

공작기계의 정밀도, 능률 및 성능을 충분히 발휘하고 긴 수명을 유지하기 위하여는 적절한 방법으로 설치되어야 한다.

8-1 温 度

恒温恒濕室이 이상적이나 비용이 많이 들므로 가능하면 온도와 습도 변화가 적어 기계의 기대정밀도를 유지하도록 하여야 한다. 直射光線을 피하고 外氣에 노출되는 장소를 피하는 것이 좋다.

8-2 振 動

공구와 공작물의 상대적 진동이 加工精度와 표면 상태에 영향을 주므로 가공 정도와 표면 상태를 향상시키기 위하여는 기초에서 기계에 전해지는 진동을 절연하여야 하며, 이와 같은 절연을 피동적 절연(passive insulation)이라고 한다. 이와 반대로 기계의 진동이 기초에 전해지는 것을 절연할 때 이것을 능동적 절연(active insulation)이라 한다.

공작기계가 설치되는 基礎 및 設置要素(mounting element)에 대한 공작기계의 靜的·動的舉動은 기계에 따라 다양하다. 기계의 기초와 설치의 설계에서 고려하여야 할 사항을 요약하면 다음과 같다.

- ① 기계의 水平 및 中心을 맞출 것.
- ② 기초로써 기계의 補剛을 고려할 것.
- ③ 동적 간섭을 막기 위한 대책을 강구할 것.

기계설치에서 진동절연이나 剛性, 또는 이들 양자를 고려할 것인가 하는 문제는 설치장소뿐만 아니라 기계의 사용조건 및 기대정밀도에 따라 다르다. 결론적으로 적절한 기초와 기타 설치요소를 갖추기 위하여는 상당한 비용이 필요하다는 것이다.

공작기계의 설치법에는 Fig. 5-213과 같이 네 가지가 있다고 볼 수 있다.

제 1란에서는 선반, milling machine 및 shaper와 같은 소형공작기계의 설치기준으로서 이들 기계는 충분한 剛性을 갖고 있기 때문에 기초에 의한 補剛이 필요치 않다. 이들 기계를 공

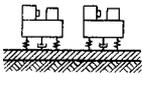
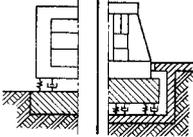
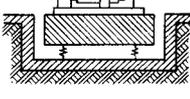
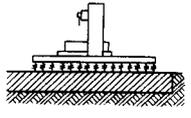
설치에 따른 공작기계 분류					
기계명	소형기계 선반 milling machine shaper	성형기계 press blanking press 鍛造 hammer	정밀기계 roller grinding machine 정밀선반	中·大工作機械 planer milling machine, drilling 및 milling center	
기계의 강성	충분한 강성	강성 양호	불충분한 강성	충분한 강성	
설치요소의 하중	최소 하중	重 충격하중	重 정하중	中 정하중	
설치요소의 기능	능동·피동적 절연	적극적 격리	피동적 절연	補剛	
설치기준	동적	동적	동적	정적	정적
기계				×	×
설치요소	×	×	×	×	×
기초			×	×	×
지반		×	×		×

Fig. 5-213 공작기계 설치 기준

장바닥 또는 충격흡수면 위에 설치할 때 진동절연설치 및 탄성설치를 함으로써 외부 또는 반작용의 동적 간섭에 대처하는 것이 좋다. 鋼 spring 및 고무 spring과 같은 저렴한 설치재료가 다양하게 시판되고 있어 이 방법의 채용이 경제적이다(Fig. 5-213 제 1란 참조).

위와 유사한 방법이지만 鍛造hammer, press 및 전단기와 같은 金屬成形加工機械에서는 능동적 절연을 요하기 때문에 설치비가 훨씬 많이 든다. 이와 같은 예에서는 軟 spring系를 사용하여 바닥으로 전달되는 energy를 흡수하고, 힘을 최소화함으로써 기계-설치요소계의 고유진동수를 최소화할 필요가 있다. 특수한 경우에는 地振 흡수물질로 된 기초대(foundation block)와 바닥, spring 및 감쇠요소를 바쳐 주는 기초상자로서 2중기초요소가 사용된다. 이와 같은 설치법의 비용은 공작기계의 구입비에 비교할 때 대단히 큰 비중을 차지한다(Fig. 5-213 제 2란 참조).

roller grinding machine 및 정밀선반과 같은 정밀공작기계의 경우에는 어느 것에서나 기초에 비용이 많이 든다. 이와 같은 기계는 高精度의 제품과 표면 상태가 아주 좋은 제품을 가공해내야 하면서도 일반적으로 기계 자체의 剛性이 크지 못하므로 견고한 기초로써 기계를 補剛 및 진동절연시키는 방법을 채용해야 한다. 바닥에 놓인 spring系로 지지되는 기초대는 전체 질량을 증가시켜, 이것이系の 진동수를 감소시키는 데 도움이 되고, 기계와 마찰 연결을 통하여 補剛體의 역할도 한다(Fig. 5-213 제 3란 참조).

