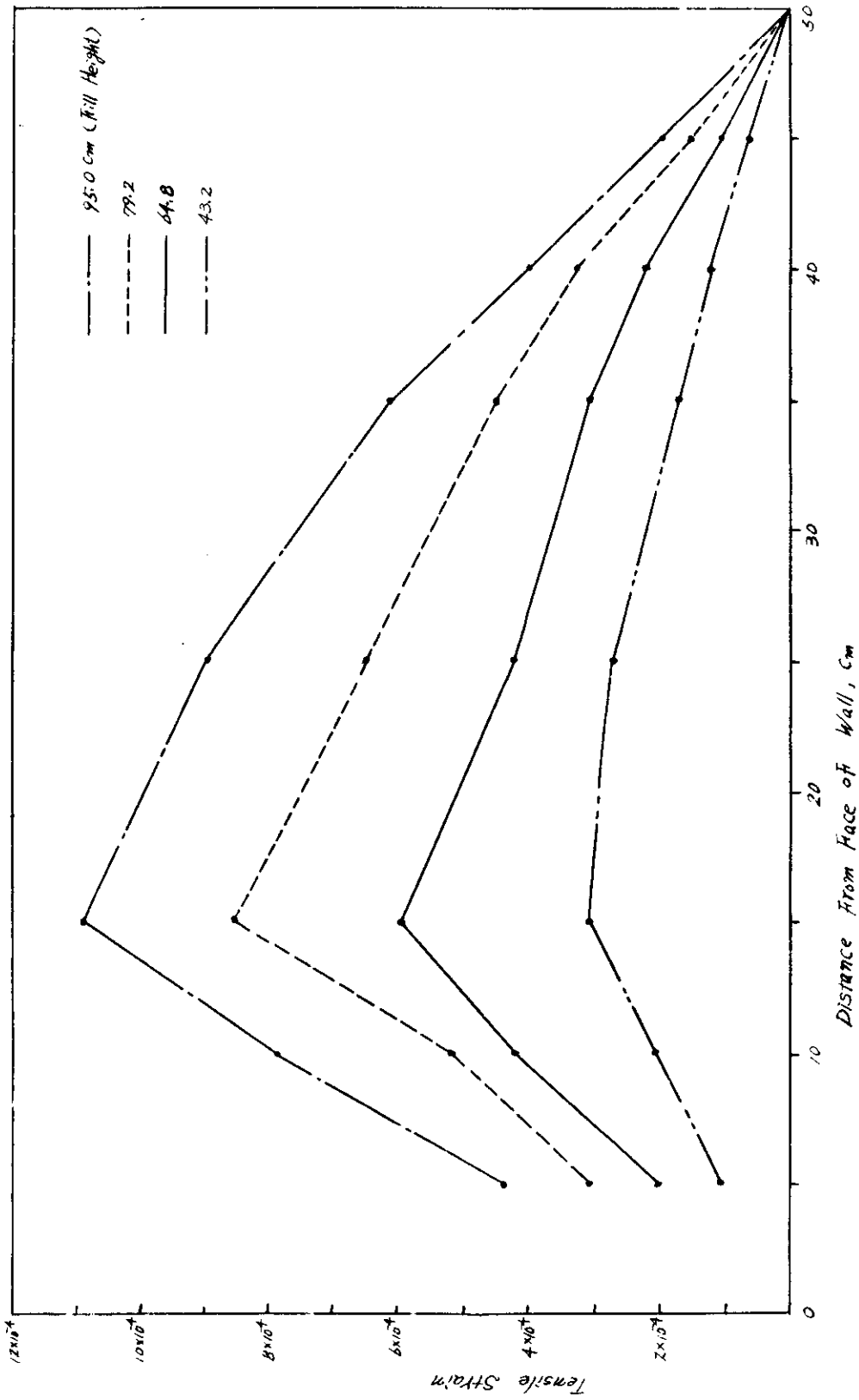


Fig. 9 Typical Examples of Distribution of Tensile Strain along the Aluminium Foil Reinforcing Strip at 14.4 cm

최대인장응력은 옹벽 배면에서 약 15 cm 정도 떨어진 위치에 생기며, 이 위치에서 양단으로 향하여 비선형적으로 감소하고 있다. 이러한 사실은 최대인장력이 생기는 위치에서 보강재의 인장파괴가 일어날 것이다.

따라서 보강토 옹벽의 파괴 양상은 보강재의 활동으로 인한 흙과 보강재의 부착 결함에 의한 파괴와 보강재의 파단으로 인한 인장파괴로 생각된다.