剛性의 관점에서 中形 및 大形工作機械가 주종을 이룬다. 주로 경제성의 이유로 planer milling machine, drilling 및 milling center의 bed와 설치 unit에 충분한 設置剛性을 부여하기가 어렵다. 工場地盤에 설치되는 기초는 정해진 굵힘 및 비틀림剛性을 발휘하여 機械自重과 가공에서 발생하는 荷重에 관계없이 소요의 기계성능을 갖게 해야 한다. 바닥 자체가 耐荷重

및 기계 frame 과 기초간의 안정성에 영향을 주지 않을 정도의 견고성을 갖고 있어야 한다. 이와 같은 기계의 능동적 또는 피동적 절연은 많은 예에서 바람직하나, 비용이 많이 소요되므로, 실용적은 못된다. 따라서 기계기초를 서로 분리하고 공장바닥으로부터 중립 상태에 놓음으로써 절충할 수 있다(Fig. 5-213 제 4란 참조).

8-3 剛성이 큰 機械의 基礎와 設置

선반, milling machine 및 shaper 와 같이 고유강성이 큰 소형기계에서는 기초가 정적 작용력의 이동에 제대로 대처하지 못하고 설치조건은 절삭점(공작물-공구)의 동적거동에 크든 작든간에 영향을 미치게 된다. 한 예로서 Fig. 5-214는 chuck식 선반의 절삭점(예, 靜的撓曲剛性的 동적 등가치)에서 加振 및 상이한 설치조건에 대한 x 축의 변위에 의한 진폭-진동수의 특성인 상대적 撓曲剛性(flexibility)을 보여 준다.

기계가 固有剛性을 보유하고 있다는 사실은 정적탄성($f=0\text{Hz}$)이 설치조건에 실질적으로 무관하다는 것이다. Fig. 5-214의 곡선으로부터 동적거동이 거의 전진동수에 걸쳐 설치방법에 의하여 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 최대 動的撓曲剛性은 剛性設置 때의 $0.15\mu\text{mN}^{-1}$ 에서 軟性基礎要素가 사용될 때의 $0.1\mu\text{mN}^{-1}$ 로 감소된다. 설치양식(예로 軟性 또는 감쇠와 硬性)에 따라 고유강성을 갖는 기계의 성취 동적거동이 달라진다.

기계의 절삭점에서 설치양식에 대한 동적거동의 관계는 설치점에서의 진동 형태 및 발생하는 강제운동에 의하여 영향을 받는다. 다양한 설치법(軟性 또는 硬性)의 장단점의 선명한 의미는 해당 기계의 특성에 따라 다를 수 있다.

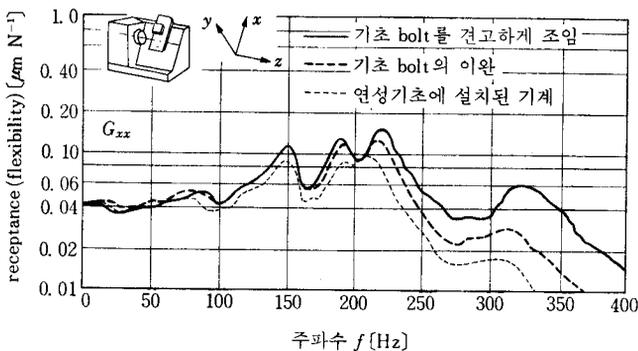


Fig. 5-214 chuck식 선반에서 설치조건이 동적 거동에 미치는 영향

Fig. 5-215는 설치요소의 종류를 보여 주며, 구조에 따라서는 설치요소의 높이를 조정할 수 있는 것도 있다. 이들 조정법은 단순한 감쇠판에서 spring과 감쇠특성을 갖는 조정나사에 이르기까지 이른다. 단일 진동체의 간단한 모형이 고유강성을 갖는 기계의 진동절연설치를 위하

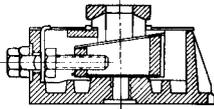
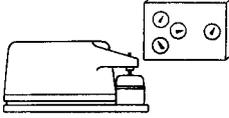
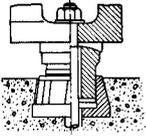
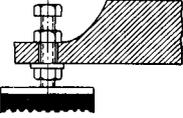
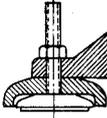
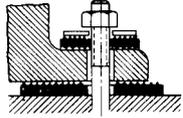
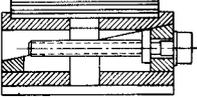
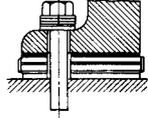
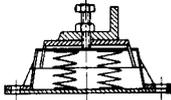
(h : 조정높이)	h	d	(d : 감쇠 효과)	h	d
	Yes	No		No	Yes
	Yes	No		No	Yes
	No	No		Yes	Yes
	Yes	Yes		No	Yes
	Yes	Yes		No	Yes
	No	No		No	Yes

Fig. 5-215 설치요소의 종류

여 사용될 수 있다. m 은 기계의 질량, k 는 강성계수, c 는 설치요소의 감쇠계수로서 특수한 경우에는 Fig. 5-216에서와 같은 관계를 이용한 기계설치가 있을 수 있다.

능동적 절연에서는 동적 힘 F_0 에 의하여 야기되는 바닥진동을 최소화하기 위해서 탄성기초가 필요하다. Fig. 5-216은 전달비, 즉 상대적 加振振動數 (ω/ω_0)와 감소비 D 에 대한 바닥에 작용하는 힘 (F_A)과 가공으로 발생하는 加振力 (F_0)의 비이다.

진동이 생산기계에 미치는 영향의 최소화가 요청될 때에는 감쇠탄성설치로서 능동적 절연법이 사용된다. Fig. 5-216은 위의 목적 달성을 위한 바닥의 진폭 a_0 에 대한 기계운동진폭 x 의 관계를 보인다. Fig. 5-216에서 보는 바와 같이 설치고유진동수 ω_0 는

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\sum k}{m}} \tag{5-181}$$

로서 설치요소의 spring 강성계수가 허용하는 한 낮게 유지되어야 한다. 고유진동수는 Fig. 5-216에서 간섭진동수의 $\frac{1}{3}$ 이하가 되어야 한다. 과잉임계진동수 범위에서 미소한 감쇠를 받는 설치요소가 보다 우수한 절연과 차단 효과를 보여 주나, 기계 전체의 진동운동에 간섭, 상승,

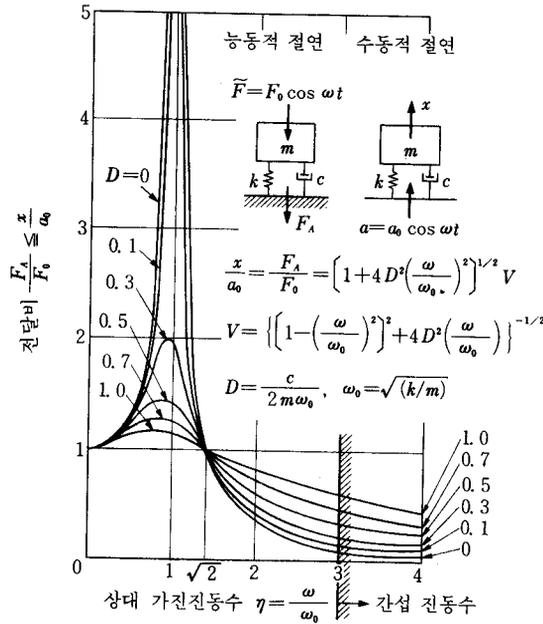


Fig. 5-216 능동적·피동적 진동절연의 효과

또는 흔들림진동을 야기시킬 수 있다.

감소계수 표준은 다음과 같다.

$$0.4 < D = \frac{\sum c}{2m \cdot \omega_0} = \frac{\sum c}{2\sqrt{m_i \sum k}} < 0.7 \tag{5-182}$$

8-4 金屬成形機械의 基礎와 設置

본서에는 切削工作機械를 취급하고 있으나 기초와 설치에서는 成形工作機械에 대하여도 설명하고자 한다.