### 3-3 최대인장응력의 위치와 파괴면

흙속에 보강재가 존재한다는 것은 보통 토질구조물과는 달리 그 변형 형태가 다르며, 또한 파괴면의 형태도 다를 것이다. 그 것은 지금까지 이 분야에 대한 모형 및 원형의 보강토 옹벽에 대한 실험결과에서 알 수 있으며, 보강재의 파단으로 인한 실제 파괴면의 형태도 아직 통일된 견해가 부족한 실정이다. <sup>(28)</sup>

Chang <sup>(26)</sup> 과 Schlosser <sup>(27)</sup> 의 보강토 옹벽에 대한 모형실험 결과에 의하면 보강재상의 최대인장응력이 생기는 위치는 Tie Rod 로 Anchor 한 토류 구조물과 달리 벽 배면에서 약간 떨어진 위치에서 생기며, 최대인장응력이 생기는 곳이 가정한 Coulomb 의 파괴면과 대략 일치한다고 하였다. 그러나 많은 실내 모형실험과 실제 원형의 보강토 옹벽에서는 최대인장응력이 생기는 위치를 연결한 선은 직선이 아니고 나선으로 나타나며 가정한 Coulomb 또는 Rankine 의 파괴면과 일치하지 않는다고 보고 되어 있다. 그리고 이 최대인장응력이 생기는 위치를 기준으로 보강재에 작용하는 전단응력의 방향은 반대이며, 이 위치에서 보강재의 인장에 저항하는 영역, 즉 저항영역과 벽면을 향하여 압출하려는 주동영역으로 나누어 설계하고 있다. 또한 최대인장응력점을 연결한 선은 벽 상부에서는 연직이고 벽면에서 대략 옹벽 높이의 1/3 만큼 떨어진 위치에 있다고 하였다.

Fig. 10 은 모형 보강토 옹벽의 축조 높이에 따라 각각의 보강재 위치에서 보강재상에 생기는 인장응력의 분포 모양을 나타낸 것이다.

본 실험 결과에서도 Coulomb 의 파괴면과 최대인장응력이 생기는 위치를 연결한 선과는 일치하지 않았으며, 또한 이들을 연결한 선도 나선이 아니다. 이것은 보강토 옹벽이 축조 높이에 따라 벽체의 일체성 결여로 벽체가 수평으로 이동하고, 이에 따라 보강재의 활동이 생겼기 때문이라 생각된다. 일부 실험결과에서도 이와같은 현상이 측정 되어 보고