금속성형기계에서는 脈動하는 작용력으로 환경에 미치는 공해를 최소화하는 것이 중요하다. floor hammer와 같은 기계에서는 주위에 전달되는 energy를 최소치로 유지해야 한다. Fig. 5-217은 鍛造hammer에서 능동적 감쇠기초를 적용한 예이다. 여기에서는 ram이 die와 공작물이 놓여진 bed plate 위로 낙하함으로써 系가 성립된다. 鍛造hammer의 bed plate는 고무판과 기초대 위에 놓여 있고, 기초대는 spring과 감쇠unit에 의한 기초판에 의하여 지지된다. Fig. 5-216에 의하여 최적 설계를 하면 바닥의 운동은 bed plate 운동의 10% 이하가 될 수 있다. spring 요소의 운동이 근본적으로 바닥의 진동을 지배하는 데 반하여, 감쇠특성이 감쇠 상태를 지배한다. 기초질량이 전체 질량을 증가시켜 진동 저지 효과를 발휘한다.

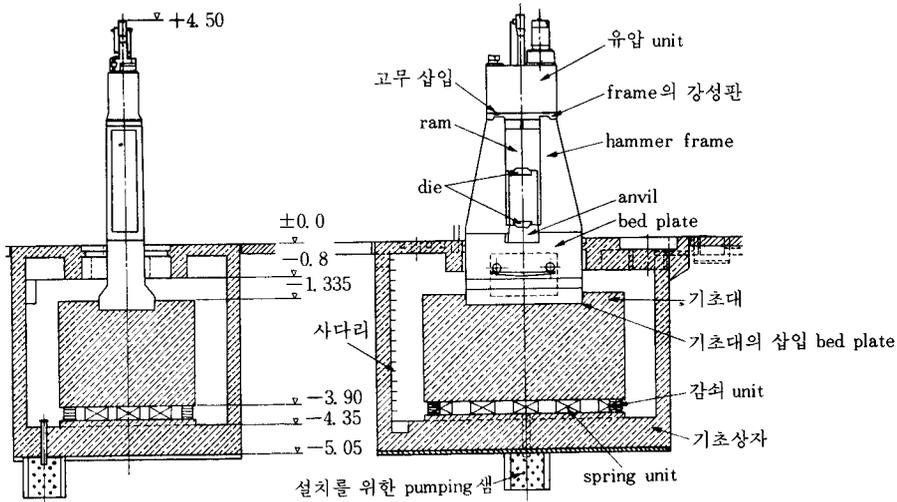


Fig. 5-217 단조hammer의 spring대 설치 요소

8-5 固有剛性이 불충분한 精密工作機械의 設置

roller grinding machine, 정밀선반 등과 같이 자체의 剛性이 충분하지 못한 정밀 생산기계의 경우에는 기초는 한편으로 기계를 補剛해 주고, 다른 한편으로 외부의 간섭을 막아 주는 2종의 역할을 한다.

Fig. 5-218은 roller grinding machine의 기초의 예를 보여 주며, 외부 간섭의 영향을 최소화하기 위하여 피동적 진동절연을 한다. 기초를 바닥에 직접 놓으나 鋼 spring과 점성감쇠기로 받친다. 地盤에 대한 지지로는 spring 기초대를 鋼補強 concrete 상자에 넣는다. spring기초대는 기계frame을 補剛하며, 나아가서 기초의 질량은 기계질량에 더해질 때 외부 간섭을 흡수

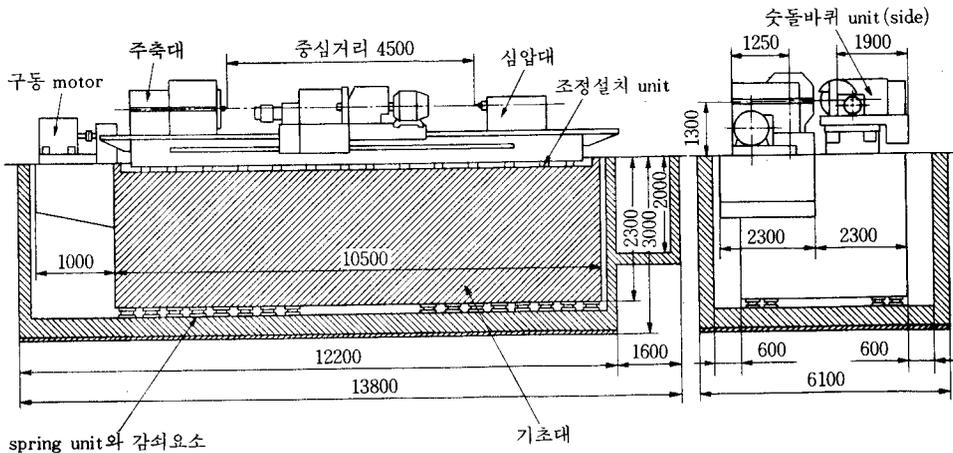


Fig. 5-218 roller grinding machine의 피동 절연

할 정도로 충분히 커야 한다.

외부 간섭과 더불어 이系는 근사적으로 단일 질량진동체로서 생각할 수 있다. 기계운동의 전달특성이 설치요소의 진폭, 강성 및 감쇠특성과 함께 Fig. 5-216에 나타나 있다.

8-6 固有剛性이 불충분한 中·大形機械의 基礎

충분한 剛性을 갖지 못한 대형기계의 경우에서 기초가 剛性을 향상시키는 데 전적으로 기여한다. 이와 같은 기계가 기초 위에 설치되면 剛性의 설치요소(쇄기)가 기본적으로 사용된다.

Fig. 5-219는 기초를 갖는 gantry milling machine을 圖示한 것이다. 기초 상부표면의 치수, 형상은 chip 처리, cable channel 등과 같은 설계의 고려뿐만 아니라 기계의 외적 치수에 의하여 결정된다. 그러나 기초의 두께는 기계의 정해진 성능이 요하는 地盤條件 및 全必要剛性에 의존한다. 기초를 설계할 때에는 기계, 설치 unit, 기초대 삽입요소 및 바닥 자체를 고려한 全系에 근거한 결론이 필요하다. Fig. 5-220은 단순화한 수학적 模型을 보여 주며, 이것이 기계 자체 또는 기계와 기초간의 삽입요소의 剛性值를 취한 것은 아니다. 기계와 공작물의 중량이 기초대 위에 바로 작용하는 荷重의 형태로 고려된다. 기초 자체는 beam으로, 바닥은 spring으로 simulation 한다. 바닥의 단위면적에 대한 荷重을 계산하면 주어진 하중에 대한 beam의 용량이 얻어진다(Fig. 5-220의 아랫부분 참조).