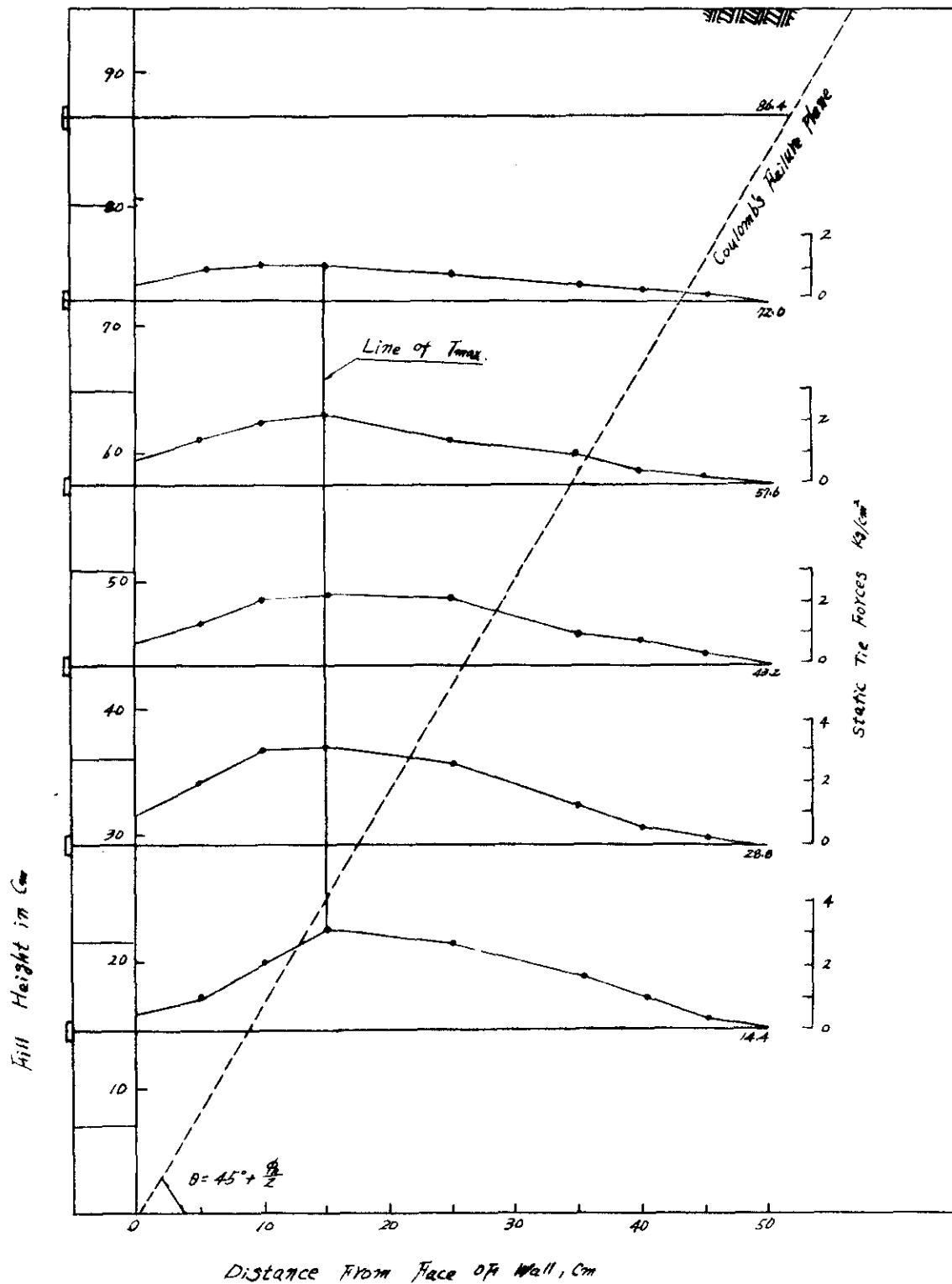


Fig. 10 Static Tie Forces Measured during Construction of Reinforced Earth Walls



되어 있다. 특히 옹벽축조 높이가와 보강재의 길이의 비가 약 0.5 이하인 경우의 주동영역은 직사각형의 형태로 나타나며, 최대인장응력이 생기는 위치를 연결하는 선에 의하여 정의된 주동영역은 보강재의 길이에 따라 작아지는 경향이 있다고 하였다.

따라서 강성이 있는 벽체를 부여하기 위해서는 보강재의 삽입간격과 길이를 합리적으로 배치하고 옹벽 축조시 모르타 등을 사용하여 찰삼기하거나 뒷채움 흙의 충분한 다짐이 요구된다.

### 3 - 4 벽체의 변위와 붕괴

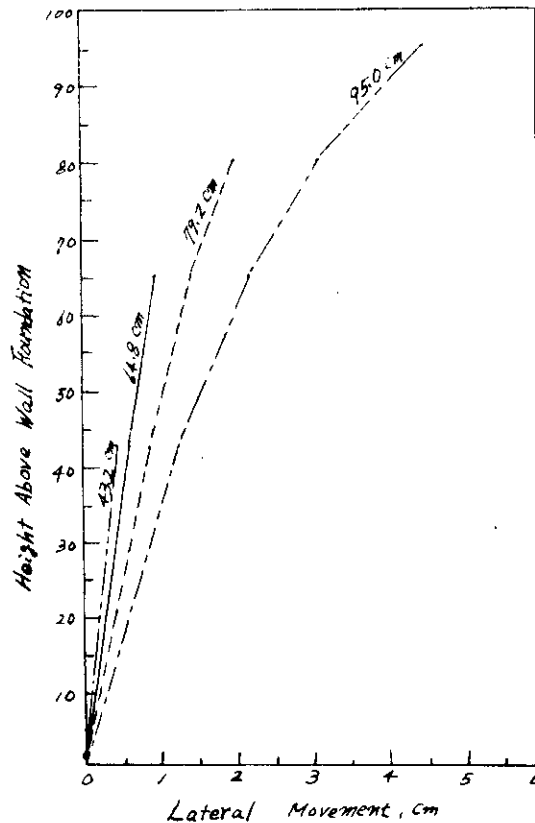


Fig. 11 Lateral Movements of Reinforced Earth Walls

토압에 의한 벽체의 변위 형태는 벽체의 강성과 휨성에 따라 다르며, 또한 뒷채움 흙의 종류, 상재하중의 유무와 종류, 다짐상태, 함수상태, 기반상태, 벽면마찰 등에 영향을 받는다.