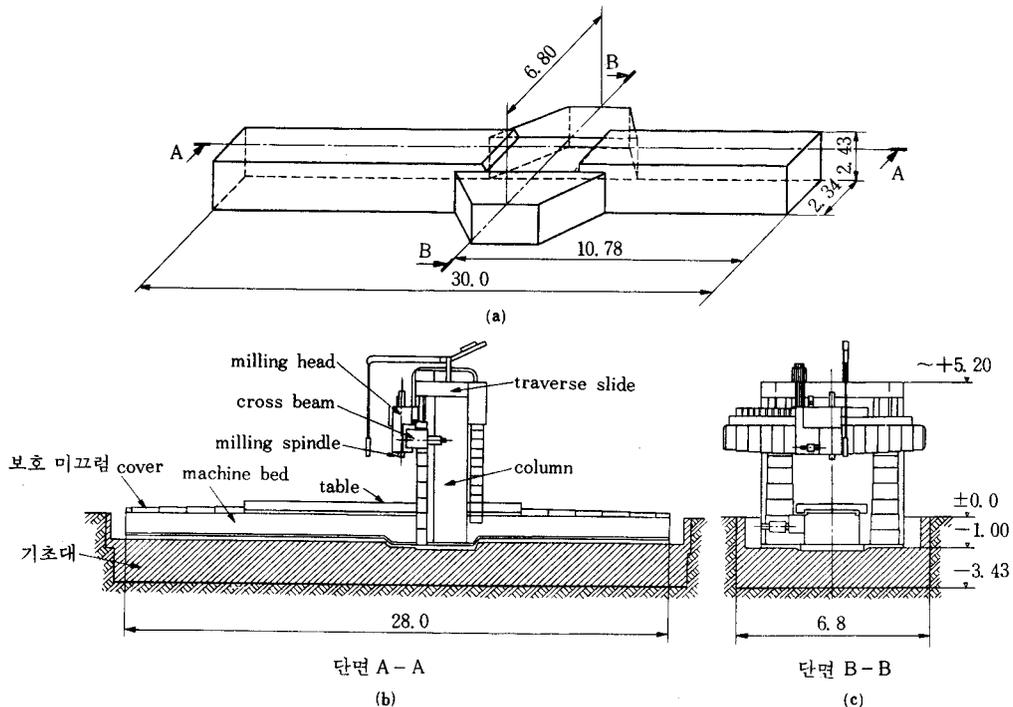


Fig. 5-219 gantry milling machine

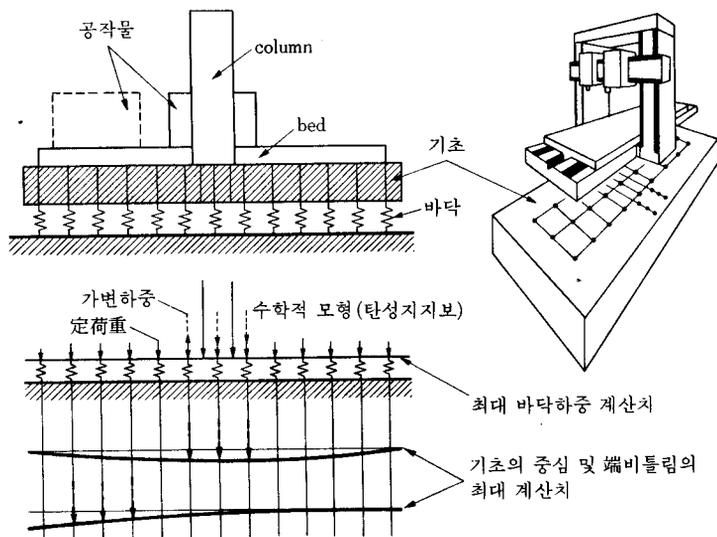


Fig. 5-220 기초대의 정적계산(탄성지지된 보)

기초를 보다 정확하게 설계하기 위하여는 Fig.5-221과 같은 수학적 模型의 적용이 바람직하다. 이 방법에서는 기계특성과 설치요소가 계산에 포함된다. 기계는 beam과 spring에 의한 삽입요소로 근사화시키고, 기초는 압축 및 回轉 spring에 의한 beam과 바닥으로 개략적으로 대체할 수 있다. 기초의 관점에서 보면 절삭력은 중요성에서 次順位이므로 기계 및 가공물의 자중만을 이 방법에 고려하고, 계산은 有限要素法에 근거한다.

Fig. 5-220에 설명된 간소화법이 설계에 적용될 때에는 機械剛性은 고려되지 않으므로 최소 치수보다 큰 치수의 기초가 설계된다. 결론적으로 말해서 비용이 필요 이상으로 많이 든다. 따라서 Fig.5-221에서 정해지는 보다 정확한 해법에 의하면, 계산비는 많이 든다 하여도 보다 경제적이 판명될 것이다. 왜냐하면 상당량의 재료 및 건축비가 기초설립시에 절약될 것이기 때문이다.

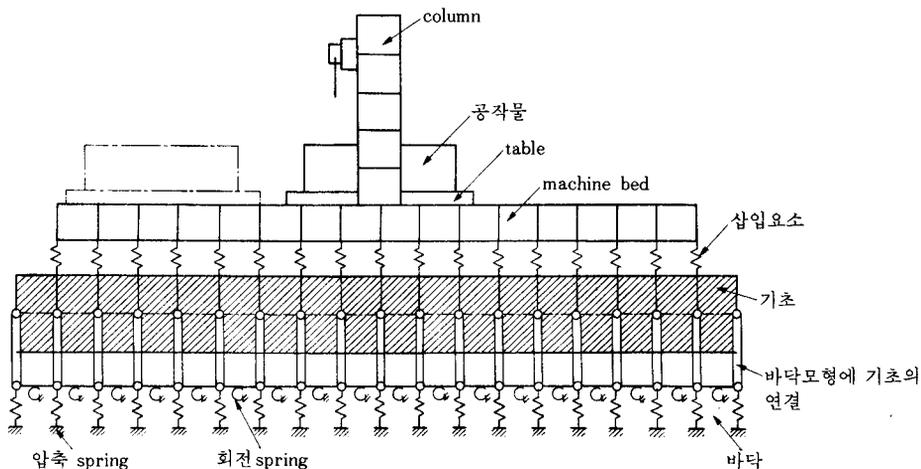


Fig. 5-221 비틀림특성 규명을 위한 기계-기초-바닥계의 수학적 모형