Fig.11은 벽체의 변위를 축조 높이에 따라 측정한 것을 나타낸 것이다. 본 모형 보강토 옹벽의 벽체의 변위는 벽 정부에서 높이의 6 - 7% 까지 진행되다가 벽체가 매우 불안하게 되어 일부 파괴가 일어났다. 또한 모형 보강토 옹벽의 붕괴형태는 보강재의 삽입 유무에 관계없이 전부 벽 저면선단을 회전 중심으로 전도 ( 転倒 ) 되어 붕괴되었다.

따라서 모형 보강토 옹벽의 뒷채움 흙이 사질토인 경우 붕괴는 원형 활동에 의하여 일어나는 것이 아니고 전도에 의하여 일어남을 확인하였다.

#### 4. 결 론

본 모형 보강토 옹벽의 실험에서 규명되지 않은 것은 많으나 그 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 보강토 옹벽의 내부적 안정을 증대시키기 위해서는 보강재의 표면 가공과 보강영역내의 보강재의 길이가 더 길어져야 한다.

(2) 보강토 옹벽내의 보강재에 생기는 최대인장응력은 벽면에서 약간 떨어진 위치에 생기며, 양단부를 향하여 비선형적으로 감소하여 분포한다.

(3) 벽체의 변위는 벽 정부에서 높이의 약 6 - 7% 까지 진행되다가 벽 저면 선단을 회전중심으로 전도 하여 붕괴되었다.

(4) 보강토 옹벽내의 보강재상에 생기는 최대인장응력의 위치를 연결한 선은 나선형이 아니고 연직선이며, 또한 쿠-룸이나 랜킨의 파괴면의 위치와 일치하지 않는다.

(5) 벽체의 변위를 감소시키기 위하여 보강토 옹벽의 축조시 모트비 등을 사용하여 잘쌓기하고 뒷채움 흙의 충분한 다짐이 필요하다.

(6) 보강토 옹벽의 거동특성은 설계 및 시공방법에 매우 중요하므로 각종조건에 따른 실험과 계측이 필요하다.

## 참 고 문 헌

- 1) 鄭寅峻, 申永琦, 黃忠鉉, "補強石築에 대한 模型實驗," 大韓土木學會誌, 第23卷, 第3號, 1975, PP. 91~104.
- 2) 정 인준, 강 병희, 백 영식, 이 종규, 신 광식, 조 중제, "79년 보강 토공 법에 관한 연구 " 건설연구소 자료 No.397, 건설부 국립건설연구소, 1979, pp. 1 - 87.
- 3) 신 광식, 도 덕현, 강 창구, " 보강토공 법연구", 건설연구소 자료 No.402, 건설부 국립건설연구소, 1980, pp. 45 - 139.
- 4) 최 내형, 강 창성, 박 상현, 김 기태, " 81 보강토공 법연구 ", 건설연구소 자료 No. 421, 건설부 국립건설연구소, 1981, pp. 74 - 121.
- 5) 島田 俊介, 星谷 勝, "テルアルメー(補強土工法)に於けるストリップと土との 摩擦特性について," 土木学会 第27回 年次學術講演會 講演概要集, 第3部, 日本土木学会, III-174, 10月, 1972年, PP. 547~550.
- 6) 石堂 稔, 関 直三郎, 野開 明義, "壁面摩擦特性について," 土木学会 第27回 年次學術講演會 講演概要集, 第3部, 日本土木学会, III-117, 10月, 1972年, PP. 369~372.
- 7) Andrawes, K.Z., McGown, A., Mashhour, K.M., and Wilson-Fahmy, R.F., "Tension Resistant Inclusions in Soils," Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 106, No. GT12, Proc. Paper 15928, December, 1980, PP. 1313-1326.
- 8) Al-Hussaini, M. and Perry, E.B., "Field Experiment of Reinforced Earth Wall," Journal of the Geotechnical Engineering Division. ASCE, Vol. 104, No. GT3, Proc. Paper 13596, March, 1978, PP. 307-322.
- 9) Alimi, I., Bacot, J., Lareal, P., Long, N.T., and Schlosser, F., "Etude de l'Adherence "Sol-Armature" (Adherence between Soil and Reinforcements)," Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, Vol. 1, Session 1/3, 1977, PP. 11 - 14.
- 10) Bartos, M.J., " 101 Uses for Earth Reinforcement," Civil Engineering, ASCE, Vol. 49, No. 1, January, 1979, PP. 51-57.

- 11) Beer, D. E., "Influence of the Mean Normal Stress on the Shearing Strength of Sand," proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 1, Montreal, Canada, 1965, PP. 165~169.
- 12) Bolton, M.D. and Pang, P.L.R., "Collapse Limit States of Reinforced Earth Retaining Walls," *Geotechnique*, Vol.32, No.4, December, 1982, PP. 349-367.
- 13) Bransby, P. L., and Smith, I. A. A., "Side Friction in Model Retaining-Wall Experiments," *Journal of the Society of Civil Engineers*, Vol. 101, NO. GT7, proc. paper 11447, July, 1975, PP. 615~633.
- 14) Broms, B.B., Schlosser, F., Floss, R., Tornaghi, R., Murray, R.T., Brady, K., and Carder, D.R., Discussion of "Design Parameters for Artificially Improved Soils," *Design Parameters in Geotechnical Engineering*, B.G.S., London, Vol.4, Session 8, 1980, PP. 277-313.
- 15) Chang, J. C., Forsyth, R. A., and Beaton, J. L., "Performance of a Reinforced Earth Fill," *Transportation Research Record*, NO. 510, Soil Mechanics Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D. C, 1974, PP. 56~68.
- 16) Chang, J. C., and Forsyth, R. A., "Design and Field Behavior of Reinforced Earth Wall," *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 103, NO. GT7, Proc. Paper 13034, July, 1977, PP. 677~692.
- 17) Finlay, T.W. and Sutherland, H.B., "Field Measurements on a Reinforced Earth Wall at Granton," *Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Tokyo, Vol.1, Session 2/30, 1977, PP. 511-516.
- 18) Hansen, J. B., "Some Empirical Formulae for the Shear Strength of Molsand," *Proceedings of the Geotechnical Conference*, Oslo, Norway, Vol. 1, 1967, PP. 175~178.
- 19) Ingold, T.S., "A Laboratory Simulation of Reinforced Clay Walls," *Geotechnique*, Vol.31, No.3, September, 1981, PP.399-412.
- 20) Ingold, T.S., "Reinforced Earth," *Thomas Telford Ltd*, London, 1982, PP. 1-141.

- 22) Lee, K. L., Adams, B. D., and Vagneron, J-M, J., "Reinforced Earth Retaining Walls," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 99, NO. SM10, Proc. paper 10068, Oct., 1973, PP. 745~764.
- 23) McGown, A., "Discussion Sessions 8 : Design Parameters for Artificially Improved Soils," Design Parameters in Geotechnical Engineering, BGS, London, Vol.4, 1980, PP. 285-287. Proc. 7th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Brighton, England, September, 1979 .
- 24) Mitcheal, B.J., " Earth Reinforcement, New Methods and Uses," Civil Engineering, ASCE, Vol.49, No.1,1979, PP. 51-57.
- 25) Mitchell, J.K., " Soil Improvement - State-of-the-Art Report," Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Vol.4,Session 12, June, 1981,PP. 509-565(543-559).
- 26) Potyondy, J. G., "Skin Friction between Various Soils and Construction Materials," Geotechnique, London, England, Vol. II, NO. 4, Dec., 1961. PP. 339~353.
- 27) Schlosser, F. and Long, N-T., " Recent Results in French Research on Reinforced Earth," Journal of the Construction Division,ASCE, Vol.100, No.003, Proc. Paper 10800, March, 1974, PP. 223-237.
- 28) Schlosser,F., and Juran,I., " General Reports - Design Parameters for Artificially Improved Soils," Design Parameters in Geotechnical Engineering, BGS, London, Vol.5, Session 8, 1981, PP. 197-225. Proceedings of the 7th European Conference on SMFE., Brighton, England, Sept., 1979.
- 29) Smith, A.K.C. and Bransby,P.L., Technical Notes of " The Failure of Reinforced Earth Walls by Overturning," Geotechnique,Vol.26, No.2, June, 1976, PP. 376-381.
- 30) Steiner,R.S., " Reinforced Earth Bridges Highway Sinkhole," Civil Engineering, ASCE, Vol.45, No.7, July, 1975, PP. 54-56.
- 31) Vidal, H., "The Principle of Reinforced Earth." Highway Research Record, NO. 282, 1969, PP. 1~16.
- 32) Vidal,H., " Reinforced Earth Steel Retaining Wall," Civil Engineering, ASCE, Vol.40, No.2, February, 1970, PP.72-73.